

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ**

М.Н.УМАРОВА, З.К.МАДАМИНОВ

**Материалларга
иссиқлайин ишлов бериш
жиҳозлари ва жараёнлари**

(қиздириш қурилмалари)

Техника олий ўқув юртлари талабалари учун

Тошкент – 2018

ТАҚРИЗЧИЛАР:

Абдурахмонов А.А. - Андижон Машинасозлик институти “Технологик машиналар ва жихозлар” кафедраси доценти, техника фанлари номзоди.

Запаров А. А - Андижон давлат университети доценти, техника фанлари номзоди.

Қиздириш қурилмалари: техник олий ўқув юртлари учун ўқув қўлланма.
Муаллифлар: М.Н. Умарова, З.М.Мадаминов

Аннотация

Ўқув қўлланма таркиби жиҳатдан қуйидаги олтита бўлимни ўз ичига олади: ёнилғи ва унинг ёниши, печ газларининг механикаси асослари, иссиқлик узатилиши, қиздириш қурилмалари, термик цех жихозлари, иссиқликдан фойдаланилганда экологик муаммолар. Шунингдек, дарсликни ўзлаштириш самарасини ошириш мақсадида курс ишини бажариш учун илова ҳамда фойдаланиш учун адабиётлар рўйхати келтирилган.

Шунингдек ўқув қўлланмада ёнилғини ёнишини назарий ҳисоблашлари, ёнилғининг тури, кимёвий таркиби келтирилган.

Аннотация

В настоящем учебном пособии приведены теоретические расчеты горение топлива. Представлены виды и химические составы жидких, газообразных и твердого топлива.

Рассчитаны расход топлива и воздуха для его полного сгорания топлива и выделения химической теплоты. В книге рассмотрены вопросы механики газов приведены расчеты движения и давления при горения топлива. Перенос тепла рассмотрен как теплопроводность твердого тела, Приведены конвективный теплообмен, перенос тепло, лучеиспусканием.

В книге приводится классификация и общие характеристики печей и нагревательных устройств. В состав учебного пособия включен пример курсовой работы по расчету нагревательных устройств.

Annotation

In this training manual, theoretical calculations of the combustion of fuel are given. The types and chemical compositions of liquid, gaseous and solid fuels are presented.

The calculation of fuel and air consumption for its complete combustion of fuel and the release of chemical heat. In the book the questions of gas mechanics are considered, the calculations of motion and pressure are given for combustion of fuel. Heat transfer is considered as the thermal conductivity of a solid body. Convective heat transfer, heat transfer, and radiation are given.

The book categorizes and general characteristics of furnaces and heating devices. The textbook includes an example of the course work on the calculation of heating devices.

Мундарижа

Кириш		
I.	Ёнилғи ва унинг ёниши	8
1.1	Ёнилғининг турлари ва таркиби	8
1.2	Суюқ ёнилғининг таснифланиши	11
1.3	Газсимон ёнилғи	12
1.4	Ёнилғининг ёнишини ҳисоблаш.	13
1.5	Ёнилғининг ёнишига ҳаво сарфини ҳисоблаш	17
1.6	Ёнилғининг ёниши маҳсулотлари таркиби ва миқдори.	20
1.7	Ёнилғининг ёнишида иссиқлик ажралиши	22
1.8	Ёнилғининг ёниш температурасини ҳисоблаш	23
II.	Печ газларининг механикаси асослари	25
2.1	Газ ҳолатининг асосий қонунлари	26
2.2	Бернулли тенгламаси	27
2.3	Берк занжирлардаги оқимларни ҳисоблаш	30
2.4	Газларнинг труба ва каналлардаги ҳаракатидаги энергия йўқотишлари	31
2.5	Газларнинг каналларда паст тезлик билан ҳаракати	36
2.6	Мўри трубасини ҳисоблаш	38
III.	Иссиқлик узатилиши	41
3.1	Умумий маълумотлар	41
3.2	Қаттиқ жисмларда иссиқлик ўтказувчанлик билан иссиқликни узатиш	44
3.3	Нурланиш орқали иссиқлик узатилиши	58
3.4	Конвектив иссиқлик ва масса алмашинуви	77
IV.	Қиздириш қурилмалари.	83
4.1	Печларнинг классификацияси ва умумий таснифланиши	83
4.2	Иссиқлик баланси ва ёнилғи сарфи	89
4.3	Электropечлар ва қиздириш элементларни ҳисоблаш	92
4.4	Рекуператив иссиқлик алмашинувчилар	96
4.5	Ёнилғининг ёндириш мосламалар	104
4.6	Температуранинг ўлчанилиши	112
V.	Термик цех жихозлари	122
5.1	Печнинг классификацияси	122
5.2	Камерали ва шахтали печлар	123
5.3	Вакуумли печлар	146
5.4	Печ-ванналар	149
5.5	Методик печлар	165
VI.	Иссиқликдан фойдаланилгандаги экологик муаммолар	192
6.1	Ёниш маҳсулотларининг токсикали газлари	192
6.2	Токсикали газларнинг таъсири	195
6.3	Иссиқхона эффектининг асоратлари	197
	Адабиётлар рўйхати	200
	ИЛОВА	201

Содержания

Введение		
I.	Топливо и его горение	8
1.1	Вид и состав топлива	8
1.2	Характеристика жидкого топлива	11
1.3	Газообразное топливо	12
1.4	Расчеты горения топлива	13
1.5	Определение расхода воздуха на горение топлива	17
1.6	Состав и количество продуктов сгорания топлива	20
1.7	Теплота сгорания топлива	22
1.8	Расчет температуры горения топлива	23
II.	Основы механики печных газов	25
2.1	Основные законы газового состояния	26
2.2	Уравнение Бернулли	27
2.3	Измерение напоров	30
2.4	Потери энергии при движении газа по трубам и каналам	31
2.5	Движение газа с низкой скоростью в каналах	36
2.6	Расчет дымовой трубы	38
III.	Теплопередача	41
3.1	Общие сведения	41
3.2	Перенос тепла теплопроводностью в твердых телах	44
3.3	Передача тепла излучением	58
3.4	Конвективный тепло-и массообмен	77
IV.	Нагревательные устройства	83
4.1	Общая характеристика работы печей	83
4.2	Тепловой баланс и расход топлива	89
4.3	Расчет электропечей и нагревательных элементов	92
4.4	Рекуперативные теплообменники	96
4.5	Устройства для сжигания топлива	104
4.6	Измерение температуры	112
V.	Оборудование термических цехов	122
5.1	Классификация оборудования термических цехов	122
5.2	Камерные и шахтные печи	123
5.3	Вакуумные печи	146
5.4	Печи ванны	149
5.5	Методические печи	165
VI.	Вопросы экологии при использовании теплоты	192
6.1	Токсичные газы продуктов сгорания	192
6.2	Воздействие токсичных газов	195
6.3	Последствия парникового эффекта	197
	Библиографический список	200
	Приложение	201

Contents

Introduction		
I.	Fuel and its combustion	8
1.1	Type and composition of fuel	8
1.2	Characteristics of liquid fuels	11
1.3	Gaseous fuel	12
1.4	Calculation of fuel combustion	13
1.5	Determination of combustion air consumption	17
1.6	Composition and amount of combustion products	20
1.7	Heat of combustion of fuel	22
1.8	Calculation of the combustion temperature of fuel	23
II.	Bases of mechanics of furnace gases	25
2.1	Basic laws of the gas state	26
2.2	The Bernoulli equation	27
2.3	Measuring pressure	30
2.4	Energy losses during gas flow through pipes and channels	31
2.5	Movement of gas with low velocity in channels	36
2.6	Calculation of a chimney	38
III.	Heat transfer	41
3.1	General information	41
3.2	Heat transfer by thermal conductivity in solids	44
3.3	Heat transfer by radiation	58
3.4	Convective Heat and Mass Transfer	77
IV.	Heating devices	83
4.1	Classification and general performance of furnaces	83
4.2	Heat balance and fuel consumption	89
4.3	Calculation of electric furnaces and heating elements	92
4.4	Recuperative heat exchangers	96
4.5	Combustion devices	104
4.6	Temperature measurement	112
V.	The equipment of thermal shops	122
5.1	Classification of the equipment of thermal shops	122
5.2	Chamber and shaft furnaces	123
5.3	Vacuum furnaces	146
5.4	Oven furnaces	149
5.5	Methodical furnaces	165
VI.	Ecological issues when using heat	192
6.1	Toxic gases from combustion products	192
6.2	Exposure to toxic gases	195
6.3	Consequences of the greenhouse effect	197
	References	200
	Application	201

КИРИШ

Иссиқлик техникасидаги иссиқликни олиш, ўзгартириш, узатиш ва фойдаланиш ҳамда иссиқлик машиналарининг аппаратлари, қурилмалари конструктив хусусиятлари, ишлаш принципларини ўрганади.

Иссиқлик инсон фаолиятининг ҳамма жабҳаларида қўлланилади. Иссиқликни энг рационал ишлатилиши, иссиқлик қурилмаларининг ишчи жараёнларини тежамкорлигини тақдим этиш, ҳамда бу қурилмаларининг янги, типдаги иссиқлик агрегатларни яратиш учун иссиқлик техникасининг назарий асосларини ишлаб чиқиш лозим бўлади.

Иссиқликдан фойдаланишнинг иккита турли йўналишларга бўлинади, энергетик ва технологик йўналишлари бир-биридан принципиал жihatдан фарқланадилар.

Энергетик йўналиши иссиқликдан электр энергияси ҳосил қилиш ва уни узатиш билан шуғулланади. Иссиқлик қозонхоналарда ёнилғини ёндириш ёки бевосита ишчи ёнув двигателларида олинади. Технологик йўналишда иссиқлик турли жисмларнинг ҳоссаларини ўзгартириш (эритиш, структурасини ўзгартириш, механик, физикавий ва кимёвий ҳоссаларига таъсир этиш) учун фойдаланилади.

Печлар иссиқлик техникаси — печларда юз берадиган иссиқлик техникасига оид ва уларга қўшимча равишда кечадиган жараёнларни (ёнилғи ёниши, газлар ҳаракати ва материалларнинг ҳолати, иссиқлик узатилиши), ҳисоблаш усуллари, турли ишлар учун мўлжалланган печларнинг лойиҳалаш принциплари, хусусан қора ва рангли металлургияда ҳамда машинасозликда қўлланиладиган печларнинг конструкцияларини ўрганувчи фан сифатида ўрганилади.

Ўрганилаётган фан физика ва кимёвий цикл фанлари: умумий, физикавий, аналитик кимёлар билан чамбарчас боғлиқ. Лекин физика ва кимё курсларида иссиқлик узатиш жараёнлари, газлар ҳаракати ва ёниш умумий ҳолда берилса, ушбу қўлланмада иссиқлик узатиш, газлар механикаси ва ёниш назарияси турли ишлар учун мўлжалланган печларда кўриб чиқилади.

