

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Биназаров Ерназар Ғалымжанұлы

Тақырыбы: «Жылу электр станцияларының тиімділігін арттыруды математикалық  
модельдеу»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2024

КАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ НАО «ҚАЗНІТУ им.Қ.И.Сатпаева» Институт энергетика и машиностроения	ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ «Энергетика» кафедрасының менгерушісі PhD қауымдастырылған профессор Е.А.Сарсенбаев «13» 06 2024 ж.
--	---

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Жылу электр станцияларының тиімділігін арттыруды математикалық модельдеу»

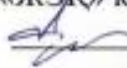
6В07101 – «Энергетика» мамандығы

Орындаған:




Биназаров Е.Ғ.

Пікір беруші

Ғ.Даукеев атындағы АЭЖБУ  
«ЖЭЖ» кафедрасы, т.ғ.к  
 М.Е.Туманов

«12» 06 2024 ж.

Ғылыми жетекші  
Аға-жетекші

 - Оңғар.Б

«10» 06 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты


«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

«БЕКІТЕМІН»

Кафедра меңгерушісі

PhD, қауымдастырылған профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«15» 01 2024 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

#### ТАПСЫРМА

Студент Биназаров Ерназар Ғалымжан

Тақырыбы: «Жылу электр станцияларының тиімділігін арттыруды математикалық модельдеу»

Университеттің Ғылыми кеңесі бекіткен. № 408-п «28» қараша 2022 ж.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «14» маусым 2024 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер тізімі:

а) ЖЭС туралы негізгі теориялық түсініктер

б) Бу турбиналарының тиімділігін арттыру

в) Бу турбинасының ошақ мен оттық процестерін генераторлық газды жағу үшін қайта қуруын математикалық модельдеу арқылы талдау жасау.

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Voronov E. O., Romanyuk V. N., Sednin V. A. (2016) On the Issue of Assessing the Thermodynamic Efficiency of the Belarusian Energy System. *Energiya i Menedzhment [Energy and Management]*, (3), 2–7 (in Russian).




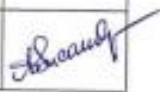
2. Kazakov V. G. (2013) *Exergetic Methods for Evaluating the Efficiency of Heat Engineering Installations*. Saint-Petersburg. 93 (in Russian).

3. Muslina D. B. (2016) *Scientific and Methodological Support for the Modernization of Thermal Power Systems of Textile and Knitwear Enterprises of Light Industry*. Minsk. 172 (in Russian).


Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
ЖЭС туралы негізгі теориялық түсініктер	25.02.2024 ж.	жаз
Бу турбиналарының тиімділігін арттыру	29.03.2024 ж.	жаз
Бу турбинасының ошақ мен оттық процестерін генераторлық газды жағу үшін қайта құруын математикалық модельдеу арқылы талдау жасау.	18.04.2024 ж.	жаз

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлім атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
ЖЭС туралы негізгі теориялық түсініктер	Б. Онгар PhD доктор, қауымдастырылған профессор	10.06.2024	
Бу турбиналарының тиімділігін арттыру	Б. Онгар PhD доктор, қауымдастырылған профессор	10.06.2024	
Бу турбинасының ошақ мен оттық процестерін генераторлық газды жағу үшін қайта құруын математикалық модельдеу арқылы талдау жасау.	Б. Онгар PhD доктор, қауымдастырылған профессор	10.06.2024	
Норма бақылау	Ә. О. Бердібеков, магистр, аға оқығушы	10.06.2024	

Жоба жетекші  /Б. Онгар /  
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент  / Е.Ф. Биназаров /  
(қолы)

Күні « 10 » 06 2024 ж.

## **АНДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыста жылу электр станциялардың құрылымына және заманауи қондырғыларға зерттеу жұмыстары жүргізілген. Отандық ЖЭС-ты жаңғырту жөніндегі іс-шараларды әзірлеу кезінде тұтынушылардағы энергия ресурстарының барлық түрлеріне есептеулер, жылу пайдаланатын қондырғылар мен жүйелерді автоматтандыру, жылу тасымалдағышты тасымалдау кезінде жылу және электр энергиясының ысырабын азайту, жылумен жабдықтауды орталықтандырудың жоғары дәрежесі, жылу және электр энергиясын аралас өндіру есебінен жылу тасымалдағыштың, жылу және электр энергиясының шығыстарын айтарлықтай төмендетуге қол жеткізуге болатындығын көрсету арқылы шетелдік тәжірибені толық көлемде пайдалану туралы зерттеу жұмыстары жүргізілген.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной работе проводились исследования структуры тепловых электростанций и современного оборудования. Расчеты по всем видам энергоресурсов при разработке мероприятий по модернизации отечественных ТЭЦ, автоматизации теплотребляющих установок и систем, снижению потерь тепла и электроэнергии при передаче тепла, высокой степени централизации теплоснабжения, комбинированного теплоснабжения и производство электроэнергии. Были проведены исследования с полным использованием зарубежного опыта, показывающие, что можно добиться значительного снижения затрат на транспортировку, тепло и электроэнергию

## **ANNOTATION**

In this work, studies of the structure of thermal power plants and modern equipment were carried out. Calculations for all types of energy resources in the development of measures to modernize domestic CHP plants, automate heat-consuming installations and systems, reduce heat and electricity losses during heat transfer, a high degree of centralization of heat supply, combined heat supply and electricity production. Studies have been carried out with full use of foreign experience, showing that it is possible to achieve a significant reduction in the cost of transportation, heat and electricity.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	8
1	Теориялық негіздер, зерттеу объектісіне сипаттама	9
1.1	Қалалар бойынша мәселенің жай-күйін талдау жүйелерге және олардың технологияларына қойылатын талаптар	9
1.2	Жылу электр станцияларының артықшылықтары мен кемшіліктері	13
1.3	ЖЭС кемшіліктері мен артықшылықтары	13
1.4	Қазандықтар мен қысымды ыдыстарды басқару элементтері	19
2	Бу турбиналық ЖЭС-ның энергетикалық тиімділігі	22
2.1	Бу күш қондырғыларының энергетикалық тиімділігінің көрсеткіштері	22
2.2	Бу турбиналық қондырғылардың энергетикалық сипаттамалары	27
3	Электр станцияларының энергетикалық тиімділігін бағалау	41
3.1	Электр станцияларының энергетикалық тиімділігінің негізгі көрсеткіштері	41
3.2	Жылу электр станцияларының энергетикалық тиімділігін бағалау	43
3.3	Үш өлшемді математикалық модельдеу негізінде қазандық қондырғысының құрылымдық және жұмыс сипаттамаларын генераторлық газ жағу үшін оңтайландыру	44
3.4	КВТК-100-150 қазандық қондырғысының ішіндегі Екісбастұз тас көмірінің жану процестерін математикалық модельдеу	46
3.5	КВТК-100-150 қазандық қондырғысының ошақ мен оттық процестерін генераторлық газды жағу үшін қайта құруын математикалық модельдеу	50
	Модельдеу арқасында алынған нәтижелерді талдау	
3.6	Қорытынды	56
	Пайдаланылған әдебиеттер	65
		66

## КІРІСПЕ

Жылу алмасу – бұл әртүрлі техникалық жүйелер мен өндірістік процестердегі маңызды процесс. Бұл процесс әртүрлі температурадағы екі орта арасындағы жылуды тасымалдауға негізделген. Жылу алмастырғыш-бұл екі орта арасында жылу беру үшін қолданылатын құрылғы. Алайда, Жылу алмасу беттерінде көбінесе масштабтау, коррозия, ластану сияқты шөгінділер пайда болады, бұл жылу алмасу тиімділігін төмендетеді және энергияның жоғалуына әкеледі. Жылу алмасу жабдықтарының беттеріндегі шөгінділер жылу алмасу процесінің тиімділігінің төмендеуіне, энергия шығынының артуына және жабдықтың қызмет ету мерзімінің қысқаруына әкеледі. Сондықтан жылу алмасу беттеріндегі шөгінділердің қалыңдығын бақылау және оларды жою жылу алмасу жабдықтарының тиімділігін арттыруға және энергия шығынын азайтуға бағытталған маңызды міндеттер болып табылады.

Бұл зерттеудің мақсаты жылу алмасу жабдықтарының беттеріндегі шөгінділер мәселесін және олардың жылу алмасу процесінің тиімділігіне әсерін зерттеу болып табылады. Бұл мәселенің өзектілігі шөгінділерден туындайтын және әртүрлі техникалық жүйелер мен өндірістік процестердің жұмысына әсер ететін айтарлықтай энергия шығындарына байланысты.

*Жұмыс тақырыбының өзектілігі.* Қазақстанның электрэнергетика саласының дамуы негізгі қорлардың (фондтардың) ескірулерінің өсуімен тоқтатылып тұр. Жұмыс істеп тұрған ЖЭС-ті пайдалану уақытын, оның кейбір бөлшектерін, негізгі қондырғы агрегаттарын, ауыстыра отырып ұзарту және қазіргі заманғы ғылым мен технология жетістіктеріне негізделіп құрылған жаңа қуаттарды енгізу. Осыған байланысты бу-газ қондырғыларының тиімділігін соңына дейін жағу тәсілі арқылы арттыруға термодинамикалық талдау жасау осы жұмыстың өзектілігі болып табылады.

*Жұмыстың мақсаты мен міндеттері.* Бу-газ қондырғыларының тиімділігін толық жағу тәсілі арқылы арттыруға термодинамикалық талдау жасау. Бу-газ қондырғыларының циклдарына, түрлеріне, қысқаша шолу жасау, отынды соңына дейін жағып бітіру, бу-газ қондырғыларының тиімділігін жоғарылату тәсілдеріне шолу жасау, бу-газ қондырғыларының тиімділігін соңына дейін жағу тәсілі арқылы арттыруға термодинамикалық талдау жасау.

- Жылу электр станцияларға жаңа заманауи қондырғыларды орнату жұмыс тиімділігін бірнеше есе арттырады

- Резервтік отын шаруашылықтарының үнемділігін арттыру мақсатында мазутты резервтік отынның басқа түріне, мысалы, негізгі жылу физикалық қасиеттерінің температураға тәуелділігі алғаш рет алынған пештік тұрмыстық отынға ауыстыру ұсынылды

- Резервтік отынмен жабдықтау жүйелерінде техникалық сауатты пайдалану кезінде отын шаруашылығының да, жалпы жылу көзінің де энергетикалық және экономикалық тиімділігін едәуір арттыруға қабілетті айтарлықтай энергия үнемдеу әлеуеті бар

## 1 Теориялық негіздер, зерттеу объектісіне сипаттама

### 1.1 Қалалар бойынша мәселенің жай-күйін талдау жүйелерге және олардың технологияларына қойылатын талаптар

Энергетика-бүкіл экономиканың жай-күйіне әсер ететін базалық сала. Сонымен бірге, ол бастапқы энергия ресурстарының негізгі тұтынушыларының бірі болып табылады және қоршаған ортаға айтарлықтай әсер етеді. Органикалық отынды жағатын жылу электр станцияларының басым рөлімен электр энергиясын өндірудің әлемдегі тұрақты өсуі. Құны ұдайы өсіп отыратын ЖЭС-те отын пайдалану тиімділігін арттыру қажеттілігін негіздейді, бұл отын энергиясын электр энергиясына (және жылу энергиясына) түрлендірудің неғұрлым жетілдірілген технологиялық және техникалық шешімдерінің негізінде ғана мүмкін болады. Мұнда су буы мен жағылатын отынның газ тәрізді өнімдерінде жұмыс істейтін жылу қозғалтқышының (электр генераторының жетегі) жетілу дәрежесі мен қуат мүмкіндіктері анықталады. Бұл сұрақтар ұсынылғанға қосымша және осы мақалаға қатысты.

Бу турбиналық қондырғылар. ЖЭС бу турбиналық қондырғыларының (БТҚ) жұмысының негізінде жатқан Ренкиннің термодинамикалық циклі ХХ ғасырдың ортасында алдыңғы қатарлы қондырғыларда будың бастапқы параметрлері 9 МПа, 500 °С және сәйкесінше тиімділігі 35% болды. Қазіргі заманғы бу қондырғыларының көпшілігінде критикалық параметрлер бар-24 МПа, 540-550 °С және аралық қызып кету, бұл тиімділікті 40% деңгейінде қамтамасыз етеді. Жоғары –критикалық параметрлер (ЖКП) игеріледі. Бу параметрлерінің өсуі қазандық және турбиналық жабдықтың конструкциялық материалдарына қойылатын талаптармен, оны дайындаудың технологиялық күрделілігімен, сондай-ақ жұмыс денесі ретінде су буының жылу-физикалық қасиеттерімен шектеледі [1].

*Жылу электр станциясы* — жылу қозғалтқыштары көмегімен жылу энергиясын электр энергиясына айналдыратын энергетикалық өндіріс орны.

Жағылатын отын түріне қарай қатты отынды(көмір, ағаш, шымтезек, жанғыш тақтатаc), газды немесе сұйық отынды (мазут, мұнай) жағатын станция болып ажыратылады. Жылу энергиясы жылу қозғалтқышында механикалық энергияға айналдырылады, соңынан электр генераторы арқылы электр энергиясына түрленеді. Пайдаланылатын жылу қозғалтқышының түріне орай жылу электр станциясы бу турбиналы, газ турбиналы, бу-газ турбиналы болып бөлінеді.

Тек электр энергиясын өндіретін ЖЭС конденсациялық турбинамен жабдықталып, *конденсациялық электр станциясы (КЭС)* деп аталады. Жоғары қуатты КЭС қондырғылары бірнеше блоктардан құралады, блок құрамында бу қазаны, бу турбиначасы, электр генераторы және трансформатор болады. Станцияның жалпы қуаты жеке блоктардың қуатына және олардың санына тәуелді. Егер электр энергиясын өндірумен қатар жұмыс жасап



шыққан бу жылыту мақсатында пайдаланылатын болса, ол жылу электр орталығы деп аталады.

ЖЭС энергиямен қамтамасыз ету аймақтарының ерекшеліктеріне сәйкес аудандық, қалалық, орталық, өндірістік, коммуналдық және ауылдық болып бөлінеді. Қуатты ЖЭС мемлекеттік аймақтық электр станциясы (МАЭС) деп аталады. ЖЭС сумен жабдықтау жүйелеріне, қуатына, пайдаланылатын будың сипаттамаларына, т.б. ерекшеліктеріне байланысты да әр түрге ажыратыла береді.

Қазақстандағы қуатты жылу электр станцияларының қатарына Қарағанды МАЭС және Жамбыл МАЭС станциялары жатады. Республика бойынша өндірілетін электр энергиясының 80%-на жуығы жылу электр станцияларының үлесіне тиеді.

Электр энергиясының негізгі тұтынушысы өнеркәсіп болып табылады.

Электр энергиясының едәуір бөлігі ішкі және сыртқы энергияға жұмсалады.

Оған: жарықтандыру, тұрмыстық қажеттіліктер, Көлік және ауыл шаруашылығы кіреді.

ЖЭС қуаты жылу қуатының 36% - дан астамын құрайды. ЖЭО-да электр энергиясының 60% - дан астамы өндіріледі жылу тұтыну базасы.

Жылу мен электр энергия қатар өндіру кезінде, барлық жұмсалған жылу мөлшері, жылу мен электр энергия бөлек өндірілген кезіндегіден төмен болады, сондықтан жылу және отын шығысы азаяды.

Жылу электр орталығында жоғары көрсеткішті бу, электр энергиясын өндірген соң жылуландыруға жіберіледі, сондықтан электр энергиясын өндіруге жұмсалған меншікті жылу мөлшері төмендейді.

Жылу мен электр энергиясы бөлек өндірілген кезде жылу электр станциясында (ЖЭС) жоғары көрсеткішті бу тек электр энергиясын өндіруге жұмсалады, ал жылу су жылытқыш қазандықтарында өндіріледі. Сонымен отын екі жерден - электр энергияны өндіруге ЖЭС-да және жылуды өндіруіне су жылытқыш қазандықтарында жұмсалады. Сондықтан, жылуландыру арқылы бір жерден электр энергия мен жылуды өндіру тиімді болады.

Жылу электр станциялары (ЖЭО) әлемнің көптеген қалалары мен аймақтарын электр қуатымен қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. ЖЭО туралы бірнеше қосымша мәліметтер:

1) Отын түрі бойынша жіктеу: ЖЭО пайдаланылатын отын түріне қарай жіктелуі мүмкін. Мысалы, көмірде, газда, мұнайда немесе биомассада жұмыс істейтін ЖЭО.

2) Тиімділік: жылуды электр энергиясына айналдыру процесінің тиімділігіне байланысты ЖЭО дәстүрлі (тиімділігі төмен) және заманауи (тиімділігі жоғары) станцияларға бөлінуі мүмкін.

3) Когенерация: кейбір ЖЭО когенерация тұжырымдамасын қолданады, онда олар тек электр энергиясын ғана емес, сонымен қатар жылыту немесе басқа өндірістік процестер үшін қолданылатын жылуды да шығарады. Бұл станцияның жалпы тиімділігі мен экономикалық орындылығын арттырады.

4) Қоршаған ортаға әсері: ЖЭО-да отынның жануы атмосфераға күкірт диоксиді, азот диоксиді және көміртегі оксидтері сияқты әртүрлі ластаушы заттардың шығарылуына әкелуі мүмкін. Сондықтан көптеген ЖЭО қоршаған ортаға теріс әсерді азайту үшін шығарындыларды тазарту жүйелерін енгізуде.

5) Перспективалар: күн және жел энергиясы сияқты жаңартылатын энергия технологияларының дамуымен ЖЭО рөлі болашақта өзгеруі мүмкін. Дегенмен, олар әлі де көптеген жылдар бойы энергетикалық жүйеде маңызды рөл атқарады, әсіресе жаңартылатын энергия көздері электр энергиясын үздіксіз және тұрақты өндіруді қамтамасыз ете алмайтын аймақтарда.

Бу турбинасы бөлек түйіндер мен бөлшектермен қамтамасыз етіледі, сондықтан оның көптеген қосалқы жабдықтары мен коммуникацияларын орнату айтарлықтай уақытты алады.

Газтурбиналық қондырғылар. ГТҚ-да үнемділікті арттыру мақсатында Брайтон цикліне берілетін жылу температурасын арттыру міндеті тұр жұмыс денесі ретінде өнімдерді қолдану арқылы оңай шешіледі бастапқы қысыммен буға қарағанда әлдеқайда аз жанармайдың жануы. Алайда, циклден шығарылатын жылу температурасының төмендеуі проблемасы туындайды, ол жұмыс денесінің бастапқы температурасының жоғарылауымен бірге көтеріледі.

ГТҚ-дың артықшылықтары мен кемшіліктері бар [2].

Негізгі артықшылығы-оның ықшамдылығы. ГТҚ-да үлкен қазандық жоқ, өйткені отын турбинаның өзінде немесе жанында орналасқан кішкентай жану камерасында жоғары қысыммен (1,2-2,0 МПа) жанады. Газдарды кеңейту процесі (жұмысты орындау) үш-бес сатыдан тұратын турбинада жүреді, ал сол қуатты бу турбинасында бірнеше сатылы бірнеше цилиндр бар.

ГТҚ ықшамдылығы оны турбиналық зауытта жинауға және теміржол немесе автомобиль көлігімен объектіге жеткізуге мүмкіндік береді. Қашықтағы жану камералары бөлек тасымалданады, бірақ турбинаға оңай және тез қосылады. ГТҚ қарапайым іргетастың нөлдік белгісіне орнатылуы мүмкін, ал БТҚ биіктігі 9-16 м болатын рамалық іргетасты қажет етеді.

ГТҚ-да конденсатор және тиісінше техникалық сумен жабдықтаудың күрделі жүйесі, сондай-ақ БТҚ-ға тән басқа да технологиялық элементтер жоқ.

Мұның бәрі газ турбиналық электр станциясының белгіленген қуатының 1 кВт құны бу турбинасынан әлдеқайда аз екендігіне әкеледі, дегенмен ГТҚ-ның өзіндік құны (компрессор + жану камерасы + газ турбинасы) технологиялық күрделілікке және қолданылатын материалдарға байланысты бірдей қуатты бу турбинасының құнынан әлдеқайда көп.

ГТҚ-ның маңызды артықшылығы оның жоғары маневрлігі болып табылады, ол төмен металл сыйымдылығымен, демек, қауіпті температуралық кернеулер мен деформациялар туындамай турбина элементтерін жылдам қыздыру мен салқындатумен байланысты. ГТҚ жүктемесінің өзгеруі санаулы минуттарда болады. Сенімділігі бойынша үздік үлгілері кем түспейді БТҚ.

Алайда ГТҚ-да айтарлықтай кемшіліктер бар. Біріншіден, бұл БТҚ-ға қарағанда үнемді емес. Қуаты 200-300 МВт жақсы сериялық ГТҚ пәк 36-39 %, ал БТҚ – 40-43% құрайды.

Қуатты энергетикалық ГТҚ үшін бағдар әзірге 41-42% деңгейіндегі пәк болып табылады. Жоғары температуралы элементтердің сенімді жұмыс істеуі жағдайында бастапқы температураның мүмкін жоғарылауына сүйене отырып, оларды қарқынды ауаны салқындату қажет, бұл бастапқы температураның жоғарылауынан тиімділіктің өсуін айтарлықтай төмендетеді (1.1-сурет). ГТҚ тиімділігінің төмендігі пайдаланылған газдардың жоғары температурасымен байланысты [2].

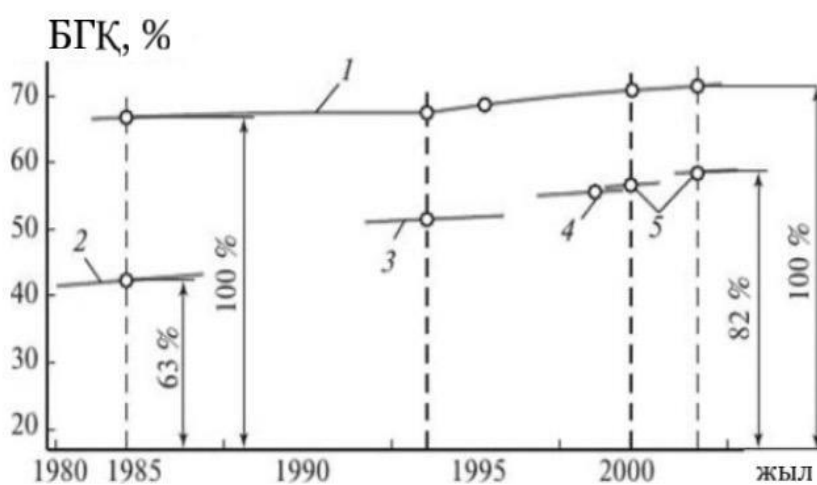
ГТҚ БТҚ-мен салыстырғанда шектеулі қуатқа ие, бұл жұмыс істейтін дененің үлкен шығындарымен байланысты. Бүгінгі таңда ең қуатты ГТҚ Siemens SGT5 – 8000h-340 МВт және Mitsubishi MW701G-334 МВт, тиімділігі 39,5 %. Алайда, қуатты жоғары экономикалық газ турбиналарының соңғы ұрпақтары автономды жұмыс үшін емес, бу-газ қондырғысының (БТҚ) құрамында пайдалану және оның максималды үнемділігін қамтамасыз ету үшін жасалынғанын есте ұстаған жөн. Мұндай қондырғыларда газ турбины элементтерін салқындату бумен орындалады, содан кейін ол БТҚ-ға жіберіледі.

ГТҚ-да кез келген отынды тікелей пайдалану мүмкін емес. Олар тек газ тәрізді немесе арнайы сұйық отынмен жұмыс істейді.

Осылайша, ГТҚ-мен ЖЭС-тің бастапқы құнының төмендігі, жақсы маневрлік және салыстырмалы түрде төмен ГТҚ тиімділігі пайдаланылған отынның жоғары құнымен бірге оларды энергия жүйелерінде ең жоғары немесе резервтік қуат көздері түрінде қолдану мүмкіндігін анықтайды. Біріктірілген (бу-газ) конденсациялық және жылуландыру циклдарында ГТҚ пайдалану кезінде жағдай түбегейлі өзгереді [2].

Бу-газ қондырғылары. Газ турбиналық және бу турбиналық технологиялар арасындағы тұрақты бәсекелестік екі циклдің жағымды қасиеттерін біріктіруге және БТҚ немесе ГТҚ-ға қарағанда үнемді бу-газ қондырғысын құруға әкелді. Сонымен қатар, БТҚ тиімділігі газ турбиналық циклдің тиімділігіне байланысты. Төмен экономикалық газ турбиналары негізінде тиімділігі жоғары БТҚ салу мүмкін емес. Егер, мысалы, пәк 28,5% және пайдаланылған газдардың температурасы 398 °С болатын ГТ-100-750 ЛМЗ типті ГТҚ алатын болса, онда бұл ретте кәдеге Жаратушы қазандықта (КУ) шамамен 370 °С температурамен бу алуға болады және БТҚ ПӘК-і шамамен 14 %, ал бинарлық БТҚ ПӘК-і 36%-ды құрайды. Мұндай БТҚ экономикасы жағынан өте критикалық параметрлердің әдеттегі бу турбиналық энергия блогынан төмен. Сондықтан, БТҚ жоғары тиімділігі бар Жоғары температуралы газ турбиналарын құрғаннан кейін ғана экономикалық тұрғыдан ақталды және шығарындыларда үнемді бу турбиналық циклды жүзеге асыруға ықпал етті. ПМУ-дің артықшылықтары мен кемшіліктері бар [2].

