

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

А.У. АЛИМБОВ

**ЮҚОРИ ҲАРОРАТЛИ ТЕХНИК ЖАРАЁНЛАРНИ
МОДЕЛЛАШ**

Ўқув қўлланмаси

ТОШКЕНТ 2002

УДК 66.04-977(075.8)

Муаллиф: А.У.Алимбоев.

Юқори ҳароратли техник жараёнларни моделлаш. Ўқув қўлланмаси.
Тошкент давлат техника университети. Тошкент, 2002.

Ушбу “Юқори ҳароратли техник жараёнларни моделлаш” фанида моделлашнинг асосий тушунчалари, ЮХҚни математик моделлашнинг босқичлари, математик моделларнинг тузилиши, математик моделнинг асосий тенгламалари, ЭХМ ёрдамида ЮХҚнинг иш ҳолатларини оптималлаш (энг мақбулини аниқлаш), ЮХҚни лойиҳалашнинг автоматлаштирилган тизимлари кўриб чиқилган.

Ушбу фан “Юқори ҳароратли технологик жараёнлар ва қурилмалар”, “Саноатдаги иссиқлик ва масса алмашуви жараёнлари ва қурилмалари”, “Иссиқлик жиҳозлари ва жараёнларини математик моделлаш” фанлари билан узвий боғлиқдир.

Бу тўшам магистрларни тайёрловчи энергетик олий ўқув юртларининг ўқитувчи ва талабалари учун мўлжалланган.

Тақризчилар:

т.ф.д., проф.Умаров F.F.

т.ф.д., проф.Эгамбердиев X.З.

ФАННИНГ ТАЯНЧ СЎЗЛАРИ

- Высокотемпературная установка - юқори ҳароратли қурилма.
- Глиссажные трубы печи - печнинг сирпаниш (глиссаж) қувурлари.
- Горелки реактора - реактор ёқгичлари.
- Граничные условия - чегаравий шартлар.
- Критерий минимизации - минимумлаштириш мезони.
- Математическая модель процесса - жараённинг математик модели.
- Методическая нагревательная печь - методик(режали) қиздириш печи.
- Модель второй степени сложности-иккинчи даража мураккабликдаги модел.
- Моделирование - моделлаш.
- Оптимальный вариант - оптимал (мақбул) вариант.
- Оптимизация - оптималлаш (мақбул ҳолга келтириш)
- Параметры ввода - кириш параметрлари (ҳолат катталиклари).
- Пламенная плавильная печь - алангали эритиш печи.
- Плотность лучистого потока - нурланиш оқимининг зичлиги.
- Поле температур - ҳароратлар майдони.
- Программа - дастур.
- Продукты сгорания топлива - ёқилгининг ёниш маҳсулотлари.
- Продолжительность этапа - босқич давомийлиги.
- Режимы работы печи - печнинг иш ҳолатлари.
- Система автоматизированного проектирования(САПР)- автоматлаштирилган лойиҳалаш тизими (АЛОТ).
- Системы обеспечения программы - дастурни таъминлаш тизимлари.
- Технические средства обеспечения - таъминлашнинг техник воситалари.
- Типовая программа - намунавий дастур.
- Теплообмен - иссиқлик алмашуви.
- Теплопроводность металла - металлнинг иссиқлик ўтказувчанлиги.
- Физическое тепло дымовых газов - тутун газларининг физик иссиқлиги.
- Электронно-вычислительная машина (ЭВМ) - электрон ҳисоблаш машинаси (ЭҲМ).

К И Р И Ш

Турли технологик жараёнларнинг асосида материал ва буюмларга иссиқлик билан ишлов бериш ётади: материални қиздириш ва эритиш, гишт ва чиннини пишириш, боғловчи материаллар (цемент, оҳак) ва шикани олиш ва ҳоказо.

Материал ва буюмларга иссиқлик ёрдамида ишлов бериш технологик ёки энерготехнологик агрегатлар - саноат печларида амалга оширилади; уларда материал ва буюмларга юқори ҳароратли шароитда кейинги ишловлар бериш ёки тайёр маҳсулот сифатида чиқариш учун зарур бўлган хоссалар берилади.

Масалан: қиздириш печларида ишлов берилгандан кейин ярим маҳсулотлар чигириб ёйиш ва болғалаш учун зарур бўлган чўзулчанлик ва оқувчанликка эга бўлади.

Чўян қуйиш вагранкаларида чўян қаттиқ ҳолатдан суяқ ҳолатга ўтади ва бу ҳолатда у қуйма қолип бўшиқларини яхши тўддиради.

Баъзи термик печларда пўлат буюмлар қиздирилади, ундан кейин эса, олдиндан белгиланган тартибда совитилади, бунинг натижасида маълум механик хоссаларга эга бўлишга эришилади (юмшатиш, бўшатиш, нормаллаш, тоблаш).

Пўлат буюмларга кимёвий-термик ишлов бериладиган печларда металл юзасини карбон ёки азот билан тўйиниши (тегишлича: цементитлаш ва азотлаш)ни осонлаштириш учун улар қиздирилади ва ҳоказо.

Печларда қатор мураккаб жараёнлар содир бўлади - газга айланиш ва ёқилишнинг ёниши, ипчи бўшлиқда тутун газларининг ҳаракатланиши, ишлов берилаётган материалга аланга ва тутун газларидан иссиқликнинг узатилиши, иссиқликнинг буюм юзасидан ичкари қатламларига ўтиши ва ҳоказо. Бу жараёнларнинг барчаси ўзаро боғланган. Улар ичида энг муҳимлари иссиқлик узатиш жараёнлари ҳисобланади.

Алангали печларда иссиқлик манбаи бўлиб ёқилги: газ, мазут, кўмир, кокс ва бошқалар хизмат қилади.

Ёқилги ёқилганда унинг кимёвий энергияси иссиқликка айланади ва у асосан ёниш маҳсулотларига ўтади.

Электр печларида иссиқлик электр энергиясини ўзгартириш ҳисобида олинади.

Юқори ҳароратли қурилмалардаги мураккаб жараёнларни кичрайтирилган моделларда ўрганиш қулай бўлади. Бундан тапқари мураккаб қурилмаларни лойihalаш жараёнини моделилаш мумкин. Автоматлаштирилган лойihalаш тизимлари (АЛОТ) ҳисоблаш, лойihalаш ишларини тез ва осон бажариш имконини яратади.

Биринчи боб

Юқори ҳароратли қурилмалардаги иссиқлик алмашуви жараёнларининг аналитик тенгламалари

1.1. ЮХҚ ларда иссиқлик алмашувини ташкил қилиш.

Саноат печларида бир вақтнинг ўзida қатор мураккаб жараёнлар кечади: ёкилгининг ёниши ва газлаштирилиши, яъни бўшлиқда ёниш маҳсулотларининг ҳаракатланиши, иссиқлик ва масса алмашуви жараёнлари, ишлов берилаётган материалларнинг экзотермик ёки эндотермик кимёвий ўзгаришлари билан боғлиқ бўлган жараёнлар ва ҳоказо. Бу жараёнлар ўзаро боғланган бўлиб, уларнинг барчаси биргаликда йиғинди жараёнини ташкил қилади. Буларнинг ичида иссиқлик узатиш жараёни энг муҳими ҳисобланади.

Печларда турли металл ва нометалл материаллар: кулолчилик буюмлари, боғловчи материалларнинг хом-ашёси, кимёвий хом-ашё ва бошқалар қиздирилади. Эритиш жараёнларида барча жисملар оқтин қиздирилади. Турли печларда металл буюмларнинг юзалари орқали қиздириш амалга оширилади. Бу пайтда печнинг ишчи бўшлиғида жойлаштирилган буюмлар ҳаракатсиз ҳолатда бўлиши ёки секин ҳаракатланиши мумкин.

Иссиқлик алмашуви одатда қиздириш усулига боғлиқ бўлади. Қиздиришнинг куйидаги усуллари мавжуд:

1) технологик жараёнининг тури бўйича:

а) материалнинг тузилиши ва физик-кимёвий хоссалари ўзгармайдиган ёки уларнинг ўзгариши кузатиладиган қиздириш;

б) шихта (руда, тошқол, ёкилги ва бошқалар аралашмаси) материалларини қиздириш;

2) иссиқлик тапшувидан фойдаланиш усули бўйича:

а) ёниш маҳсулотлари билан очик (тўғридан-тўғри) қиздириш;

б) ёниш маҳсулотларини ёки буюмларни ажратиб қўйилган (изоляцияланган) ҳолда билвосита қиздириш;

в) оралик бўғиндаги иссиқлик тапшувининг мавҳум қайнаш қатламида қиздириш.

3) қиздирилаётган материалнинг аэродинамик ҳолати бўйича:

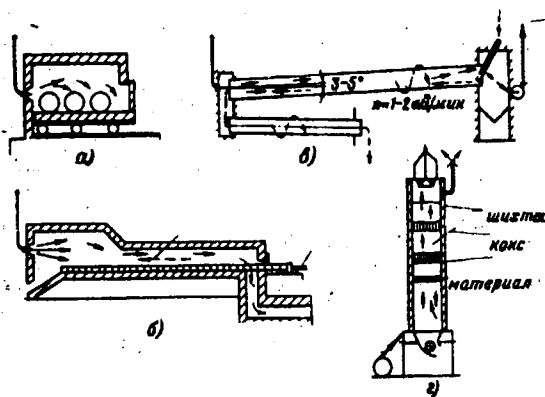
а) материалнинг ҳаракатсиз (зич) қатламида қиздириш;

б) материалнинг "мавҳум қайнаш" қатламида қиздириш;

в) муаллақ ҳолатдаги материал қатламида (уюрмали, гирдобли) қиздириш.

Печларда қиздириш очик усулда ва айрим ҳолларда билвосита (бирор восита ёрдамида) амалга оширилади. Очик қиздириш (1.1- расм) энг оддий усул ҳисобланади, унда тугун газлари қиздириладиган материал билан бевосита тўқнашади. Бу усул эритиш, қиздириш ва тоблаш печларида қўлланилади.

Тўғридан-тўғри қиздириш амалга ошириладиган печлар ўз навбатида куйидаги турларга бўлинади: ишчи бўшлиғи катта эркин ҳажмга эга бўлган печлар, бўлакли материалларга ишлов бериш учун мўлжалланган шахтали (қудуҳсимон) печлар, қайновчи қатламли печлар, циклонли (гирдобли) печлар ва бошқалар. 1.1,а-расмда ишчи бўшлиғи катта эркин ҳажмга эга бўлган печнинг схемаси тасвирланган. Қиздириладиган материал печ тубида жойлашади



1.1- расм. Печларда очик қиздириш схемалари.

а- камерали печ; б- металл буюмларни қиздиришга мўлжалланган методик печ;
в- айланувчи барабанли печ; г- шахтали печ.

унинг устида эса катта эркин ҳажм бўлиб, унда ёқилғи ёқилади.. Эркин ҳажмнинг мавжудлиги ёниш алаңасини қиздириладиган материалга яқинлаштириш имконини беради, бу эса жуда муҳимдир, чунки бу пайтда иссиқлик узатилиши жиддий жадалланади. Натижада печнинг юқори унумдорлиги таъминланади, иссиқликнинг солиштирма сарфи камаяди. Бундай печларнинг ишчи бўшлиғининг ҳар бир нуқтасида тахминан бир хил ҳарорат кузатилади. Методик (режали қиздириладиган) печларда (1.1,б-расм) эса ҳарорат ўзгарувчан бўлади. Пулат буюмларни очик қиздириш пайтида металл юзаси оксидланади ва у углеродсизланади. Бунинг олдини олиш учун ёқилғи ҳаво сарфи коэффициентининг кичик қийматларида, яъни $\alpha = 0,4-0,5$ да ёқилади.

Талаб қилинган ҳароратлар даражасига эришиш учун ёқишга бериладиган ҳавони 800°C гача қиздирилади ёки ҳислорд қўлланилади.. Кейинчалик чала ёниш маҳсулотлари тўла ёндирилади ва ҳавони қиздириш ёки бошқа мақсадлар учун фойдаланилади.

Айланувчи барабанли печларда (1.1,в-расм) эркин ҳажм печнинг ўқи бўйлаб жойлашади; бу печларда турли сочилувчан ёки бўлакли материаллар тобланади. Печнинг ички қопламаси барабан билан бирга айланиб, навбатма-навбат гоҳ қизиган газлар билан, гоҳ қиздириладиган материал билан тўқнашади, бу эса иссиқлик узатилишини жадаллаштиради.

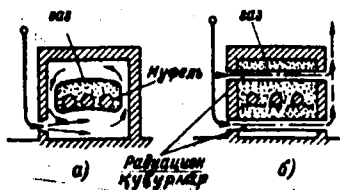
Шахтали (қудуксимон) печларда (1.1,г-расм) ишчи бўшлиқ бўлакли материал қатлами билан тўлдирилади ва тутун газлари бўлақчалар ҳосил қилган каналлар орқали оқиб ўтади; бу каналларнинг қўндаланг қисми печ баландлиги бўйича бир хил эмас, шунинг учун газларнинг тезлиги доим ўзгариб туради. Тезликнинг ўзгариши оқимнинг гирдобли ҳаракатланишига ва конвектив иссиқлик узатилишининг орттишига сабаб бўлади, ammo бу ўз навбатида материал қатламининг қаршичилигини оширади.

Турли ҳадаги сочилувчан материаллар печларда қатламли усулда ёки мавҳум қайнаш қатламида ёки, ниҳоят, муаллақ учин ҳолатида қиздирилиши мумкин.

Майда заррачали материалларнинг “мавҳум қайнаш” қатламидаги иссиқлик алмашуви жараёнилари жуда жадал кечади. Бунинг асосий сабаби-печнинг бутун ҳажми бўйича материалнинг яхши аралашини ва шу материалнинг ҳар бир зарраси атрофидан қиздирувчи газларнинг осон ва жадал оқиб ўтишидир. Шунинг учун қайновчи қатламли печлар металлургия ва кимё саноатида майда заррачали руда ва концентратларни ҳамда олтингугурт қолчеданини тоблаш (пишириш) учун, нефтни қайта ишлаш саноатида эса нефть маҳсулотларини катализ крекинглаш учун кенг қўлланилади.

Шу билан бирга қиздирилишнинг циклонли (гирдобли) усули ҳам кенг қўлланилмоқда. Бу усулда гирдобли ҳаракат амалга оширилгани учун иссиқлик алмашуви жараёнилари кескин жадаллашади ва натижада циклонли печ (1-11-расм) унумдорлигининг юқори бўлиши таъминланади. Бу усул ишлаб чиқаришнинг турли соҳаларида қўлланилиши учун кенг истиқболларга эга.

Материални *бевосита қиздириш* пайтида у тутун газларидан ажратилган (яккаланган) ҳолда бўлади ва унга иссиқлик (ажратувчи) девор орқали узатилади. Масалан, кокс батареяларида иссиқлик тутун газларидан кўмир шахтасига реторталарнинг ён деворлари орқали узатилади. Бу билан ҳавосиз муҳитда кўмирни қуруқ ҳайдаш жараёни амалга оширилади. Бевосита қиздириш печларига муфел печлари ва радиацион қувурли печлар (1.2-расм) мисол бўла олади.



1.2- расм. Печларда билвосита қиздириш схемалари.

а- муфел печи; б- радиацион қувурли печ.

Пўлат қисмларга иссиқлик билан ишлов бериш (пишириш, тоблаш, цементация)га мўлжалланган муфел печларида ишлов бериладиган буюмлар тутун газларидан муфел ёрдамида ажратилган бўлади. Пўлат қисмлар билан тутун газларининг бевосита тўқнашини мумкин эмас, чунки бу ҳол пўлатнинг оксидланишига ёки углеродсизланишига олиб келади. Буюмлар муфел орқали ўтади (1.2,а-расм), муфелнинг ичи эса химояловчи газ билан тўлдирилган бўлади. Иссиқлик муфел девори орқали узатилади. Радиацион қувурли печларда (1.2,б-расм) қизиган тутун газлари радиацион (нур тарқатувчи) қувурлар орқали ўтади. Иссиқлик қувур деворлари орқали узатилади, печнинг илгчи бўлиши эса химояловчи газ билан тўлдирилади. Умуман олганда билвосита қиздириш тўғри қиздиришга нисбатан анча мураккаб ва қimmatдир.

1.2. Ички ва ташқи иссиқлик алмашуви.

Иссиқлик алмашувининг мураккаб жараёни одатда икки қисмга бўлинади: ички ва ташқи иссиқлик алмашуви. Ташқи иссиқлик алмашуви печнинг ишга бўйлигидан иситиладиган материал ва буюмларнинг ташқи юзасига иссиқлик узатилишидан иборат. Ички иссиқлик алмашуви эса қиздирилаётган материалнинг ички қатламлари билан юзаси орасидаги ҳароратлар фарқи ҳисобига иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан юзга келадиган иссиқлик алмашуvidан иборат. Материал массасининг қизиши шу материалнинг хоссаларига, шакли ва ўлчамларига боғлиқ. Ички иссиқлик алмашувини бошқарини ташқиникига нисбатан қийинроқдир.

Технологик жараёнларга боғлиқ ҳолда ё ички, ё ташқи иссиқлик алмашуви устивор бўлади. Масалан, пўлат ва чуан эритиладиган печларнинг унумдорлиги асосан ташқи иссиқлик алмашуви билан белгиланади ва қиздирилгн печларида эса, унумдорлик ички иссиқлик алмашуви билан белгиланади.

Печнинг ишги бўйлигида тутун газлари турли тезлик билан ҳаракатланади ва иссиқлик нуруни таратади. Нурланиш манбаи бўлиб тутун газлари таркибидаги уч атомли газлар - CO_2 , SO_2 , сув буғлари H_2O ва шунингдек, углерод, кул ва чанг заррачалари хизмат қилади. Қаттиқ жисмлар фақат ташқи юзalarидан энергия таратса, газлар-бутун ҳажмларидан таратади. Тутун газлари таркибидаги чала ёнган углеродли заррачалар аланганинг қоралиқ даражасини ва нур тарқатиш имкониятини оширади. Шунинг учун юқори ҳароратли печларда табиий газ ёқилганда унга қўшимча қилиб пуркалган мазут ёки смола (катрон) берилади. Бунинг натижасида аланганинг қоралиқ даражаси ва демак, иссиқлик нуруни тарқатиши ортади.

Умуман олганда, аланганинг қоралиқ даражаси қуйидаги омилларга эътибор: а) ёқилгннинг хоссаларига; б) ёқилгнни ёқишга тайёрлангн даражасига (майдалаш, пуркаш, қиздириш ва ҳоказо.); в) ёқилгн билан ҳавони аралаштириш усулига; г) ўтхонанинг тузилишига ва бошқа шартларга боғлиқ.

1.3. Юқори ҳароратли қурилмаларда иссиқлик алмашувининг ҳолатлари.

Печлардаги ташқи иссиқлик алмашувининг ҳолатлари радиацион (нурланиш), конвектив ва қатламли турларга бўлинади (М. А. Глинов бўйича). Агар радиацион қиздириш ҳақида сўз борса, бу фақат нурланишнинг иссиқлик алмашуви устивор эканини англатади, ammo шу пайтнинг ўзига у билан бирга конвектив қиздириш ҳам амалга оширилади; конвектив қиздириш ҳақида ҳам худди шунини айтиш мумкин.

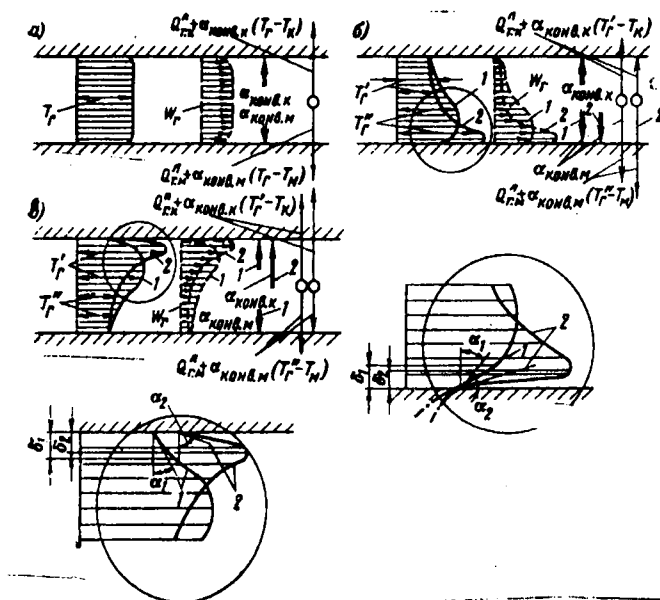
Ўз навбатида радиацион қиздириш уч турга бўлинади:

1) бир текисда тақсимланган иссиқлик алмашуви (1.2,а-расм). Бунда печ деворига ва қиздирилаётган материалнинг юзасига алангандан тушяётган иссиқлик оқимлари $Q_{\text{гд}}$ ва $Q_{\text{гм}}$ ўзаро тенг бўлади, ҳароратлар майдони ва аланганинг нурланиш хоссалари ўтхонанинг бутун ҳажми бўйича бир текисда бўлади.