Мамлакатимиздаги янгиланишлар ва ислохотларнинг асосий йўналиши каторида халқ турмуш даражасини янги мезонлар асосида кўтаришдир. Шу билан бирга фаровонликнинг асосий таъминловчи воситаси бу ишлаб чиқариш бўлиб мамлакатда қанча товар – моддий бойликларни республикада ишлаб чиқаришига боғлиқ. Материалларга ишлов беришда уларни хоссаларини ўзгартиришда қиздириш қурилмаларининг ўрни беқиёс. Шунинг учун ушбу қўлланмада қиздириш қурилмалари ҳақида маълумотлар келтирилган.

1. ЁНИЛҒИ ВА УНИНГ ЁНИШИ.

1.1. Ёнилғининг турлари ва таркиби.

Ердаги иссиқлик манбаи куёш бўлиб, унинг энергияси ҳозирда жуда кам миқдорда қўлланилади ва унинг фойдаланиш қувватлари етарли даражага етгани йўқ. Кўп миқдорда шамол энергияси сув ҳаракати энергияси ва атом энергиясидан фойдаланиш тобора ошиб бормоқда. Лекин иссиқлик энергиясининг 90 % га яқини қадар олинандиган ёнилғилар: кўмир, торф, нефт маҳсулотлари ва табиий газнинг ёнишидан олинади.

Ёнилғи деб ёнувчи модда бўлган, ёнганда катта миқдордаги иссиқлик ажратиб чиқарувчи маҳсулотга айтилади. Ажралиб чиққан иссиқлик энергияси энергетик, саноат ва иссиқлик қурилмаларида ишлатилади.

Ёнилғидан ажралиб чиққан иссиқликни берувчи реакциялартипига қараб ёнилғи органик ва ядровий бўлиши мумкин.

Органик ёнилғилардан кимёвий реакциялар натижасида ёнилғининг оксидланишидан кислороднинг бевосита ишлатилишидан, ядровий реакцияларда оғир элементларнинг бўлинишидан (уран, плутоний) ажралиб чиқадиган иссиқликдан фойдаланилади.

2030 йилгача қилинган башоратлар органик ёнилғилар саноатда иссиқликнинг асосий манбааси бўлиб қолади.

1.1 -жадвал

XX аср охиридаги органик ёнилғининг истеъмоли

Истемолчи	Ёнилғи тури		
	Қаттиқ	Суюқ	Газсимон
Бутун дунё (млрд.т.ш.ё)	3.31	4.29	2.66
Жумладан Россия млн т.ш.ё	226	232	503

Изоҳ: ШЁ-шартли ёнилғи

Ёнилғи агрегат ҳолатига кўра қаттиқ, суюқ ва газсимон, келиб чиқишига кўра – табиий ва сунъийларга бўлинади.

Ёнилғининг таркиби ёнувчи (C-углерод, H-водород, S-Олтингугурт), ва балласт элементлар (N-азот, O-кислород), кул-А ва намлик W дан иборат.

Ёнилғининг элементар таркиби бутун массасига нисбатан фоизларда берилади. Шунингдек ёнилғини ишчи, куруқ, ёнувчи ва органик массага ажратадилар.

Ҳамма элементларни таркибида сақланган ёнилғи –ишчи деб аталади.

Ишчи, ёнувчи, куруқ ва органик массалар индекслар билан белгиланади. И, Ё, К, О ва қуйидагича ёзилади.

$$C^И+H^И+S^И+N^И+O^И+A^И+W^И=100\%$$

$$C^K+H^K+S^K+N^K+O^K+A^K=100\%$$

$$C^E+H^E+S^E+N^E+O^E=100\%$$

$$C^o + H^o + S^o + O^o = 100\%$$

1.2-жадвал

Органик ёнилғиларнинг агрегат ҳолати ва келиб чиқиши.

Агрегат ҳолати	Келиб чиқиши	
	Табиий	Сунъий
Қаттиқ	Ўтин, торф, қўнғир ва тош кўмир, антрацит, ёнувчи сланецлар	Писта кўмир, ярим кокс, кокс, кўмир ва торф брикетлар
Суюқ	Нефть	Бензин, керосин, реактив, дизель ёнилғиси, мазут смолалар
Газсимон	Табиий газ	Газлар: кокс, генератор домна, ярим кокс ва бошқалар

1.3-жадвалда таркибидан биридан иккиламчисига ўтказиш
коэффициентлари келтирилган.

Берилган ёнилғи массаси	Ҳисобланаётган ёнилғи массаси			
	Органик	Ёнувчи	Қурук	Ишчи
Органик	1	$\frac{100 - S^E}{100}$	$\frac{100 - S^K + A}{100}$	$\frac{100 - (S + A^K)}{100}$
ёнувчи	$\frac{100}{100 - S^K + A^{K+W^K}}$	$\frac{100}{100 - (A^{K+W^K})}$	$\frac{100}{100 - W^E}$	1
Ишчи	$\frac{100}{100 - S^E}$	1	$\frac{100}{100 - A^E}$	$\frac{100 - W^E}{100}$
Қурук				

C – углерод, иссиқликнинг асосий элтувчиси бўлиб, 1 кг углеродёнганда 34 000 кДж иссиқлик ажралиб чиқади. Мазутда углерод миқдори 85 % гача бўлиши мумкин. Углерод водород ва ёнилғининг бошқа элементлари билан органик бирикмалар ҳосил қилиши мумкин.

H – водород, ёнилғининг иккинчи муҳим элементи ҳисобланади. 1 кг водород ёнганда 125 500 кДж иссиқлик ажралиб чиқади, яъни углерод ёнишидан 4 баробар кўп. Суюқ ёнилғида водород миқдори 10÷11 % бўлади.

S – олтингугурт, одатда углеводородлар таркибига киради (4 % гача ва ундан ортиқ). Унинг ёнишидан кўп миқдорда иссиқлик ажралиб чиқади, лекин олтигугуртнинг ёнилғи таркибида бўлиши салбий таъсирларга эга. Олтингугурт ёнишидан ҳосил бўлган маҳсулотлар печ қурилмаларига салбий таъсир этиб, ёнишини тезлаштиради, қиздирилаётган маҳсулот сифатини бузади, атмосферани ифлослантиради.

▪ **Органик олтингузурт S_o** –Олтингузуртнинг ёнилғининг бошқа элементлари билан бирикмалари.

▪ **Колчедан олтингузурти $S_k - FeS_2$.**

▪ **Сульфат олтингузурти $S_c - FeSO_4, CaSO_4 \dots$**

N ва O – азот ва кислород, ёнилғи таркибида оз миқдорларда бўлиб камдан кам ҳолларда 3 % кўп бўлади. Ёнмайдиган элементлар (ёнилғи балласти) ҳисобланиб, мураккаб органик кислоталар ва феноллар таркибида бўлади.

W – Ёнилғининг намлиги уч хил кўринишга эга:

▪ **Ташиқи намлик**– табиий қуриштиш жараёнида, қиздирилмаган ҳолда йўқотилади – W_{BH} .

▪ **Гидроскопик намлик** – W_G , табиий қуриштишдан кейин ёнилғи таркибида қолади, 105°C дан юқори температурада қуритилган ёнилғи абсолют қуруқ ёнилғи ҳосил бўлади ва улардан W_{BH} ва W_G йўқотилган.

▪ **Пирогенетик намлик (қуруқ парчаланиш намлиги)** – кислород ва водороднинг бирикишидан ҳосил бўлади.

Намлик – ёнилғининг кераксиз таркибий қисми бўлиб, унинг йўқотиш учун кўп иссиқлик сарф этиш керак бўлади.

A – Ёнилғи кули, кераксиз қисм.

▪ Минерал қўшимчалар ($CaO, Al_2O_3, MgO \dots$) ёнилғининг ёнувчи қисмини камайтиради.

▪ Кул билан бирга ёнилғининг заррачалари ҳам чиқиб кетади.

▪ Кулни қиздириш учун ҳам ёнилғи сарфи бўлади.

▪ Кулни чиқариш йўналиши печнинг ёндириш мосламасининг ишини мураккаблаштиради.

1.2. Суюқ ёнилғининг таснифланиши

Қиздириш қурилмаларида каттик ёнилғи деярли ишлатилмайди. Табиий нефтни ишлатиш иқтисодий нуқтаи назардан фойдасиз, унинг қуруқ хайдаш билан қимматбаҳо маҳсулотлар: бензин, керосин ва бошқалар.

Қиздириш қурилмаларида асосан мазут ишлатилади. Мазутнинг элементар таркиби ўртача

86 % C , ~ 13 % H и ~ 1,5 % (N+O) га тенг.

Суюқ ёнилғининг сифати унинг таркиби иссиқлик яратиш имконияти, чақнаш ва ёниш температураси қотиб қолиш температураси, қовушқоқлиги, олтингугуртнинг миқдори, намлиги ва кул ҳосил қилиши билан баҳоланади.

Чақнаш температураси – мазут буғларининг хаво билан бириккандаги ёниш температурасига айтилади.

Ёниш температураси деб, етарли даражадаги мазут буғланишдан тўхтовсиз ёниш температурасига айтилади.

Қотиб қолиш температураси деб, мазутнинг қовушқоқлиги камайиб кетиб қоладиган температурага айтилади, бу кўп жихатдан ёнилғи таркибидаги парафин билан белгиланади.

Қовушқоқлик ёнилғининг ички ишқаланиш кучларининг кўрсаткичи ҳисобланади ва суюқликнинг зарраларининг нисбий ҳаракатидан келиб чиққан ва суюқлик молекулаларининг айримларининг бир-бири билан боғланишларига боғлиқ.

Қовушқоқлик, бир миқдор ёнилғининг вақт меъёри ичида маълум тешикдан оқиб тушиш тезлигига нисбати билан ўлчанади.

Прибор – вискозиметр. Мазут ёниши учун яхши чангланиши лозим бўлиб, бунинг учун унинг қовушқоқлиги кам бўлиши керак. Мазутнинг намлиги 1÷2 %, кул миқдори фоизнинг юздан ва мингдан улушларига тенг.

Ҳозирги вақтда нефт захираларининг қисқариши ва унинг қазиб чиқарилишининг қимматлашуви иқтисодий жихатдан фойдасиз бўлиб қолади.