Негізгі артықшылықтары мынадай. БТҚ-бүгінгі таңда электр энергиясын алу үшін қолданылатын ең үнемді біріктірілген жылу қозғалтқышы. 2-суретте технологияның дамуына байланысты БТҚ тиімділігі қалай өзгергенін көрсетеді. 1-ші қисық-бұл газ турбинасының алдындағы температура деңгейінде алуға болатын теориялық тиімділік. Мысалы, ГТҚ алдындағы газ температурасы 1000 °С болатын бір тізбекті ПМУ үшін абсолютті тиімділік 42% құрайды, бұл теориялық тиімділіктің 63 % (2 қисығы), ал бастапқы газ температурасы 1450 °С және аралық қызып кететін үш тізбекті ПМУ үшін тиімділігі 60% жетеді, бұл теориялық мүмкін деңгейдің 82 % (5 қисығы) құрайды. ПӘК-ін арттыруға болады және одан әрі бұған күмән жоқ, Тек мәселе-бұл қандай жолмен қол жеткізміз.



1.1 – сурет – Әртүрлі технологиялық деңгейдегі БТҚ-ның салыстырмалы тиімділігі [2]

## **1.2 Жылу электр станцияларының артықшылықтары мен кемшіліктері**

Жылу электр станцияларының (ЖЭО) оң және теріс жақтары бар:

ЖЭО артықшылықтары:

1) Сенімділік: ЖЭО ұзақ уақыт бойы тұрақты электр өндірісін қамтамасыз ете алатын сенімді электр көзі болып табылады.

2) Икемділік: олар электр энергиясына деген сұраныстың өзгеруіне тез жауап бере алады, бұл оларды электр желісінің тұрақтылығын сақтау үшін пайдалы етеді.

3) Отын тиімділігі: ЖЭО көмір, газ және мұнайды қоса алғанда, әр түрлі отынды қолдана алады, бұл ең тиімді және қол жетімді нұсқаларды таңдауға мүмкіндік береді.

4) Когенерация: кейбір ЖЭО бір уақытта жылу шығара алады, бұл жалпы тиімділікті арттырады және оларды экономикалық жағынан тартымды етеді.

ЖЭО-ның кемшіліктері:

1) Жоғары шығарындылар: ЖЭО-да жанармай жағу қоршаған ортаға және адамдардың денсаулығына теріс әсер ететін парниктік газдар мен басқа ластаушы заттардың айтарлықтай шығарындыларына әкелуі мүмкін.

2) Отынға тәуелділік: ЖЭО электр энергиясын өндіру үшін үлкен көлемдегі отынды қажет етеді, бұл оларды отын бағасының ауытқуына және геосаяси тәуекелдерге осал етеді.

3) Суды тұтыну: көптеген ЖЭО суды жүйені салқындату немесе бу шығару үшін пайдаланады, бұл су ресурстарын айтарлықтай тұтынуға және су үшін қақтығыстарға әкелуі мүмкін.

4) Ұзақ мерзімді экономикалық тәуекелдер: ЖЭО салу мен пайдалануға салынған инвестициялар отын мен энергия бағасының тұрақсыздығына, сондай-ақ заңнама мен реттеудегі өзгерістерге байланысты айтарлықтай қаржылық тәуекелдерді білдіруі мүмкін.

### **1.1 Жылыту жүйелері және өндірістік қазандықтар**

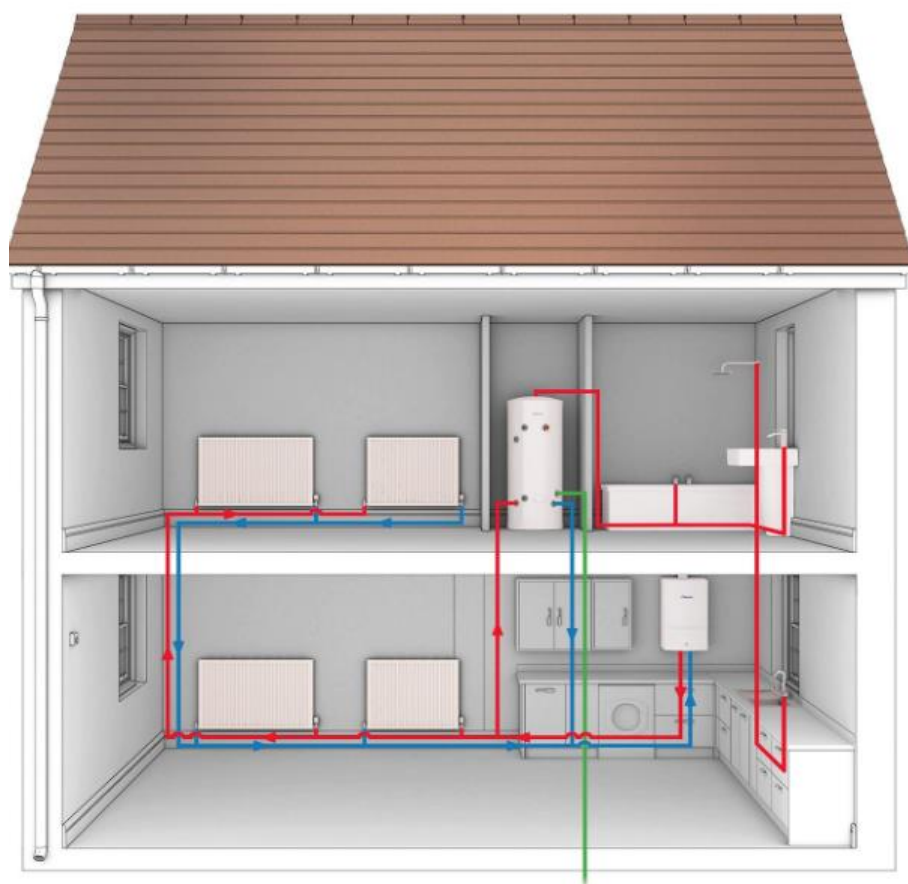
Көп жағдайда біздің үйлерімізде сумен жылыту жүйелері пайдаланылады, яғни жылу тасығыш ретінде кәдімгі суды пайдаланатын жылыту жүйелері. Бізге сумен жылыту жүйелері үйреншікті болғандықтан, біз оны көңіл бөлуді қажет ететін жүйе ретінде қабылдамаймыз. Алайда сумен жылыту жүйесін үйімізге қондырғанның өзінде, біздің үйіміздің кейбір ерекшеліктерін ескергеніміз дұрыс, әсіресе қазіргі, жылуды тұтынудың бағасы өсіп келе жатқан кезде:

- Жылу көздері
- Сыртқы жылыту торабына қосылу
- Жеке және балама жылу көздері
- Құбыр желілері

- Табиғи және сорғы арқылы айналым
- Құбырдың алуан түрлері
- Жылыту құралдары
- Конвекторлар
- Радиаторлар
- Термореттегіштер

Жылу көзі кез келген жылыту жүйесінің негізі болып табылады. Жылу көзі ретінде ЖЭО, я бір немесе бірнеше үйге арналып құрылған қазандық болуы мүмкін.

ЖЭО параметрі тұрғын үйді жылытуға келіспейтін ыстық суды қалаға таратады. Сол себепті ЖЭО-тан келген судың параметрлерін бірнеше үйлер тобына немесе жеке бір үйге қызмет етіп тұратын орталық жылыту пункттері (ОЖП) реттеп отырады. ЖЭО-тан жылу температуралық график бойынша жіберіліп отырады, яғни сырттағы ауа температурасы неғұрлым төмен болған сайын, ЖЭО-тан жіберілетін судың температурасының соғұрлым жоғары болуы керек.



1.2 – сурет – Сумен жылыту жүйесі

Жылыту жүйесін жылу тораптарына қосу тәуелді немесе тәуелсіз сұлба арқылы жүргізіледі. Жылу тұтыну жүйесінің тәуелді қосылу сұлбасында жылу торабындағы ысытылған су белгілі бір пропорция бойынша жылыту жүйесінен қайтып келген сумен араласады да, сол арқылы жылыту жүйесіне қажетті су температурасы алынады. Осындай қосылу кезінде жылу пункттері қоспалауыш сорғы қондырғыларымен немесе су ағынды элеваторлармен жабдықталады.

Жылу тұтыну жүйесінің тәуелсіз қосылу сұлбасында ысытылған су жылу алмастырғыштың қабырғалары арқылы жылыту жүйелерінің су контурымен жанасып өтеді (су араласпайды). Ол үшін су жылу алмастырғыштары қолданылады, ал қажетті су қысымын айналым сорғысы қамтамасыз етеді. Егер де сіздің үйіңіз бірнеше үйлер шоғырына қызмет ететін сыртқы жылу торабына қосылмаған болса үйіңізге қуаттылығы сәйкес келетін қазандық орнатқан абзал. Қазандық газбен, электр қуатымен, я болмаса қатты немесе сұйық отын арқылы жұмыс жасайды. Сонымен қатар қазандық үй шатырына орналастырылған күн элементімен де жұмыс істеуі мүмкін. Алайда қазандықтың бұл түрін орнату елдегі климаттық жағдай мен техникалық-экономикалық ахуалға тығыз байланысты. Біздің елімізде қазіргі таңда күн энергиясын қолданатын қондырғылар кеңінен пайдаланылмайды, алайда еліміздің кейбір өңірлерінде бұл бағыттың келешегінің болуы сөзсіз. Бұл жағдайда жылу сорғысы жылыту көзі болып табылады.

Табиғи су айналымы барысында құбыр бойындағы су қозғалысы жеткізуші құбыржолындағы су мен, жылу құралдары арқылы өтіп, салқындаған судың тығыздығының айырмашылығы арқылы жүзеге асады. Бұндай айналымның дұрыс жұмысы жүйенің жоғарғы деңгейі мен қазандықтың арасындағы құбырлардың биіктіктерінің алмасып тұруын қажет етеді.

Табиғи су айналымы арқылы жүзеге асатын жылу жүйесінде су қысымының төмендеуінің алдын алу үшін диаметрі үлкен құбырлар пайдаланылады. Табиғи су айналымымен тек қана кішігірім, мысалы жеке меншік үйлерде орнатылатын жылу жүйелері жасайды. Су айналым сорғысы орнатылған жүйе бұл жағдайда неғұрлым әмбебап және сенімді болып келеді. Бұл жүйеде жабық контурдағы суды айналдыратын қысым тегеурінін электрлі айналым сорғысы қамтамасыз етеді. Жылыту жүйесіндегі құбыр желілерін ашық немесе жасырын түрде (мысалы су арқылы жылытылатын еденнің қоймалжың цемент ерітіндісінің астына орнату арқылы) орнатуға болады. Жылыту жүйесінде қолданылатын құбырдың әр түрі болады: металлдық, металл-пластикалық және пластикалық.

**Болат құбырлар** жоғары қысымға шыдамды келеді және жоғары температураларға (тіпті тым ысытылған суға да) арналған. Бұл құбыр түрлерінің бағасы металл-пластикалық, пластикалық және мыс құбырлардың бағаларынан төмен болады. Бұл құбырлардың кемшіліктеріне келетін болсақ, олар: салмағының ауыр болуы, коррозияға бейімділігі, құрастырудың қиындығы, ашық түрде орнату кезінде бояудың қажеттілігі.

*Металл-пластикалық құбырлар (PEX-AL-PEX)* жылыту құралдары бар жүйеге де, сумен жылытылатын еденге де арналған. Болат құбырлармен салыстырғанда бұл құбырлардың беттері тегіс болғандықтан, олардың гидравликалық кедергісі төмен болады, яғни жылу тасымалдағыш құбыр бойымен жылжығанда қысымын көп азайтпайды. Қысымның көп кетпеуі қуаттылығы азырақ айналым сорғысын пайдалануға мүмкіншілік береді. Металл-пластикалық құбырларды қолмен оңай июге болады, ол кейін өз қалпына қайтып келеді. Бағасы жағынан қарайтын болсақ – металл-пластикалық құбырлардың болат және полиэтиленді (PEX) құбырлардан бағасы жоғары.

*Полиэтиленді құбырлардың (PEX)* жоғары температураға шыдамдылығы металл-пластикалық құбырларға қарағанда төменірек болады, сол себепті оларды әдетте сумен жылытылатын едендерге пайдаланады, өйткені еден астына төселетін құбырдың бойындағы су температурасы әдетте 40-50°C жоғары болмайды. PEX құбырлары әдетте жасырын түрде орнатылады, себебі оны қолдану ережесінде бұл құбырлар түрін күн сәулесінен сақтау туралы нұсқаулар бар. Бұл құбырларды қолмен майыстыруға болады және олар қайтып өз қалпына келеді, дегенмен де PEX құбырлары металл-пластикалық құбырлардай иілімді емес.

*Мыс құбырлары* металл-пластикалық және пластикалық құбырлар сияқты коррозияға төзімді келеді және оның гидравликалық кедергісі де төмен келеді. Мыс құбырларын жылыту жүйесінің құрылғыларына да жылытылатын едендердің астына да орнатуға болады. Бұл құбырлардың кемшілігі – олардың құнының жоғарылығы, олардың бағасы жоғарыда аталып өткен барлық құбырлардың бағасынан да қымбат.

*Жылыту құралдары.* Жылу тасымалдағыш қазандықтан құбырлар жүйесі арқылы өтіп, белгілі бір ғимараттың жылыту құралдарына барып жетеді де, ғимарат ішінде қажетті температура деңгейін сақтап тұру үшін өз жылуын береді. Заманауи жылыту құралдарының сырт келбеті жағымды және жылутехникалық сипаттамалары жақсы болып келеді. Бұл құралдарды әдетте бөлменің сыртқы қабырғасына немесе терезе астына орнатады. Бұл құралдардың бетіне сәнді қалқа орналастырудың алдында жылу қуаттылығын 10%-ға көтеруді ескерген жөн. Жылыту құралдары екі үлкен топқа бөлінеді : конвекторлар мен радиаторлар.

Конвектор жұмыс барысында жоғары көтерілетін жылу ағысын (конвекция) күшейтеді. Конвекторлардың кемшіліктеріне олардың жылуалмастырғыштарының қабырғаларын тазалаудың қиындығы, себебі уақыт өте келе олардың бетіне шаң қонып, жиналуы мүмкін. Терезелері үлкен (витриналы) ғимараттарда конвекторды қолданған жөн, әсіресе еденге қондырылатын конвектор түрлерін қондырған ыңғайлы болады. Әйнек бойында жылытылған ауа ағысын күшейту мақсатында бұндай конвекторларға қосымша конструктивті түрде желдеткіштер орнатылады. Қазіргі таңда түрлері мен көлемдері әр алуан болат және биметалды конвекторлар бар. Олардың сыртқы келбеттері де түрлі болып келеді.



Радиаторлар сыртқа өз жылуын бөлу (радиация) арқылы, яғни айналадағы заттарды жылытып, ал олар өз кезегінде ауаға жылу таратып, бөлмедегі ауа температурасын арттыратын құрал. Әдетте, радиаторларды шаңнан тазалау оңай болғандықтан, оларды тазалыққа жоғары талап қойылатын мекемелерде (мысалы денсаулық сақтау мекемелерінде) орнатады.

Қазіргі таңда нарықта радиаторлардың негізгі түрлері олар: шойын, алюминий, биметалды, болат түтікті, болат тақталы және дизайндық радиаторлар.

*Шойын радиаторлар салыстырмалы түрде төмен қысымға (9 атм) арналған, жылу бергіштік қасиеті басқа радиаторлармен салыстырғанда төмендеу, жылу сыйымдылығы жоғары (ұзақ жылиды да, ұзақ суиды), коррозияға төзімді және салмағы ауыр болады.*

*Алюминий радиаторлары 20-25 атм дейінгі қысымға арналған, жылу бергіштік қасиеті жоғары, жүйе реттеу кезіндегі жылу тасымалдағыштың температуралық өзгерістеріне шыдамды, жылу тасымалдағыштың РН деңгейі 7-8 тең кезде коррозияға төзімді, салмағы жеңіл. Жылу тасымалдағышпен жанасқан кезде көміртегін бөледі, сондықтан жылыту жүйесінен алдын-ала ауаны шығарып тастау шарасын қолданған жөн (мәселен автоматты ауақайтарғы қондыру арқылы). Көміртегінің барын от арқылы тексеруге болмайды.*

*Биметалды радиаторлар 20-25 атм дейінгі жұмыстық қысымға арналған, жылу бергіштік қасиеті жоғары, жүйе реттеу кезіндегі жылу тасымалдағыштың температуралық өзгерістеріне шыдамды, жылу тасымалдағыштың РН деңгейі 6-9 тең кезде коррозияға төзімді. Жылу тасымалдағышпен жанасқан кезде көміртегін бөлмейді, себебі жылу тасымалдағыш алюминиймен қапталған болат құбырдың бойымен қозғалады.*

*Болат түтікті радиаторлар 10-12 атм дейінгі жұмыстық қысымға арналған, жылу бергіштік қасиеті қанағаттанарлық, жүйе реттеу кезіндегі жылу тасымалдағыштың температуралық өзгерістеріне шыдамды, коррозияға төзімділігі жылу тасымалдағыштың құрамындағы еріген оттегі мөлшеріне байланысты.*

*Болат тақталы радиаторлар 9 атм дейінгі жұмыстық қысымға арналған, жылу бергіштік қасиеті жоғары, жүйе реттеу кезіндегі жылу тасымалдағыштың температуралық өзгерістеріне шыдамды, коррозияға төзімділігі жылу тасымалдағыштың құрамындағы еріген оттегі мөлшеріне байланысты.*

*Дизайндық радиаторлар қасиеті бойынша болат құбырлы радиаторға ұқсас, көбіне ішкі сәнді толықтырып тұруға арналған радиаторлар, алайда жылыту міндетін де атқарады.*

*Термореттегіштер.* Жылу құралының бойымен өтетін ыстық судың мөлшерін арнайы термореттегіш арқылы реттеп отырған ыңғайлы. Соңғы жылдары жылыту жүйесінде арнайы термореттегіштер Ресейде кеңінен қолданылуда.

Термореттегіш 2 бөліктен тұрады: термореттегіштің клапаны мен термостатикалық бастиек. Ең алдымен термореттегіштің клапанын орнатады (әдетте, жеткізуші құбыржолға). Клапанға құрамына газ толтырылған арнайы сальфон кіретін термостатикалық бастиек қондырылады. Сальфондағы пардың қысымы қоршаған ауа температурасына пропорционалды түрде өзгереді. Ауа температурасы жоғарылаған сайын пар қысымы да өсіп, сальфон қатпаршағының беті жазылады да, клапан корпусындағы ыстық судың өту қимасы арқылы жүруін тежейді. Ауа температурасы төмендеген жағдайда пар қысымы да төмендеп, сальфон қатпаршағы жиырылады да, клапан корпусындағы өту қимасын ашады. Өндірушілердің деректері бойынша жылыту жүйесінде термореттегішті қолдану, автоматты түрде реттеуінің арқасында, жылу шығынын 20%-ға кемітеді. Құбырдан көтерілетін жылу термореттегіштің жұмысына әсерін тигізбес үшін, термостатикалық бастиек горизонталды түрде тұратындай етіп, клапанды қондырған абзал. Сонымен қатар бөлек шығып тұратын сезбегі (датчик) бар термореттегішті қондыруға болады (мысалы жылыту құралы үй қуысында орналасқан және пердемен немесе қалқамен жабылған жағдайда). Егер де қолданыстағы жылу желісіне бұрын термореттегішті қондыру қарастырылмаған болса, оны қондырар алдында арнайы мамандармен ақылдасқан жөн.

Жылыту құралдарының сан алуандығы бір шетінен оларды таңдауға қолайлы жағдай болғанымен, таңдаудың тым көптігі адамда дүдәмалдылық тудырады. Сондықтан бұл жағдайда білікті мамандардың көмегіне жүгінген жөн. Олар жылыту жүйесін жобалап, бар сұрақтарыңызға толыққанды жауап береді, техникалық мәліметтерге және сырт келбеті жөніндегі сіздің қалауыңызға қарай отырып, жылыту құралдарын таңдап береді.

#### **1.4 Қазандықтар мен қысымды ыдыстарды басқару элементтері**

Қазандық - сұйықтық, әдетте су қыздырылатын жабық ыдыс. Сұйықтықты қайнатудың қажеті жоқ. Қыздырылған немесе буланған сұйықтық әртүрлі процестерде немесе орталықтандырылған жылыту, қазандық негізінде электр қуатын өндіру, тамақ пісіру және санитарлық тазарту сияқты жылытуға қолданылады. Қазандықтардың жылу көзі әр түрлі отын түрлері, мысалы, ағаш, көмір, мазут немесе табиғи газ. Кейде қазандық жүйесінен бу шығару үшін жылу көзі ретінде ядролық бөліну қолданылады.



1.3 – сурет – Қазандықты және жинақтау цистернасы

Өнеркәсіптік қазандықтың орташа қызмет ету мерзімі шамамен 15 жыл. Егер қазандық осы қызмет ету мерзімін аяқтаса, онда жаңа қазандық жүйесін іздеу керек. Егер жылдық техникалық қызмет көрсету және жөндеу уақытында жасалса, бұл мерзім ұзағырақ болуы мүмкін.

Күнделікті өмірде жылу өте маңызды. Жылу қоршаған ортаны жылытуға, тамақ дайындауға және шомылуға арналған күнделікті іс-әрекетте өте қажет. Су мен бу - керемет жылу тасымалдағыштары. Судың атмосфералық қысымдағы қайнау температурасы 100 градус. Қайнау жүйесі герметикалық түрде тығыздалған, егер қысым жасалса, қайнау температурасын арттыруға болады. Қайнау температурасын көтеру және қысымды арттыру үшін герметикалық ыдыс қажет.

Өнеркәсіптік қазандықтар әлдеқайда жоғары қысыммен жұмыс істейді. Бұл қазандықтар негізінен қалың болат табақтарды дәнекерлеу арқылы жасалады және өте жоғары қысымға ие болады. Қазандықтар жоғары қысыммен күресу үшін өте күшті болуы керек. Әйтпесе, оның жарылып жатқан бомбадан айырмашылығы болмас еді.

Аккумуляторлық бактар, керісінше, күн жүйесі, жылу сорғысы немесе қатты отын қазандығы сияқты әр түрлі көздерден келетін жылумен резервуардағы суды жылыту арқылы сақтауды қамтамасыз ететін жүйе. Жалпы, қонақ үй сияқты ыстық суы жоғары жерлерде күн суын пайдаланып ыстық су сақтау шығындарды азайтады.

Қысыммен жұмыс істейтін ыдыстар мен қазандықтарды тексеру қызметі шеңберінде біздің ұйым қазандықтар мен қоймаларды бақылау қызметтерін ұсынады.

Қыс айларында қолданыла бастаған жылыту қазандықтарына, өнеркәсіптік нысандарда қолданылатын әртүрлі типтегі қазандықтарға, кеңейту сияқты қысымды ыдыстарға қатысты өндірістегі жазатайым оқиғалардың алдын алуға бағытталған еңбекті қорғау ережелеріне қатысты тиісті нормативтік-құқықтық актілерді еске салу керек.

Оқытылған персонал басқармайтын және мерзімді сынақтар мен бақылаулар жүргізілмейтін қазандықтар мен қысымды ыдыстардың жарылыстары мен өндірістегі апаттарының қауіпсіздік қаупін елемеуге болмайды.

Қыс мезгілі тез сезіле бастаған бұл күндері орталықтандырылған жылу жүйесінде қолданылатын ыстық су (жылыту) қазандықтары да іске қосылды. Тұрғын үй және қызмет көрсету ғимараттарында жылыту мақсатында пайдаланылатын қазандықтарды, сондай-ақ гидрофор сияқты қысыммен жұмыс істейтін ыдыстарды жылына кемінде бір рет, сондай-ақ өнеркәсіптік нысандарда қолданылатын қазандықтарды мерзімді сынақтар мен бақылаудан өткізу заң талабы болып табылады. Екінші жағынан, бұл қазандықтарды қазандық түріне сәйкес оқытылған қызметкерлер басқаруы керек. Оқытылған персонал басқармайтын және мерзімді сынақтар мен бақылаулар жүргізілмейтін қазандықтар мен қысымды ыдыстардың жарылыстары мен өндірістегі апаттарының қауіпсіздік қаупін елемеуге болмайды.