2) йўналтирилган тўғри иссиқлик алмасуви (1.2.6-расм). Бунда $Q_{Г.М.} > Q_{Г.К.}$ шарт бажарилади.

3) йўналтирилган билвосита иссиқлик алмасуви (1.2.в-расм). Бунда $Q_{Г.М.} < Q_{Г.К.}$ шарт бажарилади.

Амалда вурланиш конвекциясиз бўлмайди, шунинг учун радиацион-конвектив қиздириш ҳақида сўз юритилса ҳақиқатга яқинроқ ва тўғрироқ бўлади. Газни икки хил усулда ёқилган пайтда ҳосил бўлган ёниш маҳсулотларининг ҳарорати ва тезлигининг ўзгариши 1.3-расмда кўрсатилган: 1- бутун ҳажмда ва 2- девор яқинидаги қатламда (бу усул йўналтирилган билвосита иссиқлик алмасувинини амалга ошириш учун аҳамиятлидир).



1.3- расм. Қиздириш печларидаги радиацион-конвектив иссиқлик алмасувининг турли ҳолатлари.

а -бир текисда тақсимланган; б- тўғри йўналтирилган; в- билвосита йўналтирилган; г- девор яқинидаги газлар қатламининг қалинлиги; $Q_{Г.М.}$ - газлардан деворга йўналган вурланиш оқими ;

ω_r - газлар тезлиги; $\alpha_{конв.д}$ ва $\alpha_{конв.м}$ - газлардан девор юзасига ва металлга иссиқлик берилиши коэффициентлари.

—— - газ ҳароратларининг ўзгариши; — — -газлар тезлигининг ўзгариши. 1-бутун ҳажмда ёниш пайтида; 2-девор яқинидаги қатламда ёниш пайтида.

Турли хил иссиқлик алмашувларининг роли турлича бўлиши мумкин. Масалан, агар конвекция йўли билан материалга фақат 10% иссиқлик берилган бўлса, шу пайтнинг ўзида буюмларга иссиқлик берилишидаги конвекциянинг умумий роли 65 % ни таъкил қилиши мумкин, чунки девор қопламасига конвектив усулда берилган иссиқлик девордан буюмларга нурланиш йўли билан берилган иссиқликка айланади. Турли печларда қиздиришнинг турли ҳолатлари амалга оширилади. Масалан, эритиш печларида тўғри йўналтирилган радиацион иссиқлик алмашувидан фойдаланиш қулай бўлади, чунки бу усулда нурланувчи аланга шиктага йўналтирилган бўлади. Қиздириш печларининг юқори ҳароратли бўлишида эса, йўналтирилган билвосита иссиқлик алмашувини қўллаш афзалроқ бўлади, чунки бу ҳолда печнинг юқорисида жойлашган ёқин мосламалари печ гумбазини кучли даражада қиздиради ва у ўз навбатида буюмларни жадал нурлантиради. Бу ҳолат бошқа иш ҳолатларига нисбатан печларнинг унумдорлиги ва ёқилғининг солиштирма сарфи бўйича энг юқори иш кўрсаткичларини таъминлайди.

1.4. ЮХҚ ларининг илғи бўлишида бир текисда тақсимланган таъкил иссиқлик алмашуви.

Агар печ камерасида кўп миқдорда бир текисда тақсимланган алангалар ёкин бошқа нурланиш манбалари мавжуд бўлса, у ҳолда алангадан ва девор қопламасидан қиздириладиган материалга берилган умумий иссиқлик миқдорини Стефан-Больцман қонуни асосида аниқлаш мумкин:

$$Q_{\text{Г.К.М.}}^H = C_0 \epsilon_K H_N \xi \left[\left(\frac{T_{\text{Г}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{М}}}{100} \right)^4 \right]_{\text{Г.Р.}} = C_K H_N \xi \Delta ; \quad (1-1).$$

бунда C_0 - мутлақ қора жисмнинг нурланиш коэффиценти, $C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{К}^4$

ϵ_K - печ бўлиғининг келтирилган қоралиқ даражаси;

$T_{\text{Г}}, T_{\text{М}}$ - газ ва материалнинг мутлақ ҳароратлари;

ξ - нурлантириладиган юзанинг ифлосланганлик коэффиценти

($\xi = 0,6 \div 0,75$);

Δ - мутлақ ҳароратлар тўртинчи даражалари фарқининг ўртача қиймати;

H_N - жисмнинг нурланиш тушадиган юзаси.

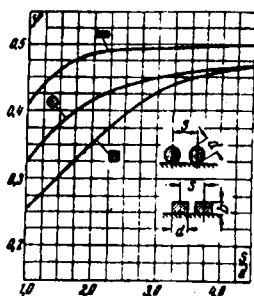
Атроф - муҳитга йўқотиладиган иссиқлик конвекция ҳисобига печ деворининг қопламаси томонидан қабул қилинадиган иссиқликка тенг бўлишини эътироф этган ҳолда В.Н. Тимофеев келтирилган қоралиқ даражасини топиш учун қуйидаги тенгламани таклиф этади:

$$\epsilon_K = \frac{\epsilon_M \epsilon_{\text{Г}} \psi (1 - \epsilon_{\text{Г}}) + 1}{\psi (1 - \epsilon_{\text{Г}}) [\epsilon_M + \epsilon_{\text{Г}} (1 - \epsilon_M)] + \epsilon_{\text{Г}}} \quad (1-2)$$

бунда: ϵ_M ва ϵ_r газларнинг ва қиздирилаётган материалнинг қоралик даражалари; $\psi = N_H/F_K$ - жисмнинг нурланишни қабул қилувчи юзасини N_H печ девори қопламасининг умумий юзасига F_K нисбатини ифодаловчи коэффициент; унга тескари бўлган қийматни қопламанинг ривожланиш даражаси ω дейилади.

Довм $N_H < F_M$ бўлади ва $N_H = \phi F_M$; бунда ϕ - ўртача бурчак коэффициенти ёки нурланганлик коэффициенти. Унинг қиймати қиздирилаётган буюмнинг геометрик шаклига ва шунингдек, буюмнинг печда жойлашиш усулига боғлиқ бўлади.

Цилиндрик ва тўғри тўртбурчакли танавор (заготовка) лар учун ϕ нинг қийматлари 1.4- расмда келтирилган.



1.4-расм. Бурчак коэффициентлари ϕ нинг диаграммаси.

Ҳисоблашни осонлаштириш учун Д. В. Будрин (1-1) тенгламанинг махражи ва суратини $\epsilon_r\psi$ га бўлди, у ҳолда :

$$C_0\epsilon_K = C_0(\epsilon_M\epsilon_{KВЛ}); \quad (1-3)$$

бунда

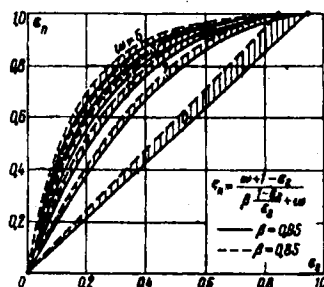
$$\epsilon_{KВЛ} = \frac{1/\psi + 1 - \epsilon_r}{[\epsilon_M + \epsilon_r(1 - \epsilon_M)] \frac{1 - \epsilon_r}{\epsilon_r} + \frac{1}{\psi}} = \frac{\omega + 1 - \epsilon_r}{\beta \frac{1 - \epsilon_r}{\epsilon_r} + \omega}; \quad (1-4)$$

бу ердаги $\epsilon_{KВЛ}$ ни печ бўшлиғининг келтирилган қоралик даражаси деб ҳисоблаш мумкин.

$$\text{Бунда} \quad \beta = \epsilon_M + \epsilon_r(1 - \epsilon_M); \quad \omega = 1/\psi; \quad (1-5)$$

Д.В. Будрин бўйича оксидланган металллар учун $\beta = 0,85 - 0,95$.

Келтирилган қоралик даражаси $\varepsilon_{\text{кел}}$ ни аниқлаш графиги 1.5- расмда келтирилган.



1.5- расм. Печ ишчи бўшлиғининг келтирилган қоралик даражасини аниқлаш графиги.

Қиздириш давомида газлар билан материалнинг ҳароратлари ўзгаради, шунинг учун ҳисоблаш пайтида уларнинг ўртача қийматлари олинади :

$$\Delta_1 = \left[\left(\frac{T_{\Gamma}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{м}}}{100} \right)^4 \right] = \sqrt{\left[\left(\frac{T_{\text{в}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{м}}}{100} \right)^4 \right] \left[\left(\frac{T_{\text{ч.Г}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{м}}}{100} \right)^4 \right]} \quad (1-6)$$

Бунда: $T_{\text{в}}$ - ёқилғининг ёниш ҳарорати, °K;

$T_{\text{м}}$ ва $T_{\text{м}}$ - материалнинг бошланғич ва охириги ҳароратлари, °K;

$T_{\text{ч.Г}}$ - печдан чиқиб кетувчи газларнинг ҳарорати, °K.

Агар барча ҳароратларни ёниш ҳароратларига нисбатан улуншларда ифодаласак, у ҳолда қуйидаги ўлчамсиз ҳароратларга эга бўламиз:

$\theta_{\Gamma} = T_{\Gamma}/T_{\text{в}}$; $\theta_{\text{в}} = 1$; $\theta_{\text{м}} = T_{\text{м}}/T_{\text{в}}$; $\theta_{\text{ч.Г}} = T_{\text{ч.Г}}/T_{\text{в}}$ ва $\theta_{\text{О.М.}} = T_{\text{м}}/T_{\text{в}} \approx 0$;
демак :

$$\Delta_{1\text{УР}} = (\theta_{\Gamma}^4 - \theta_{\text{м}}^4)_{\text{УР}} = \sqrt{(1 - \theta_{\text{м}}^4) \theta_{\text{ч.Г}}^4} = \theta_{\text{ч.Г}}^2 \sqrt{1 - \theta_{\text{м}}^4} \quad ; \quad (1-7)$$

Агар фақат газларнинг ҳарорати ўзгарса, ўртача қиймат қуйидаги тенглик асосида аниқланади:

$$\left(\frac{T_{\Gamma}}{100} \right)^4 = n \left(\frac{T_{\text{в}}}{100} \right)^2 \left(\frac{T_{\text{ч.Г}}}{100} \right)^2, \quad ^\circ\text{K}; \quad (1-8)$$

бунда: n - аланганинг бутун ҳажми бўйича ажралиб чиқадиган иссиқликни ҳисобга олувчи коэффициент, $n \approx 0,774$.

$$\Delta_{2\text{УР}} = 0,774 \theta_{\text{ч.Г}}^2 - \theta_{\text{м}}^4$$

У ҳолда умумийлаштирилган (1-1) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$Q_{г.к.м} = C_0 \epsilon_K H_N \xi \left(\frac{T_B}{100} \right)^4 \Delta t_F \quad (1-9)$$

Юқорида келтирилган тенгламаларда фақат нурланишли иссиқлик берилиши ҳисобга олинган эди. Конвектив иссиқлик берилиши қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Q_{г.м} = \alpha_K F_M (t_F - t_M) \quad (1-10)$$

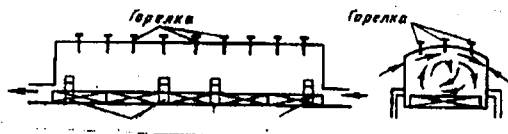
бунда : α_K - газлардан буюмларнинг ташқи юзасига конвекция йўли билан иссиқлик берилиши коэффициенти. Шундай қилиб, материалга берилган умумий иссиқлик микдори :

$$Q_{г.к.м} = C_0 \epsilon_K \xi \beta_{конв} H_N \left(\frac{T_B}{100} \right)^4 \Delta t_F \quad (1-11)$$

Бу ердаги $\beta_{конв}$ кўпайтирувчиси нурланишли ва конвектив иссиқлик алмашувларининг нисбати билан белгиланади.

1.5. Йўналтирилган ва бевосита амалга ошириладиган нурланишли (радиацион) иссиқлик алмашуви.

Бевосита амалга ошириладиган ва йўналтирилган иссиқлик алмашуви қиздириш печларида ташқи радиацион-конвектив иссиқлик алмашувини жадаллаштиришнинг янги усули ҳисобланади. Ушбу усул қўлланиладиган печнинг схемаси 1.6-расмда келтирилган.



1.6-расм. Бевосита йўналтирилган радиацион қиздириш печининг схемаси.

Печнинг шипида юқори самарали ясси алангали радиацион ёқити мосламалари ўрнатилган. Аланга ва ёқити маҳсулотлари шип юзаси бўйича катта тезлик билан ҳаракатланади. Бунинг натижасида қизиган газлардан шип қопламасига жадал конвектив иссиқлик берилиши учун қулай шароит яратилади. Шу пайтда аланганинг қизиган юза билан бевосита тўқнашишли натижасида ёқитининг тез ва тўла ёниши таъминланади. Шип қопламаси томонидан қабул қилинган иссиқлик амалда фақат нурланиш йўли билан материал юзасига берилади. Шунинг учун бу ҳолатда алангадан материалга тўғридан-тўғри конвектив иссиқлик берилишини нолга тенг деб ҳисоблаш

мумкин. Демак, қиздирилатган материалга берилаётган иссиқлик миқдори қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$Q_M = \epsilon_M N_H \left\{ \left[C_{\text{квл}} \left(\frac{T_K}{100} \right)^4 - C_0 \left(\frac{T_M}{100} \right)^4 \right] - \epsilon_T \left[C_{\text{квл}} \left(\frac{T_K}{100} \right)^4 - C_0 \left(\frac{T''}{100} \right)^4 \right] + \right. \\ \left. + \epsilon'' (1 - \epsilon_T') \left[C_0 \left(\frac{T'_T}{100} \right)^4 - C_{\text{квл}} \left(\frac{T_K}{100} \right)^4 \right] \right\}; \quad (1-12)$$

бунда: $C_{\text{квл}}$ - келтирилган нурланиш коэффициенти, у қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$C_0 = \frac{\alpha_K (T_T - T_K) (1 - \epsilon_K)}{T_K} \\ C_{\text{квл}} = \frac{\epsilon_K \left(\frac{T_K}{100} \right)^4}{1 - \epsilon_K (1 - \phi_{KM}) (1 - \epsilon_T') (1 - \epsilon_T'')}$$

ϕ_{KM} - қоспамадан қиздирилатган юзага йўналган нурланишнинг бурчак коэффициенти; ϵ_M - материалнинг қоралик даражаси; T_T ва T'_T - газларнинг ёниш зонасидаги ва иссиқлик алмасуви зонасидаги (материал юзаси яқинидаги) ҳароратлари;

ϵ_T' ва ϵ_T'' - газларнинг тегишли қоралик даражалари;

T_K ва T_M - шипнинг қоспамаси ва материалнинг ҳароратлари;

α_K - алангадан қоспамага конвектив иссиқлик берилиши коэффициенти.

1.6. Зич (филтрловчи), юқоридан тушувчи ва маҳҳум қайнаётган материал қатламидagi ташқи иссиқлик алмасуви.

Бўлақларни қатламда қиздириш пайтидаги ташқи иссиқлик алмасуви Био мезонининг 0,6 дан кичик қийматларида, яъни $Bi < 0,6 + 1,0$ да содир бўлиши мумкин. Эслатиш мумкинки, Био мезони $Bi = \alpha_K d_s / 2 \lambda_m$, бунда: d_s - бўлақларнинг эквивалент диаметри; λ_m - материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти; α_K - конвектив иссиқлик алмасуви коэффициенти.

Ҳаракатсиз (зич, филтрловчи) қатлам орқали қизиган газлар ўтганда иссиқлик алмасуви асосан, конвекция йўли билан амалга ошади. Қуйидаги тенгламалар ёрдамида α_K ни аниқлаш мумкин (В.Н. Тимофеев бўйича):

$$Nu_K = 0,106 Re_K (Re_K < 2006 \text{ ўлса}). \quad (1-13)$$

$$Nu_K = 0,61 Re_K \quad (Re_K > 2006 \text{ бўлса}). \quad (1-14)$$

бу ерда: $Nu_K = \alpha_K d_s / \lambda_T$ - Нуссельт мезони (критерийси); $Re_K = \omega d_s / \nu_T$ - Рейнольдс мезони; ω - газлар тезлиги; λ_T , ν_T - газнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ва кинематик довушоклик коэффициентлари.

Бўлакларнинг юзаси F_m қуйидаги тенгликдан аниқланади:

$$\frac{F_m}{V_m} = \frac{6(1-f)}{d} \cdot m^2 / m^3 \quad (1-15)$$

бунда: V_m - қатлам ҳажми; f - қатлам ичидаги бўшлиқнинг улуши.

Ҳаракатланётган зич қатлам билан унга қарши йўналган газ оқими ўртасидаги иссиқлик алмашуви қуйидаги тенгламалар билан ифодаланади:

$$Nu_K = 0,014 Re_K \cdot P_r^{0,33} \quad (Re_K < 200 \text{ бўлса}) \quad (1-16)$$

$Nu_K = 0,056 Re_K^{0,97} \cdot P_r^{0,33}$ ($Re_K = 200 + 700$ ва $P_r = 0,68 + 1,1$ бўлса) (1-17)
(1-13) ва (1-16) тенгламаларни ўзаро таққослаб, В.Н. Тимофеев формулаларига киритиладиган тузатиш коэффициенти аниқлаш мумкин:

$$\begin{aligned} \psi &= 0,132 P_r^{0,33} \quad (Re_K < 200 \text{ бўлса}) \\ \psi &= 0,092 Re_K^{0,2} \cdot P_r^{0,33} \quad (Re_K > 200 \text{ бўлса}) \end{aligned} \quad (1-18)$$

Кузатилаётган фарқ ҳаракатдаги қатламда газнинг ёмонроқ тақсимланиши билан изоҳланади, демак ҳаракатланаётган қатламда иссиқлик берилиши сустроқ кечади. Қатламга газлар кўндаланг йўналишда бериlsa, $Re = 140 - 1000$, $W_K/W = 0 + 1$ (W_K ва W - қаттиқ материал ва газларнинг сувли эквивалентлари), $t' = 280 - 380^\circ\text{C}$ ва $t'' = 210 - 600^\circ\text{C}$ шароитидаги иссиқлик алмашуви қуйидаги тенглама асосида ҳисобланиши мумкин:

$$Nu_K = 0,055 Re_K; \quad (1-19)$$

Қаттиқ заррачали газ оқимидаги ташқи иссиқлик алмашуви
(пастга тушувчи қатламда)

Қаттиқ заррачали газ оқимидаги иссиқлик алмашуви газлардан заррачаларга конвектив ва радиацион иссиқлик берилиши йўли билан ва заррачалар ичида эса - иссиқлик ўтказувчанлиги йўли билан амалга ошади. Бу пайтда оқимнинг тезлиги, заррачаларнинг концентрацияси ва ўлчамлари қатта аҳамиятга эга бўлади.

Ҳисоблаш тенгламалари қуйидаги кўринишда:

$$Nu_K = 0,194 \cdot Re_K^{0,79} \quad (30 < Re_K < 480) \quad (1-20)$$

$$Nu_K = 0,316 \cdot Re_K^{0,8} \quad (Re_K = 40 - 50) \quad (1-21)$$

$$\text{бунда: } Nu_K = \alpha d_K / \lambda ; \quad \text{ва } Re_K = \omega_n d_K / \nu \quad (1-22)$$

Бу ерда оқимнинг нисбий тезлиги олинади:

- а) қарши оқимда $\omega_K = \omega + \omega_K$; $\omega_K = \omega_K - \omega$
 б) кўтаришувчи оқимда $\omega_K = \omega - \omega_K$; $\omega_K = \omega - \omega_K$
 в) пастга тушувчи оқимда $\omega - \omega_K = -\omega_K$; $\omega_K = \omega + \omega_K$

бунда: ω - оқимнинг музлақ тезлиги; ω_K -оқимнинг заррачани кўтариш (муаллақ тутиш) тезлиги; ω_K - қаттиқ заррачанинг тезлиги. Заррачанинг босиб ўтган йўли: $L = (\omega_K - \omega) (\tau_K - \tau_0) = \omega_K \tau$; $(1-23)$

Мавҳум қайнаш қатламидаги тапқи иссиқлик алмашуви.