1.3. Газсимон ёнилғи

Газсимон ёнилғи ёнувчи ва ёнмайдиган газлар аралашмасидир. Ёнувчи қисм углеводородлар C_mH_n , водород H_2 , углерод окисди CO ва водород олтингугурти (H_2S) дан иборат. Ёнмайдиган газлар таркибига N_2 ва кислород

O_2 киради. Ёнувчи газнинг таркиби ҳажмий миқдорларда берилади ва умумий кўриниш қуйидагича бўлади :

$$CmHn + H_2 + CO + H_2S + O_2 + N_2 + CO_2 + \dots = 100 \, \%.$$

Табиий ва сунъий газлар таркиби турлича. **Табиий газ** метаннинг юқори даражадаги қисми билан тавсифланади 93÷98 % гача, ҳамда оз миқдордаги бошқа углеводородлар: этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), этилен (C_2H_4) и пропилен (C_3H_6). 1 м^3 CH_4 метан ёнишида 35 800 кДж кесиклик ажралиб чиқади. (C_2H_4) – этилен 59 000 кДж иссиқлик ажралиб чиқади. *Кокс газид*а 50–60% гача H_2 водороддан, ташкил топган ва 14,5 баробар хаводан енгил. 1 м^3 H_2 ёнишидан 108000 кДж иссиқлик ажралиб чиқади. Одатда ёнувчи газлар оз миқдорда водородга эга бўлмадилар. Домна газ таркибида 30 % ва ундан кўп миқдорда ис газ CO бўлиши мумкин. 1 м^3 CO дан 12 770 кДж иссиқлик ажралиб чиқади. Ушбу газ рангсиз, ҳидсиз ва ўта захарли ҳисобланади 0.5 % CO газ билан нафас олганда 5-6 минутда ўлимга олиб бориши мумкин.

Баъзи бир газлар таркибида олтигугурт водороди H_2S – оғир газ, ёқимсиз ҳидли юқори токсикавий газ. H_2S газ печнинг металл қисмларини ва газ қувурларини коррозиясини келтириб чиқариши мумкин, коррозиянинг боришини газда кислород ва намликнинг бўлиши янада кучайтиради. H_2S газининг 1 м^3 нинг ёнишидан 23 400 кДж иссиқлик ажралиб чиқади.

Қолган газлар $O_2 + N_2 + CO_2$ ва сув буғлари W ёнилғи балласти ҳисобланади. Уларнинг ёнилғи таркибида бўлиши ёнилғининг ёниш температурасини камайтиради. Ёнилғи таркибида 0.5 % O_2 кислород бўлиши меҳнат муҳофазаси жиҳатдан ҳавфли ҳисобланади. Сунъий газлар таркибида ёнувчи газлар (водород ва углерод оксиди) 25÷45 % гача бўлиб, балластда азот ва углекислота кўпроқ бўлади 55÷75 % гача. Газлардаги чанг, курум, смола миқдори, баъзида намлик г/м^3 да берилади. Намликнинг миқдори унинг температурасига боғлиқ.

Газларда намликнинг температурага боғлиқлиги жадвалда келтирилган

$t, ^\circ C$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$g, \text{г/м}^3$	4.8	9.8	18.9	35.1	63.1	111.4	196	361	716

1 г·мол H_2O $22.4 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ ташкил этади.

Белгилаймиз:

$H_2O^{6.2}$ – нам ёнилғида намлик миқдори

$g_{H_2O}^{6.2}$ – намликнинг массаси.

Грамм-молсувнинг оғирлиги 18 г. 1 м^3 даги газ тақибдаги намлиги аниқлаймиз.

$$g_{H_2O}^{6.2} = \frac{18}{22.4 \times 10^{-3}} \times \frac{H_2O}{100} = 8.036 H_2O, \text{ г/м}^3. \quad (1)$$

Куруқ газларга нисбатан сув буғининг массаси:

$$g_{H_2O}^{c.2} = g_{H_2O}^{6.2} \frac{100}{100 - H_2O} = \frac{803.6}{\frac{100}{H_2O} - 1}, \text{ г/м}^3. \quad (2)$$

$$H_2O^{6.2} = \frac{g_{H_2O}^{6.2}}{8.036}, \% \quad (1),$$

агар $g_{H_2O}^{6.2}$ ёки

$$\text{формула } H_2O^{6.2} = \frac{100 g_{H_2O}^{c.2}}{8.036 + g_{H_2O}^{c.2}}, \% \quad (2),$$

агар $g_{H_2O}^{c.2}$ маълум бўлса

Сув буғларини хажмини билиб, нам газ таркибини ҳисоблаш мумкин

$$X^{6.2} = K \times X^{c.2},$$

Бу ерда $X^{6.2}$ и $X^{c.2}$ –масалан метан газининг куруқ ва нам газлардаги кўриниши; K – тўғирловчи коэффициент.

$$K = \frac{100 - H_2O^{6.2}}{100}.$$

1.4. Ёнилғининг ёнишини ҳисоблаш

Ёнилғининг ёниши – ёнилғининг элементларининг оксидловчи билан бирикиш кимёвий реакцияларнинг юқори температурадаги кўриниши бўлиб, интенсив равишда иссиқлик ажралиб чиқиши билан кечади. Оксидловчи сифатида кислороддан фойдаланилади. Ёниш жараёнини 2 та группага ажратадилар:

■ **гомоген** ёниш – газсимон ёнилғиларни («газ + газ» тизими билан таснифланади)

■ **гетероген** ёниш – қаттиқ ва суюқ ёнилғиларни ёниши (қаттиқ жисм+газ, ёки «суюқлик + газ» тизими) билан таснифланади.

Ёниш жараёни турли тезлик билан **секин ёнишдан** шу онда ёниш билан кечиши мумкин. Секин ёниш – қаттиқ ёнилғининг ўз-ўзидан, омборларда сақланганда, ёнишидир. Шу онда ёниш – портлаш ҳисобланади. Иссиқлик энергияси қурилмаларида шундай ёниш тезлиги аҳамиятга эгаки, бунда бир текисда ёниш, яъни давомий равишда ёниш зонасига ёнилғи ва оксидловчи етказиб бериш лозим. Бунда ёнилғи ва оксидловчининг концентрацияси бир маромда бўлиши керак. Маромнинг бузилиши (тўла аралашма, тўлиқсиз аралашма) реакция тезлиги камаяди ва ҳажм бирлигида иссиқлик ажралиб чиқиши камаяди.

Ёниш – бу асосан кимёвий жараёндир. Яъни унинг кечиши натижасида бирикувчи массаларнинг диффузион кўчиши ва бошқалар рўй беради. Ёнилғининг ёниш вақти физикавий ($l_{физ}$) ва ($l_{хим}$) кимёвий жараёнларнинг кечиш вақтидан ташкил топади

$$I_{ёниш} = l_{физ} + l_{хим}.$$

Физикавий жараёнлар кечиш вақти, ёнилғининг оксидловчи билан аралашуш вақти ($l_{см}$), ва ёнилғининг (хаволи аралашма) ёниш температурасигача қиздириш (t_n) вақтидан ташкил топган:

$$l_{физ} = l_{см} + l_n.$$

Ёниш вақти ($l_{гор}$) энг секин тезликли жараён билан аниқланади.

Суюқ ёнилғининг ёниши

Иссиқлик энергетикаси ва саноат иссиқлик техникасида қўлланиладиган асосий ёнилғи мазут ҳисобланади. Қуввати катта бўлмаган курилмаларда техник керосиннинг смолалар билан аралашмасидан фойдаланилади. Ёнишнинг энг кўп тарқалган усули чанглатилган ҳолатдаги ёниш ҳисобланади. Ушбу усул ёнишни тезлаштиради, ёнилғининг оксидланувчи билан компакт майдон сирти ошириш билан юқори иссиқлик кучланишлари ҳосил қилиш имкони беради. Суюқ ёнилғининг ёниш жараёни куйидаги босқичлардан иборат.

- Ёнилғини қиздириш ва буғлатиш;
- Ёнувчи аралашмани тайёрлаш;
- Ташқи манбаадан ёнувчи аралашмани ёниши (учқун, қизиган спираль ва ҳ.к)
- Аралашманинг ўзининг ёниши.

Газсимон ёнилғини ёниши

Газ ва ҳаво аралашмасининг ёниб кетиш минимал температураси - ёниш температураси деб аталади. Турли газлар учун бу кўрсаткич турлича бўлиб, ёнувчи газларнинг иссиқлик физикавий хоссаларига, аралашмадаги газнинг миқдорига, ёндириш шароитлари, иссиқликни ҳар бир конкрет мосламаларнинг узатишига боғлиқ. Ёнувчи газ аралашмаси машъалада ёнади. Машъалада ёнишининг 2-хил усулини ажратадилар - кинетик ва диффузион .

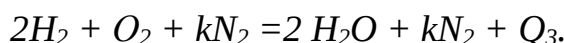
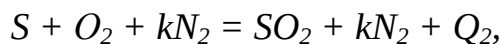
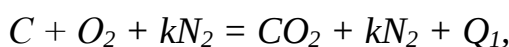
Кинетик ёндиришда ёнувчи газ оксидловчи билан аралашади. Газ ва оксидловчи (ҳаво таркибидаги кислород) горелканинг аралаштирувчи мосламасига узатилади. Газнинг ёниш ҳажмига ҳаводан ташқари узатилади. Ёниш тезлиги газнинг ҳаво билан аралаш тезлигига боғлиқ $l_{гор} = l_{физ}$. Бундан ташқари (диффузион-кинетик) ёниш ҳам мавжуд. Бунда газ бир мунча ҳажм ҳаво билан аралашиб, олинган аралашма ишчи бўшлиққа узатилади ва ҳавонинг қолган қисми билан аралашади.

1.4.1. Ёнилғини ёниши учун ҳаво сарфи

Ёнилғининг ёнувчи моддаси ҳаводаги кислород билан муайян миқдорда аралашади. Кислороднинг сарфи ва ёниш маҳсулотларининг миқдорини ёнишнинг стехиометрик тенгламалари билан ҳисобланиб, 1 кг мол ёнувчи учун ёзилади. Ёнишнинг боришида O_2 -21, N_2 - 79 % деб қабул қилинган. Бу ердан $K = 3.76$ (79:21). Суюқ ёнилғининг тўла ёнишида қуруқ ҳаво қўлланилиш реакцияси қуйидагича таркибга эга:

$$C^P + H^P + S^P + N^P + A^P + W^P = 100 \%$$

ва қуйидагича кўринишга эга:



1 к*мол углероднинг ёниши учун 1 к*мол кислород - 22.4 м³ ҳажмда сарф бўлади, 1 кг углероднинг ёниши учун сарф бўладиган кислород – 22.4/12 = 1.867 м³/кг. Олтингугурт учун – 22.4/32 = 0.7 м³/кг, водород учун – 22.4/2 = 11.2 м³/кг. Ёнилғининг ўзида ҳам кислород борлигини инобатга олиб:

$$V_{O_2}^{mon} = \frac{22.4}{32} O^P.$$

1 кг суюқ ёнилғига сарф бўладиган кислород ҳажмини аниқлаймиз (ёнилғи кислородини ҳам инобатга олган ҳолда):

$$V_{O_2}^{603d} = 0.01(1.867C^P + 5.6H^P + 0.7S^P - 0.7O^P), \text{ м}^3.$$

Бу ифодада ёнилғи таркиби фоизда (%) берилади. Кислороднинг м³/кг кўриниш ҳосил қилиш учун ифода олдида 0,01 кўпайтирувчи қўйилади.