1.4 – сурет – Жылыту қазандығы

Кеңейту цистерналары, гидрофорлар, ауа цистерналары, қазандықтар, автоклавтар сияқты қазандықтарды және қысымы 0,5 бардан асатын басқа қысымды ыдыстарды мерзімді бақылау, егер тиісті стандартта көрсетілмесе, жылына кемінде бір рет жүргізілуі керек.

Мерзімді бақылаулар кезінде қазандықтар мен қысымды ыдыстар еңбек қауіпсіздігі және жұмысшылардың денсаулығы тұрғысынан тексерілуі керек, гидростатикалық сынақтар және қауіпсіздік клапандарының ашылуына сынақтар жүргізілуі керек. Сондай-ақ қауіпсіздік клапандарын ашу, жабу және ағып кетуді қабылдау сынақтары бөлек орындалатындай етіп тығыздау ұсынылады.

Қысыммен жұмыс істейтін ыдыстардың тәуекелін бағалауда немесе қысымды сынауды жүзеге асыру мүмкін болмаған жағдайда тиісті бұзылмайтын бақылау әдістерін қолдану арқылы; қалыңдығына, коррозияға және дәнекерлеуге бақылау жасау керек.

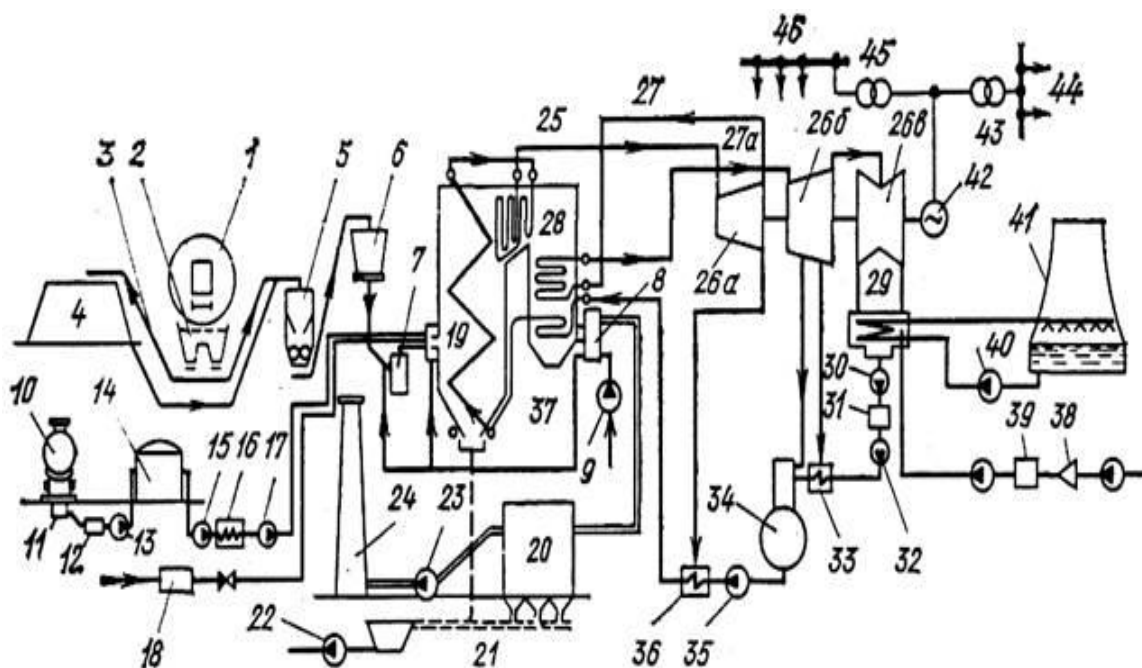
Жұмыс жабдығы ретінде анықталған жұмысты орындау кезінде пайдаланылатын кез келген машина, құрал, қондырғы және қондырғы белгіленген әдістерге сәйкес және регламентте көзделген аралықтарда жүзеге асырылады, тексеру, сынақ және сынақ әрекеттері уәкілетті тұлғалармен жүргізіледі, бақылау нәтижелері тіркеледі және уәкілетті органдарға талаптарды сақтау талап етіледі. оны сақтау тапсырылды.

## 2 Бу турбиналық ЖЭС-ның энергетикалық тиімділігі

### 2.1 Бу күш қондырғыларының энергетикалық тиімділігінің көрсеткіштері

Бу электр станциясы-бұл бу қазандығынан (қазандық қондырғысынан) алынған бу бойынша жұмыс жасайтын дәстүрлі бу турбиналық қондырғы. Бу турбинасы мен қазандық қондырғысы блокқа біріктірілген болуы мүмкін немесе көлденең байланыстырылған. Бу энергоблогы үшін жылу мен қуаттың жалпы балансын (электр станциялары) былай жазуға болады ( 2.1 - сурет):

$$Q_{жанармай} = BQ_p^H = Q_{шы} + \sum Q_j = Q_0 + \Delta Q_{тр} + \sum Q_j \quad (2.1)$$



2.1 – сурет – Конденсациялық энергоблок (электр станциясы) үшін жылу мен қуат балансы [9]

Айта кетейік, 1 кг қатты немесе сұйық отынды немесе 1 м<sup>3</sup> газ тәрізді отынды жағу кезінде бөлінетін жылу мөлшері: өнімдегі су буларын конденсациялау кезінде бөлінетін жылуды ескере отырып жану ( $Q_B^p$ ) бар және жоқ ( $Q_H^p$ ), жоғарғы  $Q_B^p$  және төменгі  $Q_H^p$  жану жылуын ажыратады [9].

Дәстүрлі түрде қолданылатын қазандық агрегаттарында  $t_{yx}$  шығатын газдардың температурасы шық нүктесінен жоғары, яғни су буларының конденсация температурасы практикалық есептеулерде  $Q_H^p$  қолданылады. Көбінесе есептеулер шартты отын ұғымын, яғни  $Q_H^p = 7000 \text{ ккал / кг} = 29,33 \text{ МДж/кг}$  отынды қолданады.

Қазандық қондырғысының жылу балансы (2.2 - сурет) мына теңдік түрінде жазылуы мүмкін

$$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (2.2)$$

$Q_p^p = BQ_p^H + Q_{\phi.T} + Q_{\phi.B} + Q_{\phi.г}$  - оттыққа түскен жылудың толық мөлшері;  
 $BQ_p^H$  жанармайының жану жылуынан, оның  $Q_{\phi.T}$  физикалық жылуынан тұрады.т, сондай-ақ пешке  $Q_{пар}$  буымен түскен жылу және жануға берілетін, ауамен алдын ала қыздырылған болып табылады,  $Q_{\phi.B}$  (табиғи газбен жұмыс істеу кезінде  $Q_p^p = Q_{жанар} = BQ_p^H$ );

$Q_1$  -бу немесе ыстық су өндіру үшін пайдалы жылу (егер қазандық тек бу турбинасы үшін бу шығаруға арналған болса, онда  $Q_k^{бp} = Q_{пЕ}$ );

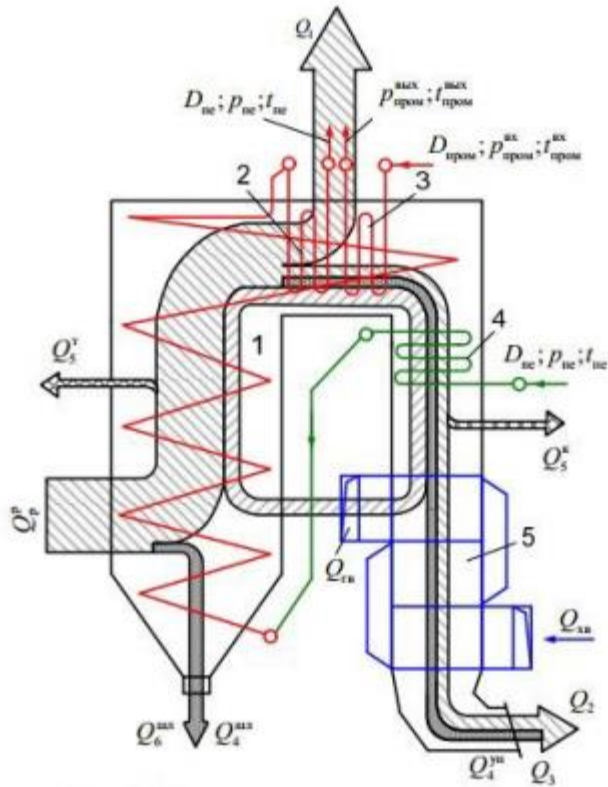
$Q_2$  -шығатын газдармен жылу шығыны (ең маңызды, қазіргі заманғы қазандықтар үшін 4-10% жетеді; олардың мөлшері қолданылатын отынның түріне, к/агрегаттың жүктемесіне, шығатын газдардың температурасы мен көлеміне байланысты және жануға берілетін ауа көлемінің ұлғаюымен айтарлықтай артады);

$Q_3$  -отынның химиялық күймеуі бар жылуды жоғалту, яғни отынның жануының химиялық толық болмауы (жануға ауаның берілуі азайған кезде өседі, бұдан басқа жағылатын отынның түріне, оны жағу тәсіліне, оттықтың құрылымына және басқа да факторларға байланысты болады);

$Q_4$  -отынның механикалық күймеуі бар жылуды жоғалту, яғни жылуды жоғалту жанар-жағармайдың физикалық толық жанбауы (қатты отынмен жұмыс істегенде ғана есептеледі);

$Q_5$  -қоршау құрылымдары арқылы қоршаған ортаға жылу шығыны, қаптау (қазандықтың қаптамасының сапасы мен қалыңдығына, оның материалының жылу өткізгіштік коэффициентіне, сыртқы ауа температурасына, ауданға және т. б. байланысты);

$Q_6$  -шлактың физикалық жылуымен шығындары.



2.2 – сурет – Бу қазандығының жылу балансы [9]

Бұл жағдайда қазандықтың пайдалы әрекет коэффициенті тікелей тепе-теңдік бойынша( қазандықтан пайдалы жылу арқылы)

$$\eta_{ка}^{\partial p} = q_1 = Q_1 / Q_P^p 100\% \quad (2.3)$$

-кері тепе-теңдік бойынша (шығындар арқылы)

$$\eta_{ка}^{\partial p} = 1 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad (2.4)$$

Жылу (құбыр) көлігінің ПӘК немесе жылу ағынының ПӘК мәні

$$\eta_{TP} = \eta_{ТП} = Q_0 / Q_{ПЕ} = 0,99...0,98. \quad (2.5)$$

Конденсациялық турбоқондырғының жылу және қуат тепе-теңдігі:

$$Q_0 = N_s + \Delta N_{эм} + Q_{конт} \quad (2.6)$$

ПӘК цикліндегі негізгі шығындар конденсаторда орын алады, онда салқындататын суға шамамен 50% жылу беріледі.



Идеал циклдегі конденсатордағы жылу шығыны жылу ПӘК  $-\eta_i = \eta_t \eta_{oi}$ , мұнда  $\eta_{oi}$  ішкі салыстырмалы ПӘК-ін турбинадағы будың кеңеюінің нақты процесінің идеалдан ауытқуын сипаттайды.

Бұл ретте турбоқондырғының абсолютті электрлік ПӘК-і (брутто)

$$\eta_{э,ПТУ}^{\text{бр}} = N_э / Q_0 = N_э / (N_э + \Delta N_{эм} + Q_{\text{конд}}) = \eta_t \eta_{oi} \eta_{\text{мех}} \eta_{эз} = \eta_t \eta_{эм} \quad (2.7)$$

ЖЭС энергоблогының (бу күш қондырғысының) ПӘК –і (брутто)

$$\begin{aligned} \eta_{э,бл}^{\text{бр}} &= N_э^{\text{бр}} / Q_{\text{жан}} = N_э^{\text{бр}} / (B Q_P^H) = \\ \eta_t \eta_{oi} \eta_{\text{мех}} \eta_{эз} \eta_{ТР} \eta_{к}^{\text{бр}} &= \eta_{э,ПТУ}^{\text{бр}} \eta_{ТР} \eta_{к}^{\text{бр}} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Электр станцияларының өз қажеттіліктеріне жұмсалатын энергия шығындарын ескере отырып (отын дайындау, көптеген сорғылар мен желдеткіштердің жұмысы және т.б.), олар өндіретін электр энергиясынан  $\varepsilon_{сн}$  =4-6%, ЖЭС (электр станциялары) энергия блогының ПӘК (нетто) құрайды

$$\eta_{э,бл}^{\text{НТ}} = \eta_{э,бл}^{\text{бр}} = (1 - N_{сн} / N_э) = \eta_{э,бл}^{\text{бр}} (1 - \varepsilon_{сн}) \quad (2.9)$$

Жылу беру турбоқондырғысының жылу және қуат тепе-теңдігі:

$$Q_0 = N_э + \Delta N_{эм} + Q_{\text{конд}} + Q_{\text{отп}} + \Delta Q_{\text{сұыту}} \quad (2.10)$$

мұндағы  $Q_{\text{отп}}$  – турбоқондырғыны іріктеуден жылу жіберу;

$\Delta Q_{\text{сұыту}}$  - жылуды босату кезіндегі шығындар (бұл мән жиі ескерілмейді).

Турбинада жұмыс істеген бу болған кезде қысымға қарсы турбиналар үшін тұтынушыға жылу (бу) беру үшін толығымен пайдаланылады  $Q_{\text{конд}} = 0$  суық көзінде жылу шығыны толығымен жойылады

$$Q_0 = N_э + \Delta N_{эм} + Q_{\text{отп}} + \Delta Q_{\text{сұыту}} \quad (2.11)$$

және турбоқұрылғыны ең жоғары жылу үнемділікпен жұмыс істейді.

Жалпы жағдайда жылу турбиналарында бу шығыны шартты түрде мүмкін екі ағынға бөлінеді: турбинада қолданғаннан кейін жылу тұтыну үшін және айналмалы сумен салқындатылған конденсаторға түседі [11].

Бұл ретте жылу және конденсациялық циклдарға  $N_э$  жылыту турбоқондырғысының толық қуаты генератордың терминалдары сәйкесінше өндірілген  $N_{\text{мп}}$  және конденсациялық  $N_{\text{к}}$  қуаттарының қосындысы ретінде ұсынылуы мүмкін

$$N_{\text{э}} = N_{\text{тф}} + N_{\text{к}} \quad (2.12)$$

Жылу шығынын бөлудің физикалық әдісін қолдану кезінде бірге өндірілетін электр энергиясы мен жылу арасындағы жаңа бу  $Q_{\text{омн}}$  (2.10) - (2.11) жылу өндірісіне жылудың "физикалық" қажетті мөлшері, яғни  $Q_{\text{омн}}$  жатады, ал электр энергиясын өндіруге жаңа бу жылуының бір бөлігі жатады

$$Q_{\text{э}} = Q_0 - \sum Q_{\text{омн}} \quad (2.13)$$

-бу және конденсатор іріктеулері бар турбоқондырғылар үшін

$$Q_0 = N_{\text{э}} + \Delta N_{\text{эм}} + Q_{\text{конд}} + \Delta Q_{\text{суыту}} \quad (2.14)$$

-қысымға қарсы турбоқондырғылар үшін

$$Q_{\text{э}} = N_{\text{э}} + \Delta N_{\text{эм}} + \Delta Q_{\text{суыту}} \quad (2.15)$$

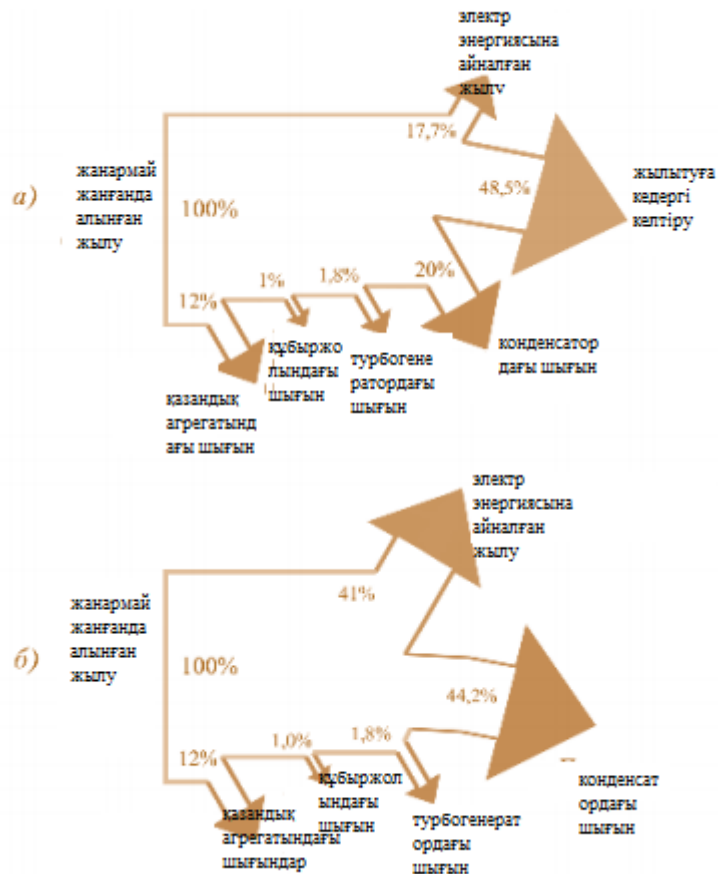
(2.13) және (2.14) ЖЭС электр энергиясын өндіру тиімділігіне сәйкес қысымға қарсы турбоқондырғылар үшін де айтарлықтай артады іс жүзінде ол электромеханикалық ПӘК-ке тең болады

$$\eta_{\text{э,тф}}^{\text{бр}} = N_{\text{э}} / Q_{\text{э}} = N_{\text{э}} / (N_{\text{э}} + \Delta N_{\text{эм}} + \Delta Q_{\text{суыту}}) = \eta_{\text{эм}} \quad (2.16)$$

Жылу энергиясын толық пайдаланудың арқасында ЖЭС ПӘК 65..85% - ке жетеді, ал КЭС-тің ПӘК — 40..45% артық емес.

Салыстыру үшін 2.3-суретте ЖЭС-ның шамамен жылу балансы көрсетілген (а) және КЭС (б).

Отын жылуының ПӘК мәні, 40..45% -тан аспайтын КЭС үшін (2.14), ЖЭС үшін 85..90% жетуі мүмкін (2.13), қазандықтар үшін осы көрсеткіштің мәніне жақындағандайды (2.15).



2.3 – сурет – ЖЭС (а) және КЭС (б) жылу балансы [8]

## 2.2 Бу турбиналық қондырғылардың энергетикалық сипаттамалары

Бу турбиналарының энергетикалық сипаттамаларының құрамы мен түрі қондырғылардың түрімен анықталады.

Жалпы жағдайда энергетикалық сипаттамалары келесі тәуелділіктерді қамтиды:

-таза будың шығыны  $G_0$  мен таза будағы жылу  $Q_0$ , сондай-ақ меншікті  $N_0$  электр қуатынан  $q_t$  электр энергиясын өндіруге жұмсалатын жылу шығыны және  $Q_T$  пен  $Q_{II}$  жылуды жіберу(жылуландыру турбиналары үшін);

-Т және II-іріктеуде жылуды босатуда электр энергиясын меншікті өндіру  $W_T$  және  $W_{II}$  (жылыту турбиналары үшін);

-  $G_0$  таза буды тұтынудан алынған судың температурасы  $t_{IIВ}$ ;

-  $p_k$  қысым және конденсатордағы  $\delta_k$  температура айырмашылығы бу ағынының жылдамдығынан конденсаторға, сонымен қатар айналымдағы судың шығыны  $W_{OB}$  және оның  $t_{IB}$  кірісіндегі температурасы;

-регенерация жүйесінің қыздырғыштарына арналған қысым мен бу шығыны және т.б. Энергетикалық сипаттамада қосалқы қажеттіліктерге арналған энергия шығынын анықтауға арналған графиктер бар.

Энергетикалық сипаттамалар белгілі бір жағдайларда жасалады, олардың негізгілері: будың бастапқы және соңғы параметрлері, буды қайта қыздыру; жылу тізбегінің ерекшеліктері және т.б.

Қайта қыздырылған турбина қондырғысы үшін жылу шығыны

$$Q_0 = G_0(h_0 - h_{пв}) + G_{пш}\Delta h_{пш} \quad (2.17)$$

мұндағы  $G_0$ ,  $G_{пш}$ -турбинаға және аралық арқылы бу шығыны бу қыздырғыш;

$h_0$ ,  $h_{пв}$  – жаңа бу мен қоректік судың энтальпиясы;

$\Delta h_{пш} = h_{пш2} - h_{пш1}$ -шығу кезіндегі бу энтальпияларының айырмасы  $h_{пш2}$  және кіру  $h_{пш1}$  қайталама бу қыздырғышқа [8].

Қызып кетпейтін турбина үшін (2.18)  $G_{пш} = 0$ .

Бу турбиналарының энергетикалық сипаттамалары физикалық әдісті қолдану кезінде құрылады, онда жылу қондырғыларымен  $Q_0$  электр энергиясын өндіруге қатысты жаңа будың жылу шығыны  $Q_0$  – ден  $Q_{омн}$  жылу шығынын азайту арқылы, яғни (2.13)-(2.15) формулалары бойынша алынады.

Турбоагрегат жұмысының үнемділігін анықтайтын негізгі энергетикалық сипаттама-бұл электр энергиясын өндіруге жаңа бу жылуының нақты шығыны - өндірістің кері ПӘК-і электр энергиясын

$$q_T = \frac{Q_0}{N_T} \quad (2.18)$$

жалпы жағдайда ол суық көздегі (конденсатордағы) және электромеханикалық шығындарды ескереді [8].

Конденсациялық турбина үшін бұл абсолютті шамаға кері электрлік ПӘК-і

$$q_k^{КЭС} = \frac{Q_0}{N_T} = \frac{3600}{\eta_i \eta_{oi} \eta_M \eta_G \eta_s} = \frac{3600}{\eta_s} \text{кДж}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}) = \frac{860}{\eta_s} \text{ккал}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}) \quad (2.19)$$

мұндағы  $\eta_i, \eta_{oi}, \eta_M, \eta_G, \eta_s$  – циклдің жылу ПӘК-і, ішкі салыстырмалы және турбинаның механикалық ПӘК-і, электр генераторының ПӘК-і және абсолютті турбоқондырғының электрлік ПӘК-і.

Жылу турбиналарында бу шығыны шартты түрде екі ағынға бөлінеді ағын: турбинада жылу тұтыну үшін пайдаланылғаннан кейін және циркуляциялық сумен салқындатылған конденсаторға түседі.

Бірінші (қыздыру) ағын үшін негізгі шығындар («суық» көзде) алынып тасталады және  $q_{T\Phi}$  электр энергиясын өндіруге арналған жылудың меншікті шығыны электромеханикалық ПЭК-тің өзара байланысы болып табылады, яғни  $q_{T\Phi}$  бірліктен (жылу эквивалентінен) аз шығындармен ерекшеленеді: механикалық, генератордағы және турбинаның жылу оқшаулағышы арқылы сәулелену

$$q_{T\Phi} = \frac{3600}{\eta_M \eta_G} \text{кДж}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}) = \frac{860}{\eta_M \eta_G} \text{ккал}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}) \quad (2.20)$$

Екінші ағын  $q_K$  үшін конденсатордағы шығындарды қосымша ескереді:

$$q_K^{TЭЦ} = \frac{Q_{\text{Э}}}{N_T} = \frac{3600}{\eta_{\text{иК}} \eta_M \eta_G} = \frac{860}{\eta_{\text{иК}} \eta_M \eta_G} \text{ккал}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}) \quad (2.21)$$

мұндағы  $\eta_{\text{иК}}$  - конденсация ағынының ішкі тиімділігі [8].

Жалпы жағдайда электр энергиясын өндіруге арналған меншікті жылу шығыны  $N_{T\Phi}$  және конденсацияланатын  $N_K$  ағындарындағы дамыған қуаттың арақатынасына байланысты анықталады.

$$q_T = \frac{q_{T\Phi} N_{T\Phi} + q_K N_K}{N_{T\Phi} + N_K} \quad (2.22)$$

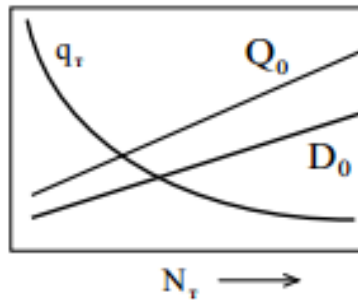
Жылу қуатының үлесінің артуымен  $q_T$  төмендейді.

Қазіргі заманғы турбиналар үшін  $q_K / q_{T\Phi} = 1,7 \dots 2,5$ . Бұл ретте конденсациялық жылу турбиналарында өндіріс үнемді емес конденсациялық бірдей бастапқы параметрлер:  $q_K^{TЭЦ} > q_T^{КЭЦ}$ .

