

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Энергетика кафедрасы

Джаксылыкова Сандуғаш Кайратқызы

WaterSteamPro бағдарламалық кешенін қолданумен қазандарды есептеу
әдістемесін әзірлеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071700 – Жылу энергетикасы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

PhD, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«29» мамыр 2020 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «WaterSteamPro бағдарламалық кешенін қолданумен қазандарды есептеу әдістемесін әзірлеу»

5B071700 – Жылу энергетикасы

Орындаған:



Джаксылыкова С.К.

Ғылыми жетекші

PhD, қауымдастырылған профессор

 Д.Р. Умышев

«25» мамыр 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Энергетика кафедрасы

5B071700 – Жылуэнергетика мамандығы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«27» қаңтар 2020 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Джаксылыкова С.К

Тақырыбы «WaterSteamPro бағдарламалық кешенін қолданумен қазандарды есептеу әдістемесін әзірлеу»

Университет ректорының 2020 ж. «27» қаңтарындағы №762-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «4» маусым 2020 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Еп-690-13,8-540 КТ, Еп-420-13,8-560 КТ, Еп-420-13,8-560, Е-420-13,8-860 БЖ

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: а) Негізгі бөлім; ә) Арнайы бөлім; б) Есептік бөлім; в) WaterSteamPro кешенді бағдарлама арқылы бағдарлама әзірлеу бөлімі






Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау


Ұсынылатын негізгі әдебиет; 8 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Негізгі бөлім	11.03.2020	жоқ
Арнайы бөлім	24.03.2020	жоқ
Есептік бөлім	07.04.2020	жоқ
WaterSteamPro кешенді бағдарламасы арқылы әзірлеу бөлімі	25.04.2020	жоқ

Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Умышев Д.Р., PhD, қауымдастырылған профессор	20.05.2020	
Арнайы бөлім	Умышев Д.Р., PhD, қауымдастырылған профессор	22.05.2020	
Есептік бөлім	Умышев Д.Р. PhD, қауымдастырылған профессор	25.05.2020	
WaterSteamPro кешенді бағдарлама арқылы бағдарлама әзірлеу бөлімі	Умышев Д.Р. PhD, қауымдастырылған профессор	25.05.2020	
Норма бақылау	Бердибеков А.О. сениор-лектор	27.05.2020	

Ғылыми жетекшісі  / Д.Р. Умышев/
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент  /С.К. Джаксылыкова/
(қолы)

Күні «28» қаңтар 2020 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста WaterSteamPro бағдарламасы арқылы қазандық қондырғыларды есептеу жолы ұсынылып отыр. Әдетте қазандықты есептеу кезінде келесі қиындықтар туындайды: 1) су буының энтальпиялары мен энтропияларын анықтау; 2) газдардың температурасы мен энтальпияларын анықтау. Заманауи компьютерлік технологиялардың көмегімен қазіргі кезде қазандықтардың жылулық және конструктивті есептеулерін жүргізу әлдеқайда оңай болып жатыр.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе представлена схема расчета котлоагрегатов по программе WaterSteamPro. При расчете котла обычно возникают следующие трудности: 1) Определение энтальпии и энтропии водяного пара; 2) определение температуры и энтальпии газов. С помощью современных компьютерных технологий в настоящее время очень легко производить тепловые и конструктивные расчеты котлов.

ANNOTATION

In the thesis, a scheme for calculating boiler units according to the WaterSteamPro program is presented. When calculating the boiler, the following difficulties usually arise: 1) Determination of the enthalpy and entropy of water vapor; 2) determination of temperature and enthalpy of gases. With the help of modern computer technologies, it is now very easy to perform thermal and structural calculations of boilers.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	7
1 Негізгі бөлім	8
1.1 Қазандықтар туралы жалпы мәлімет	8
1.2 Қазандық қондырғылардың конструкциясы	8
1.3 Қазандық қондырғылардың жылуалмасу беттері	15
2 Арнайы бөлім	26
2.1 WaterSteamPro бағдарламасы туралы жалпы мәлімет	26
2.2 WaterSteamPro бағдарламасы, су мен бу графиктері	26
2.3 WaterSteamPro арқылы газ турбиначын есептеу мысалы	30
3 Есептік бөлім	39
3.1 WaterSteamPro бағдарламасы негізіндегі қазандықты есептеу	39
3.2 Артық ауа коэффициентін есептеу	39
3.3 Ауаның көлемін, энтальпиясын және жану өнімдерін есептеу	41
3.4 Қазандықтың жылу балансын және отын шығының анықтау	43
4 WaterSteamPro кешенді бағдарлама арқылы бағдарлама әзірлеу бөлімі	46
4.1 Қазандық қондырғылардың негізгі көрсеткішін анықтауға арналған бағдарлама	46
Қорытынды	51
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52

КІРІСПЕ

Жылуэнергетика – елдің даму жолында және материалды-техникалық базасын құруда, ауылшаруашылық саласындағы маңызды орын алып және жылумен қамдау жүйесінде үлкен рөл атқарады.

Өнеркәсіптік кәсіпорындар мен тұрғын үй-коммуналдық сектор технологиялық қажеттіліктерге, вентеляцияға, жылытуға және ыстық сумен жабдықтауға үлкен көлемде жылу тұтынады. Бу және ыстық су түріндегі жылу энергиясы жылу электр орталықтарымен, өндірістік және аудандық жылу қазандықтарымен өндіріледі.

Өндірістік және жылыту қазандықтары тұрғын үй-коммуналдық сектордың кәсіпорындары мен тұтынушыларын үздіксіз және сапалы жылумен жабдықтауды қамтамасыз етуі тиіс. Жылумен жабдықтаудың сенімділігі мен үнемділігін арттыру едәуір шамада қазандық агрегаттарының жұмыс сапасына және қазандықтың ресми жобаланған жылу схемасына байланысты болады.

Дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты WaterSteamPro бағдарламасының көмегімен, қазандық агрегатының негізгі көрсеткіштерін анықтауды жеңілдету болып табылады.

1 Негізгі бөлім

1.1 Қазандық туралы жалпы мәлімет

Қазандық қондырғысы арнайы отынның химиялық энергиясын будың немесе ыстық судың жылу энергиясына түрлендіру үшін қызмет ететін құрылғылар кешені болып табылады. Қазандық қондырғысының негізгі элементтері: қазандық, оттық құрылғы, қоректік құрылғы және тартқыш құрылғылар.

Қазандық - жылу алмасу құрылғысы, жылу отынның ыстық жану өнімдерінен суға беріледі. Нәтижесінде бу қазандарында су буға айналады, ал су жылыту қазандарында қажетті температураға дейін қызады.

От жағу құрылғысы отынды жағу және оның химиялық энергиясын қыздырылған газдарға айналдыру үшін қызмет етеді.

Қоректік құрылғылар (сорғылар, инжекторлар) қазандыққа су беруге арналған.

Тартқыш үрлеу құрылғысы үрлеу желдеткіштерінен, түтін сорғыштардан және түтін құбырынан тұрады, олардың көмегімен оттыққа қажетті ауа беру және қазанның газ жолдары бойынша жану өнімдерінің қозғалысы, сондай-ақ оларды атмосфераға шығару қамтамасыз етіледі. Жану өнімдері газ жолдары бойымен жылжып, жылыту бетіне жанасып, жылуды суға береді.

Қазіргі заманғы қазандық қондырғыларының неғұрлым үнемді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін қосалқы элементтері бар: су экономайзері және ауа жылытқыштары; отын беруге және күлді жоюға арналған, түтін газдары мен қоректік суды тазалауға арналған құрылғылар; жылу бақылау аспаптары және қазандықтың барлық буындарының қалыпты және үздіксіз жұмысын қамтамасыз ететін автоматтандыру құралдары.

1.2 Қазандықтың арнайы конструкциялары

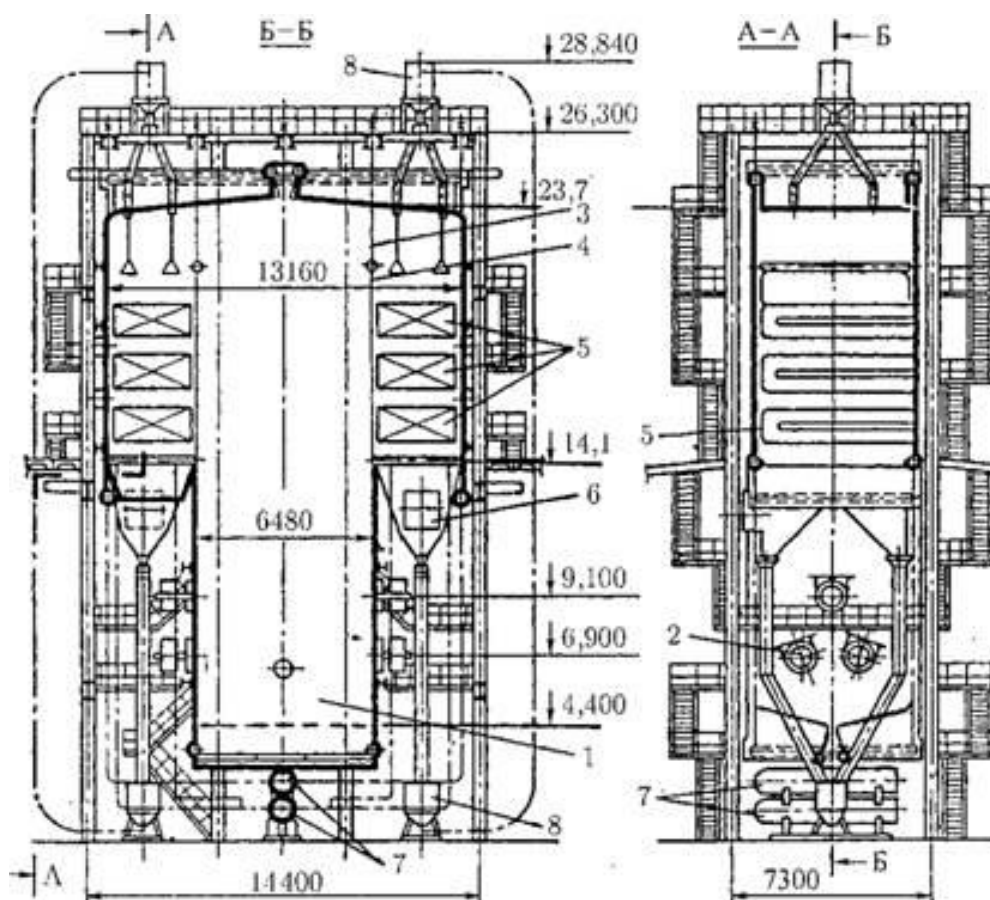
Жоғары және жоғары қысымдағы негізгі бу қазандықтарынан басқа, ЖЭС-да қазандықтардың басқа да түрлері қолданылады.

Су жылыту қазандары (ПВК)

Олар жылу электр станцияларының сыртқы температура ең төмен болған кезеңінде (12-15 °С-тан төмен), жылытулуға берілетін жылуды қысқа мерзімде ұлғайту қажеттілігі болған кезде (жылына 500 ден 1200 сағатқа дейін) қолданылады. Бұған, әдетте, ЖЭО мен қала арасындағы айналатын желілік судың температурасын су жылыту қазандарына (ПВК) берілгенде, 100 - 110 °С-тан 140 - 150 °С-қа дейін арттыру арқылы қол жеткізіледі. Су жылыту қазандары (ПВК) қуаты суға берілетін жылу мөлшерімен анықталады және шамасы 50-ден

180 Гкал/сағ (58-209 МДж/с) болады. Су жылыту қазандықтары негізінен табиғи газда және мазутта, және кейде қатты отында жұмыс істейді.

Суретте 1.1-де КВГМ-180-150 (газ немесе мазутқа арналған су жылыту қазандығы, жылу қуаты 180 Гкал/сағ және жылыту суы 150°С дейін), жылыту беттерін Т-тәрізді орналастырылған қазандықтың түрі көрсетілген. Су алдымен пештің экрандық түтіктерінде, содан кейін параллель біліктерде орналасқан конвекциялық иректі пакеттерде қыздырылады. Қазандық беттеріндегі судың қозғалысы желілік сорғылардың қысымымен тікелей ағады, судың қысымы 2,4 МПа-ға дейін, ағынның максималды жылдамдығы 123 кг/с (4622 т/сағ). Жану өнімдері қазанды тастап, мұржаға 195 °С мазутта, 170 °С газда кіреді. Мұндағы газдардың мұндай жоғары температурасы оларды қолданудың қысқа мерзімімен ақтайды.



1 - оттық; 2 – газ-мазутты жанарғылар; 3 - бүйірлік экрандардың ілуі; 4 – газтығыздалған бөлгіш экран; 5 – конвективті иректі пакеттер; 6 – жану өнімдерінің газ жолы; 7 - желілік судың кіріс және шығыс камералары; 8 - конвективті беттерді ластанудан тазартуға арналған құрылғы.

1.1 - сурет - КВ-ГМ-180-150 су жылыту қазандығы

Пештің және конвекциялық біліктердің қабырғалары газбен тығыздалған, диаметрі 60x4 мм болатын құбырлардан жасалған, конвективті газ түтіктеріндегі

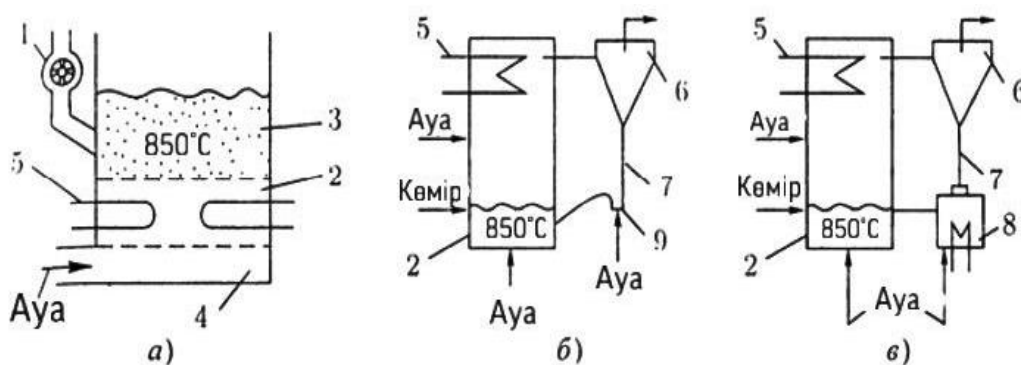
катушкалар 32x3 мм құбырлардан жасалған. Қазандықтың пешінде 6 мазутты оттық бар (әр жағынан 3), жану ауасы жылытылмаған, оны желдеткіштер тікелей қыздырғыштарға береді, ал қыста ол 0 °С-тан төмен температураға ие болады.

Қайнаған қабатта көмірді жағуға арналған қазандар (КС).

Өндірілетін көмір сапасының нашарлауы (күлділік пен ылғалдылықтың көмір массасының 50-60% - дан жоғары мәндерге дейін артуы) оларды от жағу камерасында алау тәсілімен жағу кезінде қиындықтар туғызады (жалынның үзілуі, экрандардың қождануы, жүктеменің төмендеуімен қиындықтар). Мұндай отынды қайнаған қабатта өртеуді ұйымдастыру бұл қабатта өртеудің бұрын белгілі тәсілін дамыту. Ол үшін 25-30 мм дейін ұсақталған көмір алынады.

Сурет 1.2 қазіргі уақытта энергетикада қолданылатын қайнаған қабатта көмірді жағуға арналған қазандарға ең тән сұлбалары көрсетілген. Төмен температуралы қайнаған қабатта сапасы нашарлаған отынды жағу кеңінен таралған (сур.1.2,а). Отын жоғары қысымды желдеткіштен ауа түсетін қабаттық торға беріледі. Нәтижесінде отын қабаты жарылады (оның биіктігі 0,7-1,0 м және бөлшектердің тығыздығы 250-400 кг/м³). Бұл ретте көлемі 6-10 мм-ден кем бөлшектер қабаттың жоғарғы бөлігіне ауамен шығарылады және бөлшектердің тығыздығы 20-30 кг/м³-ден аспайтын сұйылтылған отын қабаты (биіктігі 1,5-2,0 м-ге дейін) деп аталатын екінші қабатты құрайды. Мұнда неғұрлым ірі бөлшектер жану есебінен аз мөлшерге (1 мм-ден кем) жеткенше және одан әрі толық өртенуі тиіс оттық камерасының жоғарғы бөлігінің көлеміне шығарылатын болғанға дейін қайтарымды-үдемелі қозғалыста көрсетіледі. Төменгі тығыз қабатта отынның жануына қарай ірі күл бөлшектері жиналады және жаңа отынның салмақтық үлесі әдетте 5-1% құрайды. Бұл қабаттың жоғарғы шекарасы күлдің оттықтан тыс тұрақты шығарылуы есебінен ұсталады.

Температурасы 850-950°С төмен температуралы жануды ұстап тұру отынның қатты қабатына жылыту бетін орналастыру қамтамасыз етіледі.