1 кг ёнилғи учун қуруқ ҳавонинг назарий сарфи

$$L_O = (1 + k)V_{O_2}, \text{ м}^3.$$

Агар ёниш жараёнида нам ҳаво қўлланилса унда ҳавонинг намлик ҳажми: м³.

$$V_{H_2O}^{\text{хаво}} = \frac{22.4}{18 \times 1000} \cdot g_{H_2O}^{\text{к.х}} = 0.00124 g_{H_2O}^{\text{к.х}}$$

Нам ҳавонинг назарий сарфи

$$L_{O_2}^{6.6} = (1 + 0.00124 \cdot g_{H_2O}^{C.6}) L_O, \text{ м}^3. \quad (1.1)$$

Газсимон ёнилғи учун кислород сарфи, ёнувчи компонентларининг ҳажмий қисмлари учун стехиометрик реакцияларни қўллаган ҳолда ҳисобланади. Умумий ҳолатда газсимон ёнилғи таркиби :

$$C_m H_n + CO + H_2 + H_2S + CO_2 + SO_2 + O_2 + N_2 + \dots = 100 \%,$$

Ёнишнинг тўла тенгламасини келтирамиз:

$$C_m H_n + (m+n/4) (O_2 + kN_2) = m CO_2 + n/2 H_2O + (m+n/4) kN_2 + Q_1,$$

$$CO + 0.5 (O_2 + kN_2) = CO_2 + 0.5kN_2 + Q_2,$$

$$H_2 + 0.5 (O_2 + kN_2) = H_2O + 0.5kN_2 + Q_3,$$

$$H_2S + 1.5 (O_2 + kN_2) = H_2O + SO_2 + 1.5kN_2 + Q_4.$$

Ёнилиги бирлигининг ёниши учун зарур бўлган кислород сарфи:

$$V_{O_2} = 0.01 \left[0.5(CO + H_2 + 3H_2S) + \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n - O_2 \right], \text{ м}^3.$$

1 м³ ёнилғи ёниши учун қуруқ ҳаво сарфи:

$$L_O = (1 + k) V_{O_2}, \text{ м}^3.$$

Нам ҳаво назарий сарфи:

$$L_{O_2}^{6.6} = (1 + k)(1 + 0.00124 \cdot q_{H_2O}^{C.6}) V_{O_2}, \text{ м}^3. \quad (1.2)$$

(1.1) ва (1.2) формулаларда келтирилган ҳаво сарфини назарий зарур деб атаймиз, яъни $L_{O_2}^{6.6}$ - бу тўла ёнишни таъминловчи минимал миқдордаги ҳаво ҳажми бўлиб, 1 кг (1м³) ёнилғи учун керак бўлган ҳаво миқдоридир. Ушбу шартда ёнилғидаги ҳаво билан узатилган кислород тўла ёнади. Реал шароитларда техник қийинчиликлар боис оксидловчининг маҳаллий ёнмаслиги ёки ортиқчалиги сезилади, натижада ёнилғининг тўла ёниши ёмонлашади. Шунинг учун ҳаво ҳажми назарий ҳисоблангандан кўпроқ

миқдорда узатилади. Ҳақиқий ҳаво сарфининг назарий сарфига нисбати ҳаво сарфининг коэффиценти деб номланади.

$$\alpha = \frac{L_{\alpha}}{L_0} \quad \text{или} \quad L_{\alpha} = \alpha \cdot L_0.$$

α – ёнилғи тури ёндириш мосламасининг конструкциясига газ ва ҳавонинг қиздириш температурасига боғлиқ бўлган катталиқ ҳисобланади. Ҳаво сарфи коэффиценти оптимал бўлиши лозим, агар $\alpha > \alpha_{opt}$, унда ҳаво сарфи кўпайиб кетади. Ёниш маҳсулотларининг сарфи ҳам ошиб кетади. Уларнинг газ узатиш тизимида ҳаракатлантириш учун қўшимча энергия сарфлари лозим бўлади. Чиқиб кетаётган газлар билан иссиқлик ҳам чиқиб кетиб, температура пасаяди. Агар $\alpha < \alpha_{opt}$ тенгсизлик кўринишга эга бўлса тўла ёниш бўлмайди (газларда – CO , H_2 , CH_4). Юқори температураларда ёниш маҳсулотларининг баъзилари диссоциацияланади ($CO_2 \rightarrow CO + O$). Тўла ёнишда ёниш маҳсулотларида CO , $H_2O_{пар}$, SO_2 , N_2 каби маҳсулотлар ҳам бўлади.

1.5-жадвал

Ҳаво сарфи коэффиценти танлаш

Ёнилғи	Ёнилғини ёндириш мосламаси	α	$\frac{q_3}{Q_H^p} 100\%$
Домна ва генератор гази, кокс- домна,табiiй газ	Узун машъалали горелкалар *	1.15 – 1.30	2 – 3
Газсимон ёнилғиларнинг ҳамма турлари	Калта машъалали горелкалар **	1.05 – 1.15	1 – 2
Мазут, смола	Форсункалар ***	1.15 – 1.35	2 – 3

* Ҳаво сарфини коэффицентини кичик миқдори, горелка ва форсункалар учун (α), ёнилғининг яхши аралашishiда қўллаш керак.

**Термик печларда калта машъалали горелканинг йўналиши деворга куббага ва металлга иссиқлик узатишнинг билвосита ўтказиш ёки ёнилғини тўла ёнишини таъминланиши лозим. Газларни печ ишчи бўшлиғига киришдан олдин бу иш бажарилиши керак.

*** Термик печларда мазут ишчи бўшлиқдан айрим жойда ёндирилиши керак.

1.4.2. Ёниш маҳсулотларининг таркиби ва миқдори

Газсимон ёнилғининг ёниш маҳсулотларининг таркиби ва миқдори

Ёнилғининг тўла ёниш тенгламаларида $RO_2 = (CO_2 + SO_2)$, сув буғи ва азот борлиги маълум.

$$V_{RO_2} = 0.01(mCmHn + CH_4 + CO + SO_2 + H_2S + CO_2).$$

Сув буғи углеводородлар ёнишидан ҳосил бўлади. Яна унга водород ва олтингугурт водороди ёниши қўшилади. Ёниш маҳсулотларига ҳаво ва газнинг намлиги қўшилади.

$$V_{H_2O} = 0.01 \left[\frac{n}{2} CmHn + H_2 + H_2S + 0.124 \left(g^{c.2} + g^{c.6} L_0 \right) \right]$$

Азот ҳажми (газдаги азот ва тутун газига ўтган ҳаво азоти)

$$V_{N_2} = 0.01N_2 + kV_{O_2}, \text{ м}^3.$$

Унда, $\alpha = 1$ да, ёниш маҳсулотларининг намлиги

$$V_o^{6.0} = V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}$$

Агар $\alpha > 1$ бўлса, унда ёниш маҳсулотларида ортиқча O_2 , N_2 и H_2O бўлади.

$$V_{\alpha}^{6.0} = V_o^{6.0} + (\alpha - 1)V_{O_2} + k(\alpha - 1)V_{O_2} + 0.00124g_{H_2O}^{c.6}(1 + K)(\alpha - 1)V_{O_2}$$

Суюқ ёнилғининг ёниш маҳсулотлари таркиби ва миқдори

Мазутнинг ёниш реакцияларидаги, тўла ёниш маҳсулотларида $RO_2 = (CO_2 + SO_2)$, сув буғи ва азот қатнашади. 1 к*моль C ёнишидан 1 к*моль CO_2 ҳосил бўлади ва унинг ҳажми 22.4 м^3 га тенг. Шунинг учун 1 кг C -углероднинг ёнишидан $\frac{22.4}{12} = 1.867 \text{ м}^3 CO_2$ ҳосил бўлади.

1 кг S - олтингурутнинг ёнишидан $- 0.7 \text{ м}^3 SO_2$ газ ҳосил бўлади. $(22.4/32)$. Унда газларнинг умумий ҳажми:

$$V_{RO_2} = 0.01(1.867C^P + 0.7S^P) , \text{ м}^3.$$

Ёниш маҳсулотларидаги намликни аниқлаймиз. Намлик ёнилғи ва ҳаводан олиб кирилади (сув буғи - W^P , 1 кг мазут чанглатилиши учун $1,24 \text{ м}^3$ буғ сарф бўлади). $(22.4/18)$. Агар ҳаво таркибидаги 1 м^3 буғ бўлса унда намлик миқдори, ҳаво билан олиб кирилган:

$$\text{Ҳажми: } V_{H_2O}^{603\partial} = \frac{22.4g}{18 \times 1000} (1 + k) V_{O_2} = 0.00124(1 + k)g V_{O_2} , \text{ м}^3.$$

Ёнилғи билан олиб кирилган намлик

$$V_{H_2O}^{mon} = 0.01 \left[1.24(W^P + W^\Phi) \right].$$

H_2 - водород ёнишидан 2 моль H_2O ҳосил бўлади. 1 кг H_2 дан $\frac{2 \times 22.4}{2 \times 2} = 11.2$ литр буғ ҳосил бўлади. Ёниш маҳсулотларида жаъми миқдори

$$V_{H_2O} = 0.01 \left[11.2H^P + 1.24(W^P + W^\Phi) + 0.124g(1 + k)V_{O_2} \right], \text{ м}^3/\text{кг}.$$

RO_2 ва H_2O дан ташқари ёниш маҳсулотларида N_2 азот ҳам мавжуд. Азот ёнилғи ва ҳаво билан олиб кирилади :

$$V_{N_2}^{mon} = 0.01 \times \frac{22.4}{28} N^P = 0.01 \times 0.8 N^P , V_{N_2}^{603} = k V_{O_2} .$$

Ёниш маҳсулотларидаги азот ҳажми:

$$V_{N_2} = 0.01 \times 0.8 N^P + k V_{O_2} .$$

Унда нам ёниш маҳсулотлари ҳажми, $\alpha = 1$ да

$$V_{O_2}^{e.d} = V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}.$$

Нам ёниш маҳсулотларининг $\alpha > 1$ да O_2 , N_2 ва H_2O ортиқча кириши натижасида ҳажми ошади

$$V_{\alpha}^{e.d} = V_0^{e.d} + (\alpha - 1)V_{O_2} + k(\alpha - 1)V_{O_2} + 0.00124g_{H_2O}^{c.e}(1 + K)(\alpha - 1)V_{O_2}.$$