Мавҳум қайнаётган қатламда иссиқлик алмашуви ҳаракатсиз қатламдагига нисбатан жадалроқ кечади. Бунда иссиқлик алмашувининг жадалланиши қаттиқ заррачаларнинг мураккаб тебранима - айланима ҳаракати билан ва газ оқимининг юқори даражада уюрмаланиши билан белгиланади. Мавҳум қайнаш қатламидаги газ оқими билан қаттиқ заррачалар ўртасидаги иссиқлик алмашуви тенгласи қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = 0,316 Re_K^{0,8} \quad (Re_K = 40-50 \text{ бўлса})$$

бунда: $Re_K = \omega d_p / \nu$; ω - қатлам жойлашган панжара юзасига нисбатан олинган тезлик; d_p - қаттиқ заррачанинг эквивалент диаметри.

Ҳароратлар фарқи:

$$\Delta t = \frac{1}{H} \int_0^H \{ t_K(h) - t_f(h) \} dh = t_{mk} - t_{mf};$$

Иссиқлик алмашувининг максимал жадаллигига Рейнольдс мезонининг қуйидаги энг мақбул (оптимал) қийматида эришилади:

$$R_{OPT} = 0,121 Ar^{0,5} \quad (1-24)$$

бунда $Ar = \frac{g d_p^3 \rho_K \rho}{\nu^2}$ - Архимед мезони; ρ_K - заррачанинг зичлиги.

Агар $Ar = 30 \div 2 \cdot 10^5$ бўлса, иссиқлик берилишининг максимал коэф-фициентларини қуйидаги тенглама асосида ҳисоблаш мумкин:

$$Nu_{MAX} = 0,86 Ar^{0,2}; \quad (1-25)$$

Ички иссиқлик алмашуви.

Қиздирилатган буюмининг ташқи юзаси томонидан қабул қилинган иссиқлик материалнинг иссиқлик ўтказувчанлиги сабабли унинг ичкари қатламларига кириб боради. Қаттиқ жисмларни қиздириш ёки совитиш пайтида улар ичида иссиқликнинг тарқалиши турғун бўлмаган жараёндан иборат ва қаттиқ жисмлар учун Фурье тенгламаси билан ифодаланади. Ясси материални қиздириш пайтида ҳароратлар майдони фақат битта координата X билан белгиланадиган оддий ҳолат учун Фурье тенгламасини ёзамиз:

$$\frac{\partial t_M}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t_M}{\partial x^2}; \quad (1-26)$$

бунда: $a = \lambda / c\rho$ - ҳарорат ўтказувчанлик коэффициентини;

c - материалнинг ўртача иссиқлик сифими; λ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини; t_M - материалнинг ҳарорати. ∂x - ясси металл қалинлиги;

$\partial \tau$ - иссиқлик берилган вақт.

Ясси металл учун иссиқлик оқими иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонунидан аниқланади:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x};$$

Ички иссиқлик алмашуви чегаравий шартларга, материалнинг физик хоссаларига ва буюмининг ўлчамларига боғлиқ.

1.7 Ташқи юзанинг ҳарорати $t_M = \theta \tau$ қонунияти асосида ўзгарган пайтда буюмларни қиздириш.

Бундай қиздириш амалга оширилганда буюм юзасининг ҳарорати ўзгармас тезлик θ град/соат билан ошиб боради. Маълум вақт ўтиши билан жисмнинг барча нуқталарида ҳарорат ўзгаришининг ўзгармас тезлиги θ град/соат ўрнатилади. Бундай мунтазам ҳолатдаги жисмнинг ҳароратлар майдони вақт давомида ўзгармас бўлади. Бу ҳолат учун (1-26) дифференциал тенгламаси жуда осон ечилади:

$$t_M = \theta \tau + 1/2 \theta x^2/a + c \quad (1-28).$$

бунда: c - ўзгармас катталиқ.

Бу тенгламадан кўринадики, жисмнинг барча нуқталарида ҳарорат ўзгармас тезлик билан ортади ва ясси металлнинг кесими бўйича ҳароратнинг тақсимланиши эса, параболик кўринишга эга. Жисмнинг юзаси билан унинг маркази ўртасидаги ҳароратлар фарқи ўзгармас бўлади ва у вақтга боғлиқ бўлмайди; қалинлиги $2S$ бўлган ясси металл учун у қуйидагига тенг бўлади:

$$\Delta t_M = t_M^{юза} - t_M^{марк} = 1/2 \theta S^2/a = \text{const} \quad (1-29)$$

Цилиндр учун :

$$\Delta t_M = 1/4 \cdot \theta R^2/a \quad (1-30)$$

Жисм юзасидан ўтаётган иссиқлик оқими куйидагича аниқланади::
қалинлиги $2S$ бўлган ясси металл учун

$$q_{\text{юза}}^M = 2\lambda \Delta t_M/S \quad ; \quad (1-31)$$

цилиндр учун:

$$q_{\text{юза}}^M = 2\lambda \Delta t_M/R \quad ; \quad (1-32)$$

Булардан кўринадики, иссиқлик оқими бу ҳолатлар учун ўзгармас қийматга эга. Қалинлиги $2S$ бўлган ясси металлни қиздириш вақтини (1-29) тенгламадан аниқлаш мумкин, бу пайтда $t_{\text{юза}}^M - t_{\text{юза}}^0 = \theta t$ эканини назарда тутиш лозим;

бунда: $t_{\text{юза}}^M - t_{\text{юза}}^0$ - беришган τ вақт давомида юза ҳароратининг ортиши.

Методик печларда қалинлиги $2S$ бўлган ясси металлни икки ёқлама симметрик қиздириш вақтини Н.Ю. Тайц тенгласини асосида аниқлаш мумкин:

$$\tau = \frac{0,5 S^2}{a \Delta t_M} (t_{\text{юза}}^M - t_{\text{юза}}^0) \quad (1-33)$$

Умумий ҳолда турли шаклдаги жисмлар учун

$$\tau = \frac{K_{\text{ш}} S}{a \Delta t_M} (t_{\text{юза}}^M - t_{\text{юза}}^0) \quad (1-34)$$

бунда $K_{\text{ш}}$ - шакл коэффициентини (яъни жисм шаклини ҳисобга олувчи коэффициент); бу коэффициент куйидаги қийматларга эга :

Чексиз катта ясси жисм	0,500
Чексиз узунликдаги тўғри бурчақли призма.....	0,355 - 0,450
Цилиндр	0,201 - 0,250
Куб	0,221
Шар	0,167

1.8. ЮХК ларда буюмларини ўзгармас ҳароратда ($T=\text{const}$) қиздиришнинг ҳисоблаш

Амалда камерали печлар тўхтовсиз ишлаган пайтда уларнинг кўпчилигида тахминан ўзгармас ҳарорат ўрнатилади. Ундан ташқари, ўзгарувчан ҳароратли ($T_{\text{п}} = U_{\text{ш}}$) печларда ҳароратлар эгри чизигини қатор бўлақларга бўлиб, бу бўлақларнинг ҳар биридаги ҳароратни ўзгармас деб

кабул қилиш мумкин; шундай қилиб, масалани бу ҳолда ҳам $T_n = \text{const}$ ҳолатига келтириш мумкин.

Юқори ҳароратли қурилмаларда иссиқликнинг талминан ҳаммаси нурланиш йўли билан узатилади ва материалнинг ташқи юзасига тупаштган иссиқлик оқимини қуйдаги ифодадан аниқлаш мумкин:

$$q_m = C_{\text{кел}} \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{юза}}}{100} \right)^4 \right] \quad (1-35)$$

Бу пайтдаги конвектив иссиқлик берилиши нурланишининг келтирилган коэффициентини $C_{\text{кел}}$ нинг тегишлича ортиши билан ҳисобга олинади.

Бошқа томондан, иссиқлик оқимини иссиқлик ўтказувчанлиқнинг асосий қонуни бўйича қуйдаги тенглама билан ифодалаш мумкин:

$$q_m = -\lambda \frac{\partial T_{\text{юза}}}{\partial x} \quad (1-36)$$

у ҳолда:

$$C_{\text{кел}} \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] = -\lambda \frac{\partial T_m}{\partial x} \quad (1-37)$$

Печда қиздириш жараёни ўзгармас ҳароратда ($T = \text{const}$) амалга оширилган ҳолатни қўриб чиқамиз. Жисмининг ҳароратини T_m , материалнинг қиздиришгача бўлган ҳароратини T_m^0 , жисм юзасининг ҳароратини $T_m^{\text{юза}}$ ва жисмининг марказидаги ҳароратини $T_m^{\text{мар}}$ деб белгилаймиз.

Юқориде келтирилган (1-37) тенгламани қалъилиги $2S$ бўлган чексиз ясси жисмин қиздириш ҳолати учун ёзамиз:

$$\frac{C_p S}{100\lambda} \left(\frac{T_n}{100} \right)^3 \left[1 - \left(\frac{T_m^{\text{юза}}}{T_n} \right)^4 \right] = \frac{\partial (T_m^{\text{юза}} / T_n)}{\partial (x/S)} \quad (1-38)$$

бу ерда

$$H = \frac{C_p S}{100\lambda} \left(\frac{T_n}{100} \right)^3 = 10 \frac{C_p S}{\lambda} \left(\frac{T_n}{1000} \right)^3 \quad (1-39)$$

ўлчамсиз катталиқ бўлиб, Г.П. Иванцев (баъзида Старк SK) мезони (критерийси) дейилади.

Фурье тенгламасини ҳам критериял қўранишга келтириш мумкин. Бунинг учун (1-26) тенгламанинг ихтисос қисми суратини T_n га ва маҳражини S^2 га бўламиз ва бу ўзгармас кийматларни дифференциал белгилари ичига қиритамиз:

$$\frac{\partial \left(\frac{T_M}{T_{\Pi}} \right)}{\partial \left(\frac{at}{S^2} \right)} = - \frac{\partial^2 \left(\frac{T_M}{T_{\Pi}} \right)}{\partial \left(\frac{x}{S} \right)^2} \quad \text{ёки} \quad \frac{\partial \left(\frac{T_M}{T_{\Pi}} \right)}{\partial (F_0)} = - \frac{\partial^2 \left(\frac{T_M}{T_{\Pi}} \right)}{\partial \left(\frac{x}{S} \right)^2}; \quad (1-40)$$

бунда : $F_0 = at/S^2$ - ясси жисм учун Фурье мезони; T_M/T_{Π} - материалнинг x/S масофадаги ўлчамсиз ҳарорати; x/S - ясси жисм қаллиғлигининг ўлчамсиз координатаси .

Юқоридаги (1-38) ва (1-40) тенгламаларнинг ечимини қуйидаги математик боғлиқлик кўринишида келтириш мумкин:

$$\frac{T_M}{T_{\Pi}} = f \left[\frac{x}{S}; F_0; \text{И}; \frac{T_M^0}{T_{\Pi}} \right] \quad (1-41)$$

бунда Фурье мезони қуйидагича ифодаланади:

а) қаллиғлиги $2S$ бўлган ясси материал учун

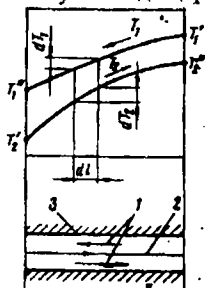
$$F_0 = \frac{at}{S^2}; \quad (1-42)$$

б) радиуси R бўлган цилиндр учун

$$F_0 = \frac{at}{R^2}; \quad (1-43)$$

1.9. ЮХҚ да металлни ўзгарувчан ҳароратда қиздиришни ҳисоблаш.

Саноат печларининг кўпчилигида газларнинг ҳарорати ишчи бўйишда ҳаракатланиши давомида ўзгариб туради (1.7-расм). Шу пайтнинг ўзида қиздирилатган материалнинг ҳарорати ҳам ўзгаради; одатда, материал газларга нисбатан қарама-қарши йўналишда ҳаракатланади.



1.7-расм. Қарама-қарши оқимили печда “юшка” буюмларни қиздириш схемаси.

1 ва 2- газларнинг ва юшка материалнинг ҳаракат йўналишлари;

3- мулқак иссиқлик қопламаси.

Радияцион-конвектив қиздириш масаласининг аналитик ечимини юшка пўлат тасмани қиздириш мисолида кўриб чиқамиз. Материалнинг қаллиғлиги

катта бўлмагани учун унинг кўндаланг кесимидаги ҳароратлар фарқи жуда кичик бўлади ва ташқи иссиқлик алмашуви ҳал қилувчи аҳамиятга эга бўлади. Турғун бўлмаган иссиқлик узатилиши назариясидан маълумки, бу ҳолат куйидаги шарт бажарилганда мавжуд бўлиши мумкин:

$$\frac{Bi}{0,25} + \frac{I}{0,1} \leq 1 \quad (1-44)$$

Қиздирилатган тасма билан иссиқ газларнинг ҳарорати жуда кам ўзгарадиган печнинг чексиз кичик узунликка эга бўлган бир бўлаги учун радиацион-конвектив иссиқлик алмашувининг дифференциал тенгламаси куйидаги кўринишга эга:

$$10^8 C_{\text{кел}} (T_{\Gamma}^4 - T_M^4) dH_H + \alpha_K (T_{\Gamma} - T_M) dH_H = W_M dT_M; \quad (1-45)$$

бунда $dH_H = d l / B$ - печ бўлагининг иссиқлик алмашинадиган юзаси;

B - узлуksиз оқим (тасма) кўринишида ҳаракатланаётган материалнинг кенглиги; W_M - материалнинг суви эквиваленти.

Газ оқими билан материалнинг суви эквивалентларини $m = W_{\Gamma} / W_M$ орқали ва $T_C = T_{\Gamma} - m T_M$ орқали ўзгармас ҳарорат параметрини белгилаймиз. У ҳолда $T_M / T_C = \theta_C$ бўлади. Бу белгилар киритилгандан сўнг (1-45) тенглама ўлчамсиз кўринишга киради:

$$I_C [(1+m\theta_C)^4 - \theta_C^4] - Bi [(1+m\theta_C) - \theta_C] = \frac{1}{dF_0} d\theta_C; \quad (1-46)$$

бунда: I_C - ҳарорат параметри T_C га нисбатан олинган радиацион мезон (критерий).

$$dF_0 = \frac{a}{S^2} d\tau = \frac{a}{S^2} \frac{dl}{\omega_M} = \frac{a}{S^2} \frac{dH_H}{B\omega_M};$$

бунда: $d\tau$ - печнинг берилган қисмида тасмани қиздириш вақти

ω_M - тасманинг ҳаракатланиш тезлиги.

Масалани ечиш (1-46) тенгламани F_0 ва θ_C бўйича интеграллашдан иборат бўлади.

Умумий ҳолда ўзгарувчиларни ажратгандан кейин куйидагига эга бўламиз:

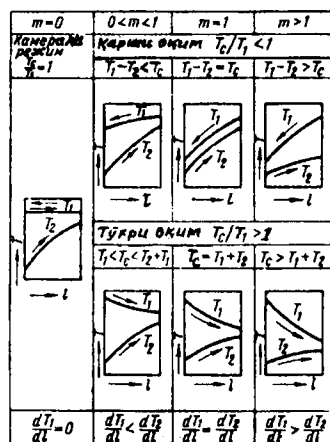
$$I_C \int_{F_0'}^{F_0''} dF_0 = \frac{d\theta_C}{(m^4 - 1)\theta_C^4 + 4m^3\theta_C^3 + 6m^2\theta_C^2 + [(m-1)Bi/I_C + 4m]\theta_C' + (1+Bi/I_C)}$$

Натижавий ечим куйидаги кўринишга эга:

$$I_C(F_0'' - F_0') = \Phi'' - \Phi' \quad (1-47)$$

бунда : Φ катталиги m ва Bi/I_C комплекслари ўзгармас қийматларининг ва шунингдек, ўзгарувчан θ_C нинг функциясида иборат.

T_C ва m катталикларининг қийматлари иссиқлик алмашуви ҳолатларини ва ҳароратлар графигининг кўринишини белгилаб беради. Масалан; $m > 0$ ва $T_C/T_1 < 1$ бўлса, қарши оқимли иссиқлик алмашуви содир бўлади ва $T_C/T_1 > 1$ бўлса, - тўғри оқимли иссиқлик алмашуви бўлади ва ҳоказо. Шуниси муҳимки, ҳар бир ҳолатда иссиқлик алмашувчи жисмлар ҳарорати ўзгаришининг уч турини кузатиш мумкин. Бу 1.8-расмда кўрсатишган.



1.8- расм. T_m ва m параметрларининг материал тўғри ва қарама-қарши оқимли ҳаракат қилган пайтда иссиқлик алмашуви ҳароратига таъсири.

Агар $m = 0$ ва $T_C/T_1 = 1$ бўлса, камерали иссиқлик алмашувининг ҳолати кузатилади.

Bi/I_C комплекси нуруланиш ва конвектив иссиқлик алмашувларининг ўзаро нисбатини ифодалайди. Агар $Bi/I_C = 0$ бўлса, фақат нуруланиш бўлади. Агар Bi/I_C ортиб борса, конвектив иссиқлик алмашувининг улуши ўсиб боради. $Bi/I_C = \infty$ бўлганда, фақат конвектив иссиқлик алмашуви юз беради.

Печдаги ўзгарувчан қиздириш жараёнининг айрим бўлаклари учун $T_f = \text{const}$ бўлади ва бу шароитда тасмани радиацион-конвектив қиздириш давомийлиги қуйидагича аникланади:

$$\tau = \frac{S}{K_{ш}} \cdot \frac{C_M}{\alpha_K} \cdot \frac{Bi}{I} \cdot (\Phi'' - \Phi') \quad (1.49)$$

бунда $K_{ш}$ - материалнинг шаклини ҳисобга олувчи коэффициент (ясси материал учун $K_{ш}=1$); C_M - материалнинг иссиқлик коэффициенти.

" Φ " параметрининг қийматлари график ёрдамида аникланади; улар тегишлик адабиётда келтирилган (Аптерман В.Н, Тымчак В.М. Протяжные печи, 1969 г., стр. 58-59).

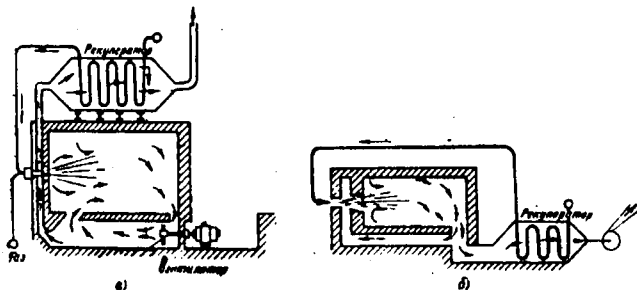
1.10. Қизиган газлар рециркуляцияси (қайта киритилиши) ва ЮХК ларнинг иссиқлик самарадорлигини ошириш.

Юқори ҳароратли қурилмаларнинг ишчи камерасида газларнинг ҳароратини пасайтириш учун қўпинча ортиқча ҳаво берилади. Газлар ҳароратини пасайтиришнинг бундай усули зарарлидир, чунки ҳаво ортиқчилигининг ўсиши албатта чиқиб кетувчи газлар билан иссиқлик йўқотилишини орттиради, демак, ёқилғи сарфи кўпаяди ва фойдали иш коэффициенти пасаяди.

Бу масалани ҳал қилишнинг энг тўғри йўлларида бири *тутун газларининг рециркуляциясини* қўллашдан иборат. Амалда газларнинг ички ва ташқи рециркуляцияси қўлланилади.

Газларнинг ички рециркуляцияси қўлланилганда аланганинг айрим оқимлари совиб қолган тутун газларини илаштириб қайтадан ёниш камерасига киритади. Ёниш оқимиغا жалб қилинган газлар миқдори фақат ишчи камерасидаги ҳароратлар тақсимотига таъсир қилибгина қолмай, балки газларнинг ёниш жараёнига ҳам таъсир қилади., чунки аралаштириш натижасида ёнувчи аралашма кучсизланади ва шу сабабли аланга узаяди. Ёқиш мосламасидан чиқаётган оқимнинг тезлиги ва шунингдек, циркуляция карраллиги l/d нисбатга боғлиқ (l - оқим кесими билан мосламанинг чиқиш тешиги ўртасидаги масофа, d - ёқиш мосламасининг чиқиш тешиги диаметри). Бу нисбат қанчалик катта бўлса, циркуляция карраллиги ҳам шунчалик катта бўлади. Демак, циркуляция карраллигини ошириш учун кичик диаметрли соплони танлаш, яъни газ оқимини қатор кичик оқимларга бўлиш лозим. Бундай қилинганда ҳароратлар бир текисда тақсимланади. Ички циркуляция қўлланилган печнинг схемаси 1.8-расмда келтирилган.