$q_T$  шамасы  $\sum Q_{\text{отн}}$  жылу жүктемесіне және реттелетін іріктеулердегі қысымға ( $P_T, P_{II}$ ) байланысты болады.

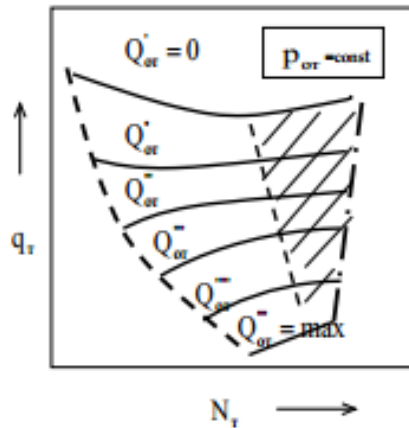
Энергия сипаттамалары мәндердің тәуелділігін көрсетеді энергетикалық сипаттаманы құру кезінде қабылданған (бекітілген) жағдайларда турбинаның электр және жылу қуатынан  $q_{\text{т.исх}}^{\text{бp}}$ . Жалпы жағдайда  $q_{\text{т.исх}}^{\text{бp}} = f(N_T, Q_{II}, Q_{OT}, p_n^h, p_{om}^h)$ .  $q_{\text{т.исх}}^{\text{бp}}$  нормалау кезінде сыртқы факторлардың нақты мәндерінің белгіленген мәндерден ауытқуына түзетулер енгізу қажет [9].

Конденсациялық турбиналар үшін барлық үш негізгі тәуелділік әдетте бір диаграммада жасалады (2.5 - сурет).



2.4 – сурет – Конденсациялық турбиналардың негізгі энергия сипаттамалары

T типтегі турбиналар үшін  $q_{m,ucx}^{бр}$  электрлік  $N_T$ -ге және  $Q_{OT}$  жылу турбинаның жүктемесіне тәуелділік графиктерінің жиынтығы қыздыру шығысындағы қысымның бірнеше мәндерінде келтіріледі (2.5-сурет).



2.5 – сурет - T типті турбиналардың негізгі сипаттамалары:

$$Q_{om}^{\cdot} < Q_{om}^{\ddot{}} < Q_{om}^{\ddot{\cdot}} < Q_{om}^{\ddot{\cdot\cdot}}$$

Графиктер бір және екі сатылы режимдер үшін бөлек салынған желілік суды жылыту. Бірінші жағдайда төменгі  $p_{min}$  – дегі қысым, екінші жағдайда жоғарғы  $p_{ms}$  жылыту таңдауындағы қысым.

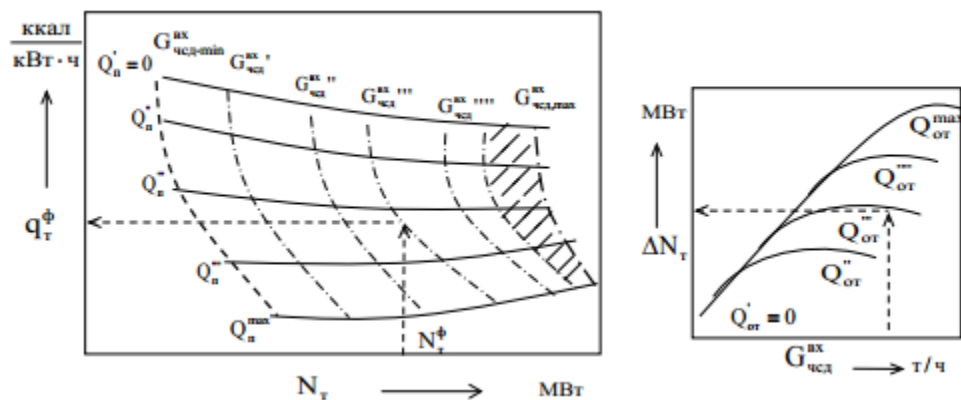
2.6 - сурет сол жақ (нүктелі) сызық режимдерді минималды түрде көрсетеді конденсаторға бу шығыны, оң (штрих-нүктелі) - жаңа будың максималды шығыны. Көлеңкеленген аймақ қысымның табиғи жоғарылауымен (ЕПД) мүмкін болатын режимдерді сипаттайды [10].

ЕПД кезінде реттелетін іріктеуде жоғары қысым белгіленеді берілген температураға дейін қыздыру үшін қажетті желілік су.

Тиімділік режимдерінде үнемділіктің күрт төмендеуі байқалады. ЕПД кезінде жоғарғы жылыту іріктеуінде жоғарғы желілік айналма қолданылады жылыту (СП) немесе желілік суды бір сатылы жылытуға көшу [10].

Энергетикалық сипаттамадағы ПТ типті турбиналар үшін  $p_{om}$  және  $p_n$  бірнеше мәндерінде және бекітілген мәндерде  $Q_{OT}$  және  $N_T$  турбинасының қуатына  $q_{m,исх}^{бр}$  графикалық тәуелділіктер жиынтығы пайдалы болуы мүмкін.

ПТ типті  $q_T$  турбиналарының сипаттамаларын бейнелеудің тағы бір әдісін «Беленергоремналадка» АҚ қолданады.



2.6 – сурет – ПТ типті турбиналардың негізгі Энергетикалық сипаттамалары [10]

Бұл графиктер екі квадраттан тұрады (2.3 - сурет):–  $N_m^phi$  турбинасының жалған қуатына,  $Q_n$  өндірістік іріктеу жүктемесіне және будың шығысына байланысты  $q_m^phi$  электр энергиясын өндіруге жұмсалатын жылудың меншікті шығынының жалған тәуелділігін білдіретін негізгі (жылыту іріктемесі жүктемесінің шамасы нөлге тең деген болжамда)  $G_{чсд}^{ex}$  ;

-қосалқы, онда  $\Delta N_T$  қуатқа түзетулердің тәуелділігі көрсетілген турбиналар  $Q_{om}$  жылыту іріктемесінің жүктеме шамасына.

Сол жақ квадранттағы суретте сызықтар қатты көрсетілген  $Q_n$  өндірістік іріктеудің тұрақты жүктемесі, штрих-нүктелі –  $G_{чсд}^{ex}$  кірісінде тұрақты бу ағынының желілері . Штрихтау өндірістік іріктеуде БТҚ-ның мүмкін болатын аумағын көрсетеді [7].

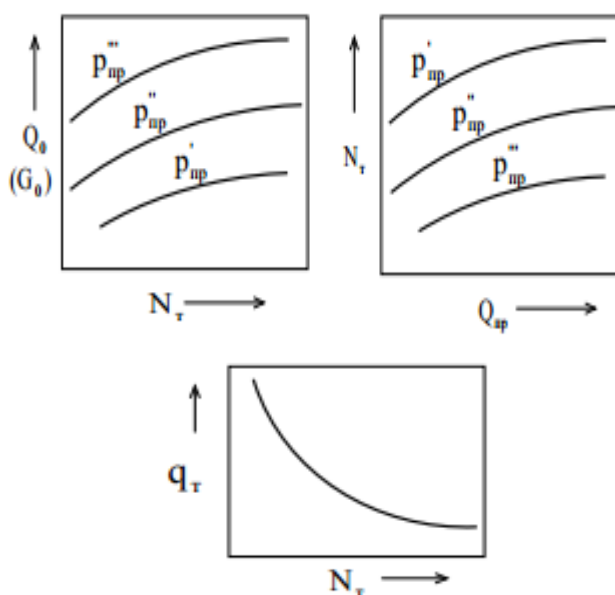
$q_t$  анықтау үшін, біріншіден,  $Q_{om}$  бойынша дұрыс көмекші квадрантты қолданып,  $\Delta N_T^phi$  турбиналық қуатына түзетудің шамамен мәні табылады.

Бұдан әрі негізгі график бойынша  $G_{чсд}^{ex}$  мәні  $\Delta N_T^phi = N_T + \Delta N_T$  турбинасының жалған қуатының шамасы және  $Q_n$  өндірістік іріктеу жүктемесі бойынша анықталады. Содан кейін түзетудің Жаңа мәні анықталады  $\Delta N_T = f(Q_{om}, G_{чсд}^{ex})$  және  $q_t$  турбинасының нақтыланған жалған қуаты бойынша  $q_t$  электр энергиясын өндіруге арналған жылудың жалған үлестік шығынының шамасы  $\Delta N_T^phi = N_T + \Delta N_T$  және  $Q_n$  өндірістік іріктеу жүктемесі [6].

Электр энергиясын өндіруге жұмсалатын жылудың үлестік шығынының бастапқы-номиналды түпкілікті мәні мына формула бойынша есептеледі:

$$q_{m,ucx}^{\phi p} = \frac{q_m^{\phi} \cdot N_m^{\phi} - Q_{om}}{N_m} \quad (2.23)$$

Қысымға қарсы турбиналар үшін турбоқондырғыға жылу шығыны және қуат оның жылу жүктемесімен анықталады, сондықтан мұндай турбиналардың энергетикалық сипаттамаларына келесі негізгі графикалық тәуелділіктер кіреді:  $N_T$  қуатынан  $q_t$  электр энергиясын өндіруге жылу шығыны; жаңа бу шығыны  $G_0$  және  $N_T$  қуатынан  $Q_0$  жылу шығыны,  $p_{np}$  қарсы қысымындағы бу қысымының әртүрлі мәндерінде; әр түрлі  $p_{np}$  кезінде  $Q_{np}$  қарсы қысымынан жылу босатудан  $N_T$  қуаты (2.8 сурет)



2.7 – сурет – P типті турбиналардың НЭЖ түрі [7]

Турбина режимдерінің диаграммасы өзара байланысты орнатады оның жұмысының негізгі көрсеткіштері: электр қуаты, жаңа бу шығыны және жылу турбиналары үшін, бу немесе жылу таңдаудан босатылған мөлшер. Қосымша жұмыс режимін анықтайтын басқа да шамалар ( $p_n(p_m)$  тұтынушысына жіберілетін Бу қысымы,  $W_{ov}$  салқындатылған су шығыны және т.б.) ескеріледі.

Жалпы жағдайда  $D_0 = G_0 = f(N_T, Q_{np}, Q_{om}, p_n^h, p_{om}^h, W_{ov}, \dots)$

Бұл теңдеу жазықтықта графикалық түрде ұсынылады, егер айнымалылар саны үштен аспайды, сондықтан Тәуелсіз параметрлер санын шектеген жөн. Негізгі график бу шығыны мен турбинаның қуаты арасындағы байланысты білдіреді, ал түзету қисықтары деп аталатын қосымша графиктер



теңдеудің қалған параметрлерінің әрқайсысының бу шығысына өзгеруінің әсерін анықтайды [5].

2.3-суретте конденсация және қысымға қарсы турбина үшін режим диаграммаларының графикалық көрінісі 2.5 және 2.8 - суреттерде келтірілген.

2.8-сурет жылу режимдерінің диаграммасы ұсынылған бір реттелетін іріктеуі бар бу турбиналы қондырғы сызықтық тәуелділікті қолдана отырып, шамамен алынған әдіс  $N_s$  қуатынан  $G_0$  турбинасына бу шығыны және  $G_n$  іріктеуге бу шығыны;

-  $G_n = 0$  кезіндегі конденсациялық режим (  $O_1K$  сызығы);

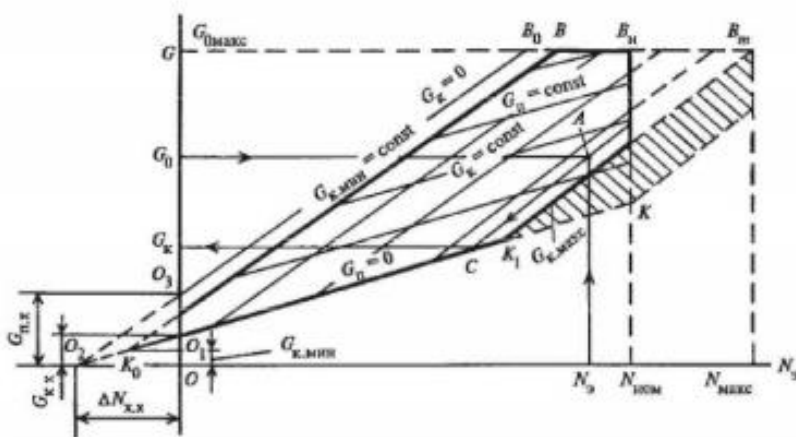
-  $G_k = 0$  және  $G_0 = G_n$  ( $O_2B_0$  сызығы) кезінде соққыға қарсы режим);

- конденсатордағы будың ең аз шығындарымен және соққыға қарсы режим

- ( $O_2B_0$  параллель  $K_0B$  сызығы);

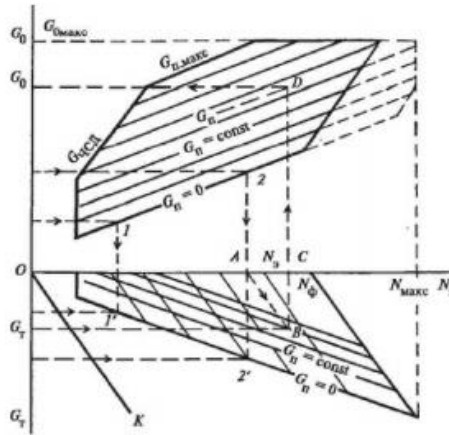
-  $G_{0max}, N_{ном}, N_{max}$  шектеу сызықтары.;

-  $G_k = const$  және  $G_n = const$  торлары



2.8 – сурет – Бір реттелетін іріктеуі бар жылу турбиналы қондырғы режимдерінің диаграммасы [7]

Диаграмма  $N_s$  қуаты, бу шығыны арасындағы байланысты білдіреді  $G_0$  турбинасына, будың жоғарғы (өндірістік)  $G_n$  және төменгі (жылуландыру)  $G_m$  шығысымен  $G_0 = f(N_s, G_n, G_m)$  және жазықтықта екі квадрантта орындалған.



2.9 – сурет – Екі реттелетін іріктеуі бар жылу турбиналы қондырғы режимдерінің диаграммасы [6]

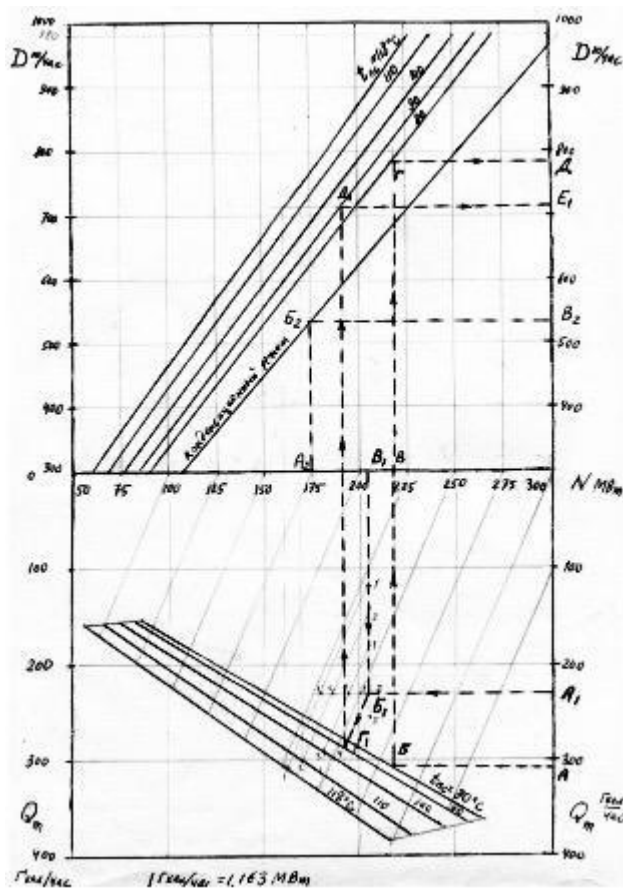
Жоғарғы ширекте  $G_0 = f(N_{э.усл}, G_n)$  тәуелділік салынады, ол қыздыру таңдауына будың нөлдік шығынымен жұмыс істегенде кәдімгі турбинаның шарттарының сызбасын білдіреді. Оның құрылысы бір бу шығаратын турбина сияқты жасалады (2.9 - сурет) [6].

Төменгі квадрантта түбін байланыстыратын ОК сызығы салынады қосымша қуаты  $\Delta N_T$  болатын  $G_m$  жылыту қосымша қуатымен байланыстыратын ОК сызығы салынып, оған параллель түзу сызықтар торы қолданылады. Мұнда берілген  $G_n = const$  кезінде жылуды таңдау үшін шектеу сызықтары қолданылады, олар  $G_{m, макс}$  -тің жалпы бу балансынан анықталатын жылуды іріктеудің максималды шығынын көрсетеді.  $G_{m, макс} = G_0 - G_n - G_{к, мин}$ .

Осы шекаралық сызықтардың құрылысы келесідей жүзеге асырылады:  $G_n = const$  бірдей мәні үшін ерікті түрде таңдалған 1 және 2 нүктелерінен сызықтар тігінен төмен бағытталған. Осы сызықтардың  $G_{m, макс}$  мәндерімен қиылысуының 1 және 2' нүктелері  $G_n = const$  бір мәні үшін түзу сызық арқылы қосылады, бұл мүмкін шығындар  $G_{m, макс}$  шекарасы.

2.9 және 2.10 суреттер бойынша жаңа бу шығынын анықтау кезінде алынатын бу қысымына қосымша түзетулер енгізу қажет.

2.11 сурет Т-250/300-240 турбинасының мысалында қуат тәуелділігі көрсетілген, жаңа бу шығыны, жылыту қондырғысының жүктемесі және ондағы қысым (жылыту қондырғысынан кейінгі желілік судың температурасы арқылы) [8].



2.10 – сурет – Режим диаграммасы (мысалы, Т-250/300-240) [8]

Сурет диаграмманы пайдалану тәртібін түсіндіреді:

а) берілген қуат үшін электрлік жүктеме графигімен жұмыс жасағанда  $N$  қуат осінде  $B_1$  нүктесін тауып, тік сызық сызыңыз. Берілген жылу жүктемесі үшін жылу жүктемесінің  $Q_T$  осіндегі  $A_1$  нүктесін тауып, көлденең сызық сызыңыз және қиылысу нүктесін табыңыз  $B_1$  нүктесінде тік және көлденең. Осы нүктеден төменгі квадраттағы  $t_{nc} = const$  сызығымен 27 қиылысқа дейін  $N = const$  көлбеу сызығын сызыңыз және  $G_1$  нүктесін табыңыз.  $G_1$  нүктесінен біз вертикалды жоғарғы квадрантқа дейін  $t_{nc} = const$  ұқсас берілген сызықпен қиылысқанға дейін тартамыз. Бұл жоғарғы квадранттағы  $D_1$  нүктесін анықтайды.  $D_1$  нүктесі арқылы біз турбинаның "басына" бу ағынының осьтік сызығына көлденең тартамыз және  $E_1$  нүктесінде турбинаға қажетті бу шығынын табамыз.

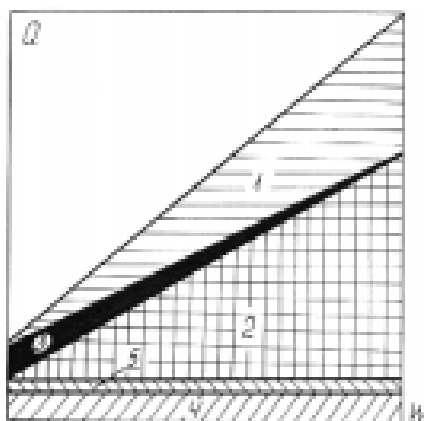
б) жүктеменің жылу графигімен жұмыс істеу кезінде алдымен  $Q_T$  жылу жүктемесіне сәйкес келетін жылу жүктемелерінің осінде  $A$  нүктесін табамыз.  $t_{nc} = const$  сызығымен қиылысқанға дейін көлденең сызыңыз және осы  $B$  нүктесін табыңыз.  $N$  қуатының осімен қиылысу нүктесінде біз осы жылу жүктемесінде турбина жасаған қуатты табамыз. Әрі қарай, тік желілік судың берілген температурасының  $t_{nc} = const$  сызығымен қиылысу нүктесінде Біз  $\Gamma$

нүктесін табамыз. Г нүктесінен бу ағынының осьтік сызығына көлденең сызықтан кейін біз Д нүктесінде турбинаның "басына" бу шығынын табамыз.

в) конденсация режимі үшін алдымен қуат осінде  $A_2$  нүктесін табамыз және жоғарғы квадратта "конденсация режимі" сызығына тік сызық сызамыз. Осылайша біз  $B_2$  нүктесін табамыз. Содан кейін  $B_2$  нүктесінен горизонтальды сызыңыз,  $B_2$  нүктесінде турбинаның "басына" бу шығынын табамыз [4].

Дроссельді конденсациялық турбоқондырғының жылу шығыны бу тарату 2.12 суретте көрсетілгендей компоненттерге бөлінуі мүмкін.

Негізгі компонент (1) пайдалы энергия, қалғаны шығындар. Олардың ішіндегі ең үлкені-конденсатордағы шығындар (2), олар жүктемеге пропорционалды түрде өседі және шығыс бу жылдамдығымен және фазалық ауысумен шығындарды қамтиды. Басқару клапандарындағы дроссельмен байланысты шығындар (3) клапандар ашылған кезде азаяды және клапандар толық ашылған кезде іс жүзінде болмайды. Мойынтіректердегі механикалық ысыраптар (4) және электр генераторының (5) шығындары іс жүзінде жүктемеге тәуелді емес.



2.11 – сурет – Конденсациялық турбоқондырғының жылу шығынын құраушылар [9]

Төмен жүктеме кезінде турбиналық қондырғылардың тиімділігі күрт төмендейді. Төмен жүктемедегі қондырғылардың жұмыс режимі тек мәжбүрлі және қысқа мерзімді болған жағдайда ғана рұқсат етіледі. Жүктеме графиктері істен шыққан кезеңдерде терең түсірудің орнына қондырғылардың бір бөлігін тоқтатудың орындылығын тексеру қажет [9].

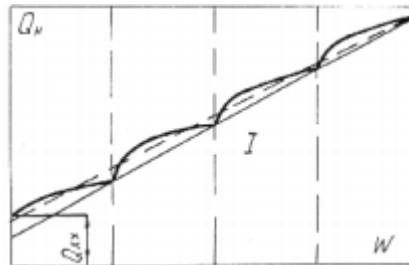
Бекітілген режимдегі  $Q_{xx} / Q_0^{ном}$  жылуының салыстырмалы шығыны жұмыс процесінің бастапқы және соңғы параметрлерінің арақатынасына және турбиналық қондырғының қуатына байланысты, ал қазіргі заманғы қуатты конденсатты турбиналық қондырғылар үшін 3 ... 7% құрайды.

Бос жүріске бу мен жылу шығыны және турбоагрегат жүктемесінің бірлі-жарым ұлғаюы кезінде жылу шығысының салыстырмалы (ішінара) өсімін білдіретін жылу шығысының салыстырмалы өсімі

$$r = \frac{dQ_0}{dN_T} \quad (2.24)$$

турбоагрегаттар жұмысының үнемділігін бағалау үшін үлкен мәнге ие оларды пайдалану режимдерін ұтымды таңдау үшін [14].

Конденсациялық турбиналар үшін  $Q_0 = Q_0 f(N_T)$  энергетикалық сипаттамасы бу тарату ерекшеліктеріне байланысты бір дөңес қисық түрінде (дроссельдік бу тарату жағдайы үшін) немесе олардың тіркесімі (ашық клапандар санына сәйкес–саптамалы бу тарату үшін) түрінде бейнеленген, өйткені әр клапанның қосылу нүктесінде саптамалы бу бөлінуі бар турбиналарда ашылатын клапандағы дроссельдеу шығындарының өсуіне байланысты R секіргіш тәрізді ұлғаюы пайда болады (2.12 - сурет).

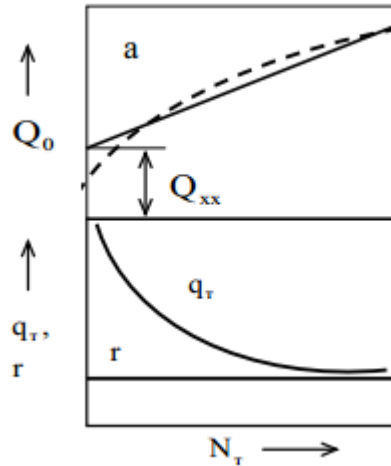


2.12 – сурет – Буды бөлетін турбинаның энергетикалық сипаттамалары [9].

Жалпы жағдайда конденсация турбинасының нақты энергетикалық сипаттамалары дөңес және ойыс болуы мүмкін. Сипаттаманың дөңестігі  $r = f(N_T)$  жылу шығынының өсуі төмендегенін, ойыс–өскенін білдіреді.