1.4.3. Ёнилғининг ёниш иссиқлиги

Турли хил ёнилғининг асосий тавсифланишларидан бири ёниш иссиқлиги ҳисобланади, яъни иссиқликнинг, ёнилғининг массасини ҳажм бирлигининг тўла ёнишидан ҳосил бўладиган миқдори ҳисобланади. Тўла ёниш деб ёнилғи компонентларининг C , H ва S кислород билан оксидланади. Ёниш иссиқлиги, нормал шароитларда қаттиқ ва суюқ ёнилғини 1 кг, газ ёнилғини 1 м³ ёнишидан ҳосил бўлган иссиқликка айтилади. Ёниш иссиқлигини паст $Q_{п}^p$ ва юқори $Q_{в}^p$ бўлишини ажратадилар. Юқори иссиқлик $Q_{в}^p$ таркибига сув буғланишларининг конденсацияланганлигидан ҳосил бўлган ёниш маҳсулотлари таркибида бўлган сувнинг H^p , ёнилғининг W^p намлиги ёниш маҳсулотларига ўтиши ҳисобланади. Ёниш маҳсулотларига ҳавонинг намлиги ҳам ўтади, лекин у инобатга олинмайди. H^p водород ёнишидан $9H^p$ кг намлик ҳосил бўлади. Ёниш маҳсулотлари таркибида $(9H^p + W^p)$ кг намлик ҳосил бўлади. 1 кг намликни буғга айланиши учун 2 500 кДж иссиқлик сарф бўлади. Агар сув буғлари конденсацияланмаса, унда намликни буғлантириш учун кетадиган иссиқлик сарф бўлмайди. Унда биз паст иссиқликни қабул қиламиз. Одатда шундай бўлади. Шунинг учун ёнилғининг асосий характеристикаси бу $Q_{п}^p$ паст иссиқ миқдори ҳисобланади. Ёниш иссиқлиги ёнилғининг ҳар қандай массасига таълуқли бўлиши мумкин, лекин асосан ишчи массага таълуқли бўлади.

$$Q_{п}^p = Q_{в}^p - 25(9H^p - W^p), \text{ кДж/кг.}$$

Маълум элементар таркиби каттиқ ва суюқ ёнилғининг ёниш иссиқлик миқдори Д.И.Менделеев томонидан тавсия этилган эмпирик формула ёрдамида аниқланади:

$$Q^p_n = 340C^p + 1035H^p - 109(O^p - S^p) - 25W^p, \text{кДж/кг}.$$

Қуруқ газнинг ёниш иссиқлигини ҳажмий таркиб бўйича ва компонентларнинг маълум ёниш иссиқлиги бўйича аниқланади.

$$Q^p_n = 358CH_4 + 640C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + 1465C_5H_{12} + 127CO + 108H_2 + 234H_2S, \text{кДж/м}^3.$$

Агар газ таркибига номаълум углеводородлар кирса (метан таркиби аниқ шарти билан), унда углеводороднинг ҳажмини таркибдаги этан ҳисобида олинади. C_2H_4 турли хил ёнилғиларни солиштириш учун шартли ёнилғи тушунчаси киритилган бўлиб, унинг ёниш иссиқлиги 29300 кДж/кг деб белгиланган.

Хар бир ёнилғининг Q^p_n паст иссиқлик яратиш имкониятининг шартли ёнилғи иссиқлигига нисбати ашё – ёнилғи эквиваленти деб ҳисобланади. Э - унда ҳақиқий ёнишнинг сарфини B_n шартли ёнилғига ўтказиш учун B_n эквивалент Э га кўпайтириш билан топилади.

$$B_{y.m} = B_{y.m} \times \mathcal{E} = B_{y.m} \times (Q^p_n / Q_{y.m}).$$

1.4.4. Ёнилгининг ёниш температурасини ҳисоблаш.

Ёнишнинг назарий температураси - ҳавонинг етарли даражада бўлганида ёниш маҳсулотларининг энг баланд температураси бўлиб, кимёвий жиҳатдан ҳавонинг етмаслиги инобатга олинган

$$T_o = \frac{Q_n^p + q_m + q_v - q_{3disc}}{C_o^t \times V_\alpha}, \text{град.},$$

Бу ерда

q_m – ёнилғи бирлигининг физикавий иссиқлиги, кДж/кг(м³);

q_v – ёнилғи бирлигининг ёнишига сарф бўладиган хавонинг физикавий иссиқлиги

$q_{3\partial uc}$ – углерод икки оксиди ва ҳаво буғи диссоциациясига сарф натижасидаги иссиқлик йўқотишлари;

V_α – ёниш маҳсулотларининг ҳажми, m^3 ;

C_o^t – ёниш маҳсулотларининг температуралар интервалидаги ўртача

иссиқлик сиғими $\frac{kJ}{m^3 \cdot ^\circ C}$

Тенгламада иккита номаълум $C_o^t = f(t_o)$, ҳисобларни енгиллаштириш учун уни ўзгартирилади.

$$T_o C_o^t = \frac{Q_n^p + q_m + q_v - q_{3\partial uc}}{V_\alpha} = \frac{Q_n^p}{V_\alpha} + \frac{q_m}{V_\alpha} + \frac{q_v}{V_\alpha} - \frac{q_{3\partial uc}}{V_\alpha}.$$

Ёниш маҳсулотларининг иссиқлик сиғими.

$$i = i_x + i_m + i_v - i_{\partial uc},$$

$$i + i_{\partial uc} = i_x + i_m + i_v = i_{\text{общ}}.$$

Маълум иссиқлик сиғими бўйича $(i - t)$ диаграммлар ёрдамида ёниш ҳарорати аниқланади. (11-расм)



1.1-Расм.()

Ортиқча ҳавонинг миқдори $V_L = \frac{L_\alpha - L_o}{V_\alpha} \times 100\%$. Амалий ҳарорат

$t_n = \eta \times t_o$, бу ерда η – пирометрик коэффициент (эмпирик катталиқ)

2. ПЕЧ ГАЗЛАРИНИНГ МЕХАНИКАСИ

Печларнинг нормал эксплуатацияси учун минимал сарфлар билан печнинг ичига керакли миқдордан ёнилғи етказиб унинг ичидан ёниш маҳсулотларини чиқариш керак бўлади. Бу иссиқлик (ўтказиш) алмашинувининг характериға монанд, газларнинг оқимиға боғлиқ.

Печ ичидаги баландликнинг турлича бўлгани сабаб озод ёки газнинг табиий ҳаракати деб номлаш мумкин.

Ташқи таъсир наъмунасидаги (вентиляторлар, форсунка, горелкалар) газ оқимининг ҳаракати мажбурий ёки сунъий деб номланади.

Қиздириш печларининг газ қисмида босим 0 ёки бир мунча кўпроқ босимда ушлаб турилади. Агар печ ичидаги босим ташқи муҳит босимидан паст бўлса совуқ ҳаво сўрилиб печни совутишға ва қиздирилаяётган печлардаги металлнинг оксидланишиға олиб келади. Агар босим печ ичида анча баланд бўлса, печ тутаб меҳнат шароитларини ёмонлашувига олиб келади.

Гидравликанинг кўп қонунлари суюқликларнинг ҳаракати тўғрисидаги фаннинг, назария ва амалиётда тасдиқланган. У печ газларининг печ ичидаги ҳаракатиға мос тушади. Металлнинг қизиш тезлиги ва якуний қизиш ҳароратиға таъсир этадиган омиллар:

- гидравлика қонунларни билиш ва уларни тўғри қўллаш;
- печ ва унинг асосий қисмларини ўлчамларини аниқлаш;
- газларнинг ҳаракати учун энергия сарфини аниқлаш.

Газларнинг айрим қатламларини зичлиги турлича бўлгани сабабли юзаға келган ҳаракат эркин ёки табиий деб номланади. Газнинг ташқи таъсир остида ҳосил бўлган босимлар фарқидан юзаға келган ҳаракатни (вентиляторлар, горелкалар, форсункалар ва х.к.) мажбурий ёки сунъий ҳаракат деб номланади.

2.1. Газлар ҳолатининг асосий қонунлари.

Бойль – Мариотт қонуни газнинг ўзгармас температурадаги ҳолати учун:

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \text{const},$$

Бу ерда:

P_1 – босим, V_1 – газнинг биринчи ҳолатдаги ҳажми;

P_2 – босим, V_2 – газнинг иккинчи ҳолатдаги ҳажми.

Жараёнларнинг ўтишида $T = \text{const}$ бўлгани учун улар *изотермик жараёнлар* ҳисобланади

Агар газнинг босими ўзгармас бўлса, унинг ҳажмининг ўзгариши температурага боғлиқлиги **Гей - Люссака қонуни** орқали ифодаланади:

$$V_2 = V_1(1 + \beta t_2),$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1 + \beta t_2}{1 + \beta t_1} = \frac{273 + t_2}{273 + t_1} = \frac{T_2}{T_1},$$

Бу ерда:

β – газнинг ўзгармас босимдаги ҳажмий кенгайиш коэффиценти, ҳамма газлар учун бир хил бўлиб, ушбу нисбатга тенг $\frac{1}{273} K^{-1}$.

$P = \text{const}$ бўлгандаги ҳолати *изобара жараёнлари* деб номланади.

Газ босимини унинг температурасига (ўзгармас ҳажмда) боғлиқ ҳолда ўзгариши **Шарль қонуни** билан *изохланади*:

$$P_2 = P_1(1 + \beta t),$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

$V = \text{const}$ бўлгандаги жараёнлар **изохорик** деб номланади.

Клапейрон қонуни юқоридаги газ қонунларини умумлаштиради:

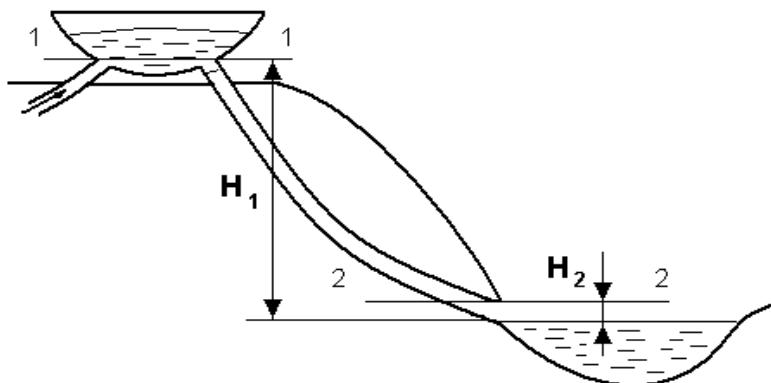
$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \text{const}.$$

Берилган газ массаси унинг босим ва ҳажмининг абсолют температурага нисбати, ўзгармас катталиқдир.

2.2. Бернулли тенгламаси.

Доннер Бернулли ҳаракатдаги суюқлик ёки газнинг босимини ўрганиб чиқиб тенглама тузишга эришган.

Бу тенглама сиқилмас суюқлик учун 1 кг массага эга бўлган ҳаракатдаги суюқлик учун энергетик балансини кўрсатади.



2.1. –расм. Бернулли тенгламасини изоҳловчи

1 кг суюқликнинг *кинетик* энергияси 1–1 кесими (2.1.расм):

$$L_{кин} = \frac{mW_1^2}{2} = \frac{W_1^2}{2}, \text{ шунингдек } m=1,$$

Бу ерда W_1 – 1–1 кесимдаги оқим тезлиги, м/с.