Газларнинг ташқи циркуляцияси қўлланилган пайтда газлар печнинг ишчи бўшлиғидан ташқарида олинади ва вентилятор ёрдамида ёки ёқиш мосламалари ҳосил қиладиган сийрақлик ҳисобига ишчи камерасига ёки ўтхонага қайтарилади (1.9-расм). Бу пайтда печда айланма ҳаракатли газ оқими ҳосил бўлади, бунинг натижасида иссиқлик алмашувви яхшиланади ва иссиқлик йўқотилиши камаيда.



1.9-расм. Газлар ташқи рециркуляциясининг схемалари.

а - вентилятор ёрдамида; б - инжекцион ёқигич(горелка) ёрдамида.

Циркуляция кўрсаткичи бўлиб рециркуляция карралиги хизмат қилади:

$$i = \frac{V_{\text{КАЙТА}}}{V_{\Gamma}}$$

бунда : $V_{\text{КАЙТА}}$ - қайтарилаётган газлар миқдори; V_{Γ} - ёқилғини оддий ёқиш пайтидаги газлар миқдори.

Газ йўлининг ихтиёрий кесимидаги газларнинг миқдори:

$$V_{\text{РВЦ}} = V_{\Gamma} + V_{\text{КАЙТА}} = (1+i)V_{\Gamma} \quad (1-50).$$

Рециркуляция газлари ёнишининг калориметрик ҳароратини ёқилғи миқдорини бирлигига нисбатан олинган иссиқлик баланси (мувозанати) тенгламасидан аниқланади:

$$Q_{\text{К}}^{\text{н}} + J_{\text{В}} + J_{\text{Х}} + J_{\text{КАЙТА}} = [V_{\Gamma} + (V_{\text{КАЙТА}} - 4,76V_{\text{КАЙТА}}^{\text{O}_2})] C_{\text{Х}} t_{\text{Х}}; \quad (1-51)$$

бунда: $J_{\text{КАЙТА}}$ - қайтарилган газлар энтальпияси; $J_{\text{Х}}$ - ҳаво билан киритилган иссиқлик; $V_{\text{КАЙТА}}$ - қайтарилган газлар миқдори.

Бундан қуйидагига эга бўламиз:

$$t_{\text{Х}} = \frac{Q_{\text{К}}^{\text{н}} + J_{\text{В}} + J_{\text{Х}} + J_{\text{КАЙТА}}}{[V_{\Gamma} + (V_{\text{КАЙТА}} - 4,76V_{\text{КАЙТА}}^{\text{O}_2})] C_{\text{Х}}} =$$

$$= \frac{Q_{\text{К}}^{\text{н}} + C_{\text{В}} t_{\text{В}} + (V^0 \alpha_{\text{В}} - 4,76V_{\text{КАЙТА}}^{\text{O}_2}) C_{\text{К}} t_{\text{Х}} + V_{\text{КАЙТА}} C_{\text{КАЙТА}} t_{\text{КАЙТА}}}{[V_{\Gamma} + (V_{\text{КАЙТА}} - 4,76V_{\text{КАЙТА}}^{\text{O}_2})] C_{\text{К}}} \quad (1-52)$$

Агар (2-51) тенгламани $V_{\Gamma} C_{\text{К}}$ қийматига бўлсак, қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{Q_{\text{К}}^{\text{н}} + J_{\text{К}}}{V_{\text{В}} C_{\text{К}}} + \frac{J_{\text{КАЙТА}}}{V_{\Gamma} C_{\text{К}}} = \frac{(V_{\Gamma} + V_{\text{КАЙТА}}) C_{\text{К}} t_{\text{КАЙТА}}}{V_{\Gamma} C_{\text{К}}};$$

бундан ;

$$t_{\text{КАЙТА}} = \frac{t_{\text{КАЙТА}} + i C_{\text{КАЙТА}}/C_{\text{К}} t_{\text{КАЙТА}}}{1+i} \quad (1-53)$$

ёки тахминий кўринишда :

$$t_{\text{КАЙТА}} \approx \frac{t_{\text{КАЙТА}} + i t_{\text{КАЙТА}}}{1+i}; \quad (1-54)$$

бунда : $i = V_{\text{КАЙТА}}/V_{\Gamma}$ - рециркуляция карралиги.

Иккинчи боб.

Юқори ҳароратли қурилмаларни математик моделлаш ва лойиҳалаш.

2.1. Асосий тушунчалар.

Объектнинг ўзини тадқиқ қилиш қийин, қиммат ва кўп вақт талаб қилади ёки айрим ҳолларда умуман тадқиқ қилиш мумкин бўлмайди (масалан, лойиҳалаш пайтида), бундай вақтларда моделлашга зарурат туғилади. Модел (нуса) - бу бирор бир объектнинг кичиклаштирилган ва қулайлаштирилган нусхаси бўлиб, унинг характеристикаларини ўрганиш учун яратилади. Физик ва математик моделлар ва тегишлича физик ва математик моделлаш фарқ қилинади. Физик моделлашда ҳақиқий объект билан унинг модели (нусхаси) бир хил физик табиатга эга бўлади.

Математик моделлашда ҳодисанинг ўзи билан эмас, балки ундан олинган назарий "намуна", яъни модели устида иш олиб борилади. Бу модел текшириладиган ҳодиса бўйсунадиган асосий қонуниятларни математик формада ифодалайди. Математик модел - бу тадқиқ қилинаётган реал объектнинг айрим характеристикаларини ифодаловчи математик нисбатлар системасидир.

Математик нисбатларнинг у ёки бу туркуми математик модел деб аталиши учун улар объектнинг асосий хоссалари ва ўзаро боғланишларини тўла акс эттириши шарт.

Математик моделлашда ўзаро боғланган турли параметрларни ўзгартириш йўли билан жараёни ЭҲМ ёрдамида тадқиқ қилинади. Бу ўрганиладиган жараён кечилишининг турли кўринишлари ҳақидаги маълумотларни тез олиш ва моделининг, шу билан бирга ўрганиладиган реал жараёнинг оптимал вариантларини аниқлаш имкониятини беради.

Юқори ҳароратли қурилмаларни моделлашда аналог ва рақамли ҳисоблаш машиналаридан фойдаланилади.

Аналог машиналарида аналогия (ўхшашлик) принциpidан фойдаланилади; бу принцип асосида физик табиати турлича бўлган ҳодисаларга тегишли математик моделларнинг изоморфизми ётади.

Мисол тариқасида қуйидаги ҳодисаларни ифодаловчи дифференциал тенгламаларни келтираемиз:

суюқликдаги ишқалиш (Ньютоннинг ишқалиниш қонуни) $\tau = \mu \frac{d\omega}{dx}$;

иссиқлик узатилиши (Фурье қонуни) $q = -\lambda \frac{dt}{dx}$

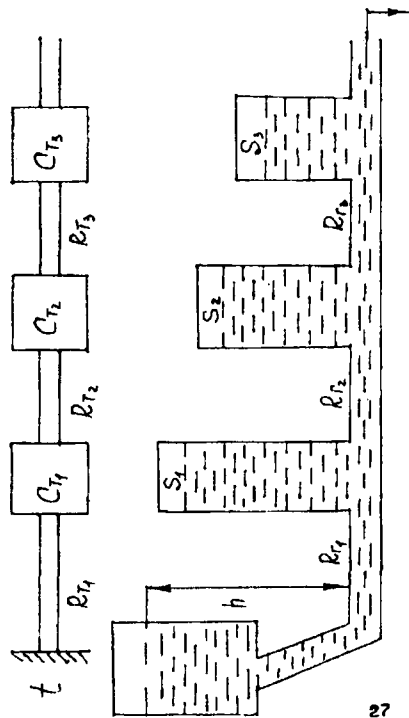
модда алмашинуви (Фик қонуни) $g\theta = -D \frac{dc}{dx}$;

электр узатилиши (Ом қонуни) $i = - \frac{1}{\rho} \frac{dU}{dx}$

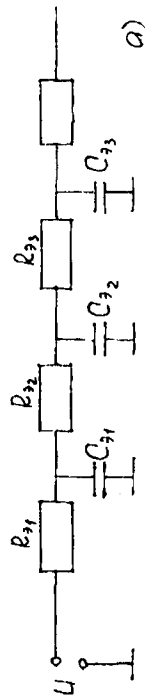
Кўриниб турибдики, бу тенгламаларнинг барчасига тегишли градиентлар: тезлик $d\omega/dx$, ҳарорат dt/dx , концентрация dc/dx , кучланиш dU/dx киради.

Агар бошқача ўлчов билан ҳисоблаш имконини берадиган тегишли коэффициентлар киритилса, ҳар қандай ҳодисани электр узатилишидаги каби моделлаш мумкин. Бундай аналогиялар принципи битта муайян мисолни счиш натижасида ўхшаш математик тенгламалар билан ифодаланадиган бутун бир синфга тегишли объектларнинг хоссалари ҳақида ахборот олиш имконини беради. Аналог машиналари физик моделлаш ва математик моделлаш бажариладиган ЭХМларга бўлинади. Улар тегишлича модель-аналоглар ва структурали аналог ҳисоблаш машиналари дейилади. Икки турдаги аналог машиналарининг ўзига хос томонлари 2.1-расмда акс эттирилган.

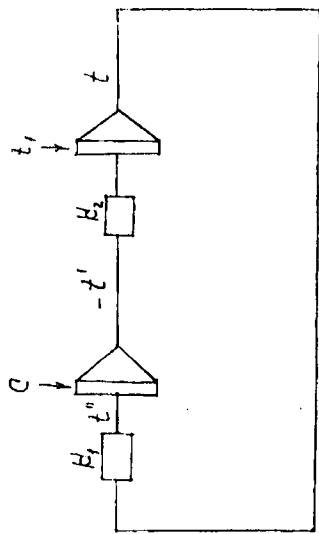
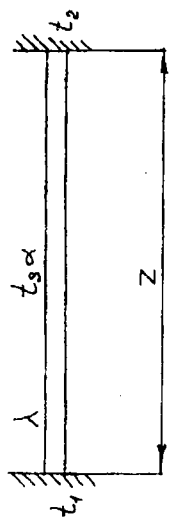
Келтирилган “а” расмда иссиқлик схемаси ва унинг гидравлик ҳамда электр модель-аналоглари кўрсатилган. Бу моделларни ўзаро таққослаш шуни кўрсатадики, ҳарорат “Т” нинг аналог бўлиб гидравлик моделда гидравлик сиқув “Н” ва электр моделда эса - кучланиш “U” хизмат қилади. Термик қаршилик $R_T = S/\lambda$ нинг аналог бўлиб гидравлик қаршилик R_f ва резисторнинг электр қаршилиги R_Ω хизмат қилади. Шунингдек, иссиқлик сифими C_T нинг аналог суюқлик жойлашган идиш кесимининг юзаси S ва электр моделида эса - конденсатор сифими C_Ω бўлади.



27



а)



б)

2.3-расч. Э Х М АНАЛОГЛАРИДА ТЕКШИРИШ УЧУН а) МОДЕЛ - АНАЛОГ
 ВА б) ТАРКИБИЙ СХЕМА

Ушбу “б” расмда ҳароратнинг стержень (металл таёқча) бўйлаб стационар тақсимланиши ҳақидаги масаланинг структурали схемаси келтирилган. Бу ерда ҳар бир интегратор шундай ишлайдики, унинг кириш қисмига ихтиёрий физик ўзгарувчи берилганда унинг чиқиш қисмида кириш катталигининг мустақил ўзгарувчи вақт бўйича интегралидан иборат бўлган физик катталик ҳосил қилинади.

Келтирилган “б” расмдаги схема $x=0$; $t=t_1$; $du/dx=c$; чегаравий шартларда олинган қуйидаги тенглани ечиш имконини беради:

$$\frac{d^2 t}{dx^2} = \frac{\alpha \cdot p}{\lambda f} \cdot t;$$

бунда: α - иссиқлик бериш коэффиценти (стерженьдан муҳитга);

p , f - стерженьнинг периметри ва кесим юзаси;

λ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти.

Модель-аналог машиналари кўпроқ ихтисослаштирилган бўладилар; уларнинг тузилиши тадқиқ қилинадиган физик системаларнинг хусусиятлари билан белгиланади. Структурали аналог ЭХМлари универсалроқ бўлади.

Рақамли электрон ҳисоблаш машиналари мутлақ универсаллик хусусиятига эга бўлиб, мураккаб тенглалар билан ифодаланган масалаларни ечиш ва математик моделлаш имкониятини берадилар.

Аналог ЭХМларининг афзаллиги - тез ишлаши, берилганларни кириши ва чиқаришнинг соддалиги, ишлатиш учун олдиндан кўп тайёргарлик кўришнинг зарур эмаслиги, турли вақт масштабларида ишлаш имкониятига эга бўлишлик ва ҳоказо. Аналог ЭХМларининг камчилиги - ҳисоблаш натижаларининг аниқ эмаслиги ва уларнинг тор даражада ихтисослашганлигидир.

Турли даражадаги чизикли ва чизикли бўлмаган дифференциал тенглалар системасининг ечимини аналог ЭХМлар ёрдамида акс эттириш энг катта самара беради. Рақамли ЭХМлар юқори аниқликка эга, аммо уларда масалани ечишга тайёрлаш учун кўп вақт ва меҳнат талаб қилинади.

Охириги пайтда аналог-рақамли ҳисоблаш машиналари қўлланила бошланди, улар иккала синфдаги ҳисоблаш машиналарининг афзалликларини ўзларида мужассамлантирган.

2.2. ЮХҚ лар ишлашини математик моделлаш босқичлари

Юқори ҳароратли қуришмалар (ЮХҚ)ни математик моделлаш жараёни ҳуйидаги босқичлардан иборат:

- ЮХҚнинг математик моделини шакллантириш, ҳисоблаш алгоритминини танлаш;
- ЭХМ учун дастурни тузиш;
- тузилган дастур асосида ЭХМда ҳисоблаш ишларини амалга ошириш;
- натижаларни таҳлил қилиш.

ЮХҚнинг математик модели қўйилган масаланинг хусусиятига боғлиқ ҳолда беш хил мураккаблик даражасига эга бўлиши мумкин. Масалан, саноат корхоналари туркумининг ёқилғи-энергетик балансини оптималлаш пайтида тузиладиган математик моделлар тайёр маҳсулот қийматининг ёқилғи ва бошқа турдаги энергиялар сарфига статик боғлиқлиги асосида шаклланиши мумкин. Корхона миқёсида фақат беришган маълум ҳароратдаги ЮХҚнинг иш ҳолати учун тузилган материал ва энергетик балансларни акс эттирувчи математик моделлардан фойдаланиш мумкин. Иккала мисолда ҳам мураккаблиги биринчи даражали бўлган математик моделга эга бўламиз.

ЮХҚ нинг иккинчи даражали мураккабликка эга бўлган модели шу қуришманинг реактори (ишчи бўшлиги) даги иссиқлик ва масса алмашуви динамикасини ҳисобга олади. Бу модел ишлаб турган ЮХҚларнинг ва цехнинг ёқилғи - энергетик мажмун иш ҳолатлари параметрларини оптималлаштириш масаласини ечишга имкон беради.

ЮХҚ нинг учинчи даражали мураккабликка эга бўлган математик моделлари иссиқлик ва масса алмашуви жараёнларининг қуришма реакторининг конструктив хусусиятларига боғлиқлигини ҳисобга олади. Бундай моделлар ЮХҚнинг фақат иш ҳолатларини эмас, балки унинг асосий конструктив параметрларини ва биринчи галда реактор камерасининг

геометрих характеристикаларини оптимallasиш имконини беради. Аммо учинчи даражали математик моделлар ЮХҚнинг фақат олдиндан берилган туринигина акс эттиради. ЮХҚнинг учинчи даражали моделларида математик ифодаланиши жиҳатдан жуда мураккаб бўлган жараёнлар (ёпиқ ҳажмдаги газларнинг ҳаракати, ёқилғининг алангали ёниш жараёни ва бошқалар) физик моделларда олинган эмперик тенгламалар орқали ифодаланади. Учинчи даражали моделлар ЮХҚни автоматик лойиҳалаш тизимини ишлаб чиқиш учун асос бўлиб хизмат қилиши мумкин.

ЮХҚнинг тўртинчи даражали мураккабликка эга бўлган математик моделлари олдиндан қабул қилинадиган конструктив схема билан чекланмайди, балки технологик жараёни амалга ошириш пайтида қатнашадиган физик ҳодисаларнинг кетма-кетлиги олдиндан берилган бўлади.

Ниҳоят, ЮХҚнинг энг юқори-бешинчи даражали мураккабликдаги математик модели мақсадга эришиш учун, яъни режалаштирилган сифатга эга бўлган маҳсулотни олиш учун, физик воситаларни танлашда чекланмаган бўлиши керак. Бешинчи даражали математик модел универсал деб қаралиши мумкин, чунки ундан айрим блокларни кетма-кет чиқариш йўли билан ҳар қандай даражадаги моделни олиш мумкин.

Ҳисоблаш алгоритминини танлаш пайтида ечиладиган масала хусусиятларини назарда тутиш лозим. Масалани ечишга ўтишдан олдин оптимал алгоритмни танлашга маълум миқдорда вақт сарфлаб, кейинчалик кўпиаб соатни тежаш мумкин. Тегинли масалаларни ечиш учун оптимал алгоритмларни танлаш бўйича мамлакатимизда ишлаб чиқилган ва чет тиллардан таржима қилинган етарли миқдорда қўлланмалар мавжуд (2,3).

ЭХМ учун дастур тузиш босқичи амалий дастурлар пакети борлигини ҳисобга олган ҳолда амалга оширилади. Масалан, ёқилғи ёнишини ҳисоблаш, ёқиш мосламаларини ҳисоблаш, рекуператорларни ҳисоблаш, тўсиқ орқали ўтадиган иссиқлик оқимларини ҳисоблаш ва бошқалар бўйича дастурлар мавжуд. Олдиндан тузилган ва созланган дастурлар асосида қатор ҳисоблашлар бажарилади, улар натижасида объект ишини ифодаловчи сонлар туржуми ҳосил бўлади.

Охириги босқичда натижалар таҳлил қилинади. Бу босқичда одатда математик моделга ва ҳисоблаш алгоритмига аниқлик киритилади ва математик моделлаш цикли янада мукамалроқ асосда такрорланади.

Математик моделлаш ва уни қўллаш натижасида қўзланган мақсадга эришиш учун аниқ миқдорий шаклда ифодаланган амалий тавсиялар берилади.

2.3 Математик моделларнинг тузилиши.

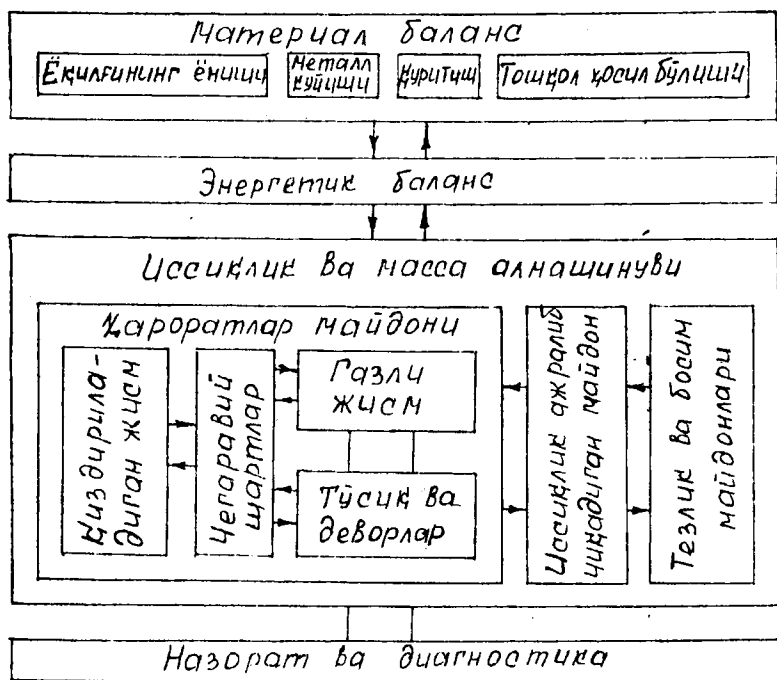
Одатда мураккаб математик моделлар алоҳида жараёнларни ёки ҳисоблаш босқичларини акс эттирувчи оддий моделлардан ташкил топади. Бундай оддий моделларни баъзида субмоделлар деб атайдилар. Субмоделлардан ЮХҚ реакторининг ихтиёрий даражадаги мураккабликка эга бўлган математик моделини йиғиш мумкин.