Алайда,  $Q_0 = f(N_T)$  сипаттамасының сызықтық емес сипаты аз және тәуелділіктің тәжірибелік анықтамасының диапазонында болады, сондықтан энергетикалық сипаттамаларды практикалық қолданудың ыңғайлылығы үшін ол әдетте инженерлік есептеулерде түзетіледі (2.14 - сурет). Түзетілген энергия сипаттамалары үшін  $r = \text{const}$ .

Энергетикалық сипаттамалардың графикалық сипаттамалары айқын, өте жоғары дәлдікке ие, бірақ оларды компьютерлерге есептеу кезінде қолдану қиын, сонымен қатар олар белгілі бір жағдайларға ғана жарамды және олар өзгерген кезде түзетулер қажет. Сондықтан аналитикалық сипаттамалар конденсация үшін де, жылу турбиналары үшін де кең таралған [13-14].



2.13 – сурет – Түзетілген энергетикалық сипаттамалары [10]

Конденсациялық турбинаның түзетілген энергия сипаттамаларының аналитикалық көрінісі

$$Q_0 = Q_{xx} + rN_T \quad (2.25)$$

Бұл жағдайда тәуелділік

$$q_T = \frac{Q_0}{N_T} = r + \frac{Q_{xx}}{N_T} \quad (2.26)$$

$r$  асимптотасы бар гипербола.  $N_T = 0$  кезінде  $q_T$  мәні шексіздікке ұмтылады (2.14 - сурет). Тәжірибеде когенерациялық турбиналардың түзетілген энергетикалық сипаттамалары да қолданылады.

$$Q_0 = Q_{xx} + r_k \cdot N_T - (r_k - r_{mf})N_{mf} + \sum Q_T \quad (2.27)$$

$$N_{mf} = W_{om}^e Q_{om} + W_n^e Q_n - \Delta N_{xx} \quad (2.28)$$

мұндағы  $r_k, r_{mf}$  -конденсациялық және жылуландыру циклдері бойынша жылу шығынының салыстырмалы өсімі;  $W_{om}^e, W_n^e$  -жылыту және өндірістік іріктеу үшін жылу тұтынудағы электр энергиясының ішкі үлестік өндірісі;  $\Delta N_{xx}$  - бос жүрістің шартты қуаты [4].

Бір жылыту іріктеуі бар (Т типі) немесе қарсы қысымы бар (Р типі) турбоагрегаттардың энергетикалық сипаттамаларының теңдеулері (2.28), (2.29) өрнектердің ерекше жағдайын білдіреді. Сонымен Т типті турбиналар үшін  $Q_n = 0$  және  $\sum Q_T = Q_{OT}$ , ал Р типті турбиналар үшін  $\sum Q_T = Q_{IP}, N = N_{mf}$ . Соңғы жағдайда

$$Q_0 = Q_{xx} + r_{mf} \cdot N_{mf} + Q_{np} \quad (2.29)$$

(2.26) - (2.30) энергетикалық сипаттамалары ыңғайлы алайда пайдалану нақты сипаттамалардың сызықтық еместігіне байланысты салыстырмалы түрде төмен дәлдікпен ерекшеленеді, әсіресе номиналды 40% - дан төмен жүктемелерде маңызды және электр қуатының таңдаудағы қысымға тікелей тәуелділігінің болмауы.

Турбина жүктемесі 50 ... 100% болса, олардың номиналды қателігі бұл шамамен  $\pm 2\%$  құрайды, бірақ 50%-дан төмен жүктеме кезінде ол 6% жетуі мүмкін [10-12].

### 3 Электр станцияларының энергетикалық тиімділігін бағалау

#### 3.1 Электр станцияларының энергетикалық тиімділігінің негізгі көрсеткіштері

Кез келген электр станциясының (ЭС) энергетикалық тиімділігі электр станциясы оның құрылысына жұмсалған энергия мөлшерін өндіретін кезеңмен сипатталады. Кезең энергия көздерін барлау жұмыстарынан бастап, жиынтықтаушы бұйымдар мен жабдықтарды дайындауға, станцияны монтаждау мен салуға, көлік шығыстарына, объектіні пайдалануға және кәдеге жаратуға дейінгі барлық энергетикалық шығындарды қамтиды. Осы кезеңде жұмсалған энергияның жалпы мөлшерін байланысты деп те атайды (ЭСВ, кВт·сағ).

Қазіргі уақытта электр энергиясының негізгі бөлігі жылу электр станцияларында (ЖЭС) өндіріледі, біршама аз мәнi су электр станцияларына (ГЭС) және одан әрі – атом электр станцияларына (АЭС) жатады.

Жаңартылатын энергия көздері электр станциялары экологиялық тазалығымен ғана емес, сонымен бірге экономикалық, энергетикалық, әлеуметтік және басқа да көрсеткіштерімен тез дами бастады.

Бұл жұмыста электр станциялары мен электр станцияларының негізгі оларды пайдалану кезіндегі энергия тиімділігі бойынша салыстыру мынадай формулалар:

$$K_{\text{эн.эф}} = \frac{(\mathcal{E}_{\text{выр}} - \mathcal{E}_{\text{сн}}) \cdot T_{\text{сл}}}{\mathcal{E}_{\text{св}} + \mathcal{E}_{\text{тек}} + \mathcal{E}_{\text{мон}} \cdot T_{\text{сл}}} \quad (3.1)$$

мұндағы  $\mathcal{E}_{\text{выр}}$  - станциядағы электр энергиясының жылдық өндірілуі, МВт \* сағ/жыл;

$\mathcal{E}_{\text{сн}}$  – станцияның өз мұқтаждарына жұмсалатын энергия шығыстары, МВт·сағ/жыл;

$T_{\text{сл}}$  – электр станциясының қызмет ету мерзімі, жыл;

$\mathcal{E}_{\text{св}}$  – жабдықтар мен материалдар өндірісіне жұмсалған энергия, МВт·сағ/жыл;

$\mathcal{E}_{\text{тек}}$  – станцияны монтаждау, құрылыс, көлік жұмыстарына және кәдеге жаратуға жұмсалған энергия, МВт·сағ / жыл;

$\mathcal{E}_{\text{мон}}$  - отынға жұмсалған энергия, МВт·сағ/жыл.

Энергия тиімділігін анықтау кезіндегі негізгі көрсеткіш электр станциясының өмірлік циклі болып табылады. Қолданыстағы және жаңадан салынған электр станцияларының өмірлік циклі энергетика мен экология тұрғысынан анықталады. ИСО стандартына сәйкес, ЖЦ зерттеуі электр станциясын пайдаланудың барлық кезеңіндегі энергия ағындарын түгендеуді, өмірлік циклдің қоршаған ортаға әсер ету дәрежесін (жаһандық жылыну



элеуеті) және өндірілетін энергияның нормаланған құнын анықтауды қамтиды.

Электр энергиясын өндіру құны жобалау сатысынан бастап объектіні жоюға дейінгі ЭС бүкіл өмірлік циклі үшін анықталады. Бұл көрсеткіш барлық мүмкін инвестицияларды, шығындар мен кірістерді қамтитын электр энергиясының нормаланған (теңдестірілген) құны деп аталады.

Электр энергиясын өндірудің нормаланған құны (Levelized Cost of electricity (LCOE)) кез келген электр станциясының өмірлік циклі үшін мынадай формула бойынша анықталады:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}, \text{ тенге/МВт} \cdot \text{сағ} \quad (3.2)$$

Нормаланған құн-бұл энергияны тұтынушылар үшін тұрақты бағаны қамтамасыз ететін мегаватт – сағат электр энергиясының ұзақ мерзімді құны, ал инвесторға-табыстылықтың қолайлы деңгейі және оның электр станцияларын салуға салған инвестицияларының шығынсыздығы. Бүгінгі таңда бұл электр станцияларының әртүрлі жобаларының бәсекеге қабілеттілігін бағалаудың ең көп таралған әдісі. Нормаланған құн ұғымы инвестициялық талдау мен тариф құруда кеңінен қолданылады.

Электр энергиясының нормаланған құны әдетте өмірлік циклінің 20-40 жылына кВт·сағ немесе тенге/МВт·сағ доллармен есептеледі.

Электр станцияларының барлық түрлерін осы көрсеткіш бойынша салыстыру олардың толық өмірлік циклі кезінде әр түрдің тиімділігін көрсетеді. Алайда, толық өмірлік цикл кезінде барлық шығындарды, мысалы, кез-келген бөлшекті өндіруге немесе объектінің қоршаған ортаға әсер ету әсеріне шығындарды ескеру өте қиын екенін түсіну керек. Сондықтан мұндай көрсеткіш болжамдар мен болжамдардың белгілі бір үлесімен есептеледі.

Егер электр станциясын жобалауға, салуға және пайдалануға арналған шығындар өндірілген электр энергиясын сатудан түскен кірістермен өтелмесе, онда мұндай электр станциялары экономикалық тұрғыдан ақталмайды.

Бірақ инвестицияланған энергияны пайдалану тиімділігін әрдайым ақшалай түрде анықтауға болмайды. Бұл жағдайда энергияның өзі эквивалент ретінде қолданылады. Ол үшін электр энергиясын өндіру жүйелерінің қайсысы оларға салынған энергиядан (энергия шығынынан энергия беру) ең үлкен қайтарымға ие екенін білу маңызды.

Кез-келген энергияның құнына мыналар кіреді:

- құрылыстың күрделі құны; - отынның құны (егер ол пайдаланылса);
- тіркелген операциялық шығындар;
- ауыспалы операциялық шығындар;
- қаржыландыру құны.

Қаржыландыру құнының факторларының бірі-тәуекел. Сондай-ақ, пайдалану коэффициенті мен аймақтың географиялық орналасуы, отынның құны, жұмыс күшінің болуы және тағы басқалар ескерілуі керек.

Бұл сандардың орташа мәні, бірақ олар өндірілетін энергияның өзіндік құнын көрсетеді. Бұдан шығатын қорытынды, жаңартылатын энергия көздері электр станциялары LCOE көрсеткіші бойынша айқын артықшылыққа ие.

Бұдан басқа, жасыл энергетика объектілері үшін отынның қымбаттауы қаупі жоқ. Төмен операциялық шығындар арқылы инфляция қаупі және жасыл көздер үшін заңнамалық өзгерістер қаупі әлдеқайда төмен.

Алайда, мысалы, географиялық ендік күн энергиясы үшін үлкен маңызға ие деп айту керек. Мысалы, шөлде оқшаулау әлдеқайда көп, ал жердің құны салыстырмалы түрде аз және сол аудандарда СЭС салу тиімдірек.

### **3.2 Жылу электр станцияларының энергетикалық тиімділігін бағалау**

Технологиялық жабдықтың жұмысын және оның тиімділігін бағалау жылу электр станциялары (ЖЭС) жабдықтарының өміршеңдігін бағалау жөніндегі әдістемелік нұсқауларға сәйкес жүргізіледі. Қазақстанда қабылданған қоршаған ортаны қорғау саласындағы заңнамалық актілерге сәйкес жаңадан салынып жатқан электр генерациясы объектілері үшін экологиялық қауіпсіздік талаптарын орындау қажет. Өткен ғасырда салынған жылу электр станцияларының қоршаған ортаға әсерін ескеру өте қиын және алынған нәтижелер әрдайым сенімді бола бермейді.

Әдетте көмір, газ, мазут немесе тақтатас ЖЭС-те отын ретінде қолданылады, олардың ең көп қолданылуы көмірге жатады. Көмірдің негізгі әлемдік қоры Ресейде, Қытайда және АҚШ-та шоғырланған. Мұндай қазбалы отын пайдалану мерзімі бойынша шектеулері бар жаңартылмайтын ресурстарға жатады. Дүниежүзілік энергетикалық кеңестің мәліметтері және әртүрлі мамандардың бағалауы бойынша ғаламшардағы негізгі энергия көздерінің қоры жеткілікті:

- көмір-100-300 жылға;
- табиғи газ-50-120 жылға;
- мұнай-40-80 жылға.

Әлемдегі барлық елдердің жылу электр станцияларының көпшілігінде экологиялық проблемалар ұқсас. Қуаты 2 ГВт типтік ЖЭС тәулік ішінде 18 000 т көмір және 2500 т мазут тұтынады. ЖЭС-те энергия өндіру үшін едәуір мөлшерде су қажет, оның тәуліктік тұтынуы  $150\ 000\ м^3$  және пайдаланылған буды салқындату үшін тағы  $7\ млн.\ м^3$  құрайды. Бұл салқындатқыш резервуардың жылу ластануына әкеледі.

ЖЭС жұмысы қоршаған ортаның жоғары радиациялық және уытты ластануымен байланысты. Бұл қарапайым көмір мен оның күлінің құрамында

жоғары концентрацияда уранның және басқа да улы элементтердің микрокоспалары бар екендігіне байланысты.

Жаңа ЖЭС немесе олардың кешендерін салу қоршаған ортаны одан әрі ластауға әкеледі деп болжануда. Бұған, мысалы, жер бетіндегі қабатта  $CO_2$  концентрациясының жоғарылауы немесе фотосинтез нәтижесінде оның түзілу жылдамдығымен салыстырғанда оттегінің жану жылдамдығынан асып кету әсері себеп болуы мүмкін.

Алайда, әзірге ЖЭС электр энергиясының негізгі өндірушілері болып қала береді. Егер энергетиканың дамуы отынның осы түрін пайдалану бағытында жүрсе, онда сөзсіз жаңа экологиялық проблемалар мен соған байланысты материалдық шығындар пайда болады.

ЖЭС өмірлік циклінің сипаттамасы Батыс Қазақстан облысының электр станциялары мысалында жасалады.

### **3.3 Үш өлшемді математикалық модельдеу негізінде қазандық қондырғысының құрылымдық және жұмыс сипаттамаларын генераторлық газ жағу үшін оңтайландыру**

Су жылытқыш қазандықтардың энергетикалық және экологиялық көрсеткіштерін жақсарту бойынша техникалық ұсыныстар әзірлеу үшін азот оксидтерін басуға бағытталған құрылымдық және орналасу және режимдік шараларды әзірлеу қажет. Ең тиімді техникалық шешімдерді растау үшін әдетте алдын-ала жобалық зерттеулер жүргізіледі, соның ішінде: қазандық қондырғысының термиялық есебі, отын дайындау жүйесін есептеу, су жолының гидравликалық есебі, қазандықтың аэродинамикалық есебі, жану кезіндегі зиянды компоненттердің есебі. Алайда қолданыстағы нормативті есептеу әдістері көп жағдайда дұрыс және дәл нәтиже бере алмайды, сондықтан тиімді технологияларды анықтау үшін үш өлшемді математикалық модельдеу әдістерін қолдану қажет. Қазіргі уақытта ANSYS Fluent бағдарламалық өнімі ошақтағы және қазандық қондырғысының газ жанарғыларында болатын физикалық процестерді сипаттауға мүмкіндік беретін баламалы инженерлік құрал ретінде кең қолданылуда.

*КВТК-100-150 су жылытқыш қазандығының жалпы сипаттамасы*

КВ-ТК-100-150 су жылытқыш қазандығының қуаты 100 Гкал/сағ, ұнтақталған тас және қоңыр көмірде жұмыс істейді. Қазандық өндірістік және тұрғын үй объектілерін ыстық сумен қамтамасыз етуге арналған. КВТК-100-150 типтегі қазандықтар негізгі режимде (өндірістік және өндірістік жылыту қазандықтарында орнатылған кезде) және кейбір жағдайларда шыңдық (пиковый) режимінде жұмыс істеуге арналған (ЖЭО-да шыңдық жылулық жүктемесін жабу үшін орнатылған кезде) жұмыс істейді. Қазандық бір корпусы, U тәрізді. Қазандықтың негізгі техникалық көрсеткіштері 3.1 кестеде келтірілген. Қазандықтың схемасы 3.1 суретте келтірілген.

Кесте 3.1-. КВТК-100-150 су жылытқыш қазандығының техникалық көрсеткіштері [10]

Көрсеткіштің аты	Сандық мәні
Жылулық қуаты, Гкал/сағ	100
Қазандықтың кірісіндегі су температурасы негізгі/шыңдық (пиковый) режимі, °С	70/100
Қазандық шығысындағы судың температурасы, °С	150
Жұмыс қысымы, т/сағ	24
Судың циркуляциясы негізгі/шыңдық (пиковый) режимі, т/сағ	1236/2460
Отын шығысы (есептеулік),т/сағ	17,8
Бағандар осінің бойымен ені, мм	12300
Бағандар осі бойымен тереңдігі,мм	18000
Биіктігі,мм	29680

#### *Физикалық модельдің сипаттамасы*

Барлық жану процестері, атап айтқанда аэродинамика, химиялық реакция, жану, жылу және масса алмасу және азот оксидтерінің түзілу процестерін модельдеу ANSYS Fluent кешенінде өзара байланысты деп саналады. Оттықтағы газ ағыны келесі компоненттер тізімінен ұсынылады деп шартталған: көмірқышқыл газы  $CO_2$ , молекулалық азот  $N_2$ , су буы  $H_2O$ , оттегі  $O_2$ . Ағынның турбуленттік сипаттамаларын сипаттау модификацияланған k-ε стандартты турбуленттік моделімен жүзеге асырылады [15].

Бұл жұмыста көмір шаңының және генераторлық газдың жануын имитациялау үшін жанудың негізгі кезеңдерін ескеретін модель қабылданды, атап айтқанда: ылғалдың булануы, қыздыру, тұтану, ұшпа заттардың жануы және кокс қалдықтарының күйіп кетуі. Жану камерасында көмір бөлшегі жылу сәулеленуіне байланысты термиялық өңдеуден өтеді. Есептеуде қатты отын ретінде Екібастұз тас көмірінің 1 күлділікті құрамы алынған [2]. Отынның құрамы 3.2 - кестеде келтірілген

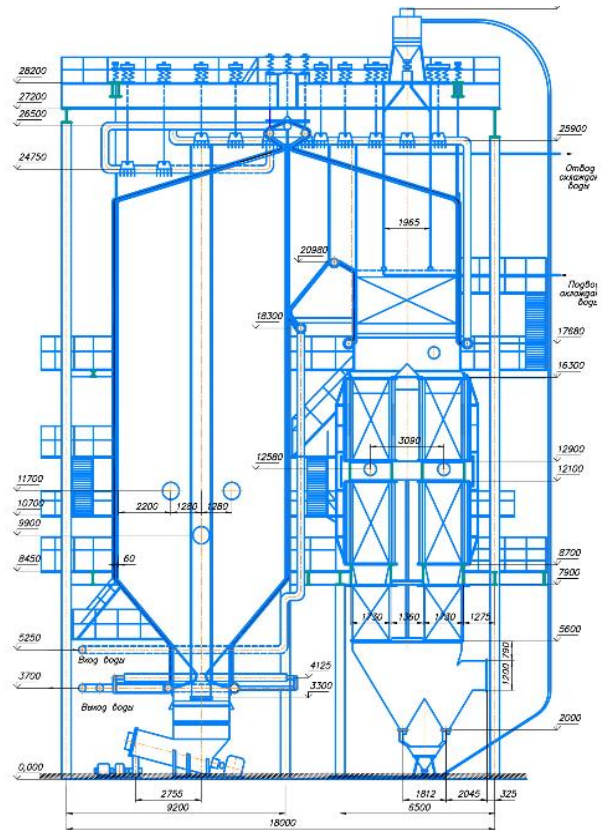
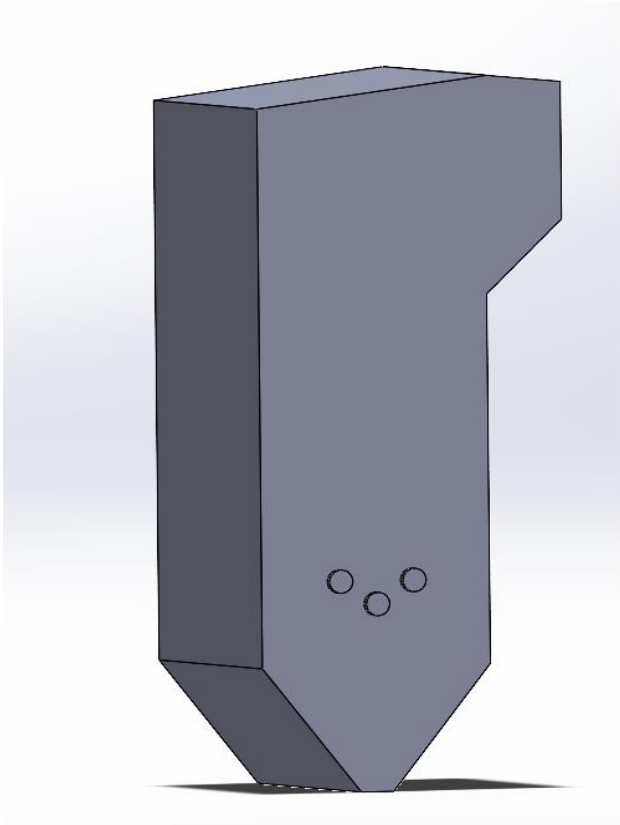
Кесте 3.2 –. Екібастұз көмірінің элементарлық құрамы [8]

Параметр	Беліленуі, өлшем бірлігі	Мәні
Көміртек	C, %	44,8
Сутек	H, %	3,0
Азот	N, %	0,8
Күкірт	S, %	0,7
Оттегі	O, %	7,3
Ылғалдылық	W, %	6,5
Күлділік	A, %	36,9
Төменгі жану жылуы	$Q_{н}^p$ , кДж/кг	32388

### **3.4 КВТК-100-150 қазандық қондырғысының ішіндегі Екісбастұз тас көмірінің жану процестерін математикалық модельдеу**

Зерттеудің бастапқы кезеңінде КВТК-100-150 қазандық қондырғысының жану камерасының торлы моделі салынып (3.1 - сурет), отын мен ауа кірістері бекітілді. Торлы модель 250 000 ұяшықтан тұрады.

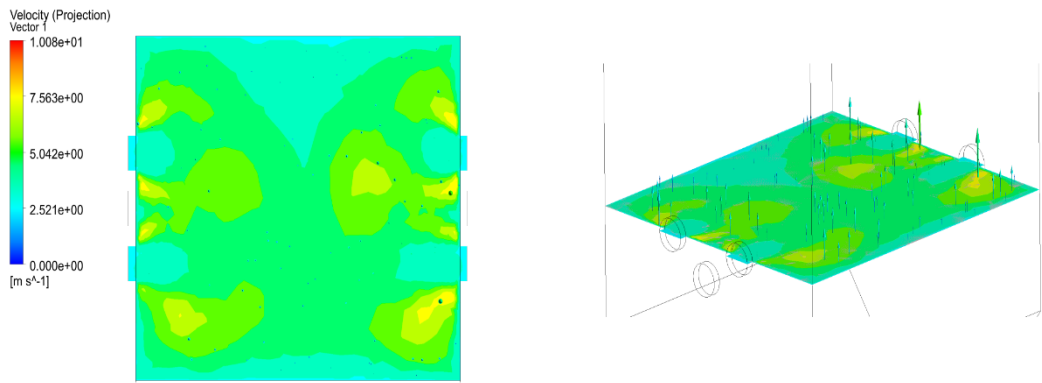
Шекаралық шарттарға оттықтардағы отын жылдамдығы, температура мәндері 3.2 - кестеде көрсетілгендей және отынның элементарлық массалары белгіленді. Ауаның бастапқы температурасы 750 К, ал отынның бастапқы температурасы 450 К тең деп алынды. Бұның себебі, отын мен ауа қазандық қондырғыларды алдын ала жылытылады, сондықтан температуралары атмосфералықтан жоғары деп қабылданды. 3.1-суреттегі көрсетілген КВТК-100-150 қазандығының беттік қабырғасында 6 аударылған үшбұрыш түріндегі оттықтар орналасқан.