Босимнинг потенциал энергиясини қуйидагича аниқлаш мумкин. Суюқликнинг идиш тубига босими – P_1 , Па. Агар идиш тубида 1 м² тенг майдон ажратилиб, суюқлик баландлиги 1м бўлса, унда бу хажмдаги суюқлик массаси унинг зичлигига тенг – $\rho_{ж}$. Суюқлик босимининг потенциал энергияси, 1 кг суюқлик массага олинганда ушбу ифода билан аниқланади:

$$L_{пот.давл} = \frac{P_1}{\rho},$$

бу ерда

ρ – оқим зичлиги.

1 кг суюқликнинг 1–1 кесимидаги *потенциал энергияси*

$$L_{пот} = gH_1.$$

Биобарин, 1 кг суюқлик массаси 1-1 кесимда ушбу энергия захирасига эга; $\frac{W_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + gH_1$, 2-2 кесимда эса $-\frac{W_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + gH_2$.

1-1 кесимдан то 2-2 кесимигача энергия йўқотишлари $L_{\text{пот.эн}} = \lambda \frac{W^2}{2}$,

бу ерда

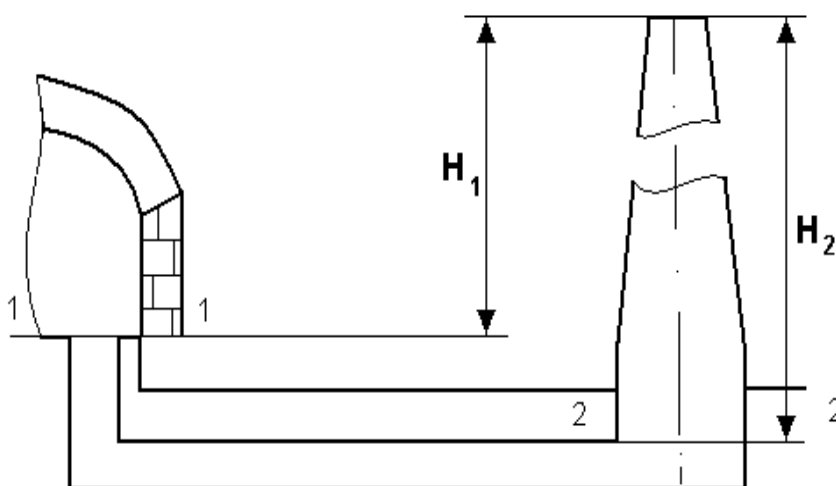
λ – ишқаланиш коэффициенти,

W – ҳаракатнинг ўртача тезлиги.

Энергиянинг сақланиш қонунидан **Бернулли тенгламаси** ушбу кўринишига эга бўлади:

$$\frac{W_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} + gH_1 = \frac{W_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + gH_2 + \lambda \frac{W^2}{2} = \text{const}.$$

Бернулли тенгламасини ҳаракатдаги газ учун ҳам қўллаш мумкин (2.2.-расм). Газлар учун энергия баланси 1 кг учун эмас, 1 м^3 газ учун ҳисобланади, бунинг учун тенгламанинг ҳамма ҳадлари газнинг зичлигига кўпайтирилиши керак ρ .



Расм 2.2. Бернулли тенгламасига схема (печ газлар учун таъаллуқли)

$$\frac{W_1^2}{2} \rho + P_1 + \rho gH_1 = \frac{W_2^2}{2} \rho + P_2 + \rho gH_2 + \lambda \frac{W^2}{2} \rho. \quad (2.1)$$

Атроф муҳит ҳавоси учун, шу шароитларда Бернулли тенгламаси ушбу кўринишга эга:

$$P_{1\epsilon} + \rho_{1\epsilon} g H_1 = P_{2\epsilon} + \rho_{2\epsilon} g H_2. \quad (2.2)$$

Абсолют босимнинг ортиқча босим билан алмаштириш P_1 и P_2 билан, газларни каналлар орқали оқишини билиш учун биринчи тенгламадан иккинчисини айриш керак.

$$\frac{W_1^2}{2} \rho + (P_1 - P_{1\epsilon}) + (\rho - \rho_{1\epsilon}) g H_1 = \frac{W_2^2}{2} \rho + (P_2 - P_{2\epsilon}) + (\rho - \rho_{2\epsilon}) g H_2 + \lambda \frac{W^2}{2} \rho.$$

Газларнинг баландлигини H юқорига эмас пастга қараб қандайдир нол сатҳдан ҳисобланади. Буни инобатга олган ҳолда Бернулли тенгламаси қуйидаги кўринишга эга.

$$\frac{W_1^2}{2} \rho + (P_1 - P_{1B}) + (\rho_{1B} - \rho) g H_1 = \frac{W_2^2}{2} \rho + (P_2 - P_{2B}) + (\rho_{2B} - \rho) g H_2 + \lambda \frac{W^2}{2} \rho.$$

Аэродинамик нуқтаи назаридан:

$$\frac{W_1^2}{2} \rho, \frac{W_2^2}{2} \rho \text{ тезлик ёки динамик кучланиш деб номланган } 1-1 \text{ ва } 2-2$$

кесимлар учун ва уларни $h_{1\text{дин}}, h_{2\text{дин}}$ тарзида белгилайдилар

$(P_1 - P_{1B}), (P_2 - P_{2B})$ – пьезометрик ёки статик кучланишлар айнаи шу кесимлар учун $-h_{1\text{ст}}, h_{2\text{ст}};$

$(\rho_{1B} - \rho) g H_1, (\rho_{2B} - \rho) g H_2$ – геометрик кучланишлар $h_{1\text{ўн}}, h_{\text{чан}};$

$$\lambda \frac{W^2}{2} \rho - \text{йўқотилган кучланишлар-} h_{\text{ўқ}}.$$

Унда Бернулли тенгламасини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$h_{1\text{дин}} + h_{1\text{ст}} + h_{1\text{геом}} = h_{2\text{дин}} + h_{2\text{ст}} + h_{2\text{геом}} + h_{\text{ном}} = \text{const}.$$

Бинобарин, 1-чи канал кесимидаги газ оқими кучланишлари йиғиндиси, 2- канал кесимидаги газ оқими кучланишлари йиғиндисига тенг.

Газнинг канал кесимидаги ўртача тезлигини, кесим юзасига ω кўпайтириб, газ сарфини аниқлаш мумкин $\nu = W \times \omega, \text{ м}^3/\text{с}.$

Агар газ температураси 0°C дан фарқ қилса, унда тезлик ва зичлик кўрсаткичларини нормал шароитлар учун қайта ҳисоблаш керак бўлади.

$$\rho_o = \rho_t (1 + \beta t), W_o = \frac{W_t}{1 + \beta t}$$

бу ерда: $\beta = \frac{1}{273}$.

Газнинг геометрик кучланишини бевосита ўлчашнинг иложи йўқ чунки у ҳаво ва газнинг зичлигига боғлиқ бўлиб, газларнинг температурасини аниқлаш мумкин.

Газларнинг печ каналларидаги ҳаракатида доимо бир турдаги кучланишни иккинчи турдаги кучланишга ўтиши кузатилади. Агар газнинг изотермик оқимини кўриб чиқсак, ундаги ўзгаришлари қайтарилиши мумкин, фақат кучланишнинг йўқотилаётган қисми бундан мустасно. Кучланиш йўқотишларига динамик босим сарф бўлади, бу газнинг ҳаракатида доимо янгилашиб турадиган кучланиш бўлиб, пьезометрик босим захираси ҳисобига тўлдирилиб туради.

Газларнинг ҳаракатида босим йўқотишларини минималлаштириш муҳим муҳандисликнинг муаммоси ҳисобланади. Шунинг учун босим йўқотишларнинг сабабини ўрганиш ҳолатда муҳимдир.

2.3. Босимларни ўлчаш

Печларнинг газ трубаларини эксплуатациясида кўпинча газ кучланишларини ўлчаш керак бўлади. (Па). Уларни одатда U симон трубкалар ёрдамида 1мм сув устуни билан тўлдирилган 9.81 Па босимга тенг, (1Па = 0.102 мм сув устунига тенг ўлчайдилар).

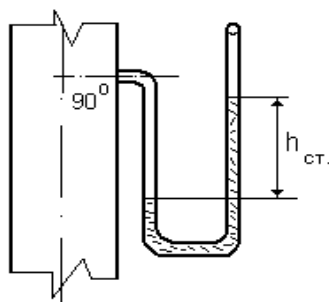
Ўзгармас кесимли канал чегарасидаги кучланишларни йўқотишларни аниқлаш учун қуйидаги схемани қўллайдилар (2.4-расм):

$$H_{\text{ўқ}} = (h_{1\text{ см}} + h_{1\text{ дин}}) - (h_{2\text{ см}} + h_{2\text{ дин}}).$$

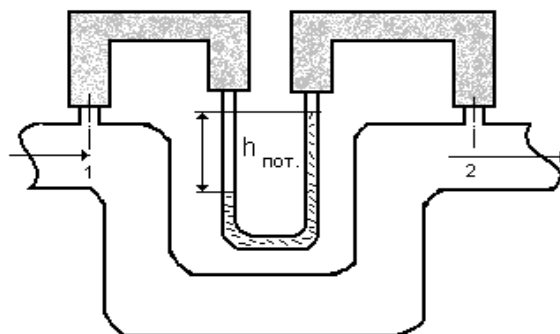
Кучланишлар трубкаси ёрдамида газларнинг ҳаракат тезлигини аниқлаш мумкин.

$$W = \sqrt{\frac{2h_{\text{дин}}}{\rho}}, \text{ м/с.}$$

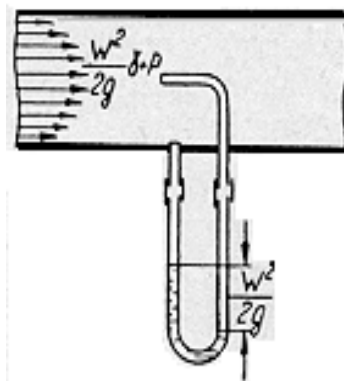
Динамик ёки тезкор кучланишни Пито – Прандтл кучланишлар трубкаси ёрдамида. (2.5 расм).



Расм. 2.3. Статистик кучланишни ўлчаш қурилмасининг схемаси



Расм. 2.4. Ўқотилган кучланишни ўлчаш қурилмасининг схемаси



2.5расм. Динамик кучланишларни ўлчаш схемаси

2.4. Труба ва каналларда ҳаракат энергиясини йўқотишлари.

1 кг ҳаракатдаги газнинг энергия йўқотиши ёки босим кучланиши йўқотишлари, 1 м^3 газнинг энергия йўқотиши, босим йўқотишлари деб номланади. Энергия йўқотиш газнинг ҳаракатининг *характерига ҳам боғлиқ*. Газларнинг қатламли ёки ламинар ва турбулент ҳаракатини фарқлайдилар. Ламинар ва турбулент ёки уюрсимон ҳаракатлар шартлари (1883 йилда).