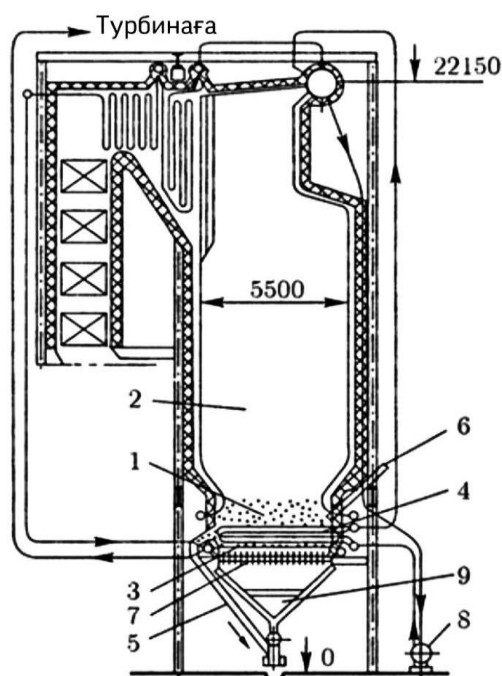
а-төмен температуралы қайнаған қабат, б - күлді салқындатусыз циркуляциялық қайнаған қабат, в - сол сияқты, жылу алмастырғышта күлдің қайтарылуын салқындату;

1 - отын қоректендіргіш; 2 - отынның тығыз қабаты; 3 - сұйылтылған қабат; 4 - жоғары қысымды ауа қорегі; 5 – иректі қыздыру беті; 6 - ыстық

циклон; 7 - күл құбыры; 8 - жылу алмастырғыш; 9 - күлді сұйылтуға арналған сифон.

1.2- сурет - Қайнаған қабаты бар оттық схемаларының нұсқалары

Жанып жатқан қабаттың жылуын құбырларға бұру отынның қыздырылған бөлшектерінің және күлдің құбыр беттерімен тікелей байланысы есебінен жүргізіледі, ол жоғары қарқындықпен сипатталады $250-400 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, Бұл құбырларды ыстық газдармен жуу кезінде конвективті жылу алмасуға қарағанда 5-8 есе жоғары. Бірақ, қайнаған қабатта көмірді жағуға арналған қазандарда салқындаудың мұндай тәсілінің жетіспеуі күл мен отын бөлшектерінің құбыр бетінің өте қарқынды тоздыруымен байланысты. Оттықтың жоғарғы бөлігінде жанбайтын ұсақ бөлшектерден жылу бөлу оттық экранына жылу бұрумен өтеледі және газ температурасы шамамен сол деңгейде сақталады $800-900^\circ\text{C}$.



1- отынның сұйылтылған қабаты; 2 - камералы оттықтың көлемі; 3, 4 - иректі бужылытқыш және буландырғыш жылу беттері; 5 - тығыз қабаттан күлді бұру; 6 - қабатқа отын беру; 7 - қайнайтын қабаттың торы; 8 - мәжбүрлі айналымдағы сорғы; 9 - қыздырылған ауа қорегі

1.3 - сурет - Төмен температуралы қайнайтын қабаты бар бу қазандығының құрылымы

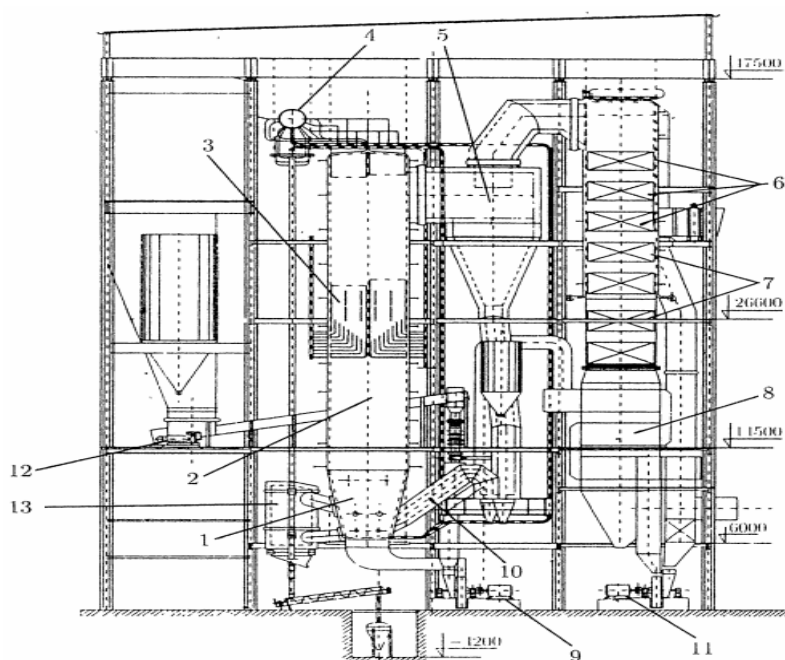
Нәтижесінде қайнаған қабатта отында балласт мөлшері үлкен болған кезде жану жылуы өте төмен отынды жағуға болады, олар әдеттегі оттықта алау тәсілі болмайды. Жану температурасының төмен болуы оттық қабырғаларының

кождануын болдырмайды (кожданудың басталу температурасы әдетте 950°C-тан жоғары), азот оксидтерінің пайда болу мүмкіндігін күрт төмендетеді. SO_2 күкірт оксидтерінің шығарындысын басу үшін жанған отын қабатына $M_{Ca}/M_S = 2$ қатынасында әктас енгізіледі, мұнда M_{Ca} және M_S — әктас кальций массасы және жағуға түсетін отындағы күкірт массасы. Отын күкіртінің кальций сульфатына байланыстырылуы нәтижесінде SO_2 газдармен шығарындысы 10 есе төмендеуі мүмкін.

Қайнаған қабаты бар оттықтар көмір байыту қалдықтарын(жоғары күлді) жағу кезінде, сондай-ақ өнімділігі 10-25 т/сағ және одан жоғары қазандықтарда жоғары күлді және жоғары күкіртті қоңыр көмірді қолдануды тапты. Сурет 1.3-де бу қысымы 3,9 МПа кезінде өнімділігі 75 т/сағ қазандықтың конструкциясы көрсетілген. Қайнаған қабатта көмірді жағуға арналған қазандар тығыз құрылыс аймағында жылу алмасудың булану және бу қыздырғыш беттері орналасқан. Экрандық құбырлардағы су мен бу-су ортасының қозғалысы циркуляциялық сорғының қысымы есебінен мәжбүрлі қозғалады. Жоғары қысымды үрлеу желдеткішінен кейін ауа тордың астына беріледі және оттық қимасының есептік жылдамдығы 4-6 м/с болады.

Айналмалы қайнайтын қабаты бар қазандар (ЦКС).

Бұл ретте отын мен күлдің тығыз қабаты одан да көп қопсиды, ал мөлшері 4-6 мм кем күл мен отынның бөлшектері оттықтың жоғарғы бөлігіне шығарылады және жану аймағының екінші аймағы биіктігі бойынша шайылады (сурет 1.4).

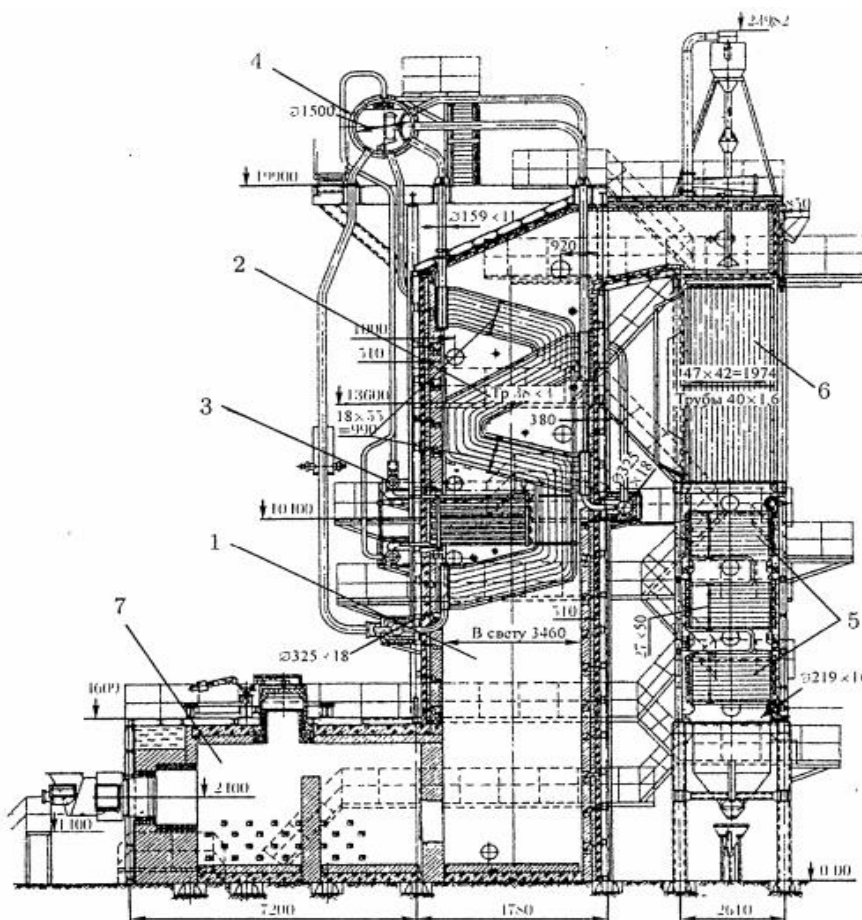


1 - жарылған отын аймағы; 2 - оттықтың призмалық бөлігі; 3 - оттық көлеміндегі ширмалық беті; 4 - барабан; 5 - ыстық циклон; 6 - конвективті бу қыздырғыш; 7 - экономайзер пакеттері; 8 - ауа қыздырғыш; 9 - жоғары қысымды желдеткіш; 10 - күлді оттыққа қайтару; 11 - газдардың

рециркуляциясының түтін сорғышы; 12 - жану аймағына таза отынды беру;
13 - әк пульпасының дозаторы

1.4 - сурет - Бу қазанының құрылымы айналмалы қайнайтын қабаты бар қазандығымен (ЦКС)

Нәтижесінде оттықтан шыққан газ ағынында жанбаған отынды (көлемі 1 мм аспайтын кокс бөлшектері) қоса алғанда, қатты бөлшектердің (шамамен 7-10 кг/м³) айқын концентрациясы көрсетіледі, сондықтан газ трактында оттықтан кейін шуды ұстау үшін "ыстық" циклон орнатылады. Ол газдардың 850-900°С температурасында жұмыс істейді және ішінен отқа төзімді материалмен футерленген.



1 - тік газ құбыры; 2 - ленталы құбыр жылу алмастырғыш; 3 - конвективті бу қыздырғыш; 4 - барабан; 5 - экономайзер; 6-ауа қыздырғыш; 7 - газ жанарғышпен жылытқыш

1.5 - сурет - Пештен кейін газ жылуын пайдалануға арналған өнеркәсіптік утилизациялық қазандық

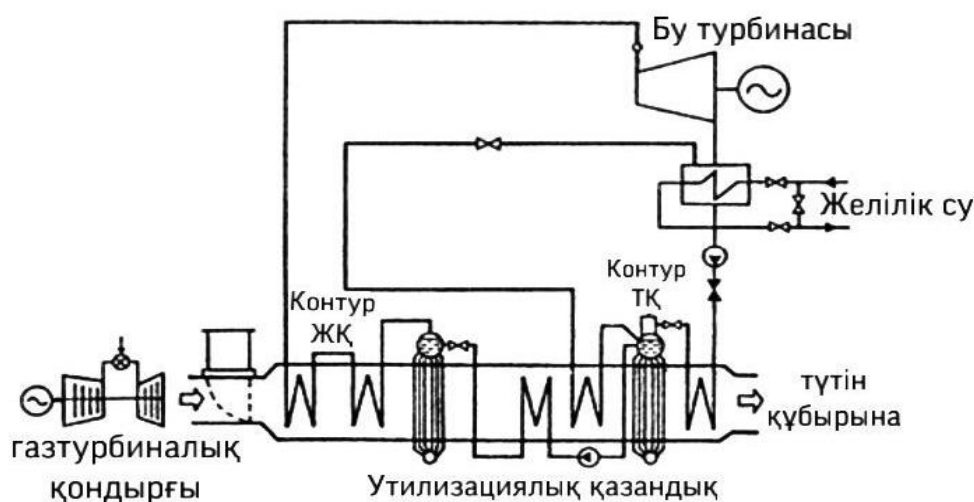
Айналмалы қайнайтын қабаты бар қазандығы (ЦКС) мен сұлбалар ыстық күлді қайтару жолында жылу алмастырғыштың болуымен немесе болмауымен

ерекшеленеді. Жылу алмастырғыштан және сифоннан кейін ауамен араласу үшін күл 650-700°C температураға ие болғандықтан. Циклонның ПӘК 99% кезінде күлді қайтару, келіп түсетін құрамның минералды құрамының массасынан шамамен 100 есе артық. Күл бөлшектерінің бұл үлкен массасы жаңа отынның жану температурасын 850-900°C деңгейінде тұрақтандырады, төмен температурада жану артықшылықтарын сақтай отырып.

Сурет 1.4 бу өнімділігі 230 т/сағ, бу 10 МПа және 510 °С параметрлері бар қазандық эскизі келтірілген. Сурет 1.1.5 сұлба бойынша орындалған. Жарылған отынның төменгі аймағы конус тәрізді орындалған және отқа төзімді материалмен футерленген, оттықтың призмалық бөлігі 9,95x4,8 м қимасы бар, оттықтың қабырғалары буландыру құбырларымен экрандалған. Жанатын бөлшектері бар газ ағынын салқындату бу қыздырғыш құбырлардан ширмалық беттерді орнатумен қамтамасыз етіледі. Газ температурасын реттеу үшін газ рециркуляциясы қосымша қолданылады. Оттықтан шығуда әрқайсысы диаметрі 5,1 м екі циклон орнатылған. Циклондардан түтін газдары екі құбырмен жіберілетін конвективті шахтаға жіберіледі, онда қазандықтың конвективті құбыр беті орналасқан. 4700 т/сағ болатын циклондардан күл сифондарға түседі, онда бастапқы ауамен қосытылады, жану аймағына оралады және төменгі деңгейде температуралық режимді тұрақтандырады.

Утилизациялық қазандық (КУ).

Осы типті қазандар ұзақ уақыттан бері өндірістік кәсіпорындарда кететін газдардың жылуын тиімді пайдалану (жылуды кәдеге жарату) мақсатында жоғары температуралы технологиялық пештерге қосымша ретінде таралды. Қазандықтардың осындай түрінің ерекшелігі қарапайым газ құбырына айналатын оттықтағы отынды жағуға арналған оттық құрылысының болмауы.



1.6 - сурет - БГҚ-ЖЭО жүйесіндегі утилизациялық қазандықтың принциптік сұлбасы

Мысал ретінде сурет 1.6 техникалық күйе өндіру үшін пештерге орнатылған утилизациялық қазандық көрсетілген. Пештен кейінгі газдар

температурасы 1260°C болады және қазандықтың көтергіш газ құбырының төменгі бөлігіне түседі. Онда экрандық қабырға беті, W-бейнелі құбыр ленталары және конвективті қыздыру пакеті бар. Газ ағынының жылуы есебінен судың бір бөлігі буланады, одан кейін бу қызады. Экрандық және таспалы беттерде судың және бу-су қоспасының табиғи айналымы болады. Электр энергиясын өндіру үшін утилизациялық қазандықтан 80 т/сағ дейін шығынмен, $4,5 \text{ МПа}$ қысыммен және 440°C температурамен бу келіп түседі, бұл 8 МВт -қа жуық электр қуатын қамтамасыз етеді. Келіп түсетін газдардың тұрақты жылу потенциалын қолдау үшін утилизациялық қазандықтың алдында газ жанарғы бар оттықтар алды орнатылған. Қазандықтың ыстық ауасы негізінен өнеркәсіптік пештердің жұмысы үшін қолданылады.

Энергетикада үлкен қуатты утилизациялық қазандықтар соңғы уақытта БГҚ-дың аралас сұлбасын әзірлеу кезінде пайда болды. Көбінесе екі жылыту беттері бар (жоғары 8 МПа және төмен 4 МПа). Бұл жағдайда утилизациялық қазандықтардың экономайзердің және будың қыздырғыштың ирек беті ғана болады. Газ турбиналарынан кейін газ жылуын кәдеге жарату нәтижесінде БГҚ-ның толық қуатының 30% - на дейін өндіріледі, ал қондырғының ПӘК-і $50-52\%$ - ға дейін көтеріледі.