2.2-расмда металлни қиздиришга мўлжалланган ЮХҚ реакторининг учинчи даража мураккабликдаги математик моделининг тузилиши (структураси) кўрсатилган. Умумий модел тўртта субмоделлардан тузилган; улар кириш ва чиқиш параметрлари: ЮХҚнинг материал баланси, ЮХҚнинг энергетик баланси, ЮХҚ ичидаги иссиқлик ва масса алмашуви, назорат ва диагностика орқали бир-бири билан ўзаро боғланган. Ўз навбатида ҳар бир субмодел бир ёки бир неча ҳисоблаш блокларидан иборат бўлиши мумкин. Масалан, “материал баланси” субмоделли учта ҳисоблаш блокдан иборат: 1) ёниш ҳарорати ва ҳаво сарфи коэффицентининг берилган қийматларида ёниш маҳсулотларининг таркиби ва миқдорини аниқлаш; 2) металл юзасида ҳароратнинг маълум ўзгариши бўйича ва печ атмосферасининг маълум таркиби шароитида металлни куйишини (хуйиндисини) аниқлаш; 3) технологик жараён давомида ҳосил бўладиган қўшимча маҳсулот ва моддаларнинг миқдори ҳамда таркибини аниқлаш.

“Энергетик баланс” субмоделли материал баланс параметрлари бўйича ва “иссиқлик ва масса алмашуви” субмоделли чиқариб берадиган айрим параметрлар (чиқиб кетувчи газлар ҳарорати, реактор ўлчамлари) бўйича ёқилғи (ёки бошқа турдаги энергия) сарфини аниқлашга мўлжалланган ҳисоблаш блокдан иборат. “Иссиқлик ва масса алмашуви” субмоделли учта ҳисоблаш блокдан иборат: ҳароратлар майдонини аниқлаш, тезликлар ва босимлар майдонини аниқлаш ҳамда иссиқликнинг ажратиб чиқиш майдонини аниқлаш.

Ҳар бир ҳисоблаш блоки таркибида дифференциал тенгнамалар бўлиб, бу блокларнинг ҳар бири тегишли берилган кириш параметрларида автоном ҳолда ишлаши мумкин.

“Хароратлар майдони” блокада металл, газ ва реактор деворларининг хароратлар майдони аниқланади. Бу майдонларнинг ўзаро алоқадорлиги ЮХҚнинг турига боғлиқ бўлган чегаравий шартлар билан белгиланади. Масалан, ёқилғи ёқиладиган қиздириш печларининг чегаравий шартларига металл заки (куйиндиси) қатламининг термик қаршилиги ва металлнинг оксидланиш иссиқлиги киради. Мифель печларида қиздирилатган жисмнинг, газ ва тўсиқларнинг хароратлар майдони муфель деворининг хароратлар майдонини ҳисобга олган ҳолда аниқланади. Алангали эритиш печларида чегаравий шартлар ишлов берилаётган жисм билан аланга ўртасида воситачи-жисм вазифасини бажарадиган сиртқи эриган қатлам пайдо бўлишини ҳисобга олади.



2.2-расм. ЮХҚ реактори математик моделининг таркибий қисмлари.

Методик печларда чегаравий шартлар глиссаж (сирпаниш) кувурлари ва бошқа сунъий совитиладиган элементлар билан бўладиган иссиқлик алмашувини ҳисобга олишни керак.

Газли жисмнинг ҳароратлар майдонини аниқлаш пайтида энергия баланси тенгламасидан фойдаланилади. Агар газли жисм қатор зоналарга бўлинган бўлса, тегишли тенгламалар системасини ечиш учун, одатда нинтеракцион жараёни амалга ошириш талаб қилинади.

Учинчи даражали мураккабликка эга бўлган моделнинг кириш параметрлари қуйидаги берилганлардан иборат бўлади: энергия манбаи (хусусан, ёқилғининг элементар ёки таркибий таҳлили), қурилманинг унумдорлиги ва унинг иш ҳолатлари, ЮХҚ нинг тўсиқ ва деворлари ясалган материалларнинг иссиқлик-физик хоссалари, иссиқлик билан ишлов бериладиган жисмларнинг ўлчамлари ва хоссалари, термик кучланишлар ва маҳсулотга ишлов бериш сифатига қўйиладиган чекловчи талаблар ёки реактор ва ишчи камеранинг ўлчамлари.

Ёқилғи ёқиладиган ЮХҚ лар учун қўшимча ҳолда ёқилғининг ёниш ҳолатлари, ёниш маҳсулотларининг ёқигч каналидан ЮХҚ нинг ишчи бўшлиғига чиқиш тезлиги, ёқишга бериладиган ҳавонинг солиштирма сарфи ва ҳарорати; электр ЮХҚ лари учун реактордаги атмосферанинг параметрлари ва ҳаракатланиш тезлиги берилиши керак.

Моделнинг чиқиш параметрлари материал ва энергетик баланслар бўйича қуйидаги маълумотларни бериши керак: энергия (ёқилғи) сарфи; маҳсулот, қўшимча маҳсулот ва технологик жараён чиқиндилари (хусусан, чиқиб кетувчи газлар) нинг чиқиши, таркиби ва ҳароратлари; қурилманинг ташқи деворлари орқали энергиянинг атмосферага тарқалиши. ЮХҚ ни ишлатиш шароитларини назорат қилиш учун чиқиш параметрларида ҳароратлар майдонлари бўйича иссиқлик бериш коэффициенти, нурланиш коэффициенти ва қурилма ойналари яқинидаги газлар босими бўйича баъзи маълумотларга эга бўлиш мақсадга мувофиқ бўлади.

“Назорат ва диагностика” субмоделлида ЮХҚ математик моделининг тузилиши қайтарилади, аммо ҳар бир элемент энг оддий тенгламалар системаси асосида шаклланади. Бундай оддий элементлар моделларни йиғиш ва созилаш пайтида “тиқинлар” деб аталади, улар ёрдамида дастурни созилаш жараёни сезиларли даражада соддалашади. Модель элементларини тегишли тиктинларга кетма-кет алмаштириш йўли билан модель ишламай қоладиган

ёки маъносиз натижа берадиган элемент ЭХМ томонидан аниқланади. “Назорат ва диагностика” субмоделига алоҳида элементларнинг ва бутун моделнинг барча чиқиб параметри оғишининг йўл қўйилган чегаралари киритилган бўлади. Назорат операциялари бошқа субмоделларда ҳисоблаш ишлари бажараётган пайтда ҳам амалга оширилиши мумкин.

ЮХҚ нинг математик моделини тузишни амалда кўп марта синалган модуллар ёрдамида олиб бориш қулай бўлади. Модуль - у ёки бу жараёнинг ёки унинг айрим босқичининг мустақил элементар математик модели ҳисобланади.

У мустақил кичик дастур (подпрограмма) кўринишида амалга оширилади. Ҳисоблаш жараёнида бу кичик дастур (модуль) берилган асосий дастур ҳажмида кўп карра фойдаланилади. Масалан, ЮХҚ да ихтиёрий шаклдаги жисм қиздирилган пайтда уни жуда кўп элементар параллеллепипедлардан ташкил топган деб қабул қилиш мумкин. Бу параллеллепипедлардан ихтиёрий шакл ва ўлчамдаги жисмни “йиғиш” мумкин бўлади ва уларнинг ҳарорат майдонларини тегишлича бирлаштириб (тўртинчи турдаги чегаравий шартлардан фойдаланиб), изланган умумий ҳароратлар майдонини олиш мумкин. Демак, кўриляётган ҳолда модуль - элементар параллеллепипед бўлиб, иссиқлик ўтказувчанликнинг Фурье дифференциал тенгламаси:

$$C_{pp} \frac{\partial t}{\partial t} = \sum_{n=1}^3 \frac{\partial}{\partial X_n} \lambda \frac{\partial t}{\partial X_n} + q_v$$

бу параллеллепипеднинг ихтиёрий берилган кириш ва чегаравий шартларида ҳароратлар майдонини аниқлайди ва у элементар математик модель бўлиб, кичик дастур кўринишида амалга оширилади.

Масалани ЭХМ да ечиш давомида ўзгарувчи чегаравий шартларда параллеллепипеднинг ҳароратлар майдони ҳисобланадиган кичик дастурга кўп марта мурожаат қилинади. ЮХҚни ҳисоблаш пайтида чегаравий шартларни олдиндан танлаб олинган модуллар (масалан, “металлнинг куйиши”, “муфель”, “таг билан контакт” ва бошқалар)га мослаб қабул қилиш янада қулай бўлади.

Газ ҳажмининг математик моделини тузиш пайтида ҳисоблаш моделларидан - куб шаклидаги элементар газ ҳажмларининг иссиқлик балансларидан фойдаланиш мумкин. Бу кублардан газ ҳажмининг ихтиёрий шаклини йиғиш мумкин.

2.4. ЮХҚ реактори математик моделининг асосий тенгламалари.

ЮХҚ реакторининг математик модели кўп даражада унда амалга оширилаётган технологик жараёнининг турига ва ишлов берилаётган материалга боғлиқ бўлади.

Металлни қиздириш учун мўлжалланган реакторнинг математик ифодаланишини кўриб чиқамиз. Бундай моделнинг тузилиши 2.2-расмда келтирилган.

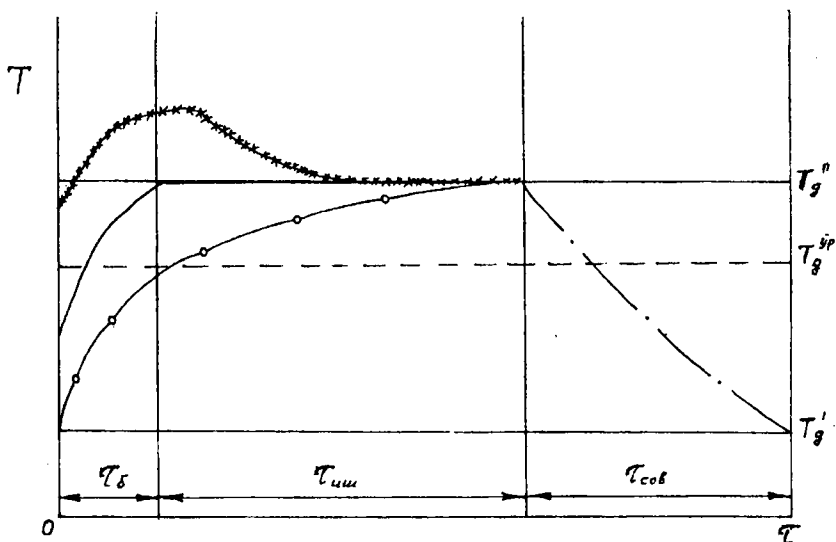
“Материал баланс” субмоделида термодинамик мувозанатлик шароитида ёниш маҳсулотларининг чиқиши ва таркиби ҳисобланади. Ҳисоблаш блокнинг кириш параметрлари қуйидагилар: ёқилғи таркиби, унинг ёниш иссиқлиги, ҳавонинг солиштирма сарфи, ёниш жараёни тугайдиган ҳарорат. Бунга қўшимча ҳолда технологик жараён давомида ҳосил бўладиган металл куйиндисининг қалинлигини ва металлнинг оксидланишига кетадиган кислород сарфини ҳисоблаб аниқланади.

“Энергетик баланс” субмоделида энергетик баланс тенгламаси асосий ҳисобланади.

“Ҳароратлар майдонлари” блокада 2.3-расмда кўрсатилган турғун ҳолатдан фойдаланилади.

Бу ҳолатда ЮХҚнинг иш цикли уни олдиндан қиздириш вақтидан τ_0 реакторнинг ўзгармас ҳароратда ишлаган вақтидан $\tau_{иш}$ ва совитиш вақтидан иборат бўлади. 2.3-расмда девор ички юзасининг ҳарорати - T_d ўзининг минимал қиймати T_d' дан то максимал қиймати T_d'' гача ўзгариши кўрсатишган.

Қиздириладиган материал $R=R_v$ ўлчамли пластина (ясси тахта) кўринишида берилган бўлиб, $T_r=const$ ҳолатида $T_{ур}(0)=T_0$ дан то $T_{ур}(\tau_{ох})=T_{ур,ох}$ гача қиздирилади. Пластина кесимида ҳарорат квадрат парабола кўринишида ўзгаради, шунинг учун:



2.3-расм. Камерални қиздириш ЮХҚ сининг иш ҳолати ҳароратлари.

- реакторнинг нурланиш ҳарорати;
- · — девор ички юзасининг ҳарорати;
- х—х— газ ҳарорати;
- — девор ички юзасининг вақт бўйича ўртача ҳарорати.

$$T_M = T(1, F_0) = T_{yp}(F_0) + \frac{q_{п.м}R}{3 \lambda(T_{yp})}; \quad (2-1)$$

бунда

$$q_{п.м} = \alpha (T_\Gamma - T_M) + \sigma_M (T_\Gamma^2 - T_M^4); \quad (2-2)$$

Бундан ташқари $q(1, \tau) = \frac{2\lambda}{R} \cdot \Delta t = q$ эканини назарда тутсақ,

$\Delta T(\tau_{ох}) \leq \Delta T_{ох}$ шароити учун қуйидагига эга бўламиз:

$$q_{п.м}(\tau_{ох}) = \frac{2\lambda (T_{yp,ох}) \Delta T_{ох}}{R}; \quad (2-3)$$

Келтирилган (2-1) ва (2-2) тенгламаларни ҳисобга олганда ва $q_{п.м}(\tau_{ох})$ маълум бўлганда газ жисмининг илчи ҳароратини аниқлаш учун қуйидаги тенгламага эга бўламиз:

$$q_{п.м}(\tau_{ох}) = \alpha (T_{г} - T_{ур.ох} - \frac{2}{3} \Delta T_{ох}) + \sigma_{м} [T_{г}^4 - (T_{ур.ох} - \frac{2}{3} \Delta T_{ох})^4]; \quad (2-4)$$

бунда: α ва $\sigma_{м}$ - тегишлича $T_{г}$ ва $T_{м}$ ларга, реактор илчи бўшлиғининг ўлчамларига ва ёқилги сарфига боғлиқ бўлган параметрлар.

Бу ерда $\tau_{ох}$ ни топиш учун $T_{ур}$ нинг $T_{о}$ дан то $T_{ур.ох}$ гача ўзгариш интервали i та тенг бўлақларга бўлинади ва уларнинг ҳар бири учун (2-4) тенгламадан $q_{п.м i}$ нинг қиймати аниқланади. Ҳар бир бўлақдаги қиздириш вақти τ_i иссиқлик балансида топилади:

$$q_{п.м i} \tau_i = \rho R \Delta H_i; \quad (2-5)$$

бунда: ΔH_i - берилган бўлақчада материал энтальпиясининг ортиши, ρ бўлақча чегарасидаги ўртача ҳароратлар орқали аниқланади. Умумий вақт $\tau_{ох}$ барча τ_i ларни қўшиш натижасида топилади.

ЮХК нинг деворлари, одатда мураккаб шакли ва кўп қатламли бўлади. Иккинчи даража мураккабликдаги моделлар учун деворлар шаклини чексиз пластина ёки ички радиуси $R_0 = 3V_{и.б}/F_0$ бўлган цилиндрлик ёки сферик юза деб қабул қилиш мумкин (бунда: $V_{и.б}$ ва F_0 - илчи бўшлиқнинг тегишлича ҳажми ва ички юзаси). Девор қатламлари ўртасидаги чегаравий радиуслар тегишли қатламлар учун алоҳида аниқланади. Масалан, биринчи қатлам учун R_1 қуйидаги тенгламадан топилади:

$$V_1 = \frac{2}{3} \pi (R_1^3 - R_0^3);$$

Иккинчи қатламнинг чегараси учун: $V_2 = \frac{2}{3} \pi (R_2^3 - R_1^3)$ ва ҳоказо.

Қурилма деворининг ҳароратини ҳисоблаш учун қуйидаги чегаравий шартларни қабул қиламиз:

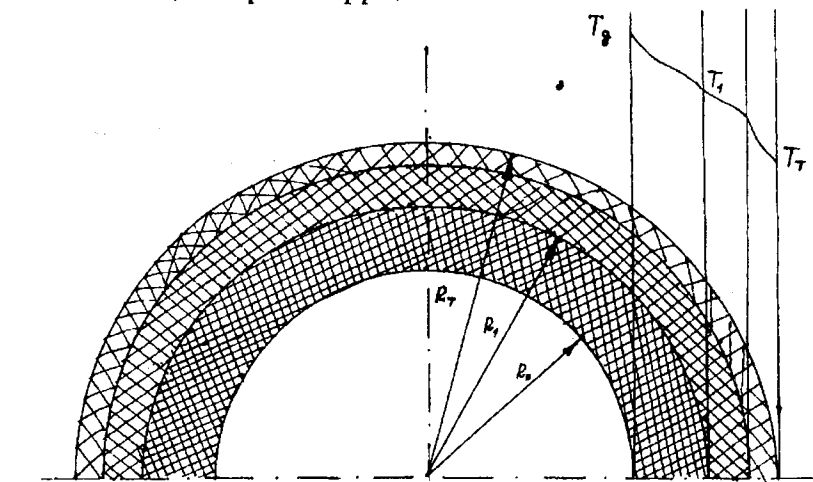
$$t_1 = (x, 0) = t_{a.m} \quad (2-6)$$

$$\alpha = [t(R_{TASH}, \tau) - t_{a.m}] = \lambda_{TASH} \nabla t (R_{TASH}, \tau); \quad (2-7)$$

$$\alpha = [t_{\Gamma} - t(R_0, \tau)] = -\lambda_0 \nabla t (R_0, \tau); \quad (2-8)$$

бунда: $t_{a.m}$ - атроф-мудит ҳарорати;

α - иссиқлик бериш коэффициентини.



2.4-расм. ЮХК деворининг кўп қатламли сферик юза билан апроксимацияси.

Ҳисоблаш натижавий фарқланишларни аниқлаш усулида олиб борилади. Иссиқлик алмашуви коэффициентининг конвектив ташкил қилувчиси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\alpha_K = 0,056 \lambda_{\Gamma} \sqrt{\frac{I R_V}{V_{\Gamma} \nu \cdot \mu}}; \quad (2-9)$$

бунда: λ_{Γ} ν , μ - ёниш маҳсулотларининг иссиқлик-физик параметрлари,

R_{Γ} - газли ҳажмининг умумлаштирилган ўлчами;

I - ишчи бўшлиғига киритилаётган янги ёниш маҳсулотлари оқимининг импульси.

R_r ва V_r нинг қийматлари (хусусан, $R_r = V_r F_2$) реакторнинг ўлчамлари асосида аниқланади. Реакторнинг ўлчамлари эса, ўз навбатида, ЮХҚнинг унумдорлиги ва қиздириш вақти $\tau_{ох}$ бўйича аниқланади. Оқимларнинг импульси ёқилғи сарфи "В" ва ёниш маҳсулотларининг ёқилгидан чиқиб тезлиги асосида аниқланади.

Газ - девор - металл системасидаги нурланишнинг келтирилган коэффициенти В.И.Тимофеев формуласидан аниқланади; унга газ жисмининг нурланиш коэффициенти ϵ_r , деворнинг иссиқликка чидамли қўшамасининг ривожлантирилганлик даражаси - ω [хусусан, $\omega = (\tau_{ох}, T_r)$] киради.

Агар $\tau_6 < \tau < \tau_x$ бўлса, газли ҳажмнинг ҳарорати ЮХҚдан чиқиб кетувчи газларнинг ҳароратига тенг ва ўзгармас деб қабул қилинади. Реакторнинг қизиши давомида $0 < \tau < \tau_6$ бўлса, газлар ҳароратининг ўртача қиймати T_r деворлар томонидан ютилган иссиқлик Q_6 ва деворнинг вақт бўйича ўртача ҳарорати $T_{д6}$ билан белгиланади:

$$Q_6 = \alpha_{к6} (T_r - T_{д6}) F_0 \tau_6 + \sigma_{ГК} (T_r^4 \frac{\epsilon_d}{\epsilon_r} - T_{д6}^4) F_0 \tau_6 ; \quad (2-10)$$

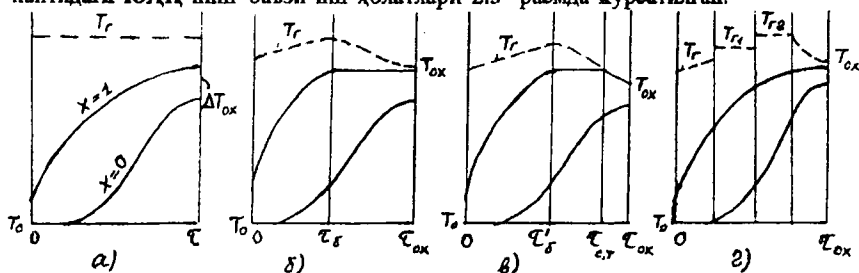
бунда: $\sigma_{ГД} = \sigma_0 \left(\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1}{\epsilon_d} - 1 \right)^{-1}$; бу ерда ϵ_r ва ϵ_d - газларнинг ва деворнинг тегишлича ўртача ҳароратлари T_r ва T_d даги нурланиш коэффицентлари; $\alpha_{к}$ нинг қиймати (2-9) тенгламадан топилади.