Ламинар ва турбулент ҳаракатлар шартлари Рейнольдс томонидан аниқланган.

$$Re = \frac{\omega d \rho}{\mu} = \frac{\omega d \gamma}{\eta_t} = \frac{\omega_o d \gamma_o}{\eta_t} = \frac{\omega d}{\nu},$$

Бу ерда

ω – газнинг ҳаракат тезлиги, м/с;

d – оқим қалинлиги, м²;

ρ – газ зичлиги (суюқлик), кг/м³;

μ – динамик қовушқоқлик коэффиценти, кг с/м²;

η_t – газ температурасидаги ички ишқалаш коэффиценти

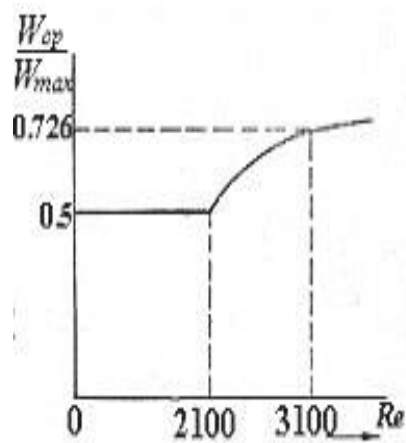
$$\eta_t = \eta_o \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{T}} \sqrt{\frac{T}{273}};$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ – кинематик қовушқоқлик коэффиценти}$$

Юмалоқ трубаларда $Re < 200$ да оқим ламинар бўлади; $Re > 2300$ тенгликда оқим турбулентга айланади. Юқоридаги миқдордан кўриниб турибдики, тезликка ва қалин оқимли суюқликлар қовушқоқлиги учун турбулент ҳаракати жоиз ва аксинча.

$$\omega_{кр} = \frac{Re \times \nu}{d}.$$

Оқимнинг кесим бўйича тезликларнинг тақсимланиши турлича бўлиб, “Оқим кучланиш” йўқотишлари ламинар ва турбулент ҳарактида ҳам турлича бўлади.



2.6.-расм. Re сонига боғлиқ бўлган оқимнинг ўртача тезлигини унинг ўқидаги тезликка нисбати.



2.7.Расм. Трубада оқим тезликларининг тақсимланиши

Оқимдаги кучланишларининг йўқотишлари.

Оқимнинг динамик кучланиш йўқотишлари ҳаракатнинг труба деворларига ишқаланиши билан боғлиқ бўлиб, бунда кинетик энергиянинг иссиқлик энергиясига ўтиши кузатилади ва маҳаллий қаршиликларни енгиш учун йўқотишлар содир бўлади.

Кучланишнинг ишқаланишдаги йўқотишлари Жираро формуласи билан аниқланади:

$$h_{mp} = \lambda \frac{W^2}{2} \rho \frac{l}{d_{эkv}} = \lambda \frac{W_o^2}{2} \rho_o (1 + \beta t) \frac{l}{d_{эkv}},$$

Бу ерда

λ – ишқаланиш коэффиценти,

W – оқимнинг ҳақиқий тезлиги,

ρ – оқим зичлиги,

l – канал узунлиги,

β – газнинг ҳажмий кенгайиш коэффициент,

$d_{экв}$ – каналнинг эквивалент диаметри ($d_{экв} = \frac{4F}{S}$), бу ерда F – канал кесими,

S – периметр.

Тўғри бурчакли каналлар учун ишқаланиш коэффициенти $d_{экв} = 2ab/a+b$ га тенг бўлади.

λ – ғадир-будирликнинг нисбий функция (ε) ва Рейнольдс мезони.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_{экв}},$$

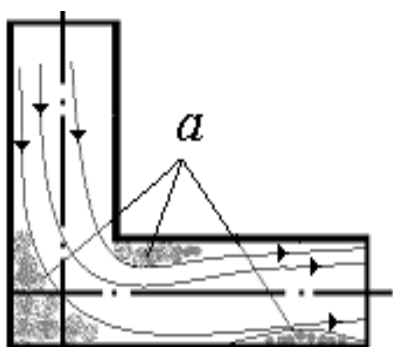
Бу ерда, Δ – канал деворларининг ғадир-будирларнинг ўртача баландлиги.

2.1- Жадвал

Канал деворларида ишқаланишлар коэффициенти

Каналлар	λ
Текис металл	0.025
Ғадир-будир металл	0.040
Ғиштли ва бетон	0.050

Кучланиш йўқотишлари оқимнинг йўқотиш ҳаракатининг ўзгариши



2.8 - расм. Оқимнинг йўналишининг ўзгариши (a – кам ҳаракатланувчи ёки ҳаракатланмайдиган суюқлик ёки газнинг бўш ҳажми.)

ёки каналлар кесимининг ўзгариши туфайли юз беради. (расм-2.8). Оқим ҳаракатининг ўзгариши ёки канал кўндаланг кесимининг ўзгаришида тезликлар эпюраси оқим кесими бўйлаб ўзгаради. Бу оқимнинг канал деворларига ишқаланишда кинетик энергиянинг сўзсиз иссиқлик энергиясига ўтиши билан кечади. Бундай йўқотишларни маҳаллий деб номланади. Тўғри каналлардан

оқим ҳаракати муҳим кесимли каналларда фақат ишқаланишга қаршилик орқали кечади ва бутун канал бўйлаб тақсимланган. Газларнинг ҳаракати Аэродинамик қаршиликлари ишқаланишга қаршилик ва маҳаллий қаршиликлардан йиғиндисидан ташкил топган.

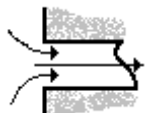
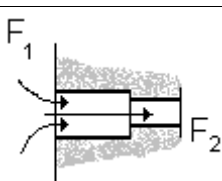
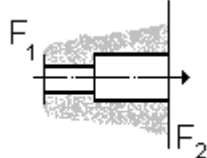
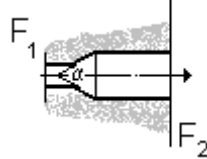
$$h = K \frac{W^2}{\rho},$$

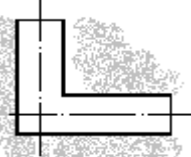
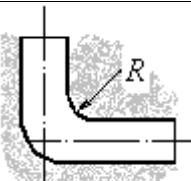
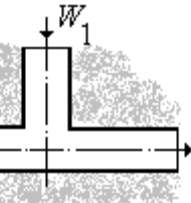
Бу ерда K – маҳаллий қаршиликнинг ўлчамсиз коэффиценти динамик кучланишнинг аниқловчи қисми бўлиб, оқимнинг у ёки бу маҳаллий қаршилик енгиб ўтиши учун керак бўлади.

Канал кесимининг ўзгаришини кичикроқ кесимли канал тезлиги бўйича аниқлаш керак.

2.2-жадвал

Маҳаллий қаршилик коэффиценти аниқлаш

Маҳаллий қаршилик	Эскиз	K	Изоҳ
1	2	3	4
Ўткир қиррали каналга оқимнинг кириши		0.5	$K = 0.20$ қиррали думалоқлаштирилган
Каналнинг кескин торайиши		$0.5(1-F_2/F_1)^2$	
Каналнинг кескин кенгайиши		$(1-F_1/F_2)^2$	
Каналнинг аста-секин кенгайиши		$(1-F_1/F_2)^2 \sin \alpha$	Каналнинг аста-секин кенгайиши

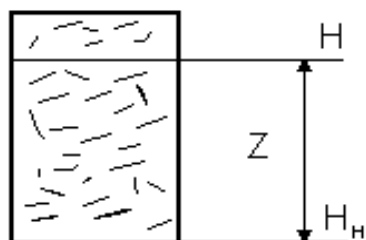
90°буриши		1.0	
Токчали бурилиш		0.15	$R=2d$
Меҳробли бурилиш		2.00	$W_1=W_2$

2.5. Газ ҳаракатининг каналда паст тезлиги

Печ унинг ишчи бўшлиғи ва мўри трубаси асосида газ нисбатан унча тез бўлмаган ҳаракат қилади ва босимлар фарқи ҳам катта бўлмайди (100 Па гача). Бундай тартибдаги ўзгаришлар газ зичлигига таъсир этмайди ва печ газларини ҳисоблашда Бернулли тенгламаси қўлланилади. Газ зичлигига температуранинг таъсирини инобатга олинмайди ва ҳисоблашларни ўрта статистик температурада бажарилади.

Газларнинг турғунлиги

Бирор ҳажмда тинч газнинг потенциал энергиясини тақсимланишини кўриб чиқамиз. Бундай ҳолатда унинг тезлиги ва ишқаланиш кучи нолга тенг. Бернулли тенгламаси ушбу кўринишига эга бўлади:



Расм. 2.9. печда босимнинг тақсимланиш схемаси

$$\rho g(H_2 - H_1) + P_2 - P_1 = 0. \quad (3)$$

Агар H_2 и P_2 ўзгарувчан баландлиги ва ўзгарувчан босим бўлса, $H - H_n = Z$, унда 3-тенглама бундай кўринишга эга бўлади.

$$P = P_n - \rho gZ.$$

Кўриниб турибдики, газ босими баландлик ўсиши билан тушади. Печда газ температураси, ташқари муҳитнинг температурасидан анча баландроқ ва ҳавонинг зичлиги, газ зичлигидан

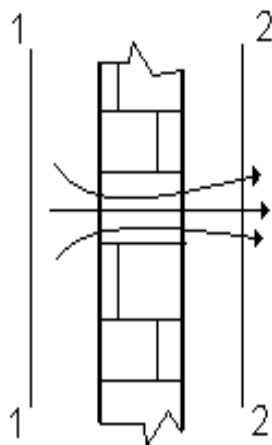
юқорироқ Берк идиш деворлари газ билан тўлдирилса, унинг ортиқча босими қандай тақсимланади. Агар газ атроф-муҳит ҳавосидан енгил бўлса, идишнинг остки қисми ҳаво билан туташади. Чегара текислигида босим бир хил. P_n дан юқори қисмида газ ва ҳаво босими ушбу тенгламаларга мос равишда тушиб кетади.

$$P_z = P_n - \rho_z gZ,$$

$$P_e = P_n - \rho_e gZ.$$

Бирини иккинчисидан айриб биз ушбу натижани оламиз. $h = P_z - P_e = gZ(\rho_e - \rho_z)$, чунки ҳавонинг зичлиги газнинг зичлигидан юқорироқ. Унда печ ичидаги газнинг босими ҳар доим атроф-муҳит ҳаво босимидан паст бўлади. У ҳолда босим тахминан атмосфера босимига тенг. Ишчи бўшлиқ ичидаги ортиқча босим кубба остида нолдан максимумга эришади.