3.1 – сурет – КВТК-100-150 су жылытқыш қазандығының есептік моделі

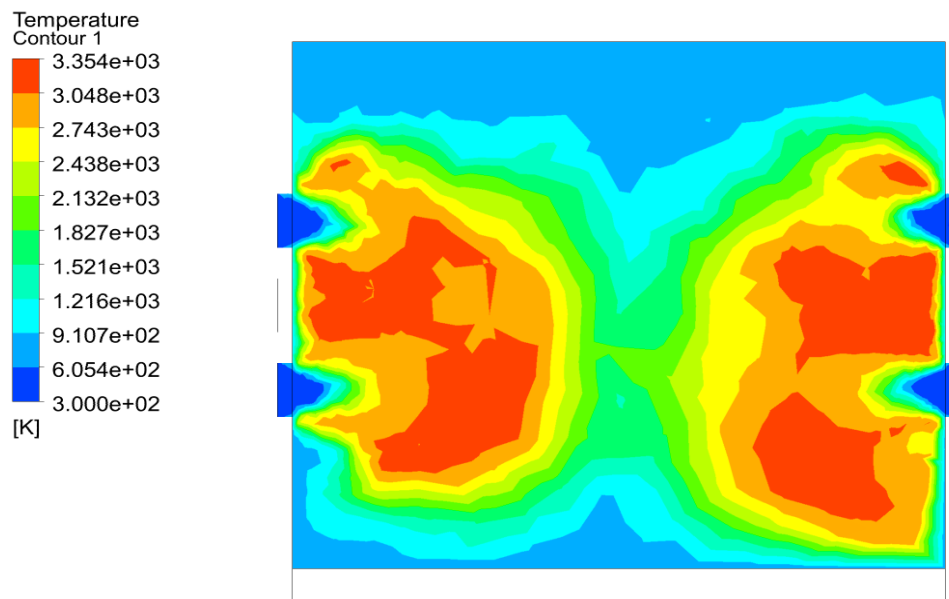
ANSYS Fluent бағдарламасында орындалған үш өлшемді есептеулер ошақтың көлденең және тік учаскелерінде азот оксидтерінің түзілу қарқыны, температура және концентрациясының таралуын алуға, сондай-ақ көмір бөлшектерінің траекториясын қадағалауға мүмкіндік береді. Қазандық қондырғысының есептік жүктемесіндегі модельдеудің негізгі нәтижелері 3.2-3.7 суреттерде келтірілген.

3.1-суретте қазандықтың оттық деңгейіндегі жылдамдық векторлары келтірілген. 3.2-3.7 суреттерден келесіні анықтауға болады – жылдамдық векторларының бағыты тік орналасқан, оның басты себебі газдардың бағыты жоғары, яғни ошақтың шығысына бағытталған. Жанама векторлар яғни құйынды көрсететін векторлар жоқ.



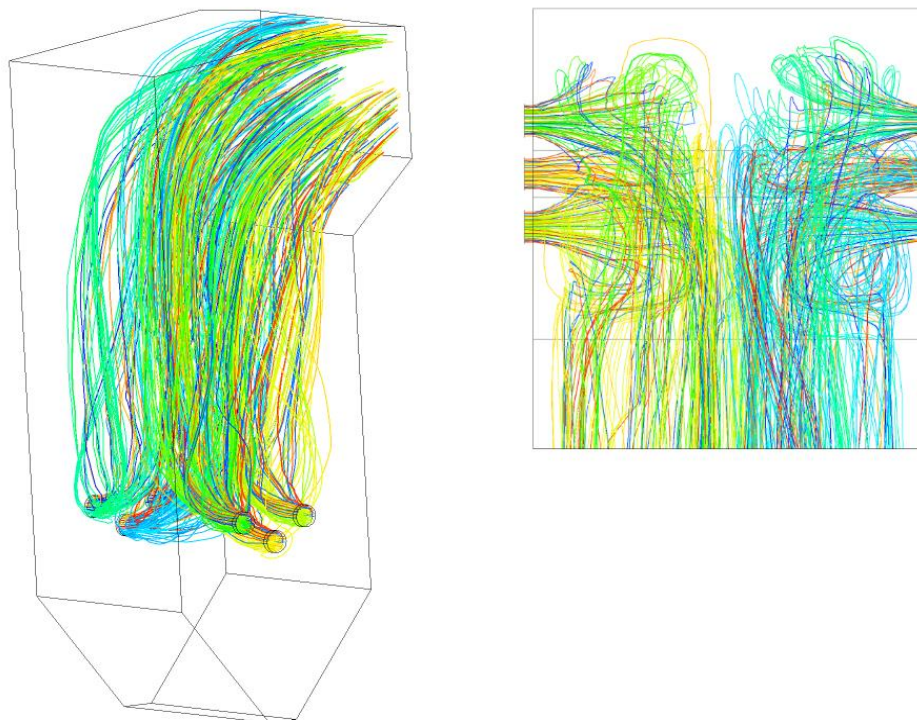
3.2 – сурет – КВТК-100-150 қазандық қондырғысының оттық деңгейіндегі жылдамдық векторлық өрісі (м/с)

3.3- суретте қазандықтың оттық деңгейіндегі температуралардың таралуы көрсетілген. Жоғары температуралық аймақ, оттықтардың кірісінде, яғни көмір бөлшектерінің ауамен кездесетін бөлімінде орналасқан.

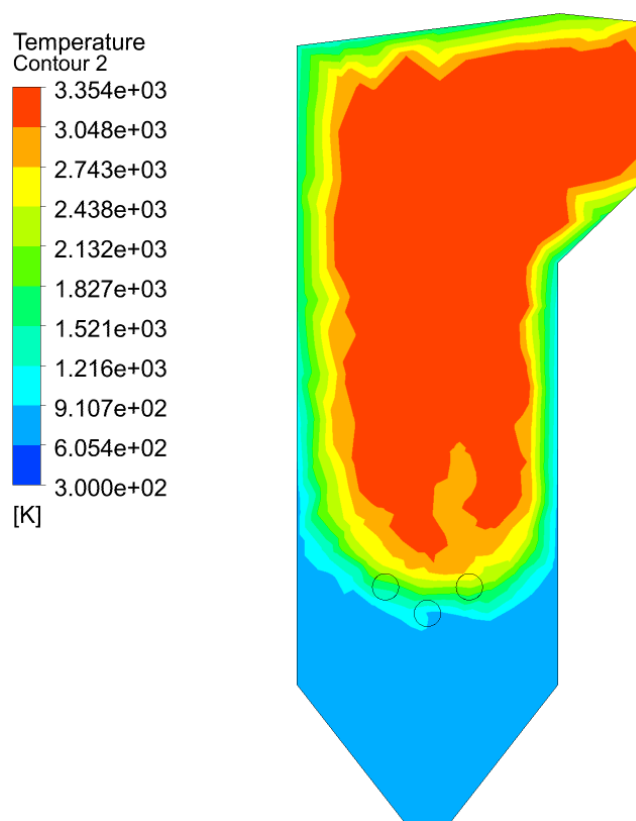


3.3 – сурет – КВТК-100-150 қазандығының оттық деңгейіндегі температуралардың өрісі (К)

3.4 - суретте КВТК-100-150 қазандығындағы қатты отын бөлшектерінің қозғалыс траекториясы бейнелеген. Жалпы траекториялардан көрініп тұрғаны: отын бөлшектері екі жанарғы тобынан шыққанда ошақтың геометриялық ортасында кездесіп, ары қарай вертикальды қозғалады.



3.4 – сурет – КВТК-100-150 қазандық қондырғысының ошағындағы көмір бөлшектерінің таралуы



3.5 – сурет – КВТК-100-150 қазандығының тік бөліміндегі температура өрісі (К)



Алынған нәтижелер ANSYS Fluent бағдарламасында жүзеге асырылған таңдалған математикалық модель, тұтастай алғанда, қазандық қондырғысының жылу есептеулерімен ұқсас мәндерді көрсетіп, жану процестерінің қолданыстағы бейнесін көрсетеді. КВТК-100-150 қазандық қондырғысын математикалық модельдеу нәтижелерін талдау қазандықтың шымшу аймағында жану камерасының қожды ұлғайту аймақтарының болуын растайды.

КВТК-100-150 бу қазандығының жану камерасынан шығатын түтін газдарының температурасының жоғары мәндері қыздыру беттерінде бастапқы және қайталама күл мен қож шөгінділерінің пайда болу процесін күшейтеді. Сонымен бірге азот оксидтерінің концентрациясы стандартты көрсеткіштерден шамамен 1,5 есе асып, 443,8 мг/м<sup>3</sup> құрайды. Осылайша, жүргізілген есептеу жұмыстары Канск-Ачинск бассейнінің көмірін жағатын сұйық ерітінді жүйелері бар қазандық қондырғыларында проблемалардың бар екендігін тағы да растайды.

### **3.5 КВТК-100-150 қазандық қондырғысының ошақ мен оттық процестерін генераторлық газды жағу үшін қайта құруын математикалық модельдеу**

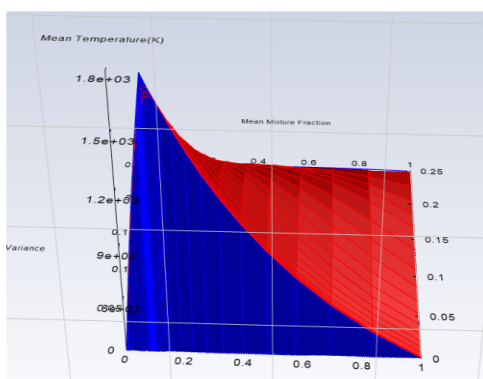
Осы дипломдық жұмыста КВТК-100-150 қазандығын қатты Екібастұз отыннан генераторлық газға көшірудің қайта құрыуы қарастырылғандықтан, генераторлық газды есептеу қажет. Генераторлық газды қатты отынның әртүрлісінен алуға болады. Осы жұмыста Екібастұз тас көмірінен алынғандықтан, генераторлық газдың құрамы [3] әдебиетіне негізделіп алынған. Генераторлық газдың құрамы 3.3-кестеде келтірілген. Осы модельдеуде газ генераторының үшөлшемді модельдеуі жүргізілмеген.

3.3 – кесте - Генераторлық газдың элементарлық құрамы [35]

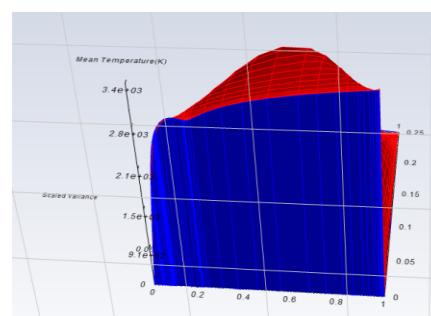
Параметр	Беліленуі, өлшем бірлігі	Мәні
Сутек	H <sub>2</sub> , %	30
Азот	N <sub>2</sub> , %	50,4
Күкірт	S, %	0,7
Оттегі	O, %	7,3
Көміртегі монооксиді	CO, %	30
Көмірқышқыл газ	CO <sub>2</sub> , %	5,0
Метан	CH <sub>4</sub> , %	2,0
Күкіртті сутек	H <sub>2</sub> S, %	0,2
Төменгі жану жылуы	Q <sub>H</sub> <sup>P</sup> , кДж/кг	6400

Генераторлық газды жағу үшін, ANSYS Fluent бағдарламасында оның құрамын беру қажет. Генераторлық газдың құрамы салынған отын құрамына байланысты болады. Осы есептер үшін, генераторлық газдың құрамы тас көмірді қолданған кездегісі алынды. Газдың элементарлық құрамы 3.3-кестеде келтірілген.

Генераторлық газдың төменгі жану жылуы тас көмірдікінен 5 есе аз болғандықтан, оның максималды температурасы әлдеқайда төмен болады. Сондықтан осы есептеулерге қосымша, максималды температураларды анықтау жұмысы жасалынды. Адиабатты алаудың Екібастұз көмірі мен генераторлық газдың сәйкесінше температуралары 3000 К және 1800 К болатынын анықталды.



Генераторлық газдың максималды температуралық деңгейі

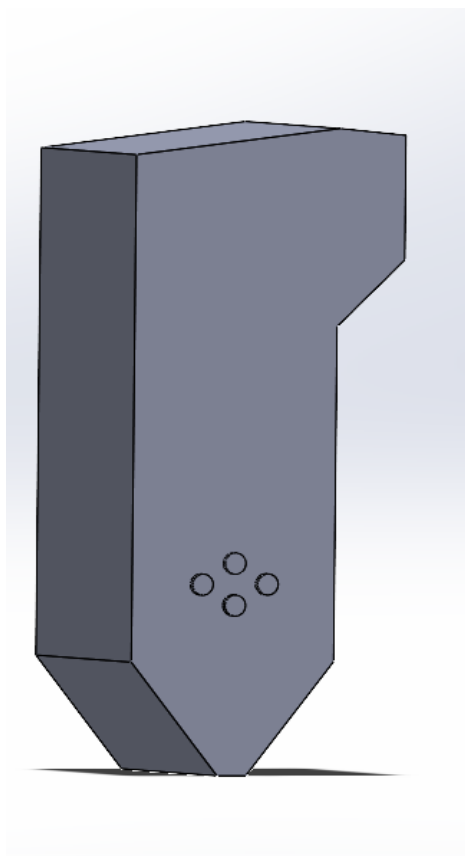


Екібастұз тас көмірінің максималды температуралық деңгейі

### 3.6 – сурет – Екібастұз бен генераторлық газдардың максималды температуралық деңгейін салыстыру

КВТК-100-150 қазандық қондырғысын қайта құру бойынша таңдалған техникалық шешімдердің дұрыстығын бағалау үшін техникалық қайта жабдықтау бойынша ұсынылған шараларды ескере отырып, су жылытқыш қазандығының жану процесінің имитациясы жүргізілді. Осыған байланысты КВТК-100-150 қазандық қондырғысының жану камерасының моделі 3.7-суретте қайта жаңартудан кейін салынды. Пештің торлы моделі 120000 ұяшықтан тұрады. Қазандық қондырғының ішінде қатты отынды генераторлық газға ауыстыру үшін қосымша бір оттық қосу қарастырылған.

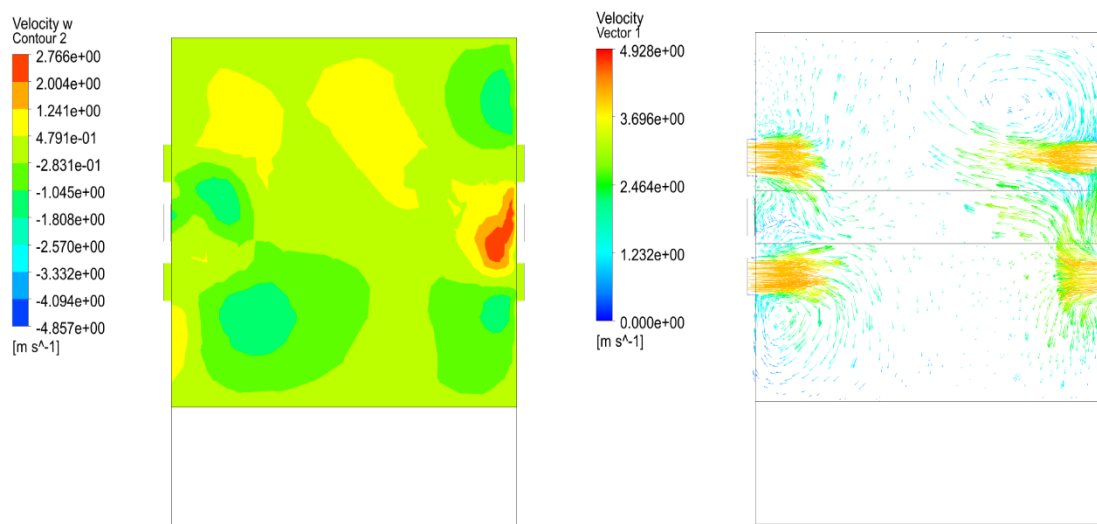
Жанудың тиімді схемасын таңдаудың негізгі критерийлері: оттық мен қабырғаға жақын аймақтағы газдардың температурасы; механикалық және химиялық кем жану мәндері; оттықтың ішіндегі жанған газдардың жылдамдығы; газ ағындарының біркелкі аэродинамикалық құрылымы; экрандар арқылы қабылданатын жылу ағыны; пештің көлеміндегі азот оксидтерінің концентрациясы; пештің көлеміндегі және қабырға аймағындағы оттегінің мөлшері. Осы есептеулерде, генераторлық газдарға ауысу кезіндегі азот тотықтарының түзілуі қарастырылған.



3.7 – сурет – Қайта құрудан кейінгі КВТК-100-150 қазандық қондырғысының есептеу торы

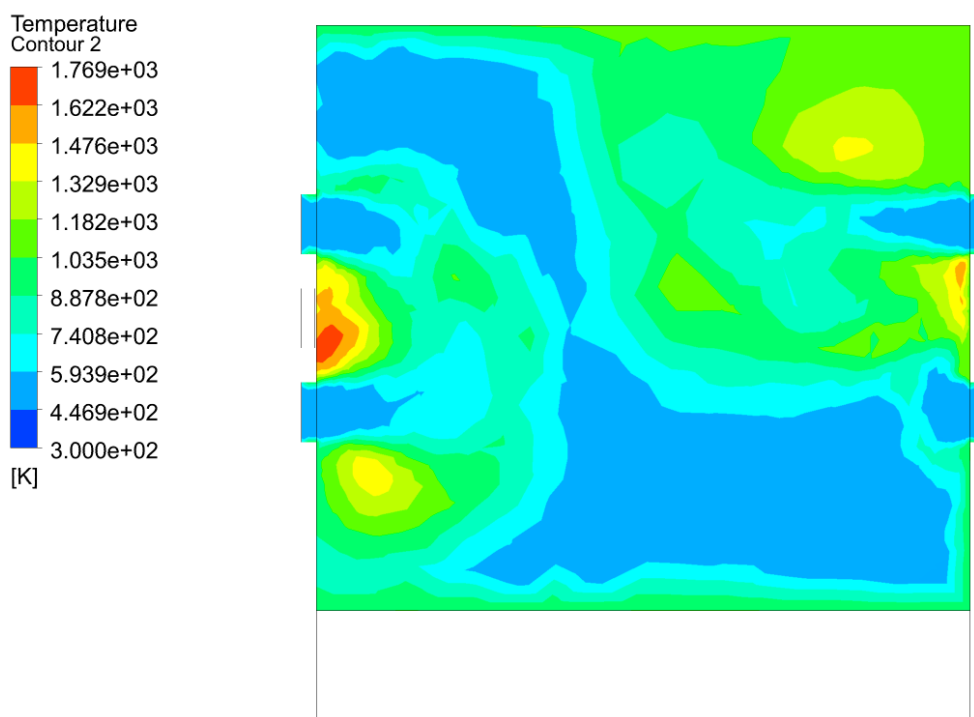
Модельдеу нәтижесінде қазандықтың ішіндегі газдар ағынның жылдамдығы, температура мәндері 3.8 - 3.9 - суреттетегідей анықталды. ANSYS Fluent бағдарламалық жасақтамасында орындалған үш өлшемді есептеулер ошақтың көлденең және тік бөліктерінде азот оксидтерінің жылдамдығын, температурасын және концентрациясын бөлуге мүмкіндік береді. Қайта жаңартудан кейінгі КВТК-100-150 қазандығының есептік жүктемесіндегі негізгі имитациялық нәтижелер 3.7-3.11 - суреттерде көрсетілген.

3.8-суретте оттық деңгейіндегі газдардың векторлық қозғалысы және жылдамдық контурлары белгіленген. Жылдамдықтар өрісі біріне қарама қарсы бағытталған. Сонымен қоса, оттықтардың айналасында құйындардың да пайда болуы байқалынды.



3.8 – сурет – КВТК-100-150 қазандық қондырғысының оттық деңгейіндегі жылдамдық векторлық өрісі (м/с)

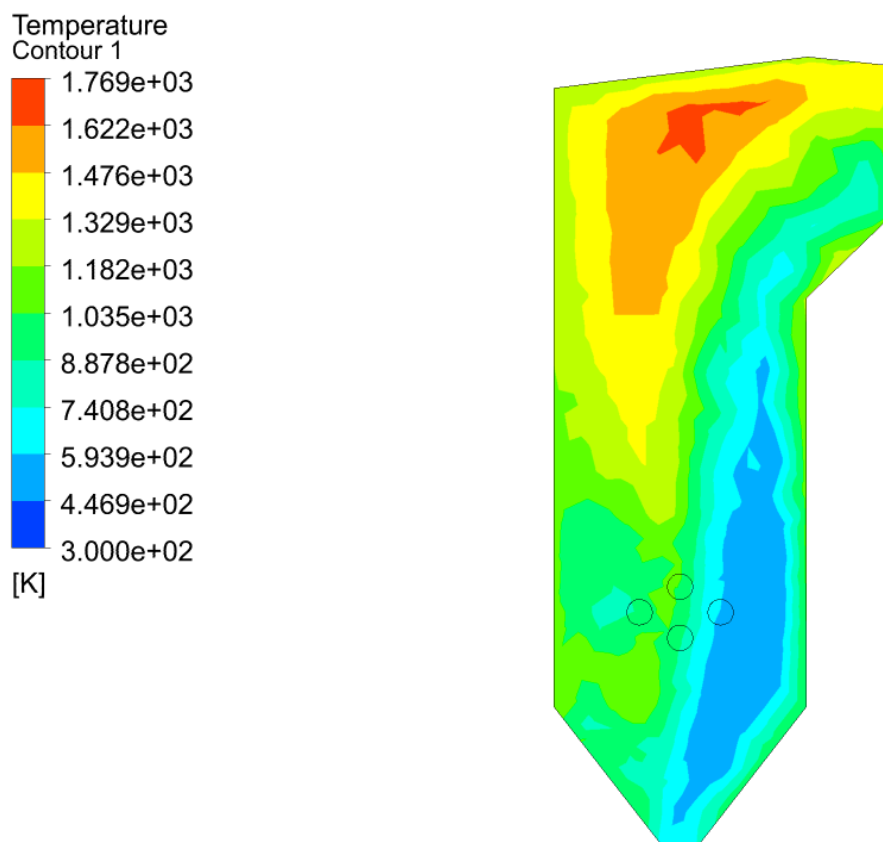
3.9-суретте оттық деңгейдегі температуралық контурлар көрсетілген. Газдардың қозғалысы жоғары болғандықтан жану процессінің ең жоғары температуралары ошақтың жоғары бөлімінде өтетіні анық.



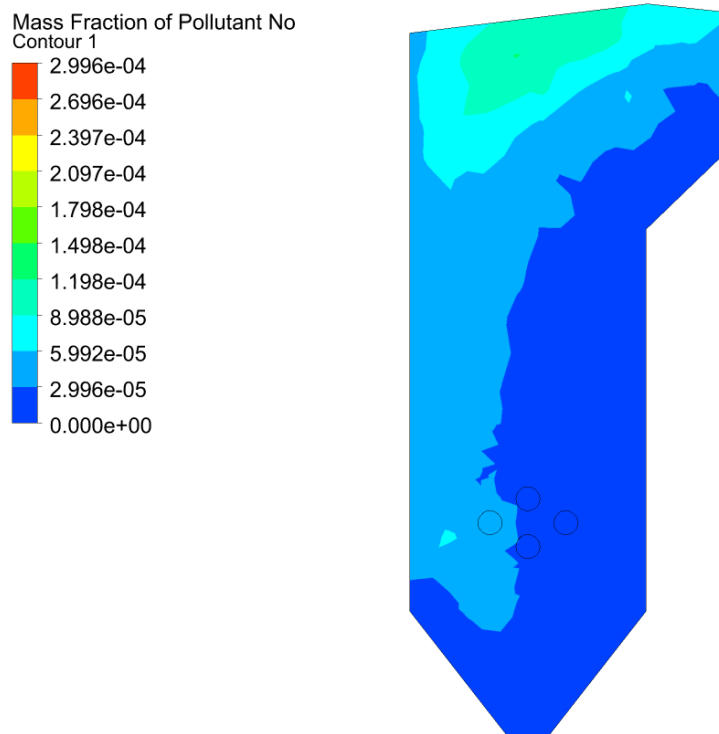
3.9 – сурет - КВТК-100-150 қазандығының оттық деңгейіндегі температуралардың өрісі (К)

3.10 - суретте қазандық тік бөліміндегі температуралық контурлар (өрістер) бейнелеген. Суретте көрініп отырғандай, газдардың басты бөлігі

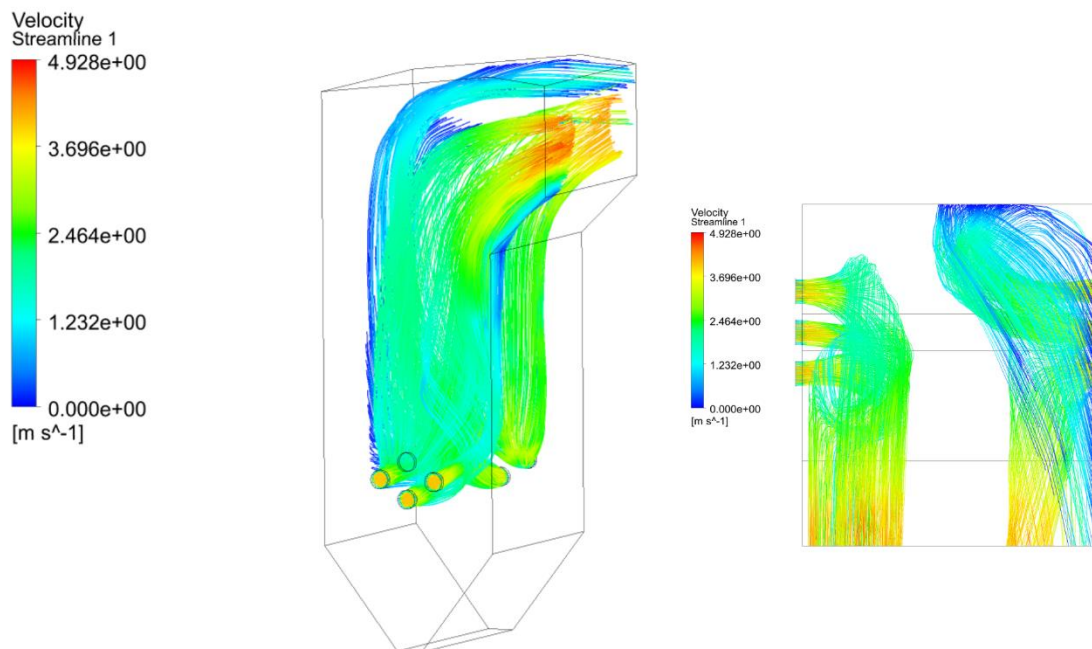
қазандық ошағының жоғарғы бөлімінде жанады. Сондықтан олардың температурасы 1770 К дейін жетеді. Бұның басты себебі, газдардың ауамен араласу қарқындылығына, яғни диффузиялық алауда, газдардың жану тек араласу ретімен ғана шектеледі.