1.3 Қазандық қондырғылардың жылуалмасу беттері

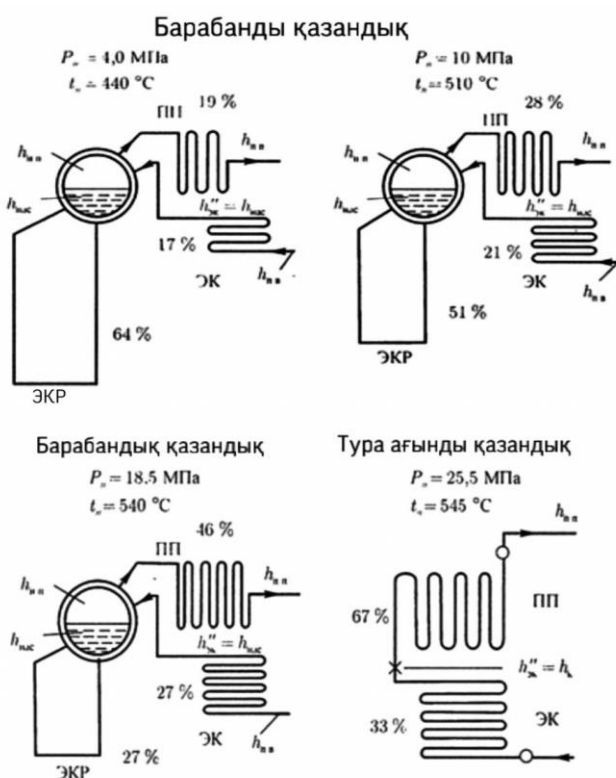
Әр түрлі жүйедегі бу қазандарының бу түзуші беті бір-бірінен ерекшеленеді, бірақ әрдайым от жағу камерасында орналасады және радиация жылуын қабылдайды. Жану камералары жағылатын отынның түріне байланысты жалпы қазандықтағы жұмыс ортасына берілетін жылудың толық мөлшерін $40-50\%$ қабылдайды. Көлденең газ шығысын қыздыру беттерінде бұл жылу қабылдау $20 - 25\%$ құрайды, ал конвективті шахтаның бетінде $30 - 40\%$

Сурет 1.7 будың қызуы, бу түзілуі және будың қызуы, қызған бу мен қоректік судың температурасын есепке ала отырып, қазандықтағы әртүрлі қысымдарда будың қызуы көрсетілген.

Сонымен, орташа қысымда (4 МПа) оттықтағы радиациялық жылу алмасу экранымен алынатын жылу бу түзуге толық қажеттілігін жабу үшін жеткіліксіз (62%), осыған байланысты судың булануына жұмсалатын жылудың бір бөлігі экономайзерде және оттықтан шығатын құбырлардың конвективті буында беріледі. Сондықтан орташа қысымдағы барабанды қазандықтарда экономайзер әдетте қайнаған болады, онда қоректік су қанығу температурасына дейін қызып қана қоймай, ішінара буға айналады. Бұл қазандар үшін барабаннан сумен қоректенетін меншікті төменгі коллекторы бар оттықтан шығатын құбырлардың үш-төрт қатарынан құралған конвективті булану беттері, сондай-ақ артқы экранның құбырларын көлденең газ құбырының қиылысу аймағында екі-үш қатарда ажырату тән.

Жоғары қысымды барабанды қазандықтарда (10 МПа және одан жоғары) бу түзуге пайдаланылатын жылу үлесі едәуір азаюда, және оттық камерадағы жылу қабылдау экрандары будың қажетті мөлшерін алу үшін жеткілікті болады. Осыған байланысты экономайзер тек бір ғана жұмыс атқарады, келетін қоректік суды жылытады.

Ультра жоғары (18,5 МПа) және әсіресе критикалық қысым кезінде суды жылыту аймағы кеңейеді, сондықтан тек экономизатордың конвективті қаптамаларында ғана емес, сонымен қатар пеш экрандарының төменгі бөлігінде су фазалық ауысу аймағына дейін қызады (радиациялық үнемдеуші), содан кейін беттер орналасады, онда судың күйінен будың күйіне және будың бастапқы қызып кетуіне фазалық ауысу бар (пеш экрандарының орта және жоғарғы радиациялық бөліктері).



ЭКР - оттық экрандар және оттық экрандарында суды буландыруға арналған; ЭК - экономайзер және экономайзер бетінде қанығуға дейін суды жылытуға арналған; $h_{нас}$, $h_{н.п.}$ - барабандағы су мен қаныққан будың қанығу энтальпиясы; $h_{п.в.}$, $h_{п.е.}$ - қазандыққа кіретін қоректік судың және қызған бу энтальпиясы.

1.7 - сурет - Шығысында әр түрлі будың қысымында және температурасында қазандықтарда жылытуға, булануға және қызуға жылу үлесін бөлу

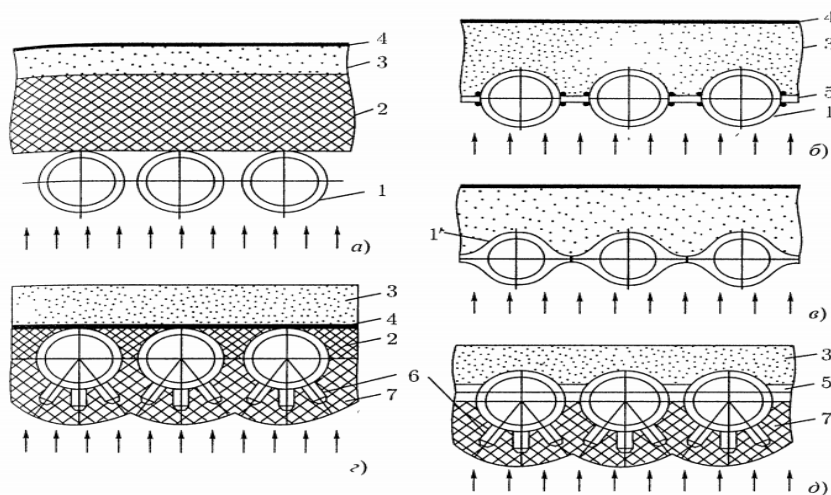
Жоғары және аса сыни қысымдарда бу қыздырғыш беттер жылу қабылдаудың едәуір үлесін тұтынады және тек қазандықтың көлденең газ құбырында орналаса алмайды (мұнда беттерді жылу қабылдау 20-22% аспайды), сондықтан бу қыздырғыш бетінің бөлігі оттықтың жоғарғы жағында (төбе, қабырға панельдері), ал шығыстық конвективті пакет конвективті шахтаның жоғарғы бөлігінде жиі болады. Бу қазандарында булы қыздырғыш беттердің жылу қабылдау үлесі едәуір артады, бұл ретте осы беттердің едәуір бөлігі оттық қабырғаларында, жоғары жылу ағындарының аймағында орналасады, бұл құбырлардың металын қызып кетуден қорғау бойынша арнайы міндеттер қояды.

Қазандықтың беткі қабаттарының жалпы жылу қабылдауының шамамен 30-35%-ы конвективті экономайзер мен конвекция білігіндегі ауа жылытқыштың жылу қабылдауына келеді. Ауа жылытқышы ауаны алдын-ала белгіленген температураға жеткізу үшін конвекция білігіндегі қажетті жылу мөлшерін алады, ал қалған бөлігі экономайзерге бөлінеді.

Оттық экрандардың конструкциялары

Жоғарыда көрсетілгендей, оттық экрандар қазандықтағы жұмыс ортасының 50% - ға дейін жылу қабылдай алады және газдардың ең жоғары температурасы аймағында болады, құбыр металының сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін мұқият конструктивті орындауды талап етеді.

Конструкция бойынша экрандар тегіс құбырлы, онда құбырлар оттық қабырғасының бойымен 4-6 мм аз саңылауы бар орналасқан (сур.1.8,а), және газ тығыздалғыш, оның екі түрі орындалуы мүмкін: немесе осындай тегіс құбырлардан, бірақ олардың арасында дәнекерленген ені 6-12 мм (сур.1.8,б) немесе өзара дәнекерленген жүзбелі құбырларды қолдану арқылы (сур.1.8, в).



в - балқытқыш құбырлардан жасалған газ тығыздық экран; г - футерленген тегіс құбырлы экран; д - футерленген мембраналық экран; 1 - құбыр; 1' - жүзу құбыры; 2 - отқа төзімді бетон; 3 - жылу оқшаулағышы; 4 - тығыздағыш қабат (майлау, металл парақ); 5 - металл басу; 6 - дәнекерленген тиек; 7 - отқа төзімді масса

1.8 - сурет - Оттықты экрандау түрлері: а - тегіс түтікті экранды жағу; б - тегіс түтікті жанатын экран (мембраналық)

Осындай өзара дәнекерленген панельдерден жасалған экрандар монолитті тұтас дәнекерленген газ тығыздық құрылымды құрайды, оларды мембрана деп атайды. Оттықта олардың қарқынды жануы үшін жоғары температураны талап ететін, аз реакциялық отындардың тұрақты тұтану аймағының пайда болуы үшін, тиісті учаскелердегі барлық типтегі экрандар құбырларға дәнекерленген тиектерде оны бекіте отырып, отқа төзімді массамен жабылады. Мұндай экрандар футерленген экрандар деп аталады (сур.1.8,г, д).

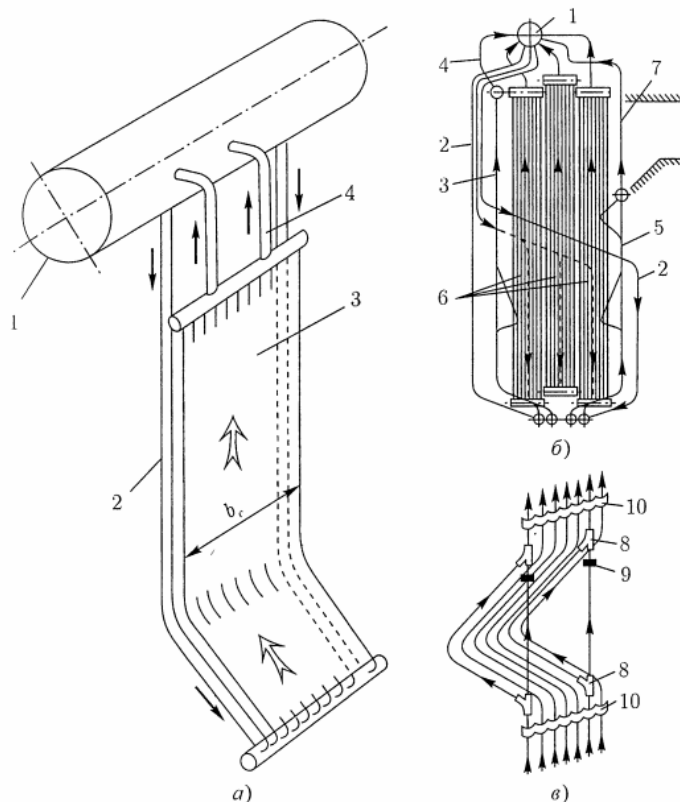
Тегіс түтік экрандары газ жолының сирек бұзылуымен жұмыс істейтін барлық жүйелердің бу қазандарында қолданылады. Табиғи айналыммен, құбырдағы жұмыс ортасының қозғалысының сенімділігін арттыру үшін пештің экрандары тек қана тігінен орналасқан, ал кейбір жағдайларда көлбеу. Бірнеше рет айналатын қазандықтар мен қазандықтардың бу түзетін қыздыру беттерін пеш экрандарын тік, көлденең және көтергіш-түсіру арқылы кеңістікке кез-келген бағытта бағыттауға болады, өйткені гидравликалық режимнің бұзылуына жол бермейтін жылдамдықта бу-су қоспасының қозғалысын ұйымдастыруға болады.

Табиғи айналымы бар қазандықтардың тік оттық экрандары

Әдетте оттық экрандары оттықтың барлық қабырғаларын толығымен жабатын және жұмыс ортасының тек көтерме қозғалысы бар ені b_c бірнеше тік панельдер (секциялар) түрінде орындалады (сур.1.9,а). Құбырлардың сыртқы диаметрі 83-76-60 мм, қабырғаларының қалыңдығы 3,5-5 мм болады, бұл ретте жоғары қысымды қазандықтар үшін (10 және 14 МПа) диаметрі аз, бірақ қабырға қалыңдығы ұлғайтылған (5 мм дейін) құбырлар пайдаланылады. Секцияның экрандық құбырлары, әдетте, төменгі және жоғарғы коллекторлармен және экрандық құбырларға қарағанда үлкен диаметрлі бұрғыш құбырлармен біріктіріледі (сур.1.9,б). Түсіру және бұру құбырларының қимасы әрбір секциядағы көтеру құбырларының қимасының 30-50% құрайды.

Артқы экранның экрандық құбырлары басқа экрандарға қарағанда оттықтан шығатын газ терезесін көлденең газ құбырына кесіп өту керек. Газдық терезе аймағындағы құбырлар арасында газдардың жеткілікті өтуін қамтамасыз ету үшін кесілетін бұру құбырлары немесе 3-4 қатарда сұйылтылған артқы экранның құбырлары орналасқан (бұл конструкция фестон атауын алды).

Газдардың қажетті аэродинамикасын қамтамасыз ету үшін от жағу экрандарының бірқатар құрылымдарында от жағу көлемінің ішіне экрандық секциялардың шығыңқылары орындалады: жану аймағын бөлу және сұйық қож түзілу аймағын құру үшін әр жағынан оттықтың $1/4$ тереңдігіне төменгі симметриялы шығыңқы және артқы экранның жоғарғы шығыңқылары оттықтың тереңдігі $1/3$ -ге шығатын газ терезесінің биіктігі бойынша газдардың біркелкі шығынын жасау үшін.

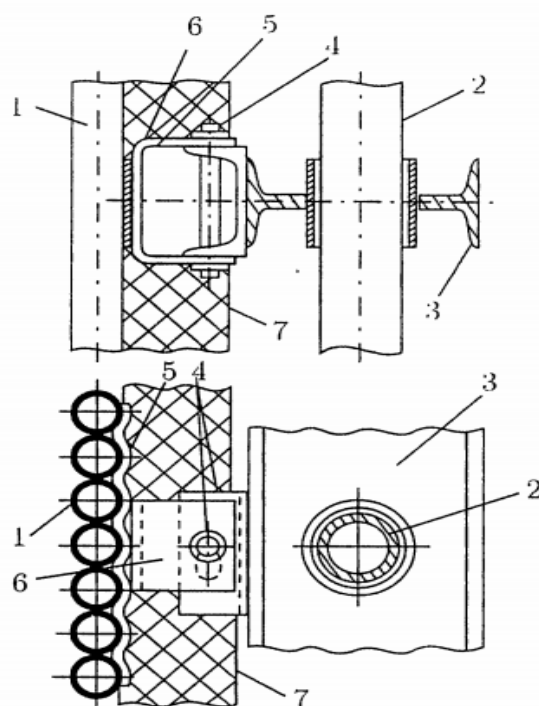


а - фронт экран секциясы; б - оттықтың экрандық секцияларында айналым; в - экрандық құбырлардың төменгі шығыңқысын орындау; 1 - барабан; 2 - жылытылмайтын түсіргіш құбырлар; 3 - фронтты экран; 4 - бұрғыш құбырлар; 5 - артқы экран; 6 - бүйірлік экранның секциялары 7 - артқы экранның кесілген бұрғыш құбырлары; 8 - құбырларды ажырату (тройник); 9 - құбырдағы дроссельді шайба (шартты түрде көрсетілген); 10 - секция құбырларын бекітуге арналған қапсырма (тарак).

1.9 - сурет - Табиғи айналымы бар шаңкөмір қазанының экран схемасы

Экрандық секциялар жоғарыда бекітіледі, жоғарғы коллектор қазандық қаңқасының төбелік жабынының көлденең арқалықтарына тіреледі. Экрандық секцияның жылулық кеңеюін өтеу төменгі бағытта қарастырылған. Төменгі коллекторлар экранның есептік жылу кеңею шегінде тік жылжу еркіндігі бар (60-100 мм).

Соңғы жылдары түтік қаптамасы бар экрандардың конструкциялары қолданылады. Оттық қабырғаларының мұндай қапталуы өте жеңіл болды және экран секциясын құрастырғаннан кейін қазандық жасау зауытында экран құбырларына тікелей бекітілуі мүмкін. Осылайша, салынып жатқан ЖЭС монтаждау, құрастыру алаңына дайын отындар секциялары келіп түседі. Оларды монтаждағаннан кейін секциялар арасындағы жіктерді нығыздау қажет.



1- экран құбыры; 2 - түсіру құбыры; 3 - қаттылық белдігінің екі тавры; 4 - құбыр секциясымен қаттылық белдігін біріктіру; 5 - құбыр секциясының бекіткіш бейінді таспасы; 6 - жалғағыш қапсырма; 7- қаптау және жылу оқшаулау.