2.5. ЮХҚ нинг иш ҳолатини ЭХМ да оптималлаш

Оптималлаш деганда шундай жараён ёки амаллар кетма-кетлиги тушуниладики, улар ёрдамида маълум оптималлик мезонининг оптимумини (максимум ёки минимумини) олиш мумкин бўлади. Металлни қиздиришга мўлжалланган ЮХҚ учун оптималлик мезони сифатида ёқилганинг солиштирма сарфи, металлнинг куйилиш, қиздириш жараёнининг давомийлиги, қиздиришнинг келтирилган харажатлари (иқтисодий кўрсаткичлар) ва бошқаларни қабул қилиш мумкин.

Металлни қиздириш ҳолати деганда металлнинг қиздириладиган юзаси ҳароратининг бошланғич қиймати T_0 дан то берилган охириги қиймати $T_{ох}$ гача маълум вақт давомида $\varphi(\tau)$ ўзгариши тушунилади.

Амалиётда турли ҳолатлар $\varphi(\tau)$ кузатилади. Металлни қиздириш пайтидаги ЮХҚ нинг баъзи иш ҳолатлари 2.5-расмда кўрсатишган.



2.5-расм Қиздириш ЮХҚ ларининг одатдаги иш ҳолатлари.

а - камерали стационар; б - камерали икки поғонали; в - камерали икки поғонали ва совитишли; г - методик (ҳатъий режали) тўрт зонали.

Келтирилган 2.5-расм, “а” да стационар ишлайдиган камерали ЮХҚ лар учун характерли бўлган биринчи синф иш ҳолатлари кўрсатилган. $\varphi(\tau)$ чизикларининг кўриниши жисмнинг иссиқлик ситдирувчанлигига, конвектив ва нурланиш йўли билан иссиқлик бериш жадаллигига, ҳароратга қараб жисмнинг иссиқлик-физик хоссаларининг ўзгаришига ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади. Аммо барча $\varphi(\tau)$ эгри чизиклари учун умумий бўлган жиҳат шундан иборатки, τ нинг ортиши билан жисмнинг ҳарорати газ жисмининг ҳарорати T_r га асимптотик равишда яқинлашиб боради. Бундан ташқари $\tau = 0$ бўлган пайтда жисм ҳарорати ўсишининг тезлиги жуда юқори бўлади. Амалда T_r қийматини кўтариш ва пасайтириш йўли билан қиздириш вақтини ёки қиздириш сифатини ўзгартириш мумкин. Қиздириш сифати реактордан чиқаётган тайёр маҳсулот кесимидаги ҳароратлар фарқининг максимал қиймати $\Delta T_{ох}$ билан белгиланади. Аммо $\Delta T_{ох}$ ва $\tau_{ох}$ мустақил ўзгарувчилар кўринишида эмас, балки $\Delta T_{ох}(\tau_{ох})$ боғлиқлик кўринишида берилади.

Иш ҳолатларининг иккинчи синфи вақт давомида ҳарорати ўзгарадиган $T_r(\tau)$ камерали ЮХҚ лар учун хосдир. Уларда, одатда, икки поғонали иш ҳолатлари (2.5-расм, б) амалга оширилади. Биринчи поғона (босқич)да реактор ёқилчлари тўла қувватда ишлайди ва қиздириладиган

жисм юзасининг ҳарорати T_{Ox} га етганда - иккинчи поғона (босқич) бошланади, унда юза ҳарорати T_{Ox} ўзгармас ҳолда сақлаб турилади. Сақлаб туриш босқичининг давомийлиги τ_{CT} берилган сифат параметри ΔT_{Ox} билан белгиланади. Бу икки поғонали иш ҳолатида $\tau_{Ox} = \tau_b + \tau_{CT}$ ва ΔT_{Ox} параметрлари мустақил ўзгарувчилар сифатида берилиши мумкин, аммо бу пайтда $\tau_{Ox} > \tau_{CT}$ шарт бажарилиши лозим.

Агар технология бўйича қуйумнинг юзаси вақтинчалик δT_{Ox} қийматга ўта қизитиладиган бўлса (2.5-расм., в), у ҳолда биринчи босқични қуйум юзасининг ҳарорати $T_{Ox} + \delta T_{Ox}$ га етиши таъминланадиган τ_b вақт билан чеклаб қуйилиши мақсадга мувофиқ бўлади. Иккинчи босқич давомида эса, ёқигичлар қувватини ростлаш йўли билан $T_{Ox} + \delta T_{Ox}$ қийматни ўзгармас ҳолда сақлаш ва қуйумни ЮХК дан бир оз вақт τ_{CT} ўтказиб чиқариш мумкин бўлади. Қуйум ташқарига чиқарилигандан кейин унинг юзаси талаб қилинган ҳарорат T_{Ox} гача тез (τ_0 вақтда) совийди ва бу пайтга келиб қуйум кесимидаги ҳароратнинг оғиши ΔT_{Ox} қийматдан ортмайди, шунинг учун қиздиришнинг талаб қилинган сифати таъминланади. Бу ҳолатдаги йиғинди вақт $\tau'_{Ox} + \tau'_{CT} + \tau_0$ оддий иш ҳолатидаги $\tau_b + \tau_{CT}$ йиғиндидан кичик бўлади ва шунга кўра совитишли икки поғонали иш ҳолати афзалроқ бўлиши мумкин. Бунда τ_0 нинг қиймати δT_{Ox} билан белгиланади. Иш ҳолатини оптималлаш пайтида бу параметрни иш ҳолатининг ўзгартириладиган параметри деб қаралиши лозим.

Учинчи синфга методик печлардаги қиздириш ҳолатларини киритиш мумкин (2.5-расм, г).

Классик талқин бўйича печнинг бундай иш ҳолатлари металнинг методик, иккита пайвандланиш ва қизиб тобланиш қисмларидан ўтишини ўз ичига олади. Методик зонада металл қизиган газларнинг ўзгарувчан ҳароратида қиздирилади. Пайвандланиш қисмларида баъзи характерли ва ўзгармас ҳароратлар $T_{Г1}$ и $T_{Г2}$ ўрнатилади.

Методик печнинг қизитиб тоблаш қисмида одатда $T_{Ox} = \text{const}$ шароити сақланади. ЭХМ дан фойдаланиш печнинг қизитиб тоблаш ва пайвандланиш қисмларидаги ёқилги сарфини чегаравий шартлар сифатида қабул қилиш ва метални қиздириш жараёнининг бошидан охиригача характерли узлуксиз қонун $\Phi(\tau)$ амал қилишини таъминлайди.

Аввал таъкидланганидек, оптималлашнинг турли мезонларини танлаш мумкин. Масалан, оптималлаш мезони сифатида метални то охириги

харорат T_{Ox} гача қиздириш учун сарфланадиган минимал вақт қабул қилиниши мумкин. Бу иш ҳолати катта ёқилғи сарфи билан амалга оширилиши мумкин. Бошқа ҳолларда оптималлашнинг мезони қилиб ёқилғининг минимал сарфи ва металлнинг минимал куйиши қабул қилинади. “Аниқ” иш ҳолатлари маълум, уларда металл массаси учун берилган ўртача хароратга нисбатан металл ҳесимидаги хароратнинг оғиши минимал қийматда бўлади. ЮХҚнинг иш ҳолати билан ёқилғининг сарфи, металлнинг куйиши ва қурилма унумдорлиги ўртасидаги боғлиқликни ҳисобга олувчи универсал мезон - келтирилган харажатлардир.

Оптималлашдан мақсад - оптималлашнинг қабул қилинган мезонини минимумлаштирувчи функционал $\varphi(\tau)$ ни топишдан иборат. Кўрилатган масаланинг хусусиятларига қараб бу функционални ҳисоблашнинг классик вариацион усуллари билан ёки Л.С.Понтрягин таклиф қилган максимумлик принципи ёрдамида аниқлаш мумкин. Аммо масаланинг аналитик ечимини фақат жуда оддий ҳоллардагина топиш мумкин. Шунинг учун амалий масалаларнинг оптимал ечимини сонли усуллар асосида топилади.

Оптималлашнинг энг самарали усулларидан бири - тўғри усулдир; унда функционал $\varphi(\tau)$ кетма-кет яхшиланиши (аниқлашиши) нинг интерацион жараёни амалга оширилади. Қиздиришнинг оптимал ҳолатини топиш учун $\varphi(\tau)$ ни ўзгартириш йўли билан оптималлаш мезонининг глобал (кенг қамравли) экстремуми аниқланади.

2.6- расмда ЮХҚ нинг айрим иш ҳолатларида хароратнинг вақтга боғлиқлиги келтирилган.

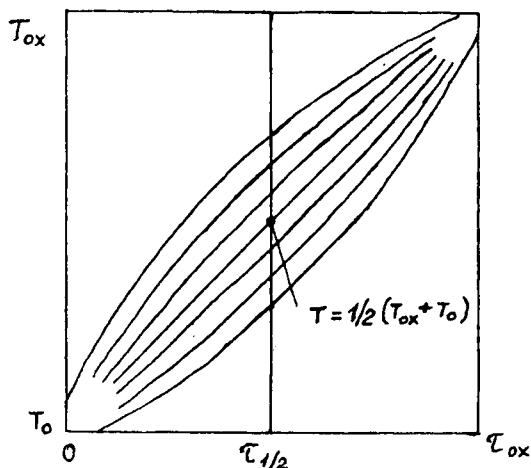
$\varphi(\tau)$ нинг ўзгариш қонунияти хуйидаги эгри чизикли тенглик билан ифодаланиши мумкин:

$$\varphi(\tau) = T_0 + \sigma_1 \tau + \sigma_2 \tau^2; \quad (2-11)$$

бунда: $\sigma_1 = \sigma_2 \tau_{Ox} + (T_{Ox} - T_0) / \tau_{Ox}$ бўлади - иккинчи коэффициент (σ_2) нинг қиймати вақт $\tau_{Ox}/2$ бўлганда юзанинг берилган харорати асосида аниқланади. Масалан, $T = 0,5 (T_{Ox} + T_0)$ бўлса, $\sigma_2 = 0$ бўлади. Вақт $\tau_{Ox}/2$ бўлган пайтда хароратни маълум қийматга ошириб ёки камайтириб, σ_2 коэффициенти орқали қурилманинг иш ҳолати (2-11) ни ўзгартириш мумкин.

Бир маромдаги қиздириш ҳолатлари учун (2-11) ни аппроксимация қилиш мумкин. Умумий ҳолда ифодани учинчи даражали полином билан аппроксимация қилиш лозим. Бу пайтда $\tau_{Ox}/3$ ва $2\tau_{Ox}/3$ вақтларга тўғри

келувчи иккита ҳарорат ўзгартирилади, бу эса вариантлар сонини ва ЭХМ да сарфланадиган вақтни кескин орттиради.



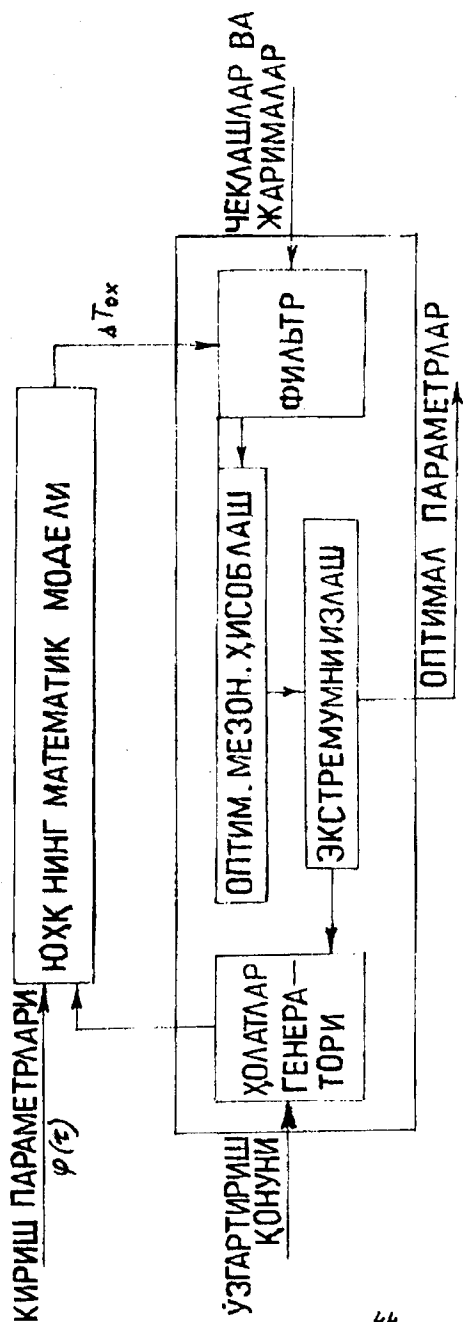
2.6- расм. ЮХҚ да ҳароратнинг вақтга боғлиқлик графиги.

Вақтни тежаш учун ўзгартиришлар тартибини тажрибани режалаштириш назарияси асосида белгилаш мақсадга мувофиқ бўлади.

2.7- расмда ЮХҚ нинг иш ҳолатини оптималлаш моделининг схемаси келтирилган. Оптималлаш модели ЮХҚнинг математик модели ва оптималлаш блокдан иборат. Оптималлашнинг кириш параметрлари (унумдорлик, ёқилғи, хом ашё, қиздириш сифати бўйича шартлар, ёқгичлар қуввати ва бошқалар) одатда ўзгартирилмайди, чунки улар ишлаб чиқариш технологияси томонидан қатъий белгиланган ёки ЮХҚ схемасини оптималлаш давомида олинган бўлади. Оптималлаш мезонининг экстремумига жавоб берувчи чиқиш параметрлари ва шунингдек, ёқилғи сарфи B , металлнинг куйиши, қиздиришнинг кесим бўйича нотекислиги ΔT_{ox} технологик карталарни ишлаб чиқиш учун аҳамиятга эга; улардан ЮХҚ ишини қўл билан ёки автоматик бошқариш пайтида фойдаланиш мумкин.

2.6. ЮХҚ ни автоматлаштирилган лойиҳалаш тизими (АЛОТ)

XX асрнинг 60 инчи йилларида муҳандислик ижодиётида янги тушунча - автоматик лойиҳалаш тизими - (АЛОТ) пайдо бўлди. Энг аввал у радио электрон саноатида, кейинчалик компьютер техникасида, авиацияда,



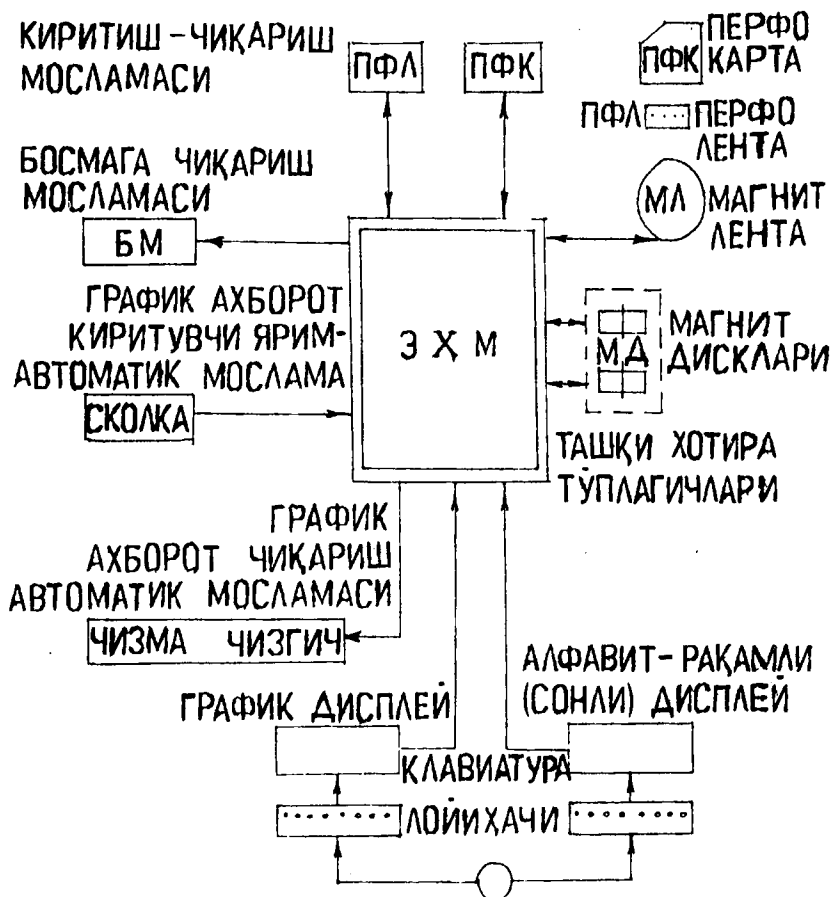
2.7-расм. ЮХҚ ИШ ҲОЛАТИНИ ОПТИМАЛЛАШ СХЕМАСИ

қурилиш ва автомобилсозликда қўлланила бошланди. АЛОТ тушунчасининг маъноси нима ва у замонавий илмий - техник инқилобда қандай ўрин тутади?

Таърифланиши бўйича АЛОТ ташкилий-техник система бўлиб, лойиҳалашни автоматлаштириш воситалари мажмудан иборат. АЛОТ ни яратилган мақсад лойиҳалаштириладиган объектларнинг сифатини, техник-иктисодий даражасини ва меҳнат унумдорлигини ошириш, лойиҳалаш муддатини, қийматини ва меҳнат сарфини камайтиришдир. АЛОТ нинг асосий вазифаси объектни лойиҳалашнинг барча босқичларида автоматик лойиҳалашни бажаришдан иборат. Шунинг учун АЛОТ анъанавий лойиҳалаш жараёнини тубдан ўзгартиради. Лойиҳачининг ишчи ўрни сифат жиҳатдан юксак даражага кўтарилади (2.8- расм).

Автоматлаштирилган ишчи жойлари уларни бошқариш учун махсус билгим ва қўникмаларга эга бўлишни талаб қилади. Бу талаблар бутун ташкилот кўламида лойиҳалаш технологиясини ўзгартиришни тақозо этади. Натижада лойиҳалаш меҳнатининг унумдорлиги анъанавий лойиҳалаш усуллариغا нисбатан 2-5 марта ортади. Демак, мураккаб қурилма ёки системани 1-3 йил давомида лойиҳалаш ўрнига уни 0,5-1,0 йилда тугаллаш мумкин. Бу ҳол фан ва техниканинг жадаллик билан ривожланаётган даврида жуда муҳимдир. Аммо техник тараққиётга АЛОТ нинг таъсири фақат лойиҳалаш пайтидаги меҳнат унумдорлигини ошириш билан чекланиб қолмайди. АЛОТ нинг ишлашини таъминловчи системалар лойиҳалаштириладиган қурилма қисмлари конструкцияларининг фақат чизмаларини берибгина қолмай, балки рақамли бошқариш дастурига эга бўлган дастгоҳ (станок) лар учун перфоленталарни ҳам тайёрлаб беради. Бу дастгоҳлар автоматлаштирилган ишлаб чиқариш тизими (АИТ) нинг асосини ташкил қилади. АЛОТ/АИТ нинг ягона мажмуи яратилганда саноатнинг тегишли соҳасидаги ишлаб чиқариш даражаси янги, янада юқори поғонага кўтарилади.

Ҳозирги пайтда айрим соҳаларда, масалан, радиотехника ва авиацияда, қўлланиладиган АЛОТлар йирик системанинг айрим қисмлари даражасида ишлатилмоқда. Энергетикада автоматлаштирилган лойиҳалаш тизими яратилгандан кейин бу соҳада меҳнат унумдорлигининг кескин ўсишини кузатиш мумкин бўлади.



2.8-расм. Машинасознинг автоматлаштирилган ишчи жойи (АИЖ) нинг таркиби.