3.10 – сурет – КВТК-100-150 қазандығының тік бөліміндегі температура өрісі (К)



3.11- сурет – КВТК-100-150 қазандығының тік бөліміндегі азот тотығының түзілу өрісі

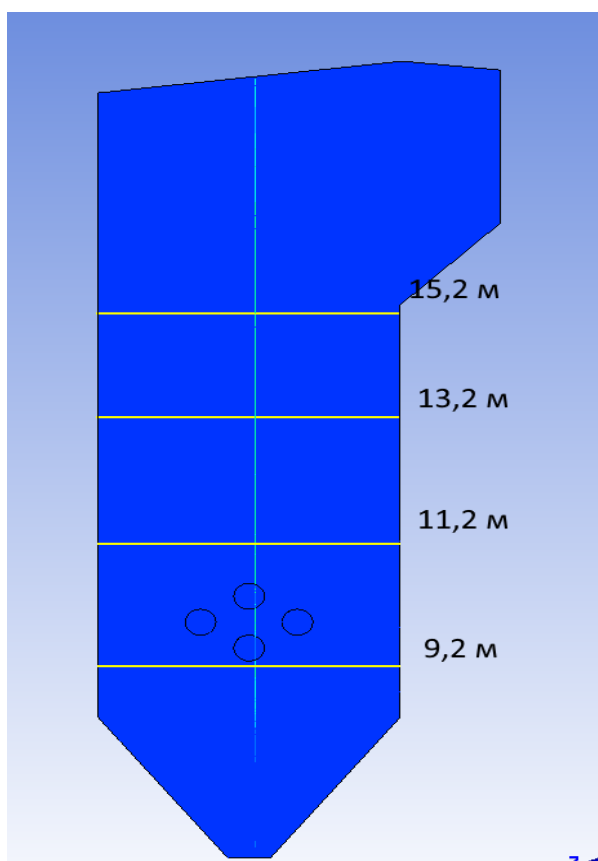


3.12 – сурет – КВТК-100-150 қазандық қондырғысының ошағындағы газдардың қозғалыс жолдары

### 3.6 Модельдеу арқасында алынған нәтижелерді талдау

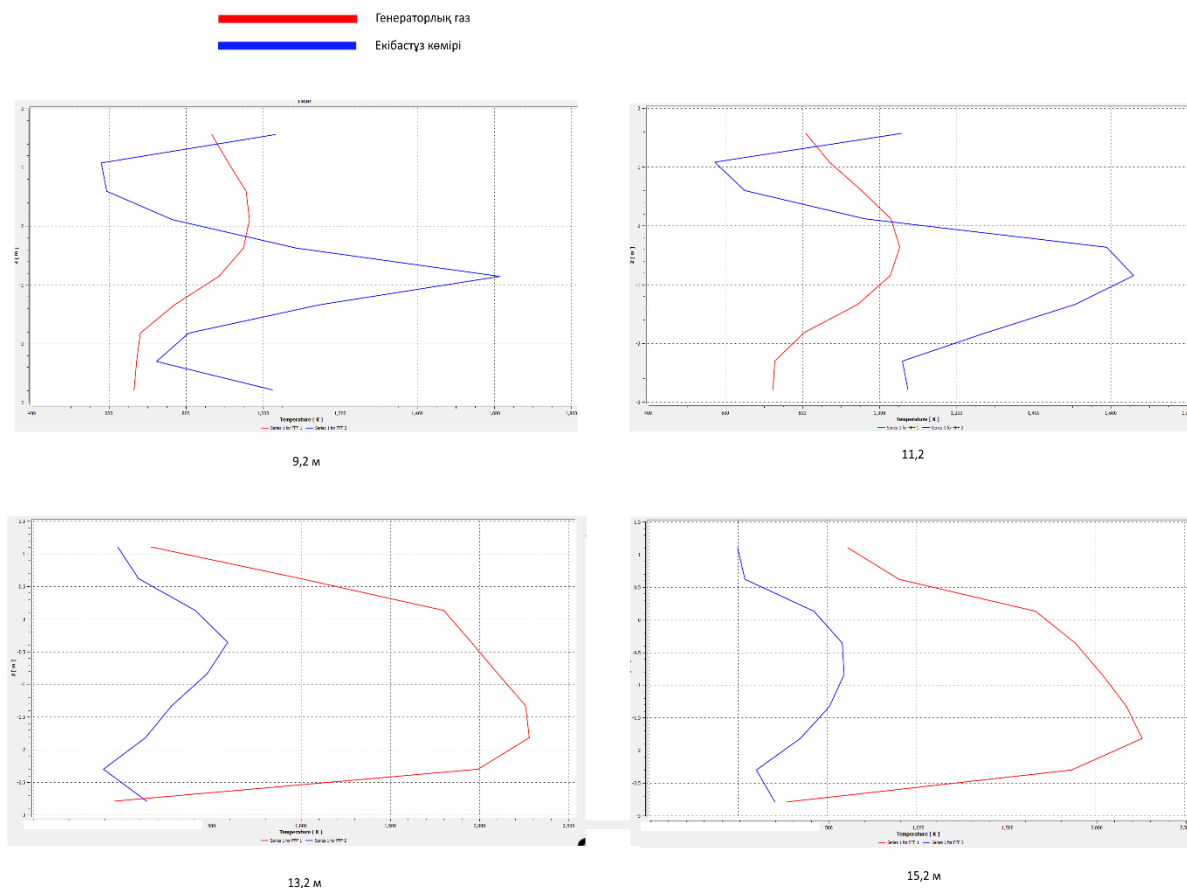
КВТК-100-150 қазандық қондырғысының Екібастұз көмірі мен генераторлық газды жаққан кезде модельдеуі орындалды. Модельдеу нәтижесінде ошақтың ішінде, оттықтар деңгейіндегі, температуралық және жылдамдық контурлары, сонымен қоса ошақ шығысындағы азот тотығының концентрациялары алынды.

Ошақ шығысындағы азот концентрациялары мен температуралық деңгейлер 3.13-3.20 - суреттерде графикалық түрде келтірілген. Алынған нәтижелерден мына тұжырымдаманы жасауға болады: азот тотығының генерациясы екі себептен болады, біріншісі – ошақ ішіндегі жоғары температура – яғни термиялық азот тотығы, екіншісі – отын құрамындағы азот қосылыстары арқылы – «отындық» азот. Қатты отынды жаққан жағдайда, әсіресе, Екібастұз көмірінің генераторлық газға қарағандағы жану жылуының 2,5 есе көп екенін ескере отырып, азот тотығының массалық үлесі әлде қайда жоғары болатыны анық. Температуралық деңгейлердің таралуын зертеу мақсатында, қазандықтың бойы бойынша 9,2, 11,2, 13,2, 15,2 метр биіктіктердегі температуралық және жылдамдық контурлары қарастырылды. Нәтижелер 3.13 және 3.14 суреттерде келтірілген.



3.13 – сурет – КВТК-100-150 қазандығының тік бөліміндегі температура және жылдамдық өлшеу биіктіктері

3.14-суретте КВТК-100-150 қазандығының тік бөліміндегі Екібастұз көмірі мен генераторлық газ үшін температура таралуы көрсетілген. Көрініп тұрғандай, көмірдің температурасы 9,2 мен 11,2 биіктікте төмен мәнге ие. Бұның басты себебі, көмір бөлшегінің газға қарағандағы жану уақытының ұзақтығында. Бірақ қазандықтың жоғарғы радиациялық бөлімінде көмірдің температурасы генераторлық газбен қарастырғанда әлдеқайда жоғары екені көрініп тұр. Есептеудің нәтижесінде, қазандықты газға ауыстырған кезде, экран құбырларының орналасуы мен судың айналу режиміндерін ескеру керек екені анық.

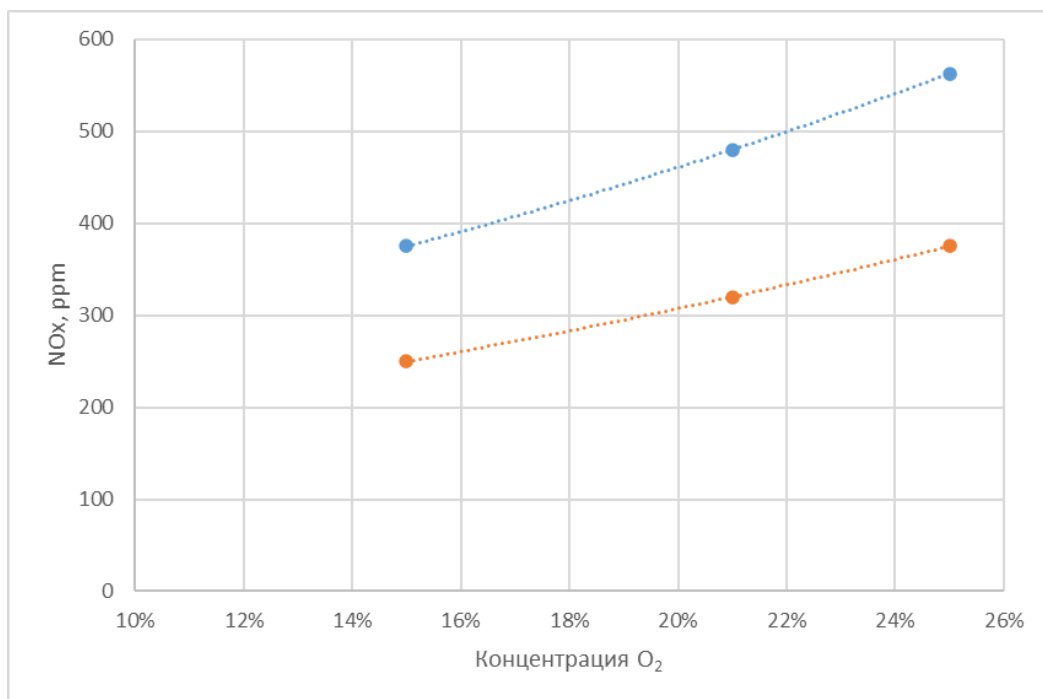


3.15 – сурет – Биіктік бойынша температуралардың таралуы, К

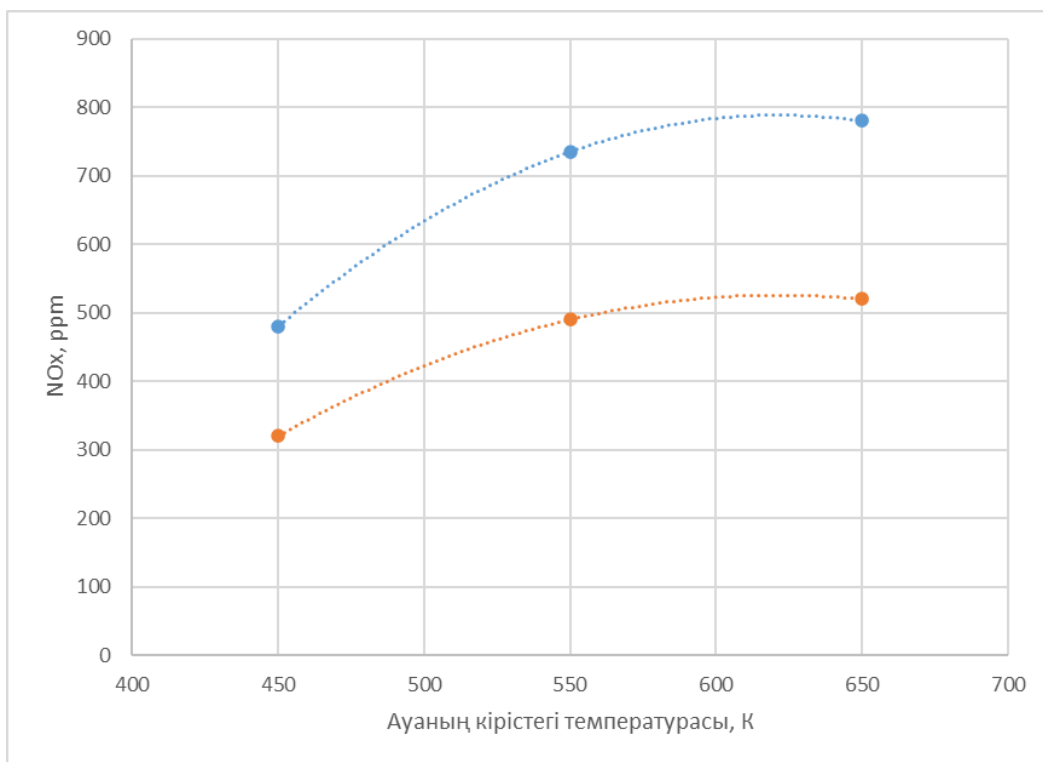
3.16-суретте КВТК-100-150 қазандығының тік бөліміндегі Екібастұз көмірі мен генераторлық газ үшін жылдамдықтардың таралуы көрсетілген. Көрініп тұрғандай, көмірдің бөлшектерінің инерттілік дәрежесі жоғары болғандықтан 9,2 және 11,2 метр биіктіктегі жылдамдықтары газға қарағанда әлдеқайда жоғары. Бірақ көмірдің салмағы жанған сайын азайғаннан, олардың жылдамдығы газдардың жылдамдығынан 13,2 және 15,2 метр биіктігінде азырақ болады. Бұл нәтижелер, қазандықты газға ауыстырған кезде ескерілуі қажет.



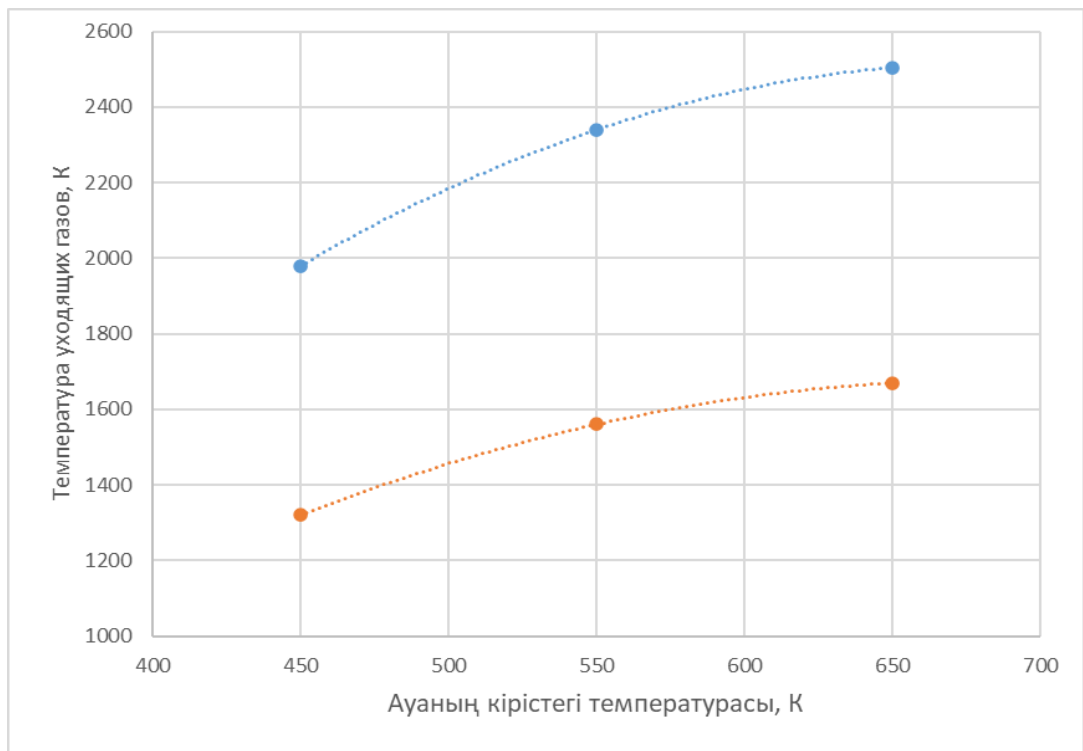




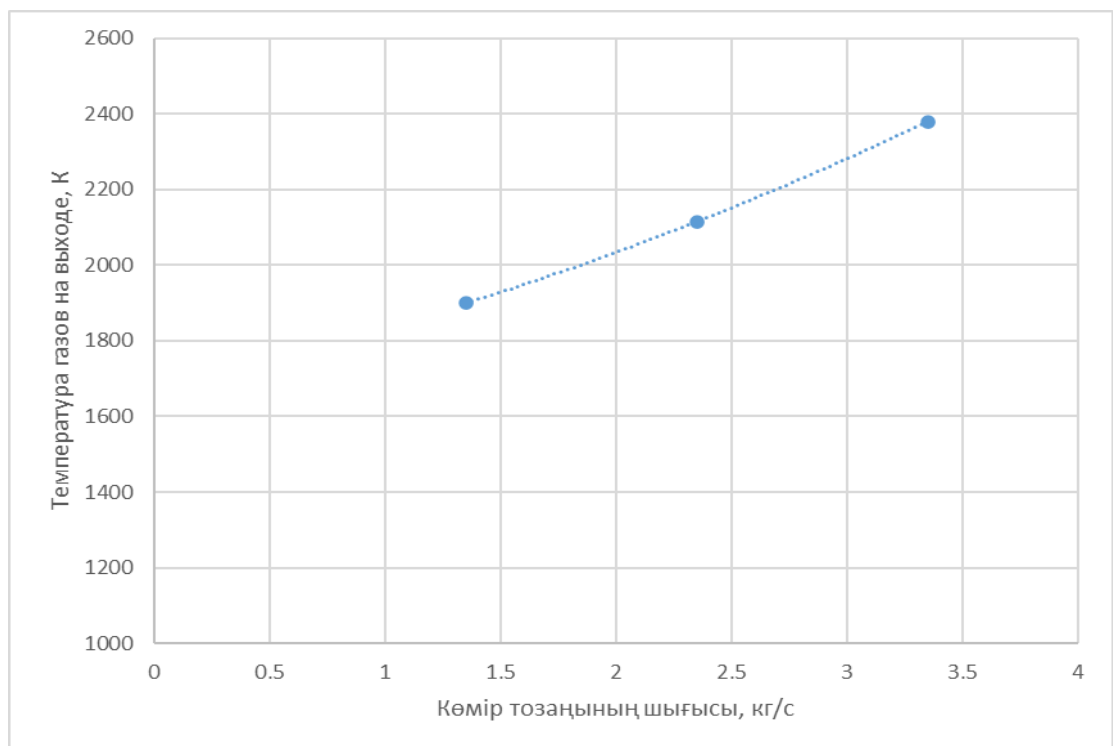
3.17 – сурет – Азот тотығының біріншілік ауадағы оттегіден тәуелділігі



3.18 – сурет – Азот тотығының біріншілік ауаның температурасынан тәуелділігі



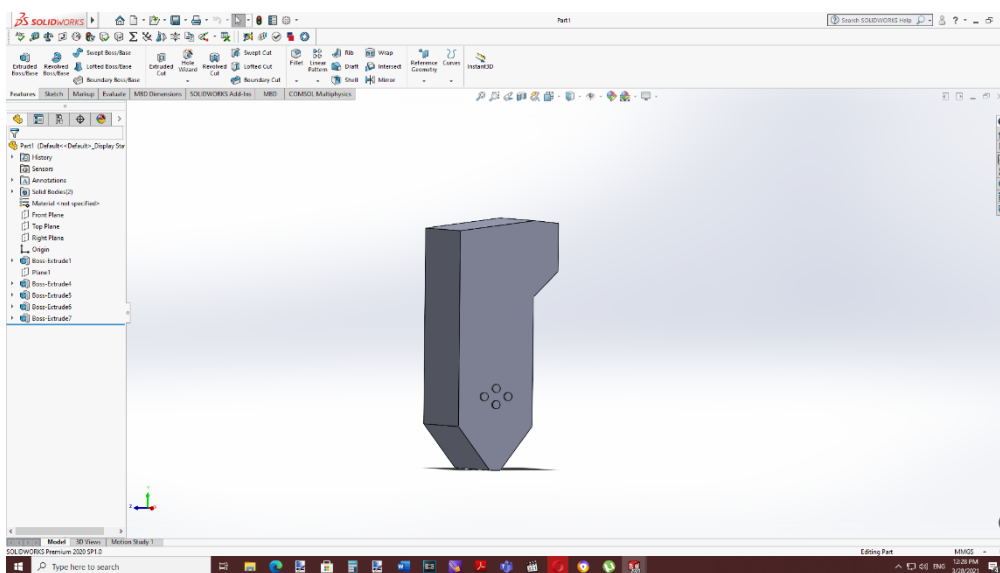
3.19 – сурет – Азот тотығының біріншілік ауаның температурасынан тәуелділігі



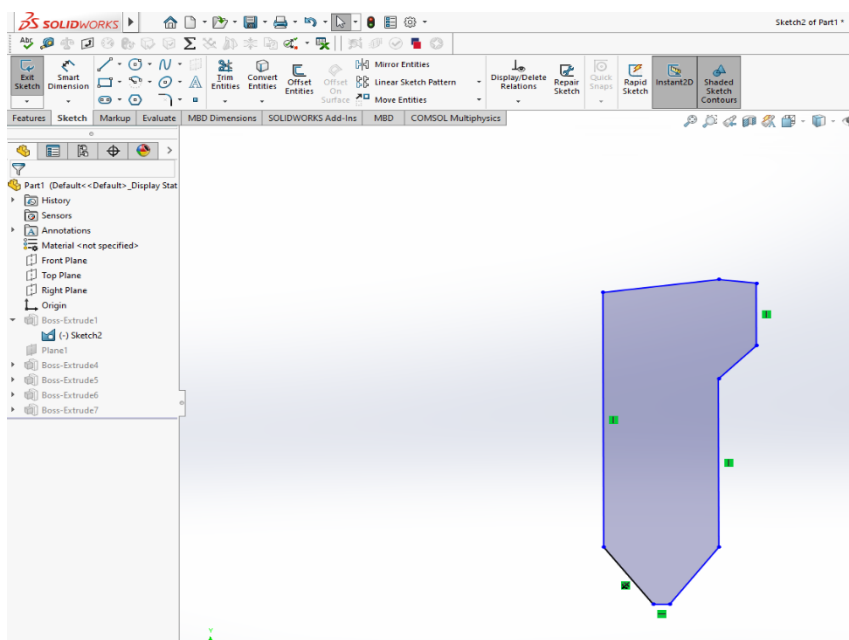
3.20 – сурет – Газдар температурасының көмір тозаңының шығысынан тәуелділігі

### 3.7 Қосымша А – Solidworks Және Ansys Fluent бағдарламасымен жұмыс істеу

ANSYS Fluent бағдарламасында қазандықтың үшөлшемді моделін модельдеу үшін, SolidWorks бағдарламасында оның үшөлшемді моделі жасалынды. Ол үшін 1 суретте көрсетілген сызба арқылы модельдің негізгі өлшемдері SolidWorks бағдарламасына енгізілді. Сызбаны жасау үшін Extruded Boss функциясы қолданылды. Сызба барысы 2А суретте көрсетілген.