1.10 - сурет - Экрандық құбырлардың қаттылық белдігін орнату

Экранның беріктігін арттыру үшін (оттықтағы және оттық қабырғасының сыртында қысымның әртүрлілігі есебінен 5-10 т қысымды қабылдайды) және оттықтағы пульсациялаушы қысым кезінде дірілді болдырмау үшін экрандар көлденең орнатылған екі таврлармен - қаттылық белдіктерімен бекітіледі (сур.1.10). Екі таврлар экран құбырларымен байланысты және барлық оттықты 3-4 м биіктіктен кейін периметрі бойынша қамтиды, жылу кеңеюі кезінде құбырлармен бірге қозғалады. Үлкен қуатты қазандықтарда жекелеген жағдайларда оттықтың ортасында екі түсті экран орнатылған оттықты екі жартылай ыстыққа бөлетін.

Мұндай экран оттықтың қимасын өзгертпей, жылу қабылдайтын бетті ұлғайтады, от жағу газдарын қарқынды салқындатады, соның арқасында от жағу биіктігін азайтуға болады. Бұл экранның құбырларын биіктігі бойынша қандай да бір қозғалмайтын сыртқы конструкцияларға бекітуге болмайды, олар бір-бірімен бірнеше жерде шыбықтар арқылы дәнекерлеу жолымен бекітіледі. Екі жарықты экранда да қысымды теңестіру үшін терезелер жасалған.

Тура ағынды қазандықтардың оттық экрандары

Тікелей ағынды қазандық айналу жиілігі жұмыс ортасын экрандарда бірге тең, ал табиғи циркуляциясы кезінде ол 10-30 құрайды. Бұдан басқа, тура ағынды

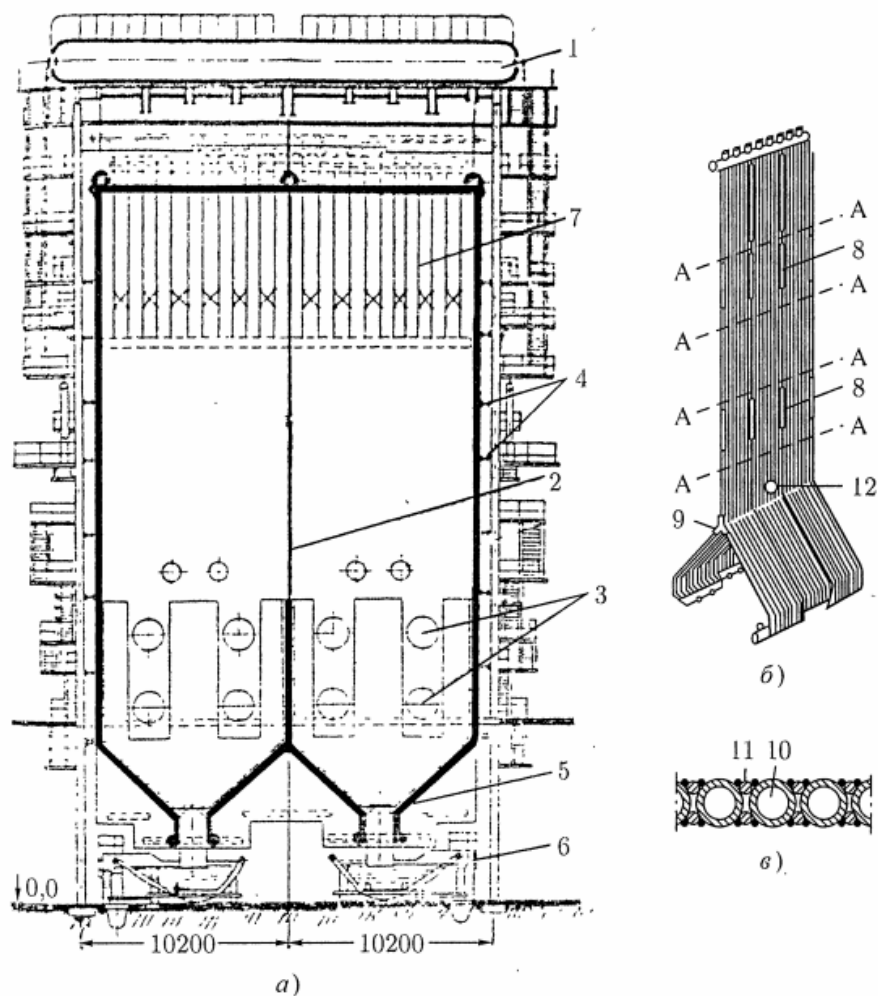
мәжбүрлі қозғалу кезіндегі жұмыс ортасының жылдамдығы табиғи айналымдағыдан шамамен 2 есе жоғары. Сондықтан да тура ағынды қазандықтың жұмыс ортасын өткізу үшін қажетті қима табиғи айналым және сол бу өнімділігіне қарағанда 20-40 есе аз. Мұнда жұмыс ортасының барлық ағыны 40-60 құбырдан тұратын және әрбір ені 2-3 м болатын ленталар (панельдер) деп аталатын параллельді 2-4 секциялардан өтеді.

Осы экрандардағы жұмыс ортасының қозғалысы мәжбүрлі болғандықтан, кедергінің өсуі есебінен құбыр диаметрінің азаюы табиғи айналым кезінде орын алатындай, құбыр диаметрінің одан әрі азаюы 60 мм кем емес жағымсыз. Табиғи циркуляциямен салыстырғанда құбыр диаметрінің азаюы оттықтың қабырғаларын 30% дейін экрандау кезінде металды үнемдейді. Алайда, ағынның массалық жылдамдығын сақтай отырып, құбыр диаметрінің азаюы параллельді құбырлар санының артуын талап етеді. Қазандықтың жылу қуатының артуы және құбыр диаметрінің азаюы лентаның енінің айтарлықтай ұлғаюына әкеледі, ал таспа кең болған сайын, лентаны құрайтын параллельді құбырларды қыздырудың біркелкі еместігінің әсері соғұрлым көп болады. Сондықтан құбырлардың кіші диаметрінде қуатты бу қазандықтарында бірнеше таспа (кіру) параллель орындалады, бұл ретте әрбір таспа ені шағын болып қалады. Әрбір ағын бойынша шығын мен температураны тәуелсіз реттеумен жұмыс ортасының екі - төрт параллель ағыны шығады.

Оттық қабырғаларын экрандау кезінде панельдердің әр түрлі схемалары және олардың орналасуы қолданылады. Экрандарға түсетін жоғары жылу ағындары тән оттықтың төменгі радиациялық бөлігінде барлық құбырлар бойынша ортаны біркелкі бөлуді және металдан жылуды сенімді бұруды қамтамасыз ететін жұмыс ортасының көтермелі қозғалысы бар тік экрандық панельдерді қолдануды қалайды (сур.1.11,а).

Жұмыс ортасы бойынша қосылған параллельді панельдердің көп саны кезінде төменгі радиациялық бөлігінде қабырғаларының толық экрандалуына қол жеткізіледі, бірақ экранның құрылымы күрделене түседі. Оттықтың орташа және жоғарғы радиациялық бөліктері оттықтың қабырғасының бір бөлігін немесе оның жартысын биіктігі бойынша жабатын жазық көлденең - көтергіш панельдермен экрандалған (сур.1.11,б). Жұмыс ортасының қысымын және температурасын теңестіру үшін белгілі бір жылу қабылдағаннан кейін панельдер бойынша жұмыс ортасының араласу торабы орнатылған.

Профессор Л.К.Рамзин ұсынған оттық қабырғалары бойынша құбыр ленталарын көлденең - көлбеу орау (сур.1.11,в), секциядағы (лентадағы) құбырлар арасындағы ең аз жылу таратқышпен ерекшеленеді.



а - экранды орнату; б - экранның жалпы түрі; в - экран құбырларын дәнекерлеу торабы; 1 - барабан; 2 - екі түсті экран; 3 - жанарғылар; 4 - қаттылық белдігі; 5 - сұйық қождың шығуына арналған ағын; 6 - қожды ванна; 7 - бу қыздырғыштың ені; 8 - қысымды тегістеуге арналған терезе; 9 - үштік; 10 - құбыр; 11 - дәнекерленген шыбық; 12-жөндеу лаз; А - А -құбырларды дәнекерлеу деңгейлері;

1.11 - сурет - Екі түсті экранды орындау

Жұмыс ортасы лентаның төменгі коллекторынан жоғарыға дейін қозғалады, оттық камераны бірнеше рет бүктейді. Мұндай орамда коллекторлардың ең аз саны және кез келген жұмыс қысымы кезінде гидравликалық тұрақты қозғалыс сипаттамалары бар. Негізгі кемшілігі навивки Л.К.Рамзина дайын жазық қабырғалық панельдер түрінде конструктивті орындау мүмкін еместігі, монтаждау кезінде құбырлардың дәнекерленген түйіспелерінің үлкен санын орындау қажеттілігі болып табылады. Бұл жағдайлар қуатты бу қазандықтарында осы орау схемасын қолдануды шектейді.

Арнайы экрандар конструкциялары

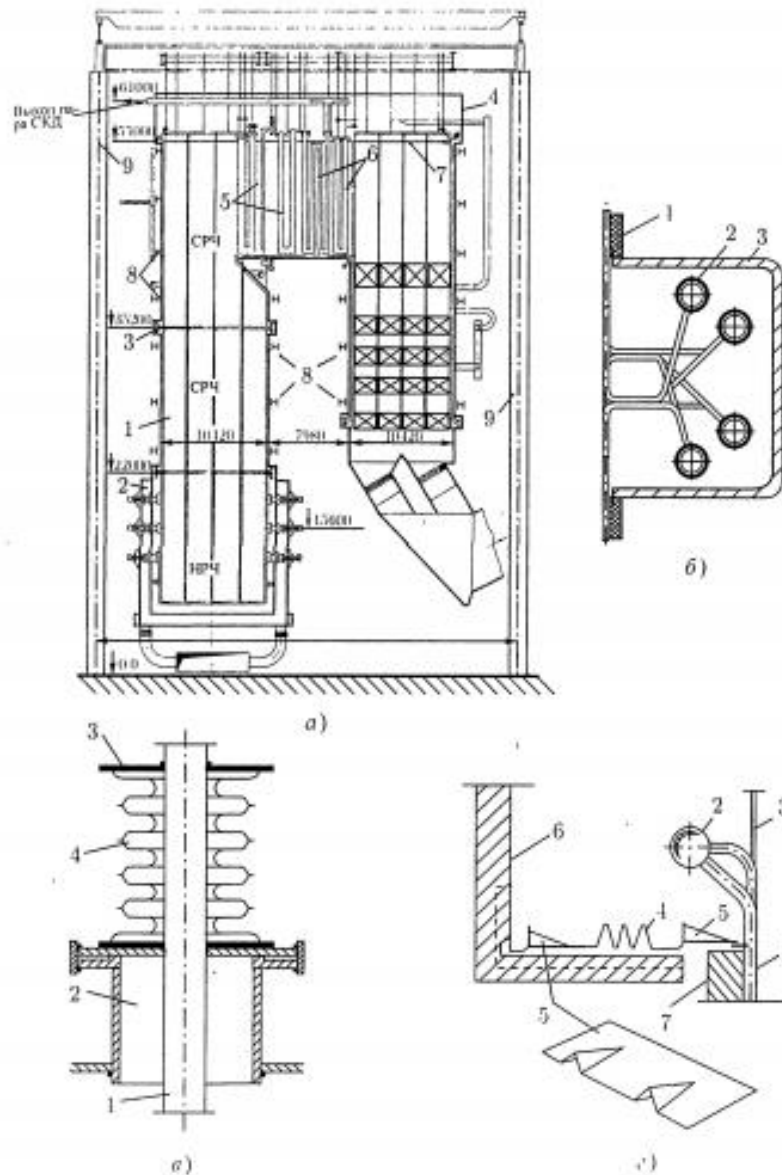
Газ тығыздалған, дәнекерленген экрандар заманауи конструкциялық қазандықтарда кеңінен қолданылуды. Мұнда құбыр қадамы $S_1 = (1,4 \div 1,45)d$ дейін ұлғайтылды, өйткені құбырлар арасында ені 14-16 мм қою дәнекерленеді, тиісінше құбыр саны қысқартылады. Бұл экрандар жұмыстың ең жақсы жағдайларында болады, өйткені балқытқыштармен (қоюлармен) сіңірілген жылу бір бөлігі құбырлардың артқы жағына кесудің арқасында беріледі, бұл құбырлардың осы бөлігін қызу бетіне айналдырады. Мұндай экранда жекелеген құбырлардың экран жазықтығынан шығуы және осы себепті олардың температуралық режимінің нашарлауы мүмкін.

Газ тығыздалған экрандардың периметрлерін азайту мақсатында газ жұтқыштарының экрандары фронттың жоғары үлестік бу өндіргіштігіне 22-35 кг/с будың 1 м еніне жобаланады (қазандықтың қуаты 300-800 МВт). Бұл ретте от жағу камерасының тереңдігін бірдей жылу кернеулерінде ең аз периметр болатын оттықтың шаршы қимасына жақындап, біршама ұлғайтады. Газсыз оттықтарда фронттың үлестік бу өнімділігі 12-15%-ға аз, ал енді оттық тереңдігіне қатынасы 2:1 жуық.

Әсіресе, оттық камерадағы жану өнімдерінің қысымы айтарлықтай үрлеумен жұмыс істейтін қазандықтардағы жоғары тығыздықты талап етеді. Мұндай қазандықтардың төбелік экранында тығыздықты қамтамасыз ету ол арқылы коллекторларға жылу булы қыздырғыш беттен құбырлардың үлкен саны өтуіне байланысты үлкен қиындықтарды білдіреді. Сондықтан төбенің үстіне "шатер" деп аталатын екінші қоршау қабырғасын салады (сурет 1.12,а). Барлық бу лақтырғыш құбырлар қыздырғыштың жекелеген пакеттері арасында "шатердың" ішінде болады. "Шатер" үрлеу желдеткішінен кейін ауа қысымында болады, сондықтан төбеден қыздыру беттерінің құбыр өткізгішіндегі тығыздық "шатердың" көлемінің газдануына әкеп соқпайды. Анағұрлым жетілдірілген тығыздағыштарда "шатердан" шығу жолында бұрғыш құбырлар болуы тиіс, бірақ олардың саны шамалы және олар суретте көрсетілген арнайы сифонды тығыздағыштар арқылы шығарылады.

Газ жұтқыш - экранды орындау кезінде ең жауапты түйін оттықтан құбырларды шығару орындарын тығыздау болып табылады. ТРБ, ОРБ және ЖРБ түйіскен жерінде жеке панельдерден түсетін жұмыс ортасын араластыру кезінде жабық Болат қораптар орындалады, олардың ішінде араластырғыш коллекторлар орналастырылады (сур.1.12,б). Бұдан басқа, панельдердің жанасу аймағындағы құбырлар арасындағы саңылауларды дәнекерленген тарақпен қосымша жабады.

Төбенің экраны газ өткізбейтін панельдердің бөлек блоктарынан жасалған. Экранның құбырларын, төбелік панельдердегі конвективті орамалардың аспалы құбырларын өткізу үшін, құбырлардың арнайы тесіктері пайда болады, кіріс орындары мөрленеді. «Шатердың» жану камерасының қабырғаларымен жылу кеңеюін ескере отырып қосылуы компенсатор арқылы жүзеге асырылады (сур.1.12, в).



а - қазандықтың жалпы түрі; 1- оттық; 2 - жанарғылар; 3 - экрандық панельдердің ажыратқыш торабы; 4 - тығыздағыш жоғарғы қорап (шатер); 5 - қыздырғыштың ені; 6 - бу қыздырғыштың конвективті беті; 7 - төбелік экран; 8 - экрандардың қаттылық белдеуі; 9 - қазандық бағаналары; б - экрандық панельдердің ажырату торабы: 1 - газ тығыздағыш экран; 2 - араластырғыш коллектор; 3 - жылу оқшаулағышы бар тығыздаушы металл қорап; в - қабырға арқылы өтетін құбырларды тығыздау торабы: 1 - бұру құбыры; 2 - шығару камерасы; 3 - герметикалайтын пластина; 4 - сиффон; г - шатерды оттықтың қабырғасымен біріктіру; 1 - газ жұтатын экран; 2 - коллектор; 3 - экранды ілу; 4 - сиффонды компенсатор; 5 - гофрленген пластина; 6 - оттық шатырдың қабырғасы; 7 - оттықтарды қаптау.

1.12 - сурет - СКД газ сортты бу қазандығы және оның тығыздау тораптары

Қатты отынның интенсивті жану камералары (сұйық қождарды кетіруді қамтамасыз ету кезінде), циклондық пештер төсеніш экрандармен қорғалған (сур.1.12,г).

Төселген экранды жасау үшін диаметрі 10 және биіктігі 15-25 мм болатын шыбықтар байланысқа немесе доғалық дәнекерлеу арқылы құбырларға дәнекерленген. Шыбықтар отты жылытатын материалдан орау материалын бекітуге арналған жақтау, ол экраннан жылуды кетіреді. Толтырылған масса бірнеше рет экрандардың жылу қабылдауын азайтады. Сонымен қатар, оның жылу өткізгіштік қабілеті қабылданған сәулеленуді алып тастауға және соңғысы тез құлап кете бастағанда қатты қызып кетудің алдын алуға жеткілікті болуы керек.