2.7. ЮХҚ АЛЮТ нинг таркиби ва тузилиши.

ЮХҚ лар бир-биридан технологик схемалари, конструкциялари, жойлаштирилиши ва иш ҳолатларининг параметрлари билан кескин фарқ қиладилар. ЮХҚ нинг ҳар бир тури одатда фақат ўзига хос бўлган хусусиятга эга. Лойиҳалаш амалиётида барча ЮХҚлар учун намунавий

бўлган ечимлар мавжуд эмас, аммо қуришманинг айрим қисмларини лойиҳалашда амалий синовдан ўтган намунавий ечимлардан фойдаланилади.

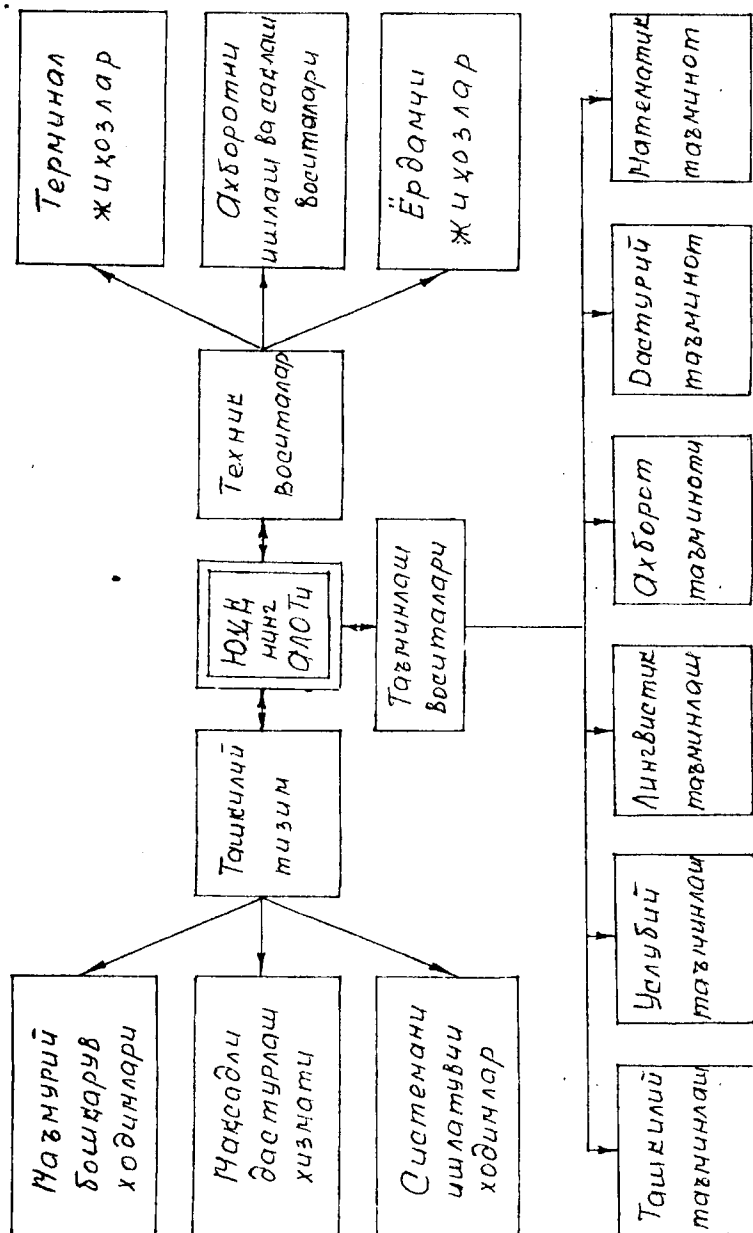
ЮХҚ нинг автоматлаштирилган лойиҳалаш тизими бу қуришманинг барча хусусий томонларини ҳисобга олувчи умумий кўринишда ишлаб чиқилган бўлиши керак. Шу муносабат билан ЮХҚ тўла АЛОТнинг умумий тузилиш схемаси 2.9-расмда келтирилган кўринишга эга бўлиши мумкин. АЛОТ нинг бундай тузилиши ҳар қандай йирик қурилма ёки системани лойиҳалаш учун ҳосдир.

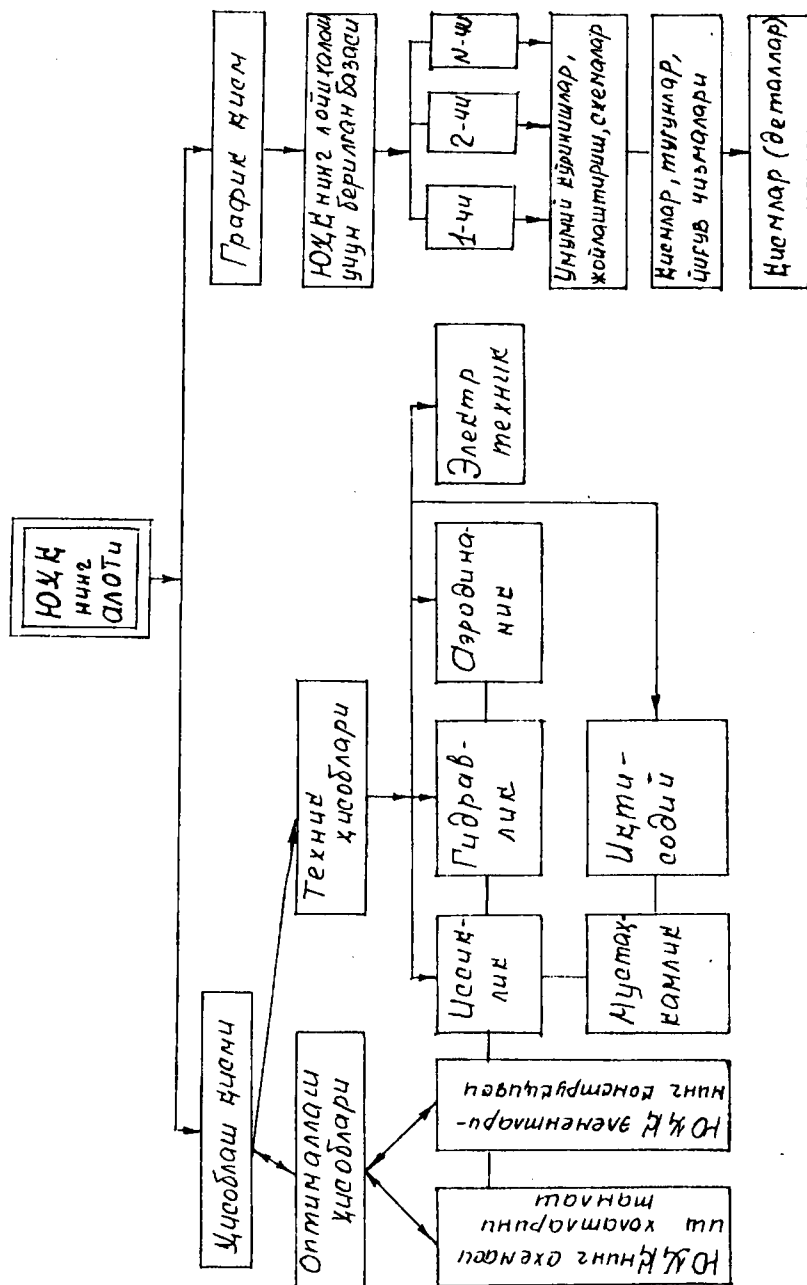
Келтирилган 2.9- расмдан кўринадики, ЮХҚ АЛОТнинг таркибига турли таъминлаш тизимлари киради. Улар қаторида ташкилий, техник, услубий, лингвистик, ахборот, дастурий ва математик тизимлар бор. Тузилиш таркибида асосий ишловчи ходимларнинг ва автоматлаштирилган лойиҳалаш тизимини яратиш ва ривожлантириш хизмати ходимларининг сони назарда тутилган бўлиши лозим.

ЮХҚ АЛОТнинг юқорида келтирилган тузилиши алоҳида таркибий қисмларнинг оддий тўплами эмас, балки бутун системанинг самарали ишлашини таъминловчи ўзаро боғланган кичик махсус системаларнинг ягона мажмуидан иборат. Турли таркибий қисмлар ўртасидаги горизонтал боғланишлар буни тасдиқлайди.

ЮХҚ нинг АЛОТн турли таркибий қисмлардан иборат бўлиб, (2.10-расм), уларни икки гуруҳга бўлиш мумкин: ҳисоблаш қисмлари ва чизма қисмлари. Чизма (график) қисмлар меъёрий ҳужжатлар асосида барча турдаги лойиҳалаш ишларини бажаришга мўлжалланган. Бу билан лойиҳалаш пайтидаги иш унумдорлигини ошириш таъминланади. Улар биринчи гада лойиҳа ҳужжатларини тайёрлаш муддатларини қисқартиришга қаратилган бўлиб, ишлар кам меҳнат сарф қилинган ҳолда ва юқори сифатли қилиб бажарилади. ЮХҚ нинг АЛОТда бундай таркибий қисмларнинг сони бир неча ўндан ортиқ бўлиши мумкин, уларнинг ҳар бири муайян конструкция ва системани лойиҳалашга мўлжалланган.

ЮХҚ нинг АЛОТн таркибига қуйидагилар киради: қурилма реакторини, материални киритиш ва чиқариш тизимларини, регенератив ва рекуператив қурилмаларни, газ йўлларини, қурилиш конструкцияларини, ёрдамчи жиҳозларни ва ЮХҚ га хизмат кўрсатувчи турли тизимлар (ёқилғи, ҳаво, газ ва сув таъминоти)ни лойиҳалаш қисмлари. Уларнинг сони ЮХҚ нинг мураккаблигига қараб ўзгариши мумкин. Одатда ЮХҚ тўла





2.10-рәсм. ЮХК АЛОТ ИНИНГ ТАРКИБИ

АЛОТнинг 10-20% ини ҳисоблаш қисмлари ташкил қилади. Бу қисмини бажариш учун график қисмдагига нисбатан кўпроқ меҳнат сарфланади.

2.8. АЛОТ ишлашини таъминловчи тизимлар.

ЮХҚнинг АЛОТн муваффақиятли ишлаши учун таъминлаш тизимларининг ягона мажмуини яратиш лозим. У юқори ҳароратли қурилмаларни лойиҳалаш амалиётига АЛОТни қўллашни осонлаштиради. Бу тизимлар умумий кўринишда 2.9-расмда келтирилган. Улар ичидаги дастурий ва математик таъминлаш тизимлари асосийлар қаторига киради. Дастурий таъминлаш одатда уч турга бўлинади: системали, муаммоли ва хизмат кўрсатишни таъминлаш. Системали дастурлаш АЛОТ воситалари мажмуининг ишлашини ташкил қилиш учун мўлжалланган. У лойиҳаловчинини махсус мақсадни соҳа дастурлари билан таъминлайди. Улар амалий дастурлар тўшлами (АДТ) кўринишда яратилган бўлиши ва муайян масалаларни ҳал қилиши, масалан, регенератив ҳаво қиздиригичининг қисмлари чизмасини чизиб бериши ёки металл буюмлар қизитилган пайтдаги иссиқлик ҳисобини бажариб бериши керак. Хизмат кўрсатиш дастури системали ва муаммоли дастурлашга хизмат кўрсатиш учун мўлжалланган. У системага хизмат кўрсатишни қулайлаштиради ва осонлаштиради. Унинг ёрдамида, масалан, бошқа турдаги ЭХМ да ишлаш учун фойдаланиладиган тегишли ахборотни тайёрлаш мумкин (перфо- ва магнит тасмаларини қайта ёзиш, қайта кодлаш ва ҳоказо).

Математик таъминлаш технологик қурилмаларнинг махсус математик моделларига ва шунингдек, технологик жараёнларни бошқариш учун мўлжалланган функционал моделларга таянади. Лойиҳалаштирилаётган қурилмаларни системали таҳлил қилиш учун ва тегишли дастур алгоритмларини ишлаб чиқиш учун зарур бўлган барча математик усуллар шулар жумласига киради.

Аҳамияти бўйича кейинги ўринда таъминлашнинг техник воситалари туради. Уларга ЭХМлар, термик мосламалар, алоқа асбоблари, ахборотни акс эттирувчи ва хужжатлаштирувчи воситалар киради. Техник воситаларнинг рўйхати доимо кенгайиб, ўзгариб туради. Системани ташкилий ва услубий жиҳатдан таъминлаш тегишли хужжатлар билан белгиланади; уларда АЛОТ воситаларининг таркиби, танлашни тартиби ва

ишлатилиши акс эттирилади. Таъминлаш воситалари АЛОТ дан фойдаланувчиларни ўқув ва услубий адабиётлар билан таъминлайди, лойиҳачиларнинг техник малакасини ошириш бўйича тегишли чоратadbирларни амалга оширади.

ЮХҚ АЛОТ ини ахборот билан таъминлашни ташкил қилишга алоҳида талаблар қўйилади. ЮХҚ ни лойиҳалаш учун қуйидаги маълумотлар зарур: меъёрий ва технологик ахборот, топшириқларни ифодалаш ва системани бошқариш тилларининг луғати, лойиҳалаш объекти ҳақидаги ахборотлар тўплами, мамлакатимизда ва хорижда ишлатилаётган жиҳозларнинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари ҳақидаги маълумотлар.

Лингвистик таъминлаш лойиҳалаш тилларининг мажмуидан иборат, уларга махсус атама ва таърифлар ҳам кириди. Асосан уч хил тил фарқ қилинади: дастурлаш тили, лойиҳаланадиган объект баён қилинадиган тил ва лойиҳалаш жараёни бошқариладиган тил. Махсус ишлаб чиқилган муаммоли-йўналтирилган тилдан фойдаланиб, ҳар қандай қурилмани ёки ҳар қандай қисм чизмасини кодлаш (шартли белгилар билан ёзиш) мумкин.

АЛОТ нинг таъминлаш тизимларини яратиш тегишли соҳа учун жуда катта муаммо ҳисобланади, уни амалга ошириш учун мутахассис-лойиҳачилар ва мутахассис-программачи (дастурловчи)лар кучини бириктириш лозим.

2.9. АЛОТни яратиш ва ривожлантириш босқичлари.

АЛОТ тизимини яратиш биринчи галда лойиҳалаш учун кўп миқдорда капитал маблағ ва вақт сарфланадиган қурилмалар учун режалаштирилиши лозим. Юқори ҳароратли қурилма (ЮХҚ)лар шулар қаторига кириди. АЛОТни ишлаб чиқиш жуда қimmatга тушибди мумкин, ammo лойиҳалаш пайтида у берадиган афзалликлар барча ҳаражатларни 3-5 йил давомида тўла қоплайди.

АЛОТ ривожланишининг учта даражасини фарқлайди:

а) кичик моделлар пакети ёрдамида айрим масалаларни ечиш

б) ЭХМ ёрдамида махсус четки мосламалардан ва берилган катталиклар тўпламидан фойдаланиб ва шунингдек, лойиҳалаш жараёнини ва тегишли чизмаларни акс эттирувчи мосламаларни бошқариш воситаларидан фойдаланган ҳолда йирик лойиҳалаш ишларини бажариш (2.11-расм)

в) лойиҳалаш жараёнини тўла автоматлаштириш, АЛОТ билан бошқа автоматлаштирилган тизимлар ўртасидаги ўзаро боғлиқлик, системани ривожлантириш ва уни лойиҳалаштирилаётган объектга мослаштириш имкониятлари, система бир пайтнинг ўзида кўп кишилар томонидан ишлатилганда тегишли сўзлашув иш ҳолатларини ташкил қилиш (2.12-расм).

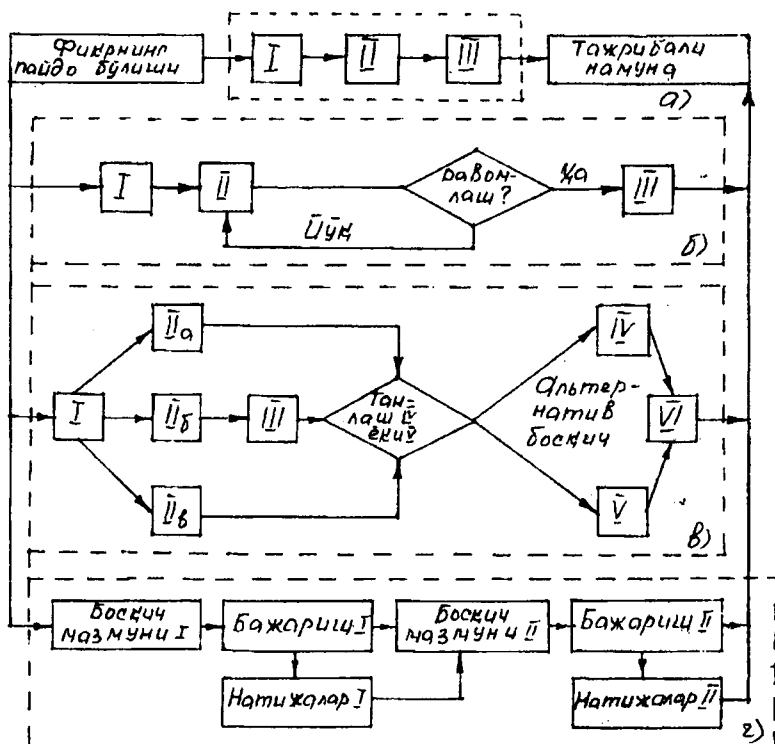
ЮХҚнинг АЛОТни яратиш ва ривожлантириш пайтида бир қатор тамойилларга риоя қилиш лозим. Улардан энг муҳими - системанинг бирлиги тамойили (принципи)дир, яъни айрим кичик системалар ўртасидаги алоқалар бутун системанинг яхлитлигини таъминлаши зарур. Ва яна муҳим аҳамиятга эга бўлгани - функционал тўлиқлик принциpidир, яъни лойиҳалаш ишларининг барча функцияларини аста-секин компьютерли асосга ўтказиш. Аҳамияти бўйича кейинги ўринларда уланиш (қўшилиш) ва ривожланиш тамойиллари туради.

Келажақда ЮХҚнинг АЛОТи янада умумий бўлган АЛОТ (масалан, қайта тикланган иссиқликдан фойдаланувчи иссиқлик таъминоти тизими) таркибига киритилади, демак, уни шундай тузиш керакки, унда барча таъминлаш турларини кучайтириш ва такомиллаштириш (ёки янгилаш) ҳамда АЛОТнинг энг юқори ва қуйи автоматлаштирилган тизимлари билан ўзаро алоқаси таъминланиши лозим.

АЛОТнинг ривожланиши энг оддий кичик системалардан то мураккаб системаларгача интилиш схемаси бўйича амалга оширилади. Шунинг учун ЮХҚ АЛОТининг таркибий қисмлари ва кичик системаларини такомиллаштириш ва янгилаш пайтида юқорида келтирилган тамойилларга риоя қилиш шарт.

Лойиҳалаш ишининг келажаги автоматлаштирилган тизимларга боғлиқ. Бу келажақни фақат технолог, лойиҳачи ва АЛОТ соҳаси бўйича махсус тайёргарликдан ўтган дастурчи (программачи)ларнинг биргаликда қилган маҳнати натижасида яқинлаштириш мумкин.

ЛОЙИҲАЛАШ БОСҚИЧЛАРИ



2.11-расм. ЛОЙИҲАЛАШ СТРАТЕГИЯСИ КҮРИНИШЛАРИ

а) ЧИЗИҚЛИ; б) ТАКРОРЛАНУВЧИ; в) ТАРМОҚЛАНУВЧИ;
г) АКС ЭТТИРУВЧИ



2.12-расм. ЛОЙИҲАЛОВЧИ БЎЛИМ ТАРКИБИ

2.40 Масалалар

1-Масала. Мартен печидан чиқиб кетувчи ёниш маҳсулотларининг физик иссиқлигидан фойдаланиш натижасида ёқилғининг тежалиши аниқлансин. Печнинг унумдорлиги $G=40$ т/соат; йил давомида ишлаш соатларининг сони $\tau = 8200$ соат; ёқилғи - табиий газ, унинг ҳажмий таркиби қуйидагича: $\text{CH}_4 = 95,7\%$; $\text{C}_2\text{H}_4 = 2,85\%$; $\text{CO}_2 = 0,1\%$; $\text{N}_2 = 1,85\%$; газнинг солиштирма сарфи $B=115$ м³/т пўлат; ёниш маҳсулотларининг регенераторлардан кейинги ҳарорати $t_p=1073^\circ\text{C}$; утилизатор (буғ генератори) дан кейинги ҳарорати - $t_y=473^\circ\text{C}$; кислороднинг сарфи $V_{\text{O}_2}=40$ м³/т.