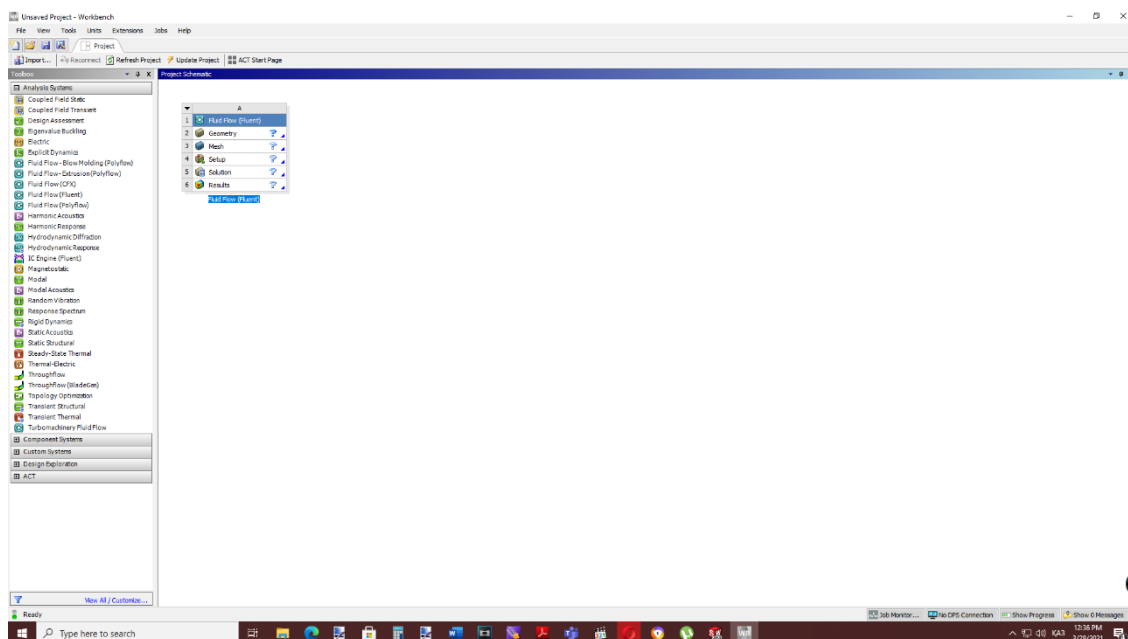


3.21 – сурет – Solid Works бағдарламасында қазандықтың үшөлшемді моделін жасау



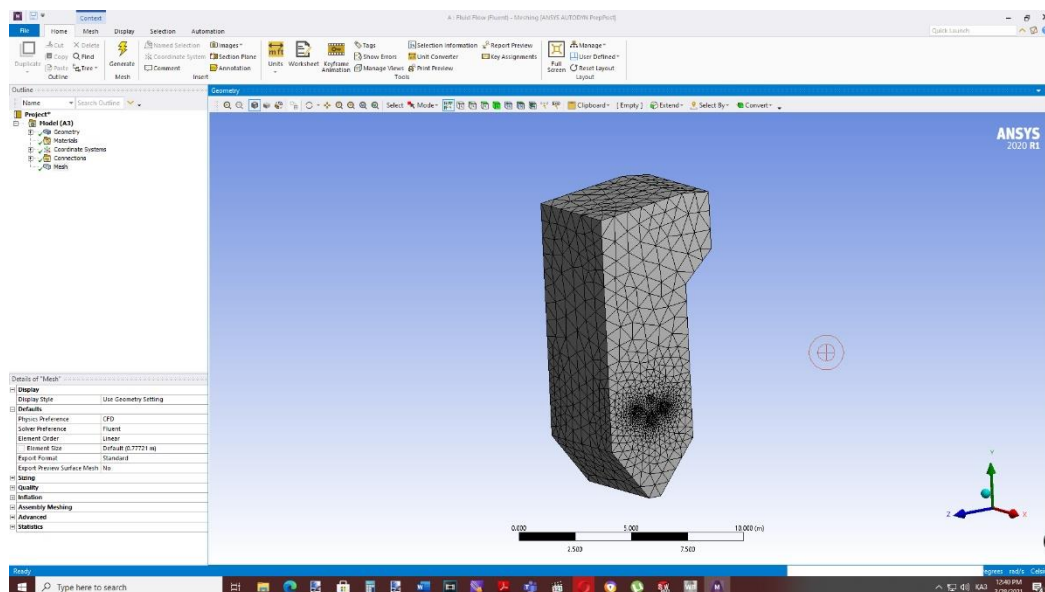
3.22 – сурет – Сызбақты SolidWorks -қа енгізу

Дайын қазандықтың үшөлшемді моделі ANSYS Workbench бағдарламасындағы Fluent модуліне енгізілді. Сурет 3А-да ANSYS Workbench пен Fluent модулі қосылған көрсетіліп тұр.



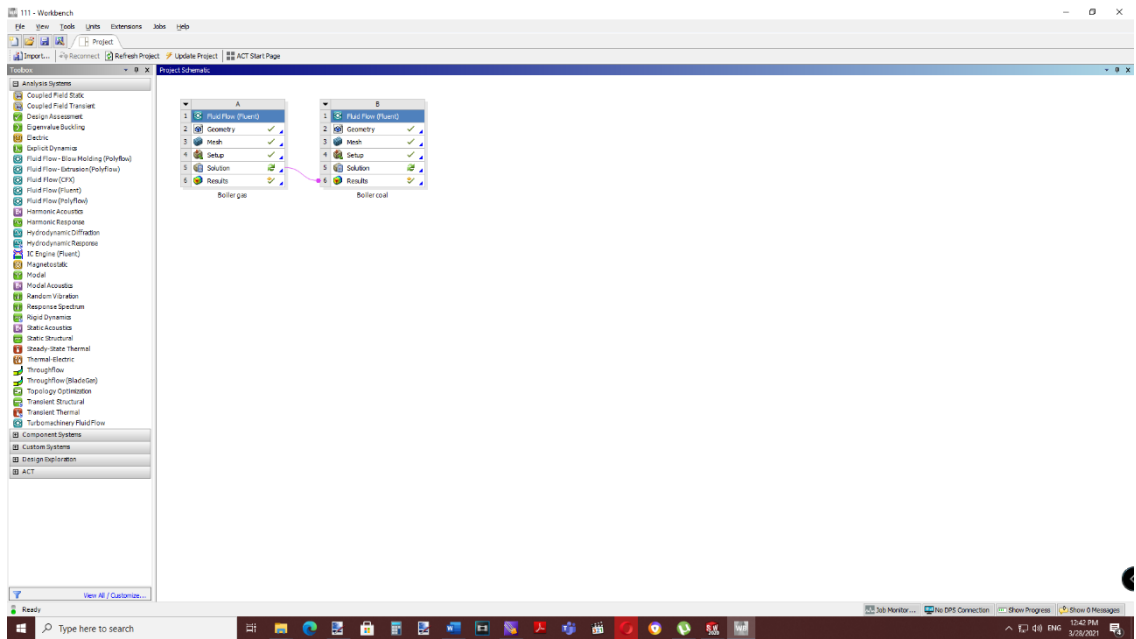
3.23 – сурет – ANSYS Workbench пен Fluent модулі

3.24 - сурет зерттелетін қазандықтың торлық моделі көрсетіліп тұр. Торлық модельдің ішіндегі элементтердің саны 120000 ұяшық.



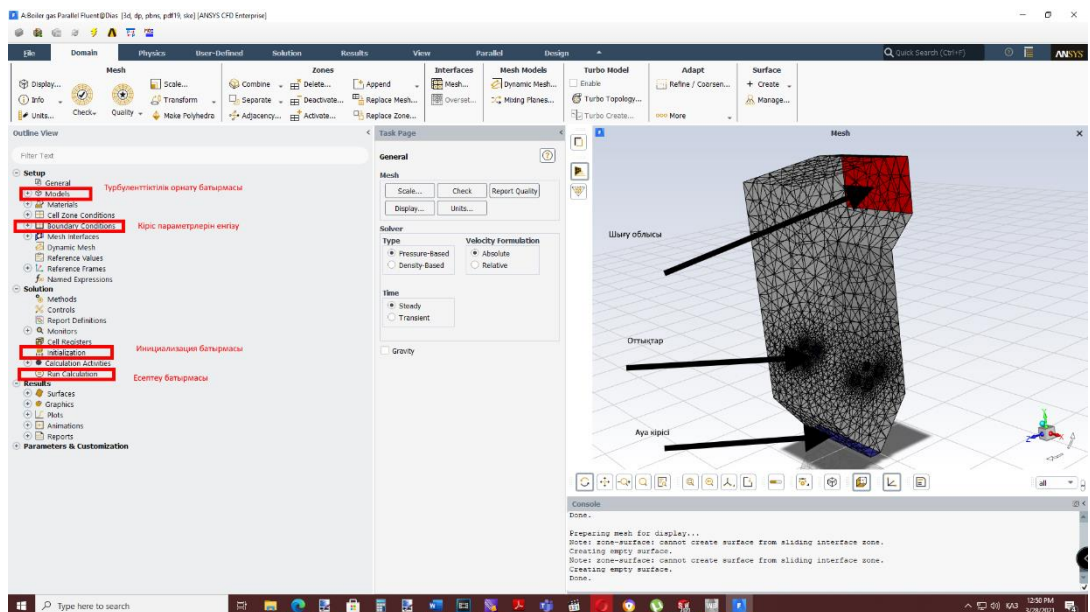
3.24 – сурет – Қазандықтың зерттелетін торы

3.25 - сурет Екібастұз көмірі мен генераторлық газды енгізу нәтижелері көрсетілген. Суретте көрініп жатқандай, екі модульдің нәтижелері бір-бірімен байланыста орнатылған.



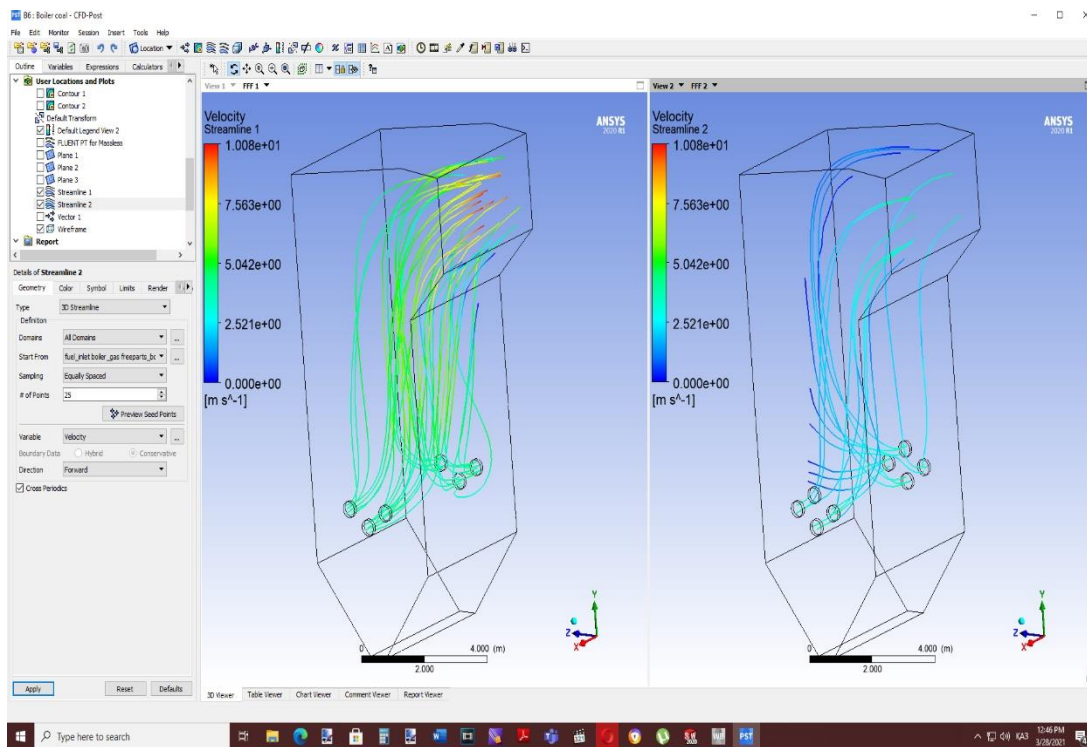
3.26 - сурет – Екібастұз көмірі мен генераторлық газдың Fluent модульдері

3.27 - суретте Setup модульдегі жұмыс беті бейнелеген. Осы жерде турбуленттілік, кіріс параметрлерін енгізу және инициализация мен есептеу батырмаларын көрсетілген. Турбуленттілік батырмасында  $k-\epsilon$  турбуленттілік моделі енгізілген. Кіріс параметрлеріне ауаның және отынның шығыстары енгізіліп, сонымен қоса шығыс облысының параметрлері енгізілген. Инициализация батырмасы модельдің дұрыстығын тексеріп, есептеуге дайындайды. Есептеу батырмасында 2000 итерация беріліп, нәтижелер алынған.



3.27 – сурет – Setup модульдегі жұмыс беті

Есептеу біткен соң, барлық нәтижелер Result батырмасына алып келінеді. Осы батырмаға екі қазандықты есептеу енгізілген. ANSYS Fluent модуліндегі жұмыс істеу беті 3.28 - суретте бейнелеген.



3.28 – сурет – Results модульдегі жұмыс беті

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, ЖЭС тиімділігін арттыру энергияны үнемдеу мен шығындарды азайтудың негізгі факторы болып табылады. Бұл мақсатқа жету үшін заманауи технологиялар мен жабдықтарды енгізу, энергияның қайта қалпына келетін көздерін пайдалану, жылу қалдықтарын тиімді пайдалану, озық басқару жүйелерін қолдану, және қызметкерлерді оқыту сияқты кешенді шаралар қажет. Осы шараларды жүзеге асыру арқылы ЖЭС-тің экологиялық әсерін азайтып, ұзақ мерзімді тұрақты және тиімді жұмысын қамтамасыз етуге болады.

Икемділігі мен энергияға деген сұраныстың өзгеруіне тез жауап беру мүмкіндігінің арқасында ЖЭО энергия жүйелерінде энергетикалық тұрақтылық пен тепе-теңдікті қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Олар сондай-ақ төтенше жағдайлар немесе басқа энергия көздері істен шыққан жағдайда резервтік энергия көзі ретінде жұмыс істей алады.

Дегенмен, парниктік газдар шығарындыларымен және басқа да зиянды заттармен қоршаған ортаның ластануы, сондай-ақ су ресурстарын тұтыну және дәстүрлі отынға тәуелділік сияқты ЖЭО-ны пайдалануға қатысты бірқатар мәселелер бар. Бұл проблемалар энергия өндірудің таза және тиімді технологияларын дамыту және ұзақ мерзімді перспективада тұрақты энергия көздеріне көшу қажеттілігін көрсетеді.

Жалпы, ЖЭО қазіргі заманғы энергетикалық инфрақұрылымның маңызды құрамдас бөлігі болып қала береді және олардың рөлі қоғамның өзгеріп отырған технологиялық, экономикалық және экологиялық талаптарына сәйкес дамуын жалғастыратын болады.

Дипломдық жұмыс бойынша тқжырымдалған қорытындыларды келесі нәтижелермен береміз:

- жылу электр станцияларға жаңа заманауи қондырғыларды орнату жұмыс тиімділігін бірнеше есе арттырады;
- резервтік отын шаруашылықтарының үнемділігін арттыру мақсатында мазутты резервтік отынның басқа түріне, мысалы, негізгі жылу физикалық қасиеттерінің температураға тәуелділігі алғаш рет алынған пештік тұрмыстық отынға ауыстыру ұсынылды;
- отынды резервтік немесе апаттық қамтамасыз ету проблемаларын шешудің қарастырылған нұсқалары елдің өндірістік және жылыту қазандықтарында кең қолдану үшін ұсынылады.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Производство электрической энергии [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://bel\\_energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/proizvodstvo-elektricheskoy-energii/](https://bel_energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/proizvodstvo-elektricheskoy-energii/).

2 Воронов, Е. О. К вопросу оценки термодинамической эффективности Белорусской энергосистемы / Е. О. Воронов, В. Н. Романюк, В. А. Седнин // Энергия и менеджмент. 2016. № 3. С. 2–7. 7. Казаков, В. Г. Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнических установок / В. Г. Казаков. СПб., 2013. 93 с.

3 Муслина, Д. Б. Научно-методическое обеспечение модернизации теплоэнергетических систем текстильных и трикотажных предприятий легкой промышленности: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / Д. Б. Муслина.

4 Маслеева, О. В. Тепловое загрязнение окружающей среды объектами малой энергетики / О. В. Маслеева, А. Г. Воеводин, Г. В. Пачурин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 5–1. С. 26–30.

5 Дуванов, С. А. Исследование работы тепловых насосов на режимах, отличных от номинального, при сохранении выходных параметров: дис. ... канд. техн. наук: 01.04.14 / С. А. Дуванов. Астрахань, 2006. 196 л.

6 Артёменко, К. И. Структурно-параметрическая оптимизация системы автоматического управления мощностью энергоблоков 300 МВт в широком диапазоне изменения нагрузок / К. И. Артёменко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2019. Т. 62, № 5. С. 469–481. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-5-469-481>.

7 Кулаков, Г. Т. Системный анализ научно-технической информации по системам автома(тического управления мощностью энергоблоков / Г. Т. Кулаков, К. И. Артёменко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2017. Т. 60, № 5. С. 446–458. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2017-60-5-446-458>.

8 Анализ использования тепловых насосов на тепловых и атомных электростанциях / Н. Н. Ефимов [и др.] // Известия ВУЗов. Северо-кавказский регион. Серия: Технические науки. 2010. № 4. С. 35–39. 21. Тепловые насосы в схемах деаэрации подпиточной воды ТЭЦ / И. Д. Аникина [и др.] // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2016. Вып. 243, № 2. С. 24–33. <https://doi.org/10.5862/jest.243.3>.

9 Плевако, А. П. Возможность использования тепловых насосов на ТЭС и котельных / А. П. Плевако, Г. Б. Чернетченко // Наука и техника Казахстана. 2008. № 1. С. 61–64. 23. Олейникова, Е. Н. Исследование и оптимизация теплонасосных установок в структуре схем ПГУ-ТЭЦ: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / Е. Н. Олейникова. М., 2015. 158 с.

10. Показатели энергетической эффективности теплоэлектроцентрали // Зайнуллин Р.Р, Галяутдинов А.А / <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-energeticheskoy-effektivnosti-teploelektrotsentrali>

11 Энергетические ресурсы, типы электростанций и техникоэкономические показатели их работы // <https://kgeu.ru/Document/GetDocument/2990cdde-8835-4d92-b599-ed5596f8270b>

12 Оценка ресурсных и экономических показателей работы паротурбинных энергоблоков ТЭС при переменных режимах // А. Ф. Шкрет / [https://www.researchgate.net/publication/305413290\\_Ocenka\\_resursnyh\\_i\\_ekonomicheskikh\\_pokazatelej\\_raboty\\_paroturbinykh\\_energoblokov\\_TES\\_pri\\_peremennykh\\_rezimakh](https://www.researchgate.net/publication/305413290_Ocenka_resursnyh_i_ekonomicheskikh_pokazatelej_raboty_paroturbinykh_energoblokov_TES_pri_peremennykh_rezimakh)

13 Повышение эффективности систем регенерации теплофикационных паровых турбин // Замалеев, Мансур Масхутович / <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-sistem-regeneratsii-teploffikatsionnykh-parovykh-turbin>

14 Повышение эффективности ТЭЦ и подключенных к ним городских теплофикационных систем за счет структурно-технологической модернизации // Орлов, Михаил Евгеньевич / <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-tets-i-podklyuchennykh-k-nim-gorodskikh-teploffikatsionnykh-sistem>

15 СТ КазНИТУ-09-2023. Работы учебные, общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Алматы КазНИТУ, 2023.

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Қазақстан Республикасы

«Сәтпаев университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғам

6B07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша 4 курс оқитын

Биназаров Ерназар Ғалымжан

«Жылу электр станцияларының тиімділігін арттыруды математикалық модельдеу» тақырыбындағы дипломдық жобасына пікірі

Дипломдық жұмыс бойынша жылу электр станциялардың құрылымына және заманауи қондырғыларға зерттеу жұмыстары жүргізілген. Отандық ЖЭС-ты жаңғырту жөніндегі іс-шараларды өзірлеу кезінде тұтынушылардағы энергия ресурстарының барлық түрлеріне есептеулер, жылу пайдаланатын қондырғылар мен жүйелерді автоматтандыру, жылу тасымалдағышты тасымалдау кезінде жылу және электр энергиясының ысырабын азайту, жылумен жабдықтауды орталықтандырудың жоғары дәрежесі, жылу және электр энергиясын аралас өндіру есебінен жылу тасымалдағыштың, жылу және электр энергиясының шығыстарын айтарлықтай төмендетуге қол жеткізуге болатындығын көрсету арқылы шетелдік тәжірибені толық көлемде пайдалану туралы зерттеу жұмыстары жүргізілген.

Дипломдық жұмыс барысында жылу электр станцияларға жаңа заманауи қондырғыларды орнату жұмыс тиімділігін бірнеше есе арттырған. Сонымен қатар резервтік отын шаруашылықтарының үнемділігін арттыру мақсатында мазутты резервтік отынның басқа түріне, мысалы, негізгі жылу физикалық қасиеттерінің температураға тәуелділігі алғаш рет алынған пештік тұрмыстық отынға ауыстыру ұсынылған.

Жұмысты сауатты, жан-жақты іздену барысында толықтай шолулар жасалып тақырыпты аша білген.

Биназаров Ерназар Ғалымжан өзінің игерген білімділігі және таланттылығымен дипломдық жобасын өзі ұйымдастырып, іс жүзінде теориялық және қолданбалық маңызды жетістіктеріне ие болды. 6B07101 - «Энергетика» мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавр дәрежесіне лайықты деп санаймын, ал дипломдық жұмысы өте жақсы бағалауға болады деп санаймын.

Ғылыми жетекші:

PhD доктор, қауымдастырылған профессор



 Б. Онгар

«06» маусым 2024 ж.

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

«11» маусым 2024 ж.

Қазақстан Республикасы

«Сәтпаев университеті»

коммерциялық емес акционерлік қоғам

6B07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша  
4 курс оқитын

Биназаров Ерназар Ғалымжан

«Жылу электр станцияларының тиімділігін арттыруды математикалық модельдеу» тақырыбындағы дипломдық жобасына пікірі

### СЫН - ПІКІРІ

Бұл дипломдық жұмыста ЖЭС тиімділігін арттыру энергияны үнемдеу мен шығындарды азайтудың негізгі факторы болып табылады. Бұл мақсатқа жету үшін заманауи технологиялар мен жабдықтарды енгізу, энергияның қайта қалпына келетін көздерін пайдалану, жылу қалдықтарын тиімді пайдалану, озық басқару жүйелерін қолдану, және қызметкерлерді оқыту сияқты кешенді шаралар қажет еткен. Осы шараларды жүзеге асыру арқылы ЖЭС-тің экологиялық әсерін азайтып, ұзақ мерзімді тұрақты және тиімді жұмысын қамтамасыз етуді толығымен қарастырған.

Икемділігі мен энергияға деген сұраныстың өзгеруіне тез жауап беру мүмкіндігінің арқасында ЖЭО энергия жүйелерінде энергетикалық тұрақтылық пен тепе-теңдікті қамтамасыз етуде маңызды факторларды орындап, жазған.

Жұмыстың өзектілігі ЖЭС-ті пайдалану уақытын, оның кейбір бөлшектерін, негізгі қондырғы агрегаттарын, ауыстыра отырып ұзарту және қазіргі заманғы ғылым мен технология жетістіктеріне негізделіп құрылған жана қуаттарды енгізу. Осыған байланысты бу-газ қондырғыларының тиімділігін соңына дейін жағу тәсілі арқылы арттыруға термодинамикалық талдау жасап есептіктер мен математикалық модельдеулер жүргізідген.

#### Жұмыс бойынша ескерту:

Дипломдық жұмыстың тексінде кездесетін техникалық қателер мен сілтемелердің жетімсіздіктері, оның мазмұндылығымен құндылық бағасын төмендетпейді.

Дипломдық жұмыс мазмұндылығы, тәжірибелік мәні жағынан жоғары бағаға сай және осы тақырыпты әрі қарай жалғастырғаны өте жөн болар еді деген сын пікір білдіремін.

**Жұмысты бағалау:**

Ұсынылған дипломдық жұмыспен танысу және талқылау негізінде Satbayev University –нің 6B07101 – «Энергетика» мамандығы бойынша түлегі Биназаров Ерназар Ғалымжан техника және технологиялар бакалавр дәрежесіне лайық, ал дипломдық жұмыс бойынша 92% (А ) бағалауға болады деп санаймын.

**Пікір беруші:**

«Ғ. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»  
«ЖЭК» кафедрасының доценті,  
тех. ғыл. канд.



М.Е. Туманов

«12» 06 2024 ж.

Қолтаңбаны растаймын  
Подпись заверяю



Қызметі  
«12» 06 2024 ж.



## Протокол

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

**Автор:** Биназаров Ерназар Галымжан

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Жылу электр станцияларынын тиімділігін арттыруды математикалык модельдеу

**Научный руководитель:** Булбул Онгар

**Коэффициент Подобия 1:** 2.7

**Коэффициент Подобия 2:** 1.1

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 6

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

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

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

Дата 11.06.2024 г

Омар В. [подпись]

проверяющий эксперт

## Протокол

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

Автор: Биназаров Ерназар Галымжан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жылу электр станцияларының тиімділігін арттыруды математикалық модельдеу

Научный руководитель: Булбул Оңгар

Коэффициент Подобия 1: 2.7

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 6

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

Дата 13.06.2024

Заведующий кафедрой Энергетика

Сарсабаев Е.А.