Арматураның жаңа түрлері ретінде тегістеу қолданылады (құбырлардың сыртқы бетіне ені 10-20 мм болатын металл лентаны орау арқылы). Білінген құбырлар өте төзімді, технологиялық жетілдірілген, жақсы, қаптаманы ұстайды және экрандарды жөндеу кезінде ыңғайлы.

2 Арнайы бөлім

2.1 WaterSteamPro бағдарламасы туралы жалпы мәлімет

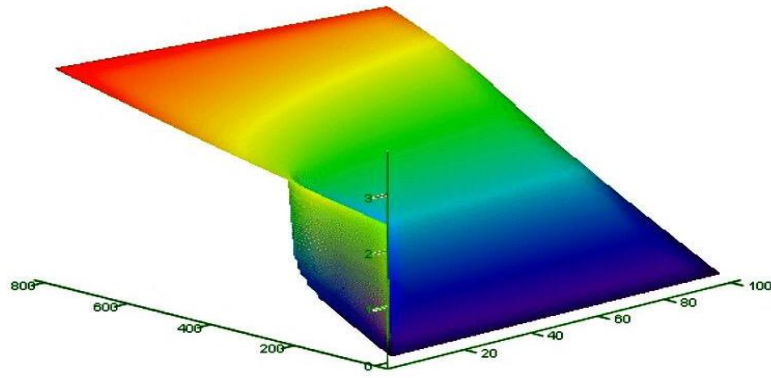
WaterSteamPro - судың, су буының, газдардың және газ қоспаларының қасиеттерін есептеу бағдарламасы. WaterSteamPro пакетінде су және су буының қасиеттері бойынша халықаралық қауымдастық ұсынған формулалар бойынша су және су буының қасиеттерін есептеу үшін 300-ден астам функция анықталған. Термодинамикалық қасиеттер техникалық есептеулер үшін 1997 формуляциясы бойынша, ал қалған қасиеттері оларға сәйкес Формуляциялар бойынша есептеледі. Газдардың қасиеттерін есептеу үшін функцияларды қолдану саласы бұл ауаның, жану өнімдерінің және жекелеген газдардың термодинамикалық қасиеттерін орташа қысымда (себебі газдар идеалды ретінде қарастырылады) 200К-ден 2500К-ге дейінгі температура диапазонында есептеу. Жылу техникалық есептеулер үшін қолданылатын барлық бағдарламалық орталарға (Microsoft Excel, Mathcad, Fortran, C++, Visual Basic, Delphi және т.б.) қосыла алады.

2.2 WaterSteamPro бағдарламасы, су мен бу графиктері

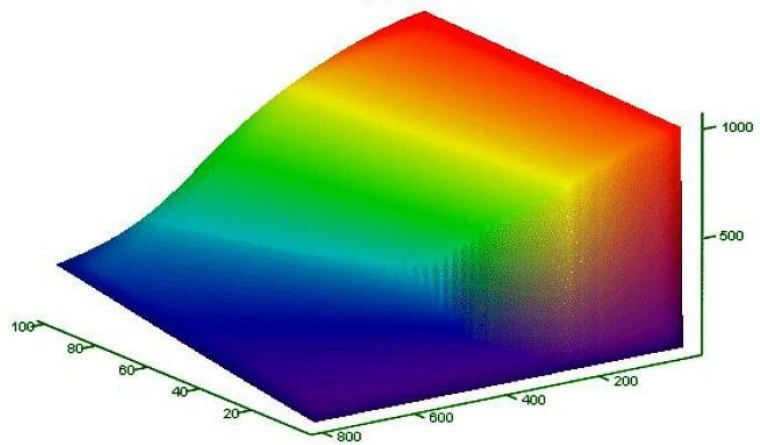
Үш өлшемді графика

Құрылым нүктелеріндегі параметрлер:

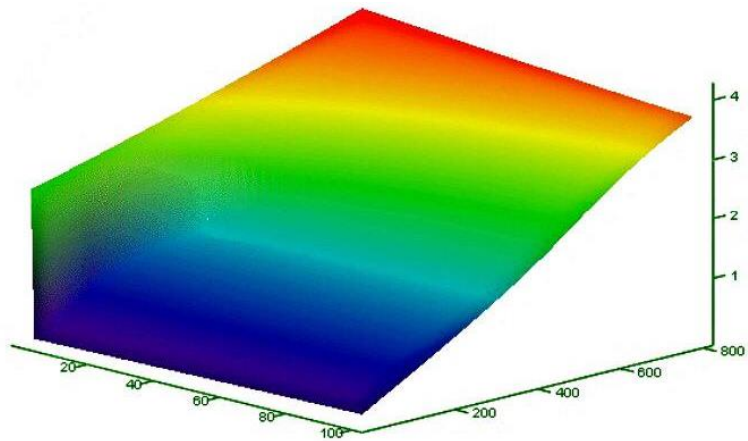
- ең төменгі қысым (үш нүкте): $P_{\text{triple}} = P_{\text{wsp}} \text{PST}(T_{\text{triple}})$ $P_{\text{triple}} = 612 \text{ Па}$
- максималды қысым: $P_{\text{max}} = 100 \text{ МПа}$
- есеп айырысу нүктелерінің саны: $N_p = 100$
- диапазон: $i := \text{ORIGIN}..N_p$
- қысымды өзгерту қадамы: $\Delta p = \frac{P_{\text{max}} - P_{\text{triple}}}{N_p}$ $\Delta p = 10 \cdot 10^5 \text{ Па}$
- ең төменгі температура (үш нүкте): $T_{\text{triple}} = 273.16 \text{ К}$
- максималды температура: $T_{\text{max}} = 800^\circ\text{C}$
- есеп айырысу нүктелерінің саны: $N_t = 100$
- диапазон: $j := \text{ORIGIN}..N_t$
- температураны өзгерту қадамы: $\Delta t = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{triple}}}{N_t}$ $\Delta t = 8 \text{ К}$
- қысымды өлшеу диапазоны: $p_{i,j} := P_{\text{triple}} + \Delta p \cdot i$ $p := 0$
- температураны өлшеу диапазоны: $t_{i,j} := T_{\text{triple}} + \Delta t \cdot j$ $t := 0$



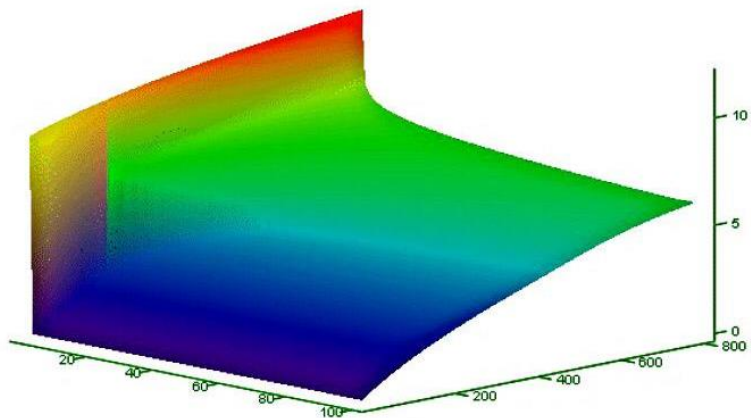
2.1 - сурет - Меншікті ішкі энергия: $U_{i,j} := \text{wspUPT}(p_{i,j}, t_{i,j})^1$



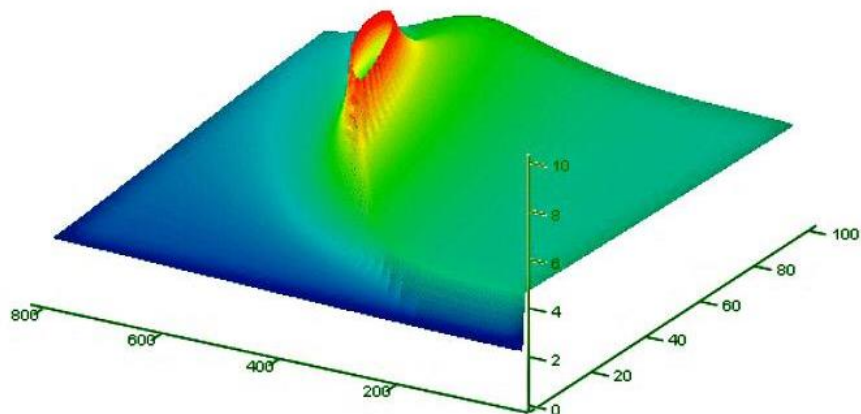
2.2 - сурет - Тығыздық: $R_{i,j} := \text{wspVPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



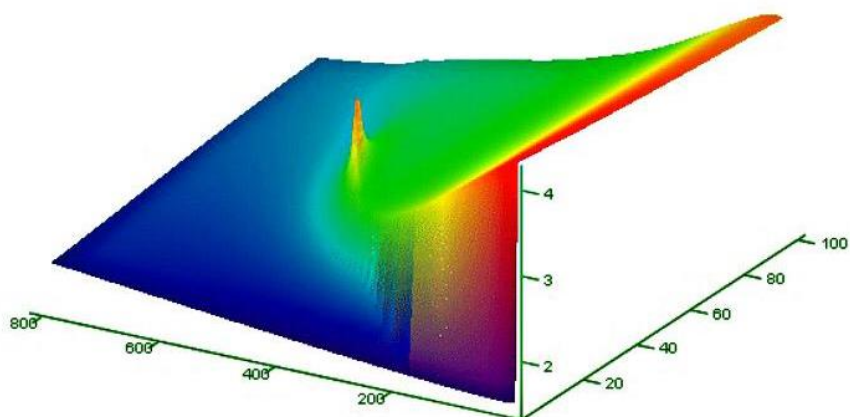
2.3 - сурет - Меншікті энтальпия: $H_{i,j} := \text{wspHPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



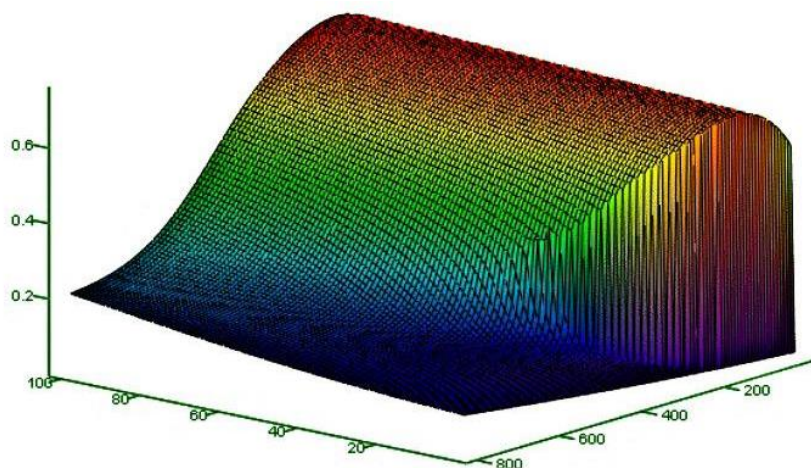
2.4 - сурет - Меншікті энтропия: $S_{i,j} := \text{wspSPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



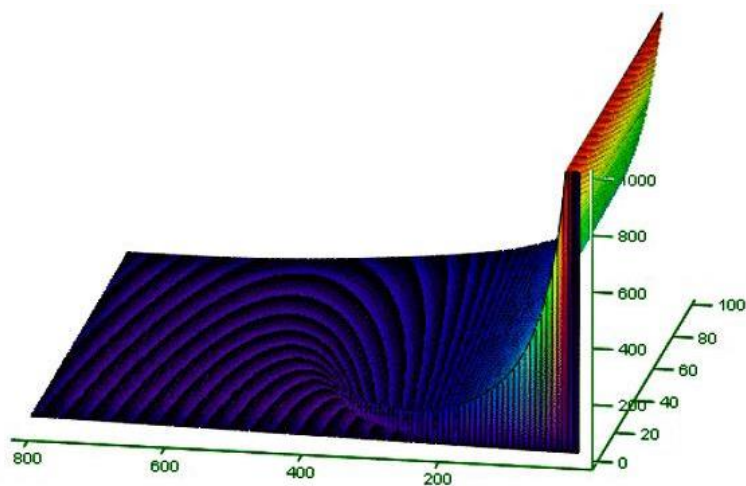
2.5 - сурет - Меншікті изобаралық жылусыйымдылық: $CP_{i,j} := \text{wspCPPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



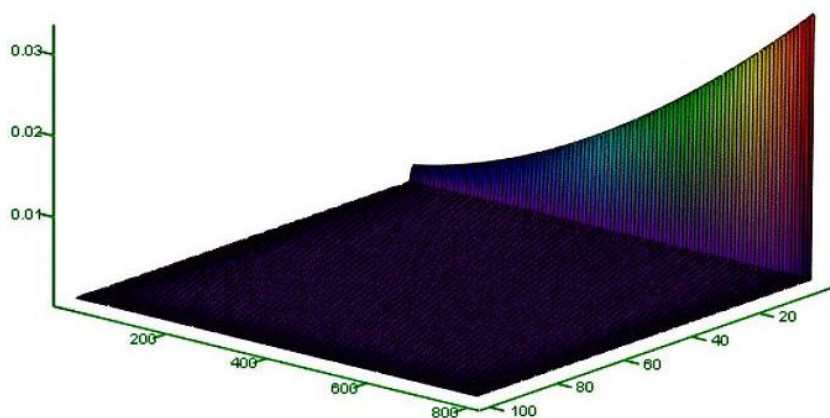
2.6 - сурет - Меншікті изохорлық жылу сыйымдылық: $CV_{i,j} := \text{wspCVPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



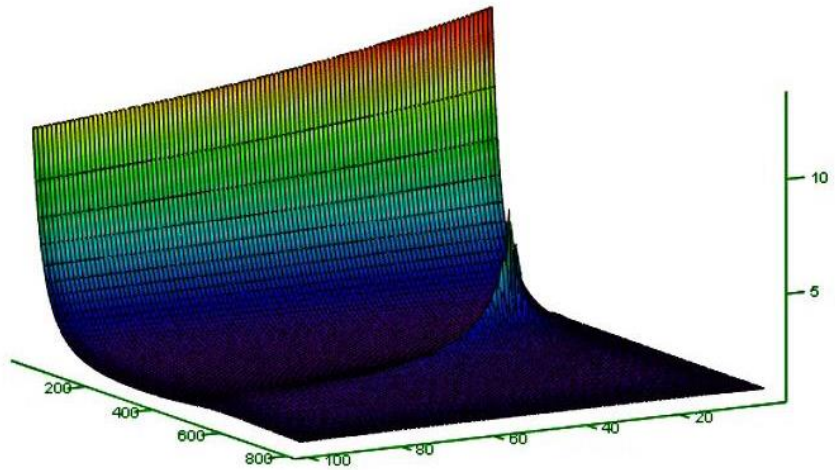
2.7 - сурет - Жылу өткізгіштігі: $TC_{i,j} := \text{wspTHERMCONDPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



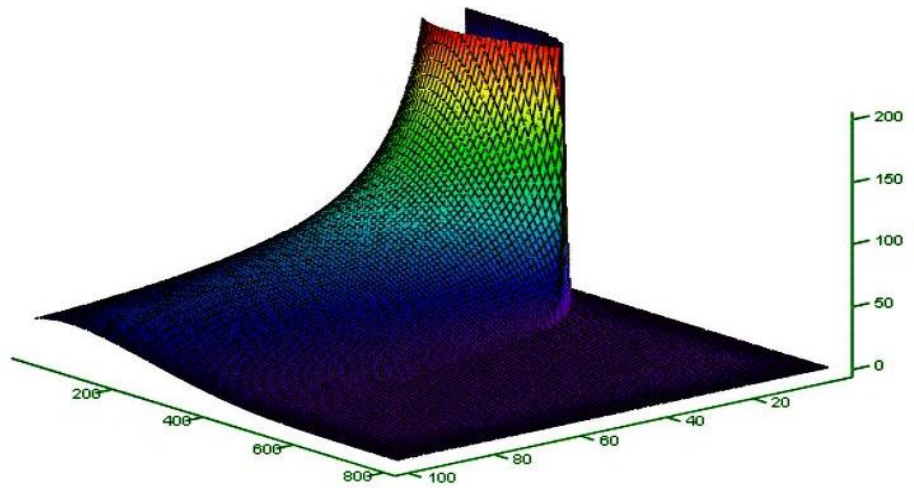
2.8 - сурет - Динамикалық тұтқырлық: $DV_{i,j} := \text{wspDYNVISPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



2.9 - сурет - Кинематикалық тұтқырлық: $KV_{i,j} := \text{wspKINVISPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



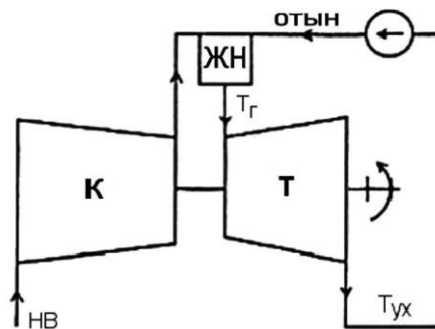
2.10 - сурет - Прандтль саны: $PR_{i,j} := \text{wspPRANDTLPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$