Ёниш маҳсулотларининг регенератордан кейинги ва $\alpha=1,6$ шароитидаги таркиби:

$$V_{\text{O}_2} = 172,8; V_{\text{H}_2\text{O}}=264,8; V_{\text{CO}_2}=173; V_{\text{N}_2}=1252.$$

Ёниш маҳсулотларининг буғ генераторидан кейинги ва $\alpha=1,8$ шароитидаги таркиби:

$$V_{\text{O}_2} = 172,8; V_{\text{H}_2\text{O}}=266,0; V_{\text{CO}_2}=183; V_{\text{N}_2}=1840.$$

Ечиш. Ёниш маҳсулотларининг энтальпиясини аниқлаймиз:

$$I = (V_{\text{Ro}_2} \cdot C_{\text{Ro}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{CO}_2} \cdot C_{\text{CO}_2} + V_{\text{N}_2} \cdot C_{\text{N}_2}) \cdot (T-273);$$

Ёниш маҳсулотларининг регенератордан кейинги энтальпияси:

$$I_{\text{pT}} = (172,8 \cdot 2,13 + 264,8 \cdot 1,67 + 1,73 \cdot 1,45 + 1252 \cdot 1,37) \cdot (1073 - 273) = 2,22 \text{ ГЖоул/т. пўлат.}$$

Ёниш маҳсулотларининг буғ генератори (утилизатор)дан кейинги энтальпияси:

$$I_y = (172,8 \cdot 1,78 + 266,9 \cdot 1,52 + 183 \cdot 1,33 + 1840 \cdot 1,3) \cdot (473 - 273) \cdot 10^6 = 0,675 \text{ ГЖоул/т. пўлат.}$$

Чиқиб кетувчи ёниш маҳсулотларининг йиллик иссиқлиги:

$$G \cdot \tau \cdot I_{\text{pT}} = 40 \cdot 8200 \cdot 2,22 = 728 \cdot 10^3 \text{ ГЖоул/йил.}$$

Буғ генератори (утилизатори)да ёниш маҳсулотлари ҳисобига ишлаб чиқарилиши мумкин бўлган иссиқлик миқдори:

$$Q_{\text{и}} = G \cdot \tau \cdot I_{\text{pT}} (i_1 - i_2) \beta (1 - \xi) \cdot 10^3, \text{ ГЖоул/йил.}$$

бунда : β - иссиқлик манбаи ва утилизатор иш ҳолатлари ва иш соатларининг ўзаро мос келмаслигини ҳисобга олувчи коэффициент, $\beta=0,7$;

ξ - атроф-муҳитга йўқотилаётган иссиқликни ҳисобга олувчи коэффициент, $\xi=0,15$.

$$Q_{\text{и}} = 728 \cdot 10^3 (2,22 - 0,675) \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 672,5 \cdot 10^3 \text{ Гжоул/йил.}$$

Тежалган шартли ёқилғи:

$$0,0342$$

$$B_{\text{теж}} = \frac{\quad}{\eta_{\text{уб}}} \cdot Q_{\text{и}} ;$$

$$\eta_{\text{уб}}$$

бунда: $\eta_{\text{уб}}$ - ўрни босиладиган энергетик қурилманинг ёқилғи иссиқлигидан фойдаланиш коэффициенти, $\eta_{\text{уб}} = 0,8$.

$$0,0342$$

$$B_{\text{теж}} = \frac{\quad}{0,8} \cdot 672,5 \cdot 10^3 = 28748 \text{ т.}$$

2-Масала. Газ билан тўлдирилган печнинг таг қисмида металл қиздирилади. Печ таг қисми ўлчамлари $1 \times 1,5$ м; унинг 90% қисми қоралик даражаси $\epsilon_{\text{м}} = 0,8$ бўлган металл билан банд. Металлдан печнинг тепа қисмигача бўлган баландлик 0,95 м. Газнинг таркибида 18% CO_2 ва 12% H_2O мавжуд, унинг ҳарорати 1200°C . Металл ҳарорати 800°C бўлганда газ ва девор қопламасидан металлга нурланиш оқимининг зичлиги аниқлансин.

Ечилиш. 1. Нурнинг эффектив узунлиги: $S_{\text{эф}} = 3,6 \text{ В/}\Sigma F$

бу ерда: V- газнинг ҳажми; ΣF - уни чегараловчи юзалар йиғиндиси.

$$1 \cdot 1,5 \cdot 0,95$$

$$S_{\text{эф}} = 3,6 \frac{\quad}{\quad} = 0,526 \text{ , м.}$$

$$2 [(1 + 1,5)0,95 + 1 \cdot 1,5]$$

Қуйидаги катталикларни ҳисоблаймиз:

$$P_{\text{CO}_2} \cdot S_{\text{эф}} = 18 \cdot 0,526 = 9,47 \text{ кПа}\cdot\text{м;}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot S_{\text{эф}} = 12 \cdot 0,526 = 6,31 \text{ кПа}\cdot\text{м}$$

Бу берилганлар асосида номограммадан қуйидагиларни топамиз:

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 0,095; \quad \epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,075; \quad \eta = 1,08.$$

Газнинг қоралик даражасини ҳисоблаймиз:

$$\epsilon_{\text{Г}} = 0,095 + 1,08 \cdot 0,075 = 0,17$$

2. Девор - металл учун бурчак коэффициенти:

$$\varphi_{км} = \frac{F_M}{F_K} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 1,5}{2(1 + 1,5) 0,95 + 1 \cdot 1,5} = 0,216$$

3. Нурланиш оқими:

$$Q_{r1} = \epsilon_r \epsilon_1 \frac{\varphi_{21} (1 + \epsilon_r) + 1}{\varphi_{21} (1 - \epsilon_r) [\epsilon_1 + \epsilon_r (1 - \epsilon_1)] + \epsilon_r} \cdot \sigma_0 F_1 (T_r^4 - T_1^4);$$

Бу ифодага биноан газ ва девордан металлга нурланишнинг келтирилган коэффициентни қуйидагига тенг:

$$\sigma_{гдм} = \frac{0,17 \cdot 0,8 [0,216 (1 - 0,17) + 1] \cdot 5,7 \cdot 10^{-8}}{0,216(1 - 0,17) [0,8 + 0,17(1 - 0,8)] + 0,17} = 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$$

Металлга нурланиш оқимининг зичлиги:

$$q_M = \frac{Q_M}{F_M} = 3,1 \cdot 10^{-8} (1473^4 - 1073^4) = 104847 \text{ Вт/м}^2$$

1-Масалани ЭХМда ечиш программаси

```
uses printer;
var
  G, Tau, T, Tp, VRO2, VH2O, VO2, VN2, VVRO2, VVH2O, VVO2, VVN2, Ip, I,
  Q, PPP, BETA, B, KPDz: real;
begin
  writeln('      B E R I L G A N L A R : ');
  writeln(lst, '      B E R I L G A N L A R : ');
  writeln;
  writeln(lst);
  write('Pechning unumdorligini kiriting, tonna/soat, G = ');
  readln(G);
  write(lst, 'Pechning unumdorligini kiriting: G = ');
  writeln(lst, G:3:2, 'tonna/soat');
  write('Pech yil davomida ishlash soatlarining sonini kiriting: Ty = ');
  readln(Tau);
  writeln(lst, 'Pech yil davomida ishlash soatlarining sonini ');
  writeln(lst, 'kiriting: Ty = ', Tau:5:2, 'soat');
  writeln('Yonish mahsulotlarining regeneratordan keyingi ');
  write('haroratini kiriting, gradus C, T = ');
  readln(T);
  writeln(lst, 'Yonish mahsulotlarining regeneratordan keyingi ');
  writeln(lst, 'haroratini kiriting: T = ', T:4:2, 'gradus C');
  writeln('Yonish mahsulotlarining utilizatordan keyingi ');
  write('haroratini kiriting, gradus C, Tp = ');
  readln(Tp);
  writeln(lst, 'Yonish mahsulotlarining utilizatordan keyingi ');
  writeln(lst, 'haroratini kiriting: Tp = ', Tp:4:2, 'gradus C');
  writeln;
  writeln(lst);
  writeln('      Yonish mahsulotlarining regeneratordan keyingi ');
  writeln('      ALFA=1,6 bulgandagi tarkibini kiriting: ');
  writeln(lst, '      Yonish mahsulotlarining regeneratordan keyingi ');
  writeln(lst, '      ALFA=1,6 bulgandagi tarkibini kiriting: ');
  write('VRO2 = ');
  readln(VRO2);
  writeln(lst, 'VRO2 = ', VRO2:4:1);
  write('VH2O = ');
  readln(VH2O);
  writeln(lst, 'VH2O = ', VH2O:4:1);
  write('VO2 = ');
  readln(VO2);
```

```

writeln(lst,'VO2 =',VO2:4:1);
write ('VN2 = ');
readln(VN2);
writeln(lst,'VN2 =',VN2:4:1);
writeln;
writeln(lst);
writeln('    Yonish mahsulotlarining parogeneratoridan keyingi ');
writeln('    ALFA=1,8 bo'lgandagi tarkibini kiriting: ');
writeln(lst,'    Yonish mahsulotlarining parogeneratoridan keyingi ');
writeln(lst,'    ALFA=1,8 bo'lgandagi tarkibini kiriting: ');
write ('VRO2 = ');
readln(VVRO2);
writeln(lst,'VRO2 =',VVRO2:4:1);
write ('VH2O = ');
readln(VVH2O);
writeln(lst,'VH2O =',VVH2O:4:1);
write ('VO2 = ');
readln(VVO2);
writeln(lst,'VO2 =',VVO2:4:1);
write ('VN2 = ');
readln(VVN2);
writeln(lst,'VN2 =',VVN2:4:1);
writeln;
writeln(lst);
write ('Kiriting: beta = ');
readln(BETA);
writeln (lst,'Kiriting: beta = ',BETA:2:2);
write ('Kiriting: psi = ');
readln(PPP);
writeln (lst,'Kiriting: psi = ',PPP:2:2);
write ('Kiriting: FIK = ');
readln(KPDz);
writeln (lst,'Kiriting: FIK = ',KPDz:2:2);
writeln;
writeln(lst);
writeln('    HISOBLASH NATIJALARI:');
writeln(lst,'    HISOBLASH NATIJALARI:');
writeln;
writeln(lst);
Ip:=(VRO2*2.13+VH2O*1.67+VO2*1.45+VN2*1.37)*(T-273)*0.000001;
I:=(VVRO2*1.78+VVH2O*1.52+VVO2*1.33+VVN2*1.3)*(Tp-273)*0.000001;
writeln('Yonish mahsulotlarining regeneratordan keyingi ');
writeln('entalpiyasi:          Ip =',Ip:2:2,' GDj/tonna');

```

```

writeln(1st,'Yonish mahsulotlarining regeneratordan keyingi ');
writeln(1st,'entalpiyasi:      Ip = ',Ip:2:2,' GDj/tonna');
writeln('Yonish mahsulotlarining parogeneratordan keyingi ');
writeln('entalpiyasi:      I = ',I:3:3,' GDj/tonna');
writeln(1st,'Yonish mahsulotlarining parogeneratordan keyingi ');
writeln(1st,'entalpiyasi:      I = ',I:3:3,' GDj/tonna');
writeln('Chiqib ketuvchi yonish mahsulotlarining yillik ');
writeln('issiqligi:      G*Ty*Ip= ',G*Ty*Ip:8:1,' GDj/yil');
writeln(1st,'Chiqib ketuvchi yonish mahsulotlarining yillik ');
writeln(1st,'issiqligi:      G*Ty*Ip= ',G*Ty*Ip:8:1,' GDj/yil');
Q:=G*Ty*Ip*(Ip-I)*BETA*(1-PPP);
writeln('Bug generatori (utilizatori)da yonish mahsulotlari ');
writeln('hisobiga ishlab chiqarilishi mumkin bulgan ');
writeln('issiqlik miqdori:      Q = ',Q:8:1,' GDj/yil');
writeln(1st,'Bug generatori (utilizatori)da yonish mahsulotlari ');
writeln(1st,'hisobiga ishlab chiqarilishi mumkin bulgan ');
writeln(1st,'issiqlik miqdori:      Q = ',Q:8:1,' GDj/yil');
B:=0.0342*Q/KPDz;
writeln('Tejalgan shartli yoqilgi:      B = ',B:8:2,' tonna');
writeln(1st,'Tejalgan shartli yoqilgi:      B = ',B:8:2,' tonna');
readln;
end.

```

2-Масалани ЭХМда ечиш программаси

```

uses printer;
var
a, b, H, permet, Em, KPD, ECO2, EH2O, Er, fi, psi, q, PCO2, PH2O:real;
perCO2, perH2O, Tgas, Tkladka, S: real;
begin
writeln('      B E R I L G A N L A R :');
writeln(1st,'      B E R I L G A N L A R :');
writeln;
writeln(1st);
writeln('Kirish ulchamlarini kiriting, metr, a x b x h :');
write('a (metr) =');
readln(a);
writeln(1st,'Kirish ulchamlarini kiriting, metr, a x b x h :');
writeln(1st,'a = ',a:2:2,' metr');
write('b (metr) =');
readln(b);
writeln(1st,'b = ',b:2:2,' metr');
write('Metall tepasidagi balandlikni kiriting, metr, h = ');

```

```

readln (H);
writeln(1st,'Metall tepasidagi balandlikni kiriting: h = ',H:2:2,' metr');
write ('Yolning qancha qismi metall bilan band ?, % ');
readln (permet);
writeln(1st,'Yolning qancha qismi metall bilan band ? ',permet:3:1,' % ');
write ('Metallning qoralik darajasini kiriting, Em = ');
readln(Em);
writeln(1st,'Metallning qoralik darajasini kiriting: Em = ',Em:2:2);
write('Gaz tarkibidagi CO2 miqdorini kiriting, ( % ), PCO2 = ');
readln(perCO2);
write(1st,'Gaz tarkibidagi CO2 miqdorini kiriting: PCO2 = ');
writeln(1st,perCO2:2:1,' %');
write('Gaz tarkibidagi H2O miqdorini kiriting, ( % ), PH2O = ');
readln(perH2O);
write(1st,'Gaz tarkibidagi H2O miqdorini kiriting: PH2O = ');
writeln(1st,perH2O:2:1,' %');
write ('Gazning haroratini kiriting, gradus C, Tgaz = ');
readln(Tgaz);
writeln(1st,'Gazning haroratini kiriting: Tgaz = ',Tgaz:5:1,' gradus C');
write ('Kladka haroratini kiriting, gradus C, T = ');
readln(Tkladka);
writeln(1st,'Kladka haroratini kiriting: T = ',Tkladka:5:1,' gradus C');
writeln;
writeln(1st);
writeln(' HISOBLASH NATIJALARI: ');
writeln(1st,' HISOBLASH NATIJALARI: ');
writeln;
writeln(1st);
S:=3.6*a*b*H/(2*((a+b)*H+a+b));
writeln('Nurning effektiv uzunligi: S = ',S:3:3,' metr');
writeln(1st,'Nurning effektiv uzunligi: S = ',S:3:3,' metr');
PCO2:=perCO2*S;
PH2O:=perH2O*S;
writeln('PCO2 * S = ',PCO2:3:2,' kPa*metr');
writeln('PH2O * S = ',PH2O:3:2,' kPa*metr');
writeln(1st,'PCO2 * S = ',PCO2:3:2,' kPa*metr');
writeln(1st,'PH2O * S = ',PH2O:3:2,' kPa*metr');
writeln('Bu berilganlar asosida nomogrammadan kiritilsin. ');
writeln(1st,'Bu berilganlar asosida nomogrammadan kiritilsin. ');
write('ECO2 = ');
readln(ECO2);
writeln(1st,'ECO2 = ',ECO2:1:3);
write('EH2O = ');

```

```

readln(EH2O);
writeln(1st,EH2O = 'EH2O:1:3);
write('FIK = ');
readln(KPD);
writeln(1st,FIK = 'KPD:1:2);
Er:=ECO2+KPD*EH2O;
writeln('Gazning qoralik darajasi: Er = ', Er:3:2);
writeln(1st,'Gazning qoralik darajasi: Er = ', Er:3:2);
fi:=0.01*permet*a*b/(2*(a+b)*H+a*b);
writeln('Metall-kladkaning burchak koefficienti: fi = ',fi:3:3);
writeln(1st,'Metall-kladkaning burchak koefficienti: fi = ',fi:3:3);
psi:=Er*Em*(fi*(1+Er)+1)*0.000000057/(fi*(1-Er)*(Em+Er*(1-Em))+Er);
write('Kladkadan metalga nurlanish koefficienti: ');
writeln('psi = ',psi:2:10,' Vt/m 3K4');
writeln(1st,'Kladkadan metalga nurlanish koefficienti: ');
writeln(1st,'psi = ',psi:3,' Vt/m 3K4');
q:=psi*((exp(4*ln(Tgas+273)))-(exp(4*ln(Tkladka+273))));
writeln('Metal nurlanish oqimi zichligi: q = ',q:2:2,' Vt/m 2');
writeln(1st,'Metal nurlanish oqimi zichligi: q = ',q:2:2,' Vt/m 2');
readln;
end.

```

АДАБИЁТ

1. Алимбаев А.У. "Саноатдаги иккиламчи энергия манбалари".
ўқув қўлланмаси. Тошкент, ТошДТУ, 1996, 72 бет.
2. Бельский В.И., Сергеев Б.В. "Промышленные печи и трубы"
М.: Стройиздат, 1974.
3. Кривандин В.А., Марков Б.Л. Металлургические печи М.:
Металлургия, 1977.
4. Перелетов И.И., Бровкин Л.А., Розенгарт Ю.И., Ключников А.Д.,
Морозов И.П. и др. Высокотемпературные теплотехнологические
процессы и установки. М: Энергоатомиздат, 1989.
5. Шуккин А.А. Промышленные печи и газовое хозяйство заводов.
М. Энергия, 1973.

МУНДАРИЖА

Кириш	4
Биринчи боб. Юқори ҳароратли қурилмалардаги иссиқлик алмашуви жараёنларининг аналитик тенгламалари	
1.1 ЮХҚ ларда иссиқлик алмашувини тапшиқ қилиш	5
1.2 Ички ва тапшиқ иссиқлик алмашуви	8
1.3. Юқори ҳароратли қурилмаларда иссиқлик алмашувининг ҳолатлари	8
1.4. ЮХҚ ларнинг ишчи бўшлиғида бир текисдатақсимланган тапшиқ иссиқлик алмашуви	10
1.5. Йўналтирилган ва билвосита амалга ошириладиган нурланишли (радиация) иссиқлик алмашуви	13
1.6. Заҳ (фильтрловчи), юқоридан тушувчи ва маълум қайнаётган материал қатламидаги тапшиқ иссиқлик алмашуви.....	14
1.7. Тапшиқ юзанинг ҳарорати $t_M = \theta t$ қонунияти асосида ўзгарган пайтда буюмларни қиздириш	17
1.8. ЮХҚларда буюмларни ўзгармас ҳароратда қиздиришни ҳисоблаш.....	18
1.9. ЮХҚда металлнинг ўзгарувчан ҳароратда қиздиришни ҳисоблаш.....	20
1.10. Қизиган газлар рециркуляцияси (қайта киритилиши) ва ЮХҚларнинг иссиқлик самарадорлигини ошириш	23
Иккинчи боб. Юқори ҳароратли техник жараёнларни моделлаш.	
2.1.Асосий тушунчалар.....	25
2.2.Юқори ҳароратли қурилмалар ишлашини математик моделлаш босқичлари.....	29
2.3.ЮХҚлар математик моделининг тузилиши.....	31
2.4.ЮХҚ реактори математик моделининг асосий тенгламалари.....	35
2.5.ЮХҚ нинг иш ҳолатини ЭХМ да оптималлаш.....	39
2.6.Автоматлаштирилган лойиҳалаш тизими-АЛОТ(САПР).....	43
2.7.ЮХҚ АЛОТнинг таркиби ва тузилиши.....	46
2.8.АЛОТ ишлашини таъминловчи тизимлар	50
2.9.АЛОТ (САПР)ни яратиш ва ривожлантириш босқичлари.....	51
2.10 Масалалар	55
Адабиёт	62

Босишга рухсат этилди 18.03.2002 й.. Бичими 60x84 1/16.
Шартли босма табағи 4. Нашр-ҳисоб босма табағи 4.
Нусхаси 50 дона. Шартнома № 251.
ТДТУ босмаҳонасида чоп этилди. Тошкент ш. Талабалар кўчаси, 54