2.11 - сурет - Изоэнтроптық көрсеткіш: $IEC_{i,j} := \text{wspKPT}(p_{i,j}, t_{i,j})$

2.3 WaterSteamPro арқылы газ турбинасын есептеу мысалы

Есептік сызба



2.12 - сурет– ГТ-ның есептік сызбасы

Бастапқы деректер:

- қоршаған ауаның температурасы: 15°C;
- қоршаған ауаның қысымы: 1 атм;
- қоршаған ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, %: $\varphi_{\text{HВ}}=60\%$;
- отынның меншікті төмен жану жылуы (CH_4), МДж/кг: $q_{\text{H}}^{\text{P}}=50.046$ МДж/кг;
- келіп түсетін отынның қысымы: $p_{\text{отын}}=0,6$ МПа;
- жану камерасының алдындағы артық отын қысымы: $\Delta p_{\text{ТОЛП}}^{\text{КС}}=0,5$ МПа;
- компрессордағы қысымның жоғарылау дәрежесі: $\pi_{\text{К}}=18$;
- турбина алдындағы газ температурасы: $t_{\text{ГТ}}=1200^\circ\text{C}$;
- компрессордың изоэнтроптық ПӘК, %: $\eta_{\text{Г}}=86\%$;
- газ турбинының ішкі салыстырмалы ПӘК, %: $\eta_{\text{ГТ}}=86\%$;
- отын компрессорының изоэнтроптық ПӘК, %: $\eta_{\text{ТОЛП}}^{\text{К}}=80\%$;
- жану камерасында қысымның жоғалуы, %: $\delta p_{\text{КС}}=5$;
- ГТ қысымын жоғалту, %: $\delta p_{\text{ГТ}}=5$;
- жану камерасының жылуын пайдалану коэффициенті, %: $\eta_{\text{КС}}=86\%$;
- турбина алдындағы газ температурасының өзгеру шегі және графикалық тәуелділіктерді құру кезінде компрессордағы қысымның жоғарылау дәрежесі: $t_{\text{min}}=900^\circ\text{C}$, $t_{\text{max}}=1500^\circ\text{C}$, $\pi_{\text{min}}^{\text{К}}=1$, $\pi_{\text{max}}^{\text{К}}=100$;

Қоршаған ауаның қасиеттерін есептеу

Қоршаған ауа температурасы кезіндегі судың шекті қысымы

$$p_{\text{пр}}^{\text{HВ}} = \begin{cases} \text{wspPST}(t_{\text{HВ}}) & \text{if } t_{\text{HВ}} > 273,16 \text{ K} \\ \text{wspPSUBT}(t_{\text{HВ}}) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$p_{\text{пр}}^{\text{HВ}} = 1705,7 \text{ Па}$$

Қоршаған ауаның массалық ылғалдылығы:

$$d_{\text{HВ}} = \frac{\text{wspgMMID}(\text{wspgH}_2\text{O})}{\text{wspgMMID}(\text{wspgAIRMIX})} \cdot \frac{\varphi_{\text{HВ}} \cdot p_{\text{HВ}}^{\text{пр}}}{p_{\text{HВ}} - \varphi_{\text{HВ}} \cdot p_{\text{HВ}}^{\text{пр}}} = 6,346 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг}; \quad (2.2)$$

Қоршаған (ылғалды) ауадағы ылғалдың салмақтық үлесі:

$$x_1^{\text{HВ}} = \frac{d_{\text{HВ}}}{1+d_{\text{HВ}}} = 0,631\%; \quad (2.3)$$

$$X_{\text{HВ}} = \frac{\text{wspgMMID}(\text{wspgAIRMIX})}{\text{wspgMMID}(\text{wspgH}_2\text{O})} \cdot d_{\text{HВ}} = 1.02\%; \quad (2.4)$$

Ылғалды ауаның есептік қоспасын жасау:

$$id_{HB} = \text{wspNEWID}(ch) = 9.75 \cdot 10^7 ; \quad (2.5)$$

$$\text{wspADDGASV}(id_{HB}, \text{wspAIRMIX}, 1) = 1 ;$$

$$\text{wspADDGASV}(id_{HB}, \text{wspH}_2\text{O}, x_{HB}) = 2 ;$$

Атмосфералық жағдайларда ылғалды ауаның меншікті энтальпиясы:

$$h_{HB} = \text{wspHIDT}(id_{HB}, t_{HB}) = 290.1 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.6)$$

Атмосфералық жағдайларда ылғалды ауаның меншікті энтропиясы:

$$s_{HB} = \text{wspSIDT}(id_{HB}, p_{HB}, t_{HB}) = 6,866 \text{ кДж/кг*К}. \quad (2.7)$$

Отынның жану өнімдерінің параметрлерін анықтау

Отынның толық жануына қажетті құрғақ ауаның теориялық мөлшері:

- ауадағы оттегінің үлесі

$$x_{O_2} = \text{wspVFIDD}(\text{wspgAIRMIX}, \text{wspgO}_2) = 20.99 \% ; \quad (2.8)$$

- ауадағы сутегі үлесі

$$x_{H_2} = \text{wspgVFIDID}(\text{wspAIRMIX}, \text{wspH}_2) = 0.01 \% ; \quad (2.9)$$

$$V_O^H = \frac{1}{(x_{O_2} - 0.5x_{H_2})} \cdot (2x_{CH_4}) = 9.531 \text{ м}^3/\text{м}^3 ; \quad (2.10)$$

Отынның м³ жану кезінде пайда болған азоттың теориялық көлемі:

$$V_{N_2} = \text{wspgVFIDID}(\text{wspAIRMIX}, \text{wspN}_2) \cdot V_O^H = 7.437 \text{ м}^3/\text{м}^3 ; \quad (2.11)$$

Отынның м³ жану кезінде пайда болған CO₂ теориялық көлемі:

$$V_{CO_2} = \text{wspgVFIDID}(\text{wspAIRMIX}, \text{wspCO}_2) + x_{CH_4} = 1.003 \text{ м}^3/\text{м}^3 ; \quad (2.12)$$

Отынның м³ жану кезінде пайда болған су буының теориялық көлемі:

$$V_{H_2O} = V_O^H \cdot x_{H_2} + 2x_{CH_4} = 2.001 \text{ м}^3/\text{м}^3 ; \quad (2.13)$$

Отынның молярлық салмағы:

$$MM_{\text{топл}} = MM_{CH_4} = 16.043 \text{ г/моль} ; \quad (2.14)$$

Отынның тығыздығы:

$$\rho_{\text{топл}}^0 = \frac{\text{wspMMID}(\text{wspAIRMIX})}{\text{MM}_{\text{топл}}} = 0,706 \text{ кг/м}^3; \quad (2.15)$$

1 кг отынның жануына қажетті ауаның теориялық салмағы;

$$L_0 = V_0^H \frac{\text{wspMMID}(\text{wspAIRMIX})}{\text{MM}_{\text{топл}}} = 17,2 \text{ кг/кг}; \quad (2.16)$$

Жану өнімдерінің қоспасын есептеу:

$$id_0^{\text{nc}} = \text{wspNEWID}(\text{ch}) = 9.75 \cdot 10^7; \quad (2.17)$$

$$\text{wspADDGASV}(id_0^{\text{nc}}, \text{wspN}_2, V_{\text{N}_2}) = 1;$$

$$\text{wspADDGASV}(id_0^{\text{nc}}, \text{wspCO}_2, V_{\text{CO}_2}) = 2;$$

$$\text{wspADDGASV}(id_0^{\text{nc}}, \text{wspH}_2\text{O}, V_{\text{H}_2\text{O}} + V_0^H \cdot x_{\text{H}_2\text{O}}) = 3;$$

$$\text{wspADDGASV}(id_0^{\text{nc}}, \text{wspAr}, V_{\text{Ar}}) = 4;$$

Газ турбины алдындағы температура кезіндегі жану өнімдерінің үлестік энтальпиясы:

$$h_{\text{nc}}^{\text{HT}} = \text{wspHIDT}(id_0^{\text{nc}}, t_{\text{HT}}) = 1820 \text{ кДж/кг}. \quad (2.18)$$

Компрессорды есептеу

Компрессор алдындағы қысым $p_{\text{нк}} = p_{\text{нв}} = 0.10132 \text{ МПа}$

Компрессор алдындағы ауаның меншікті энтропиясы:

$$s_{\text{нк}} = \text{wspSIDT}(id_{\text{нв}}, p_{\text{нк}}, t_{\text{нв}}) = 6,866 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}; \quad (2.19)$$

Компрессор үшін ауа қысымы:

$$p_{\text{кк}} = \pi_k p_{\text{нк}} = 1,824 \text{ МПа}; \quad (2.20)$$

Изоэнтроптық сығылу кезіндегі компрессордың ішіндегі ауа температурасы:

$$t_{\text{кк}} = \text{wspTIDPS}(id_{\text{нв}}, p_{\text{кк}}, s_{\text{нк}}) = 374.3^\circ\text{C} = 674.4 \text{ К}; \quad (2.21)$$

Изоэнтроптық сығылу кезіндегі компрессордағы ауаның энтальпиясы:

$$h_{\text{кк}}^0 = \text{wspHIDT}(id_{\text{нв}}, t_{\text{кк}}) = 661.1 \text{ кДж/кг}; \quad (2.22)$$

Изоэнтроптық қысу кезіндегі компрессордағы жылу бергіші:

$$\Delta h_k^0 = h_{kk} - h_{hb} = 371,1 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.23)$$

Нақты қысу кезіндегі компрессордағы жылу бергіші:

$$\Delta h_k = \frac{\Delta h_k^0}{\eta_k} = 431,5 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.24)$$

Нақты қысу кезінде компрессордағы ауаның меншікті энтальпиясы:

$$h_{kk} = h_{hb} + \Delta h_k = 721,6 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.25)$$

Нақты қысу кезіндегі компрессордың ішіндегі ауа температурасы:

$$t_{kk} = \text{wspTIDH}(id_{hb}, h_{kk}) = 430,5 \text{ }^\circ\text{C} ; \quad (2.26)$$

Нақты қысу кезіндегі компрессордағы ауаның меншікті энтропиясы:

$$s_{kk} = \text{wspSIDPT}(id_{hb}, p_{kk}, t_{kk}) = 6,955 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}. \quad (2.27)$$

Отын компрессорын есептеу

Отын компрессоры алдындағы отынның меншікті энтальпиясы:

$$h_{нтк} = h_{CH_4}^t(t_{топл}) = 602,3 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.28)$$

Отын компрессоры алдындағы отынның үлестік энтропиясы:

$$s_{нтк} = s_{CH_4}(t_{топл}, p_{топл}) = 10,614 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К} ; \quad (2.29)$$

Отын компрессорынан кейінгі отын қысымы:

$$p_{топл}^{kc} = p_{kk} + \Delta p_{топл}^{kc} = 2,324 \text{ МПа} ; \quad (2.30)$$

Изоэнтроптық қысу кезіндегі отын компрессорынан кейінгі отын температурасы:

$$t_{ктк}^0 = t_{CH_4}^{ps}(p_{топл}^{kc}, s_{нтк}) = 116,2^\circ\text{C} = 389,4 \text{ К} ; \quad (2.31)$$

Изоэнтроптық қысу кезіндегі отын компрессорынан кейінгі отынның меншікті энтальпиясы:

$$h_{\text{КТК}}^{\circ} = h_{\text{CH}_4}^t(t_{\text{КТК}}^{\circ}) = 839 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.32)$$

Изоэнтроптық қысу кезіндегі отын компрессорындағы жылу бергіш:

$$\Delta h_{\text{ТК}}^{\circ} = h_{\text{КТК}}^{\circ} - h_{\text{НТК}} = 236,7 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.33)$$

Нақты қысу кезіндегі отын компрессорындағы жылу бергіш:

$$\Delta h_{\text{ТК}} = \frac{\Delta h_{\text{ТК}}^{\circ}}{\eta_{\text{топл}}^{\text{к}}} = 295,9 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.34)$$

Нақты қысу кезіндегі отын компрессорынан кейінгі отынның меншікті энтальпиясы:

$$h_{\text{КТК}} = h_{\text{НТК}} + \Delta h_{\text{ТК}} = 898,2 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.35)$$

Нақты қысу кезіндегі отын компрессорының отын температурасы:

$$t_{\text{КТК}} = h_{\text{CH}_4}^{h_0}(h_{\text{КТК}}) = 139,6^{\circ}\text{C} = 412,7 \text{ К}. \quad (2.36)$$

Жану камерасын есептеу

Турбина алдындағы температура кезіндегі ауаның энтальпиясы:

$$h_{\text{НВ}}^{\text{НГТ}} = \text{wspHIDT}(id_{\text{НВ}}, t_{\text{НГТ}}) = 1613,7 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.37)$$

1 кг отынға есептелген артық ауа шығыны барлық үлестік энтальпияларды Q_{H}^{p} -ді анықтау температурасына келтіреміз:

$$h_{\text{КК}}^{\text{qH}^{\text{p}}} = h_{\text{КК}} - \text{wspHIDT}(id_{\text{НВ}}, t_{Q_{\text{H}}^{\text{p}}}) = 446,6 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.38)$$

$$h_{\text{ПС,НГТ}}^{\text{qH}^{\text{p}}} = h_{\text{ПС,НГТ}} - \text{wspHIDT}(id_{\text{ПС}}, t_{Q_{\text{H}}^{\text{p}}}) = 1523,7 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.39)$$

$$h_{\text{КТК}}^{\text{qH}^{\text{p}}} = h_{\text{КТК}} - h_{\text{CH}_4}^t(t_{Q_{\text{H}}^{\text{p}}}) = 328,7 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.40)$$

$$h_{\text{НВ,НГТ}}^{\text{qH}^{\text{p}}} = h_{\text{НВ,НГТ}} - \text{wspHIDT}(id_{\text{НВ}}, t_{Q_{\text{H}}^{\text{p}}}) = 1338,7 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.41)$$

$$g_{\text{В}}^{\text{изб}} = \frac{h_{\text{КК}}^{\text{qH}^{\text{p}}} \cdot L_0 - (L_0 + 1)h_{\text{ПС,НГТ}}^{\text{qH}^{\text{p}}} + h_{\text{КТК}}^{\text{qH}^{\text{p}}} + Q_{\text{H}}^{\text{p}} \cdot \eta_{\text{КС}}}{h_{\text{НВ,НГТ}}^{\text{qH}^{\text{p}}} - h_{\text{КК}}^{\text{qH}^{\text{p}}}} = 33,70 ; \quad (2.42)$$

Артық ауа коэффициенті:

$$\alpha_{\text{КС}} = \frac{g_{\text{В}}^{\text{изб}} + L_0}{L_0} = 2,959 ; \quad (2.43)$$

ГТ жұмыс денесінің қоспасын жасау:

$$\text{id}_r = \text{wspNEWID}(\text{ch}) ; \quad (2.44)$$

ГТ жұмыс денесі келіп түсетін ауадан және жану өнімдерінен тұрады:

$$\begin{aligned} \text{wspADDGASM}(\text{id}_r, \text{id}_{\text{НВ}}, g_{\text{В}}^{\text{изб}}) &= 1 ; \\ \text{wspADDGASM}(\text{id}_r, \text{id}_{\text{КС}}, (L_0 + 1)) &= 2 ; \end{aligned}$$

ГТ алдындағы температурада жану өнімдерінің энтальпиясы:

$$h_{\text{НГТ}} = \text{wspHIDT}(\text{id}_r, t_{\text{НГТ}}) = 1686 \text{ кДж/кг}. \quad (2.45)$$

Теңгерімді тексеру:

ГТ алдындағы температура кезіндегі жану өнімдерінің салыстырмалы энтальпиясы $Q_{\text{Н}}^{\text{р}}$ -ді анықтаудың салыстырмалы температурасы:

$$h_{\text{НТ}}^{\text{р}} = h_{\text{НГТ}} - \text{wspHIDT}(\text{id}_{\text{НВ}}, t_{Q_{\text{Н}}^{\text{р}}}) = 1403,6 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.46)$$

$$\frac{(g_{\text{В}}^{\text{изб}} + L_0)h_{\text{КС}}^{\text{р}} + h_{\text{КТК}}^{\text{р}} + Q_{\text{Н}}^{\text{р}}\eta_{\text{КС}} - ((g_{\text{В}}^{\text{изб}} + L_0 + 1)h_{\text{НТ}}^{\text{р}})}{(g_{\text{В}}^{\text{изб}} + L_0 + 1)h_{\text{НТ}}^{\text{р}}} = 0 ; \quad (2.47)$$

$$\frac{(1 + \alpha_{\text{КС}}L_0)h_{\text{НТ}}^{\text{р}} - [\alpha_{\text{КС}}L_0h_{\text{КС}}^{\text{р}} + 1(Q_{\text{Н}}^{\text{р}}\eta_{\text{КС}} + h_{\text{КТК}}^{\text{р}})]}{\alpha_{\text{КС}}L_0h_{\text{КС}}^{\text{р}} + 1(Q_{\text{Н}}^{\text{р}}\eta_{\text{КС}} + h_{\text{КТК}}^{\text{р}})} = 0. \quad (2.48)$$

Газ турбинысын есептеу

Газ турбинының алдындағы қысымы:

$$p_{\text{НГТ}} = p_{\text{КС}}(1 - \delta p_{\text{КС}}) = 1.733 \text{ МПа} ; \quad (2.49)$$

ГТ алдындағы температурада жану өнімдерінің энтропиясы:

$$s_{\text{НГТ}} = \text{wspSIDT}(\text{id}_r, p_{\text{НГТ}}, t_{\text{НГТ}}) = 8.043 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К} ; \quad (2.50)$$

Турбинадан кейінгі газ қысымы:

$$p_{\text{КГТ}} = p_{\text{НВ}}(1 + \delta p_{\text{ГТ}}) = 0.106 \text{ МПа} ; \quad (2.51)$$

Изоэнтроптық кеңейту кезінде турбинадан кейінгі жану өнімдерінің температурасы:

$$t_{\text{КГТ}}^{\circ} = \text{wspTIDPS}(id_{\text{Г}}, p_{\text{КГТ}}, s_{\text{НГТ}}) = 480,3^{\circ}\text{C} = 753,4 \text{ К} ; \quad (2.52)$$

Изоэнтропы кеңеюі кезінде турбинадан кейінгі жану өнімдерінің үлестік энтальпиясы:

$$h_{\text{КГТ}}^{\circ} = \text{wspHIDT}(id_{\text{Г}}, t_{\text{КГТ}}^{\circ}) = 804 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.53)$$

Изоэнтропия процессінде кеңейту кезіндегі турбинадағы жылу бергіші:

$$\Delta h_{\text{ГТ}}^{\circ} = h_{\text{НГТ}} - h_{\text{КГТ}}^{\circ} = 882 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.54)$$

Нақты кеңейу кезіндегі турбинадағы жылу:

$$\Delta h_{\text{ГТ}} = \Delta h_{\text{ГТ}}^{\circ} \cdot \eta_{\text{ГТ}} = 776,2 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.55)$$

Нақты кеңейу кезінде турбинадан кейінгі жану өнімдерінің үлестік энтальпиясы:

$$h_{\text{КГТ}} = h_{\text{НГТ}} - \Delta h_{\text{ГТ}} = 909,9 \text{ кДж/кг} ; \quad (2.56)$$

Нақты кеңейу кезінде турбинадан кейінгі жану өнімдерінің температурасы:

$$t_{\text{КГТ}} = \text{wspTIDH}(id_{\text{Г}}, h_{\text{КГТ}}) = 571.8^{\circ}\text{C} = 844.9 \text{ К} ; \quad (2.57)$$

Нақты кеңейу кезінде турбинадан кейінгі жану өнімдерінің энтропиясы:

$$s_{\text{КГТ}} = \text{wspSIDT}(id_{\text{Г}}, p_{\text{КГТ}}, t_{\text{КГТ}}) = 8,2 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К} ; \quad (2.58)$$

Кететін газдардағы оттегінің құрамы:

$$x_{\text{O}_2}^{\text{yx}} = \text{wspVFIDID}(id_{\text{Г}}, \text{wspO}_2) = 13.287\% . \quad (2.59)$$

ГТҚ энергетикалық көрсеткіштерін есептеу

1 кг отынға есептегенде компрессордың ішкі қуаты:

$$N_i^k = \Delta h_k(g_{\text{В}}^{\text{изб}} + L_0) = 21,965 \text{ МВт}\cdot\text{с/кг} ; \quad (2.60)$$

1 кг отынға есептелген газ турбинасының ішкі қуаты:

$$N_i^{\Gamma T} = \Delta h_{\Gamma T}(g_B^{\text{изб}} + L_0 + 1) = 40,292 \text{ МВт} \cdot \text{с/кг} ; \quad (2.61)$$

1 кг отынға есептелген отын компрессорының ішкі қуаты:

$$N_i^{\Gamma K} = \Delta h_{\Gamma K} \cdot 1 = 0,296 \text{ МВт} \cdot \text{с/кг} ; \quad (2.62)$$

1 кг отынға есептегенде механикалық шығындарды есепке алмай пайдалы ішкі қуат:

$$N_i = N_i^{\Gamma T} - N_i^k - N_i^{\Gamma K} = 18.03\% ; \quad (2.63)$$

Қондырғының ПӘК-і:

$$\eta_{\Gamma T} = \frac{N_i}{Q_H^p} = 36,028\% ; \quad (2.64)$$

Компрессордағы 1 кг ауаға есептегенде ГТҚ қуаты:

$$N_i^B = \frac{N_i}{g_B^{\text{изб}} + L_0} = 0,354 \text{ МВт} \cdot \text{с/кг} ; \quad (2.65)$$

3 Есептік бөлім

3.1 WaterSteamPro бағдарламасы негізіндегі қазандықты есептеу

Есептеу үшін бастапқы деректер каталоагрегаттардың есептеулерін жүргізу үшін қондырғы мен параметрлердің техникалық деректерінен алынды. WaterSteamPro бағдарламасының көмегімен БКЗ-420140-7с қазанының есептеу үлгісі келтірілген.

3.1–кесте– Негізгі көрсеткіштер, техникалық сипаттамалары

Номиналды өнімділігі, $D_{нп}$	420 т/сағ
Барабандағы номиналды бу қысымы, $P_{ном}$	15,59 МПа(159 кгс/см ²)
Қаныққан будың температурасы, $t_{нп}$	560 °С
Қоректік су температурасы, $t_{пв}$	210 °С
Кететін газдар температурасы, t_{yx}	143 °С

Есептік отын ретінде Қарағанды тас көмірі КЖ маркалы, жылу шығару қабілеті $Q_H^P=3879,06$ ккал/кг тең болатын отын қабылданды.

3.2 - кесте - Қарағанды кен орны көмірінің есептік сипаттамалар

Отынның жұмыстық массасының құрамы, %							Төменгі жану жылуы
C^P	H^P	S^P	O^P	N^P	A^P	W^P	Q_H^P , МДж/кг
42.1	2.7	0.9	4.9	0.7	38.7	10	16.23

3.2 Артық ауа коэффициентін есептеу

Артық ауа коэффициенті қазандық агрегатының газ жолдары бойынша жану өнімдерінің қозғалуына қарай артады. Бұл газ құбырларындағы қысым қоршаған ауаның қысымынан аз болғандығымен түсіндіріледі және де қазандық тығыз емес қапталғанынан агрегаттың газ трактісіне атмосфералық ауа сорылады. Әдетте, газ құбырларына сорылатын ауаның температурасын есептеу кезінде 30 °С тең деп қабылданады.

Ауаның артық коэффициенті отынның іс жүзінде толық жануын қамтамасыз етуі тиіс, ол отындық құрылғылардың түріне және жағылатын отынның түріне байланысты таңдалады. Өнеркәсіптік бу және су жылыту қазандықтары үшін есептік артық ауаның коэффициенттерінің мәндері кестеде 3.3-те келтірілген.

3.3 - кесте - Оттықтан шығардағы артық ауаның коэффициенті

Оттық	Отын түрі	Коэффициент α_{Ti}
Қатты шлак шығару	Антрацит, жартылай антрацит, қатты отын	1,2-1,25
		1,15-1,2
Сұйық шлак шығару	Антрацит, жартылай антрацит, қатты отын	1,2-1,25
		1,15-1,2
Камералы	Табиғи газ, мазут	1,05-1,1
		1,02-1,05

Оттықтан кейінгі әрбір қыздыру бетінен кейінгі артық ауа коэффициенті мынадай формула бойынша есептеледі:

$$\alpha = \alpha_{Ti} + \sum \Delta\alpha ; \quad (3.1)$$

мұнда α_{Ti} - оттықтан шығардағы артық ауаның коэффициенті.

$\sum \Delta\alpha$ – оттықтан кейінгі кезінде жану өнімдерінің жолы бойындағы қыздыру бетіндегі артық ауаның коэффициенті

3.4 - кесте– Оттықтан кейінгі кезінде жану өнімдерінің жолы бойындағы қыздыру бетіндегі артық ауаның коэффициентінің мәндері

Оттық камералар және газ жолдары	Коэф. $\Delta\alpha$
Шаңкөмір қазандарының оттық камералары, қатты қож шығаратын және экран құбырларын	
- металл қаптаумен	0,05
- металл қаптамасы жоқ	0,1
Қабатты оттық камералары, механикалық және жартылай механикалық оттықтардың	0,1
Фестон, иректі(ширмовый) бу қыздырғыш, өнімділігі $D > 50$ т/сағ бірінші қазандық шоғыры	0
Қазандықтағы конвективті қыздыру беті, өнімділігі $D \leq 50$ т/сағ бірінші қазандық шоғыры	0,05
Қазандықтағы конвективті қыздыру беті, өнімділігі $D \leq 50$ т/сағ екінші қазандық шоғыры	0,1
Бу қыздырғыш	0,03
Су экономайзері өнімділігі $D > 50$ т/сағ (әр сатыға)	0,02
Су экономайзері өнімділігі $D \leq 50$ т/сағ	
- болат	0,08
- қаптамасы бар шойын	0,1
- қаптамасы жоқ шойын	0,2

Құбырлы ауа қыздырғыш (әр сатыға)	
- өнімділігі $D > 50$ т/сағ	0,03
- өнімділігі $D \leq 50$ т/сағ	0,06
Күлұстағыштар циклонды және батареялы	0,05
Газ жолдары болаттан	0,01
Газ жолдары кірпіштен	0,05

Енді кесте 3.4 арқылы әрбір жылу алмасу бетінен кейінгі артық ауа коэффициентін анықтаймыз аламыз.

Қатты отын үшін $\alpha_{\text{пт}} = 1,2$ тең деп қабылдаймыз.

Бірінші ауа экономайзері кейінгі артық ауа коэффициенті:

$$\alpha_{2к} = 1,2 + 0,03 = 1,23 ;$$

Екінші ауа экономайзері кейінгі артық ауа коэффициенті

$$\alpha_3 = 1,23 + 0,02 = 1,25 ;$$

Ауа қыздырғыштан кейінгі артық ауа коэффициенті

$$\alpha_{\text{пт}} = 1,25 + 0,03 = 1,28 ;$$

Алынған деректерді кесте 3.5-ге енгіземіз.

3.5 - кесте– Артық ауа коэффициентінің мәні

Оттықтан кейінгі артық ауа коэффициенті	$\alpha_{\text{пт}}$	1,2
Бірінші ауа экономайзері кейінгі артық ауа коэффициенті	$\alpha_{2к}$	1,23
Екінші ауа экономайзері кейінгі артық ауа коэффициенті	α_3	1,25
Ауа қыздырғыштан кейінгі артық ауа коэффициенті	$\alpha_{\text{вп}}$	1,28
Артық ауа коэффициенті	α_{yx}	1,28

3.3 Ауаның көлемін, энтальпиясын және жану өнімдерін есептеу

Жану процесі - бұл жанғыш компоненттердің химиялық реакцияларының жиынтығының тотығуы. Химиялық реакциялардың жылдамдығы температураның ұлғаюымен өседі, сондықтан қазандық оттықтарында тотықтырғыштың үздіксіз біркелкі жетегі және температураның жоғары деңгейін ұстап тұру қамтамасыз ету қажет.

Отынның толық жануы үшін қажетті ауаның теориялық көлемін анықтаймыз.

Отын массасының бірлігінің толық жануы үшін жеткілікті ауаның ең аз мөлшері теориялық қажетті ауа деп аталады.

Қатты отын үшін жану өнімдерінің теориялық көлемі оттықтағы ауаның артық коэффициенті $\alpha_{\text{т}} = 1$ кезінде келесі формулалар бойынша анықталады.

1 кг отынның толық жануына қажетті теориялық ауа көлемін есептейміз:

$$V^0 = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S_L^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,0333 \cdot O^p, \frac{m^3}{kg}; \quad (3.2)$$

$$V^0 = 0,0889(42,1+0,375 \cdot 0,9)+0,265 \cdot 2,7-0,0333 \cdot 4,9=4,325 m^3/kg;$$

Артық ауа коэффициентін ескергендегі ауаның көлемі:

$$V_p = \alpha_{yx} \cdot V^0; \quad (3.3)$$

$$V_p = 1,2 \cdot 4,325 = 5,53 \frac{m^3}{kg}.$$

Жану өнімдерінің көлемін есептейміз

Азоттың теориялық көлемін анықтаймыз:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot \frac{N^p}{100}, m^3/kg; \quad (3.4)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 4,325 + 0,8(0,7/100) = 3,42 m^3/kg;$$

Үш атомды газдардың теориялық көлемін есептейміз:

$$V_{RO_2} = 0,0187 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S_L^p), m^3/kg; \quad (3.5)$$

$$V_{RO_2} = 0,0187 \cdot (42,1 + 0,375 \cdot 0,9) = 0,79358 m^3/kg;$$

Су буының теориялық көлемін анықтаймыз:

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V^0, m^3/m^3; \quad (3.6)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot 2,7 + 0,0124 \cdot 10 + 0,0161 \cdot 5,53603 = 0,49333 m^3/m^3;$$

Жану өнімдерінің теориялық көлемінің энтальпиясын анықтаймыз:

$$I_r = V_{RO_2} \cdot (c\vartheta)_{RO_2} + V_{N_2}^0 \cdot (c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^0 \cdot (c\vartheta)_{H_2O}, m^3/kg; \quad (3.7)$$

мұндағы $(c\vartheta)_{RO_2}$, $(c\vartheta)_{N_2}$, $(c\vartheta)_{H_2O}$, - үш атомды газдардың, азот, су буларының энтальпиялары, кДж/кг.

$$(c\vartheta)_{RO_2} = \text{wspgHIDT}(p;t) = \text{wspgHIDT}(100000;200) = 118,1157 \text{ кДж/кг};$$

$$(c\vartheta)_{N_2} = \text{wspgHIDT}(p;t) = \text{wspgHIDT}(100000;200) = 207,49 \text{ кДж/кг};$$

$$(c\vartheta)_{H_2O} = \text{wspgHIDT}(p;t) = \text{wspgHIDT}(100000;200) = 367,7879 \text{ кДж/кг} ;$$

$$I_r = (0.793 \cdot 118,115 + 3.423 \cdot 207,49 + 0.49 \cdot 367,787) = 985,25 \text{ кДж/кг} ;$$

Теориялық артық ауа санының энтальпиясын анықтаймыз:

$$I_{изб} = 1,3 \cdot 160 \cdot (\alpha_{yx} - 1) \cdot V_p ; \quad (3.8)$$

$$I_{изб} = 1,3 \cdot 160 \cdot (1,28 - 1) \cdot 5,536 = 322,42 \text{ кДж/кг} ;$$

Кететін газдар энтальпиясын анықтаймыз:

$$I_{yx} = I_r + I_{изб} ; \quad (3.9)$$

$$I_{yx} = 985,2566 + 321,418 = 1307,705 \text{ кДж/кг} ;$$

3.4 Қазандықтың жылу балансын және отын шығының анықтау

Қазандық үшін қалыпты жағдайда жағылатын 1 кг қатты отын жылу балансы:

$$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} ; \quad (3.10)$$

мұнда Q_1 - қазандық агрегатында пайдалы пайдаланылған жылу, кДж/кг;

Q_2 – кететін газдармен жылу шығыны, кДж/кг;

Q_3 – отынның химиялық толық жануынан жылу шығыны, кДж/кг;

Q_4 – отынның механикалық жануынан жылу шығыны, кДж/кг;

Q_5 – қоршаған ортаға жылу шығыны, кДж/кг;

Q_6 – шлақтың физикалық жылуымен жылу шығыны, кДж / кг.

Қазандық қондырғыдан шығатын жану өнімдерінің температурасы, атмосфералық ауаның температурасынан айтарлықтай жоғары болуы үшін, шығатын газдармен жылу шығындалады:

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} \cdot I_{XB}) \cdot (100 - q_4)}{Q_H^p} ; \quad (3.11)$$

мұндағы I_{XB} - жану және суық ауа өнімдерінің энтальпиясы, кДж / кг;

q_4 - механикалық толық емес жану салдарынан жылу шығыны.

$q_4 = 5\%$ деп қабылдаймыз;

$$q_2 = \frac{(1307,705 - 1,28 \cdot 235,56) \cdot (100 - 5)}{16,23} = 5,88\% ;$$

Химиялық толық емес жану салдарынан жылу шығының келесідей қабылдаймыз

$$q_3 = 0 \%$$

Сыртқы салқындату салдарынан жылу шығыны келесідей қабылдаймыз

$$q_5 = 0,4 \%$$

Шығатын қождың физикалық жылуымен жоғалатын жылуын анықтаймыз:

$$q_6 = \alpha_{шл} \cdot (с\theta)_{зл} \cdot \frac{A^P}{Q_p} ; \quad (3.12)$$

мұндағы $\alpha_{шл}$ - шлактағы отын күлінің үлесі, $\alpha_{шл} = 0,925$
 $(с\theta)_{зл}$ - шлақтың энтальпиясы, кДж/кг, $(с\theta)_{зл} = 32,849$ кДж/кг деп қабылдаймыз

$$q_6 = 0,925 \cdot 32,849 \cdot \frac{38,7}{16,23} = 0,0724\% ;$$

Қож жылуын кәдеге асырусыз брутто ПӘК-ті табамыз:

$$\eta_{к.а.}^{бр} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) ; \quad (3.13)$$

$$\eta_{к.а.}^{бр} = 100 - (5,88 + 0 + 5 + 0,4 + 0,0724) = 88,638 \%$$

Қож жылуын кәдеге асырусыз отын шығының В, кг/с табамыз:

$$B = \frac{Q_{пг}}{Q_p} \cdot \eta_{к.а.}^{бр} \cdot 100 , \text{ кг/с} ; \quad (3.14)$$

мұнда $Q_{пг}$ - қазандықтың пайдалы қуаты, МВт.

$$Q_{пг} = D_{пп} \cdot (i_{п.п} - i_{п.в}) + 0,01 \cdot P \cdot D_{пп} \cdot (i_{ки.в} - i_{п.в}) ; \quad (3.15)$$

мұнда $i_{п.п}$ - ысытылған будың энтальпиясы, кДж/кг;

$i_{п.в}$ - қоректік судың энтальпиясы;

$i_{ки.в}$ - қазандық барабандағы қайнаған су энтальпия, кДж/кг.

Судың энтальпияларын WaterSteamPro бағдарламасы арқылы анықтаймыз - ысытылған будың энтальпиясын табу үшін қазандықтың бастапқы параметрлерін аламыз: $p = 15,59$ МПа, $t = 540$ °С

$$i_{п.п} = \text{wspHPT}(p;t) = \text{wspHPT}(15,59;540) = 3416,27 \text{ кДж/кг} ; \quad (3.16)$$

- қоректік судың энтальпиясын қоректік судың температурасымен анықтаймыз

$$i_{п.в} = \text{wspHSWT}(t) = \text{wspHSWT}(210) = 897,04 \text{ кДж/кг}; \quad (3.17)$$

- қазандық барабандағы қайнаған судың энтальпиясын барабандағы қайнаған судың температурасы 105 °С - ға тең кезіндегі температурамен анықтаймыз

$$i_{ки.в} = \text{wspHSWT}(t) = \text{wspHSWT}(105) = 439,57 \text{ кДж/кг}; \quad (3.18)$$

$$Q_{пг} = 116,7 \cdot (3416,27 - 897,04) + 0,01 \cdot 15,59 \cdot 116,7 \cdot (897,04 - 439,57) = 302,3169 \text{ МВт};$$

$$B = \frac{302,3169}{16,23} \cdot 88,638 \cdot 100 = 16,84 \text{ кг/с}.$$

4 WaterSteamPro кешенді бағдарлама арқылы бағдарлама әзірлеу бөлімі

4.1 Қазандық қондырғылардың негізгі көрсеткішін анықтауға арналған бағдарлама.

21 ғасырдың заманауи дамуына сәйкес барлық құрылғылар автоматтандырылуыда. Осыған байланысты энергетика бағыты да көш бастап келе жатыр. Заманауи компьютерлік технологиялардың көмегімен қазіргі кезде қазандықтардың жылулық және конструктивті есептеулерін жүргізу тез және әлдеқайда оңай болып жатыр. Солардың бірі WaterSteamPro бағдарламасы арқылы қазандық қондырғылардың негізгі көрсеткіштерін анықтау.

WaterSteamPro - судың, су буының, газдардың және газ қоспаларының қасиеттерін есептеу бағдарламасы.

Қазандық қондырғылардың негізгі көрсеткішін анықтауға арналған калькулятор жасау үшін алдымен WaterSteamPro бағдарламасын Microsoft Excel-ге орнатамыз.

Программаны іске қосу үшін Microsoft Excel бағдарламасындағы: Панель быстрого доступа → Файл → Параметры Excel → Настройки → Перейти... → Обзор → Локальный диск(C) → Program Files(x86) → Microsoft Office → OFFICE11 → Library → wspexcel-дің үстін екі рет басамыз.

Алдымен Microsoft Excel бағдарламасына қазандықтардың бастапқы деректерін енгіземіз. Өзімізге ыңғайлы болу үшін, ол беттің атауын “қазандық қондырғы” деп қойайық. (сурет 4.1)

Есептеулер жүргізген кезде ыңғайлы болу үшін кестелерде “умный таблица” түрінде жасаған дұрыс. Ол үшін: Панель быстрого доступа → Главная → Форматировать как таблицу батырмасын басамыз.

Атауы	Номиналды өнімділігі, т/сағ	Барабандағы номиналды бу қысымы, МПа	Қаныққан будың температурасы, °С	Қоректік судың температурасы, °С	Кететін газдар температурасы, °С
Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140)	690	13,8	540	248	137
Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5)	420	13,8	560	230	132
Еп-420-13,8-560 (БКЗ-420-140-7с)	420	13,8	560	210	143
Е-420-13,8-860 БЖ (БКЗ-420-140-ПТ-2)	420	13,8	560	210	147

4.1 - сурет – Қазандық қондырғылар

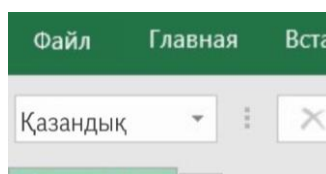
Енді келесі бетке (лист) көшіп, ол беттің атауын “отын түрі” деп қойайық. Сол бетке қазандық қондырғыларда қолданылатын отын түрін жазамыз (сурет 4.2)

Атауы	Отынның түрі	C _r	H _r	S _r	O _r	N _r	A _r	W _r	Q _{нр}
Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140)	Донецк	49,3	3,6	3	5,3	1	21,8	13	16,75
Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5)	Екібастұз	43,4	2,9	0,8	7	0,8	38,1	7	19,59
Еп-420-13,8-560 (БКЗ-420-140-7с)	Қарағанды тас көмірі	42,1	2,7	0,9	4,9	0,7	38,7	10	16,23
Е-420-13,8-860 БЖ (БКЗ-420-140-ПТ-2)	Ирша-борондин	43,7	3	0,2	13,5	0,6	6	33	15,66

4.2 - сурет – Қазандықтағы қолданылатын отын түрлері

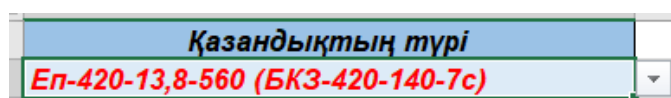
Бұл жасап жатқан калькулятордың ерекшелігі біз есептеу жүргізген кезде қазандықтардың бастапқы көрсеткіштерін өзіміз енгізіп отырмаймыз. Біз есеп жүргізетін қазандықтың түрін тандаған кезде, автоматты түрде жоғарыда жасалған кестелерді қолдана отырып бастапқы деректерді өзі өзгертеді. Бұл операцияны орындау үшін:

- Қазандық қондырғылардың атауларын (сурет 4.1) ғана белгілеп жоғарғы сол жақ ұяшыққа кестенің атын “Қазандық” деп жазып, Enter батырмасын басамыз (сурет 4.3)



4.3 - сурет

- Жаңа бетке көшіп, ол беттің атауын “есептік бөлім” деп қойамыз, бос ұяшыққа тұрамыз. Одан кейін Панель быстрого доступа → Данные → Проверка данных → Параметры → Тип данных: Список → Источник: “=Қазандық ” деп жазып, ок батырмасын басамыз. Сонда біздің ұяшығымызда мынандай өзгеріс болады (сурет 4.4). Стерлканы үстінен басқан кезде, біз қазандықтың түрін таңдай алатын боламыз.



4.4 - сурет

- Енді қазандықтың бастапқы деректерін енгізу қажет. Ол үшін бос ұяшыққа тұрып “ = **ФИЛЬТР(массив; включить; [если_пусто])** ” формуласын енгіземіз. Массивке қазандықтардың бастапқы деректерін диапазонын белгілейміз. Ал включитьке қазандықтың атаулар диапазонын белгілеп, оны теңдік белгісімен сурет 4.4-тегі ұяшығымен теңестіріп, Enter батырмасын басамыз. Дәл осылай отын түріменде жасаймыз. Енді қазандықтың түрін таңдаған кезде бастапқы деректердің барлығы автоматты түрде өзгеруі қажет.

Енді бастапқы деректердің барлығы дайын болғаннан кейін ауаның көлемін, энтальпиясын және жану өнімдерін есептеуді бастаймыз. Жоғарыда түсіндіріліп өткен (3.1 - 3.9) формулаларды енгіземіз.

(3.7) формуладағы су буы, азот және үш атом газдардың энтальпияларын анықтау үшін WaterSteamPro бағдарламасының пакеттерінде “GasesSample.xls” мысалдары болуы қажет. Осы мысалды біз есептеп жатқан Excel-ге қосамыз.

Үш атомды газдардың, азот, су буларының энтальпияларын анықтау үшін теориялық көлемдерінің жалпы қосындысын әр газдың теориялық көлеміне бөлу арқылы, әр газдың көлемдік құрамын табамыз:

$$I_{r(1)} = V_{N_2}^0 + V_{RO_2} + V_{H_2O}^0 ; \quad (4.1)$$

$$I_{r(1)} = 3,42 + 0,79358 + 0,4933 = 4,7068 \text{ м}^3/\text{м}^3 ;$$

N_2 газдың көлемдік құрамы:

$$N_2 = \frac{V_{N_2}^0}{I_{r(1)}} \cdot 100\% = \frac{3,42}{4,7068} \cdot 100\% = 72,6728 \% ; \quad (4.2)$$

H_2O газдың көлемдік құрамы:

$$H_2O = \frac{V_{H_2O}^0}{I_{r(1)}} \cdot 100\% = \frac{0,4933}{4,7068} \cdot 100\% = 10,4757 \% ; \quad (4.3)$$

RO_2 газдың көлемдік құрамы:

$$RO_2 = \frac{V_{RO_2}}{I_{r(1)}} \cdot 100\% = \frac{0,79358}{4,7068} \cdot 100\% = 16,8514 \% ; \quad (4.4)$$

Үш атомды газдардың құрамына мына газдар кіреді:

$$RO_2 = CO_2 + S_2O ;$$

Көлемдік құрамын жазған кезде әр газға $RO_2/2$ -ге бөліп жазамыз. Яғни:

$$CO_2 = \frac{RO_2}{2} = \frac{16,8514}{2} = 8,4257 \% ; \quad (4.5)$$

$$S_2O = \frac{RO_2}{2} = \frac{16,8514}{2} = 8,4257 \% ; \quad (4.6)$$

Алынған мәндерді “GasesSample.xls” мысалына қойып, энтальпияларды анықтаймыз. (сурет 4.5)

Назар аударыңыз! Құжатпен дұрыс жұмыс істеу үшін меню арқылы Сервис/Настройки "WaterSteamPro" қоңдырмасын қосу қажет.		
Берілген құрамдағы газдар қоспасының қасиеттерін есептеу		
Қоспаның құрамы		
Газ	Көлемдік құрамы	Құрам жолы
N2	72,35775409	N2:72,3577540852664
O2	0	O2:0
CO	0	CO:0
CO2	8,19351692	CO2:8,19351691964168
H2O	11,25521208	H2O:11,2552120754502
SO2	8,19351692	SO2:8,19351691964168
NO	0	NO:0
NO2	0	NO2:0
Ar	0	Ar:0
H2	0	H2:0
Строка компонентов (спецификация газа): N2:72,3577540852664;O2:0;CO:0;CO2:8,19351691964168;H2O:11,2552120754502;SO2:8,19351691964168		
Бастапқы деректер		
Қысым, Па	100000	
Температура, К:	1000	
Тікелей функциялар		
Сv, кДж/(кг*К)	0,927344079	
Ср, кДж/(кг*К)	1,194242885	
h, кДж/кг	1060,178991	
s, кДж/(кг*К)	7,890296048	
u, кДж/кг	793,2801859	
v, м3/кг	2,668988051	
г, кг/м3	0,374673839	
Молярлық масса, кг/моль	0,031152151	
Меншікті газ тұрақтысы, кДж/(кг*К)	0,266898805	

4.5 - сурет - Су буы, азот, ұшатомды газдардың параметрлері

Жану өнімдерінің температураларымен қысымын өзгертуге болады. Ал барлық энтальпиялардың қысымымен температураларын бірдей, бір уақытта ауыстыру үшін “Сцепить” формуласын қолданамыз. Ол үшін:

- бос ұяшықтарға қысыммен температураның мәндерін енгіземіз “қазандық қоңдырғы” бетіне

Қысым, Па	100000
Температура, К	200

4.6 - сурет

- “GasesSample” бетіндегі қысыммен температураның мәнінің орнына “=Сцепить(4.6 суреттегі қысыммен температураны таңдаймыз)” деп жазып, Enter батырмасын басамыз.

Енді әрі қарай қазандықтың жылу балансын және отын шығынын анықтаймыз, (3.10-3.18) дейінгі формулаларды программаға енгіземіз.

Осы жасаған калькуляторымыздың түрі сурет 4.7-де келтірілген.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	Қазандықтың түрі								Энтальпия						
2	690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-1)								Ысытылған будың энтальпиясы,кДж/кг				3435,98		
3									Қоректік судың энтальпиясы,кДж/кг				1075,25		
4	Қысым		100000						Барабандағы қайнаған су энтальпия,кДж/кг				439,579		
5	Температура		1000						Суық ауа энтальпиясы, кДж/кг				235,564		
6															
7	Артық ауа коэффиценті								Қазандықтың негізгі көрсеткіштері						
8	а_пп	а_2к	а_э	а_вп	а_ух	а_шп			V_o	5,26029		q_2,%	6,527		
9	1,2	1,23	1,25	1,3	1,28	0,93			V_p	6,73317		q_3,%	0		
10									V_N2_с	4,16363		q_4,%	5		
11	Бастапқы деректер									V_RO2	0,94295		q_5,%	0,4	
12	D_нп	P_ном	t_нп	t_пв	t_ух	t_кв	D		V_H2O	0,64765		q_6,%	0,04		
13	690	13,8	540	248	137	105	192		I_r	1060,1789		η_бр,%	88,03		
14									I изб	392,14		Qпг,МВт	469,3		
15	Отынның жұмыстық массасының құрамы, %								I_ух	1452,32		B,кг/с	24,66		
16	C_r	H_r	S_r	O_r	N_r	A_r	W_r	Qпр							
17	49,3	3,6	3	5,3	1	21,8	13	16,75							

4.7 - сурет - Microsoft Excel бағдарламасында жасалған қазандық қондырғылардың негізгі көрсеткішін анықтауға арналған бағдарламаның түрі

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыстың нәтижесінде WaterSteamPro бағдарламасын пайдалана отырып Microsoft Excel бағдарламалық өнімінде бағдарлама жасалды. Бұл бағдарламаның көмегімен қазандықтардың жұмыс тиімділігін әртүрлі шығындарда және қатты отын түріне байланысты есептеуге болады. Энтальпиялардың, энтропиялардың, меншікті көлемдердің және басқа да термодинамикалық параметрлердің кетуші газдардың құрамына, сондай-ақ су мен су буының температурасы мен қысымына тәуелділігін сипаттайтын кестелер берілген.

Берілген әдістеме қазандық қондырғыларының есебін едәуір жеңілдетуге мүмкіндік береді, сондай-ақ жылу жабдығының кез келген басқа түріне қолданылуы мүмкін.

Судың, су буының термодинамикалық кестелерінің көмегімен алынған мәліметтерді, сондай-ақ кететін газдарды WaterSteamPro деректерімен салыстыру жүргізілді, олар жоғары ұқсастықты көрсетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы: Учеб.пособ. Для техникумов. – М.: МЭИ, 2003, 592стр.
- 2 Эстеркин Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: Учеб.пособ. Для техникумов. – Л.:Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. – 280 с.
- 3 Набор программ для расчета теплофизических свойств воды и водяного пара («WaterSteamPro»). А.с. 2000610803 РФ / А.А. Александров, А.В. Очков, В.Ф.Очков, К.А. Орлов.
- 4 Морозенко М.И. Исследование эффективности ГТУ с впрыском пара и водогрейным котлом. Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук. М.:МГТУ им. Баумана , 2002-157 стр.
- 5 Котлы малой и средней мощности и топочные устройства. Отраслевой каталог. Москва, 1983.
- 6 Орлов К.А. Исследование схем парогазовых установок на основе разработанных прикладных программ по свойствам рабочих тел. Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук. М.:МЭИ, 2004- 323 стр.
- 7 Ривкин С.Л., Александров А. А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. – М.:Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.
- 8 Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов./ Под. ред. С.В. Цанева, М.:МЭИ, 2002 – 584 стр.