Газнинг тешик орқали чиқиши



2.10.расм Газнинг тешикдан оқиб чиқиши

Газ чиқишини аниқлашдан мақсад - тешикдан чиқаётган газнинг тезлиги ва сарфини топишдан иборат. Газ оқимда 150–200 м/с тезликларда газни сиқилмас суюқликка таққослаш мумкин. Агар газ тешикка нисбатан катта бўлган идишдан чиқиб кетсин унда 1–1 кесимда нолга тенг ($W_1 = 0$) бўлади. Бернулли тенгламасини 1 ва 2 кесимларда қўлаймиз. Шунинг учун $H_1 = H_2$, ундан $\rho g H_1 - \rho g H_2 = 0$.

Бернулли тенгламаси

$$\frac{W_1^2}{2} \rho + P_1 + \rho g H_1 = \frac{W_2^2}{2} \rho + P_2 + \rho g H_2$$

Гидравлик қаршиликсиз олинган. Кесимдан оқим тезлиги

$$2 W_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}, \text{ ёки } W_2 = \varphi \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}},$$

Бу ерда φ – тешик коэффиценти.

Унга гидравлик қаршиликни инобатга олувчи, тезлик коэффиценти, тешикдан оқиб чиқаётган кесимининг тезлигига кўпайтириш, газнинг ҳажмий сарфини ($F_{сгр}$) оқимнинг кесимига, $F_{сгр}$ кўп ҳолларда тешик диаметри кичик бўлиб, оқимнинг сиқилишини коэффиценти орқали эришилади $E = F_{сгр}/F_{отв}$.

Газнинг ҳажмий сарфи

$$V = F_{отв} E \varphi \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}} = F_{отв} \mu^1 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

Газнинг чиқиши девор орқали ёки печнинг кубба орқали бўлса, печ тағлигида атмосфера босими газ ва ҳаво зичликлар фарқи билан боғлиқдир

$$\Delta\rho = \rho_B - \rho_\Gamma. \text{ Бу ҳолатда } P_1 - P_2 = gH(\rho_B - \rho_\Gamma).$$

2.3-жадвал

Оқимнинг сиқилиш коэффиценти

Объект	φ	E	$\mu^1 = E\varphi$
Юпқа девор ($t_{ст} < d_{отв}$)	0.98	0.63	0.62
Қалин девор ($t_{ст} > d_{отв}$)	0.8	1.0	0.8

$$W_2 = \varphi \sqrt{\frac{2gH(\rho_B - \rho_\Gamma)}{\rho_\Gamma}}; \quad V = F_{отв} \mu^1 \sqrt{\frac{2gH(\rho_B - \rho_\Gamma)}{\rho_\Gamma}},$$

Бу ерда H – тешикнинг тағликдан турган баландлиги.

2.6. Мўри трубасини ҳисоблаш

Тутун газларини чиқариш каналлари орасида печ тағлигига яқин этиб жойлаштирилади, бу қизиган газларни металл садкани (металлнинг печ ичидаги массаси - жойланиши) яхши оқиб ўтиши учун қилинади.

Юқорида айтиб ўтилган реле статистик босим таглик ёнида 0 га тенг қилиб тутиб туришга ҳаракат қилади. Шунинг учун статистик босим канал киришида ҳам нолга тенг

Труба асосидаги босимнинг пасайишини аниқлаймиз. (2.11 расм). $h_{ст} = 0$ га тенглигини инобатга олиб ва W_a тезлик труба асосидагига караганда пастлиги учун ва $h_{дин} \approx 0$ га тенг

$$h_B = \sum_A^B h_{геом} - \sum_A^B h_{ном} - h_{динB}.$$

$h_{ст}$ - босимнинг статистик кучланиши

$h_{дин}$ - босимнинг динамик кучланиши

Труба асосидаги босим тушишини аниқлаш учун Бернулли тенгламасини Б–Б ва В–В кесим учун ёзиб оламиз:

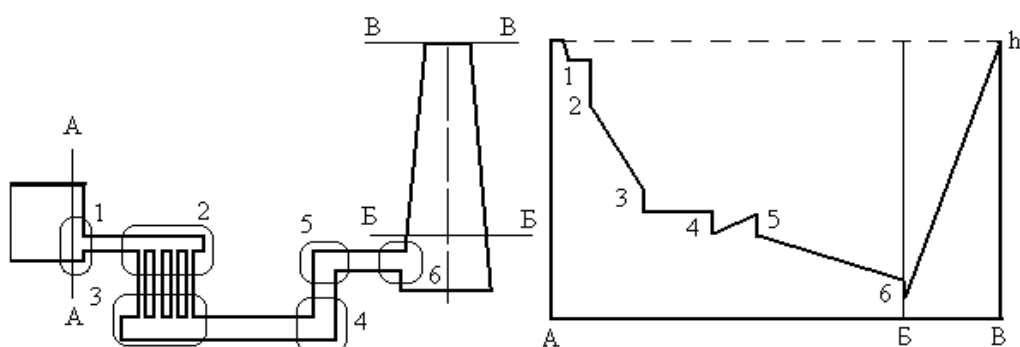
$$h_{Бст} + h_{Бдин} = h_{Вст} + h_{Вдин} - h_{БВгеом} + h_{БВном}.$$

Трубадан чиқишдаги босим атмосфера босимига тенг бўлгани учун қуйидагига тенг бўлади: $h_{Вст} = 0$.

Унда тенглик қуйидагича бўлади: $h_{Бст} = h_{Вдин} - h_{БВгеом} + h_{БВном}$.

У ҳолда трубадаги босим йўқотишларини қуйидаги формула билан аниқлаймиз

$$h_{ном} = \lambda \frac{W^2}{2} \rho \frac{l}{d_{эке}} = \lambda \frac{W_o^2}{2} \rho_o (1 + \beta t) \frac{l}{d_{эке}}.$$



2.11.расм. Тўтун трактидаги босимнинг тақсимланилиши (2–3

Труба баландлиги бўйича (ички кесими – конусли) ва газ температурасининг тушиши динамик кучланишдир. Кучланишлар Б и В кесимларда бир хил бўлмаслиги мумкин.

$$h_{B\partial ин} = \frac{W_{oB}^2}{2} \rho_o (1 + \beta t_B), \quad h_{B\partial ин} = \frac{W_{oB}^2}{2} \rho_o (1 + \beta t_B),$$

$$h_{BBном} = 0.5 \lambda H \left(\frac{h_{B\partial ин}}{d_B} + \frac{h_{B\partial ин}}{d_B} \right),$$

$$h_{BBгеом} = gH(\rho_g - \rho_c),$$

Бу ерда H – труба баландлиги,

$$h_{BBгеом} = h_{B\partial ин} - h_{B\partial ин} - h_{Bст} + h_{BBном},$$

$$h_{BBгеом} - h_{BBном} = h_{B\partial ин} - h_{B\partial ин} - h_{Bст},$$

$$H = \frac{h_{B\partial ин} - h_{B\partial ин} - h_{Bст}}{g(\rho_B - \rho_\Gamma) - 0.5 \lambda \left(\frac{h_{B\partial ин}}{d_B} + \frac{h_{B\partial ин}}{d_B} \right)}.$$

Трубанинг чиқиш кесимини ўзан (боров) деб атайдилар. Пастки қисмини Н асоси деб номлайдилар. Ўзан диаметрини шундай танланиши мумкин:

$$W_{уст} \sim 2.5 \div 3 \text{ м/с}; \quad D_{осн} = 1.5 D_{уст}.$$

Ғишт мўрилар учун температуранинг тушишини (газ температураси) қуйидагича: $1 \div 1.5$ град/м, пўлат трубалар учун футеровкаси ҳолат учун – $3 \div 4$ град/м. Ёнилғини ўзгарувчан сарф этувчи печлар учун максимал сарф ҳисобидан белгиланади. Бир нечта печ учун ишлайдиган печлар учун қайси печ каналларида қаршилик катта бўлса шу печ учун ҳисобланади. Труба диаметри печда ёнувчи газ маҳсулотларининг жами сарфи учун ҳисобланади. Трубадаги босим тушиши йилнинг энг ёмон вақтига, иссиқ вақтига, атмосферанинг зичлигига боғлиқлигини инобатга олган ҳолда ҳисобланади. Труба каналларнинг тўлиб қолишини инобатга олиб, йўқотишлар мақдорини $20 \div 30$ % ошириш лозим.

3. ИССИҚЛИК УЗАТИЛИШИ

3.1. Умумий маълумотлар

Иссиқлик узатишнинг уч хил турини фарқлайдилар, яъни иссиқ ўтказувчанлик, конвекция ва нурланиш. Иссиқлик узатилишида температуранинг жисмлар тизими ёки жисм ичида тарқалиш муаммоларини тадқиқот этилади. Бундан ташқари иссиқлик ўзатиш жараёнлари температура градиенти ҳисобига бўлади.

Иссиқлик ўтказувчанлик – иссиқликнинг бир жисмдан иккинчи жисмга ўтиши, бу жисмларнинг температуралари фарқи билан юза келиши ва макрозаррачаларни ўтиши кузатилади.

Газларда – бир молекулаларнинг бошқаларига кинетик энергиясини узатиш

Металларда – электрон ўтказиш.

Диэлектрикларда – атом ёки молекулаларни боғланиш тебранишларини узатиш.

Иссиқлик узатишнинг иссиқлик ўтказувчанлик билан ўзатилиши гомоген қаттиқ жисмлар учун характерлидир. Газ ва суюқликларда одатда иссиқлик узатиш конвекция ва нурланиш билан бир вақтида рўй беради. Шаффоф жисмларда иссиқлик ўтказувчанлик билан нурланиш орқали ҳам узатилади. Иссиқлик ўтказувчанлик билан иссиқликни узатилиши Фурье томонидан 1822 йилда топилган.

$$Q^* = -\lambda F \tau \operatorname{grad} T, \operatorname{grad} T \perp F,$$

$$Q = \frac{Q^*}{\tau} = -\lambda F \operatorname{grad} T,$$

$$q = \frac{Q^*}{F \tau} = \frac{Q}{F} = -\lambda \operatorname{grad} T,$$

Бу ерда

Q – Иссиқлик оқими, Вт;

q – Иссиқлик оқими зичлиги, Вт/м²;

λ – Иссиқлик ўтказувчанлик, Вт/м×К;

$\lambda_{\text{мет}} \sim 5 \div 385$ Вт/м*К. Лоренс қонунига кўра, λ металл электр ўтказувчанлиги қанча катта бўлса шунча миқдорга эга бўлади. Ҳарорат ошиши билан нometалларда λ тушиб кетади.

$\lambda_{\text{н.тв.м}} \sim 0.15 \div 19$ Вт/м*К (графит бундан истисно), $\lambda \sim 55 \div 165$ Вт/м×К). Ҳароратнинг ортиши билан нometалларда иссиқлик ўтказувчанлик - λ ошади лекин улар орасида бу қонундан истиснолар кўп.

Суюқлик ва газларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги жуда кичик.

$\lambda_{\text{ж}} \sim 0.13 \div 0.28$ Вт/м*К ҳарорат ошганда уларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги камайди. (истисно - глицерин ва сув).

$\lambda_{\text{г}} \sim 1.75 \times 10^{-2} \div 16 \times 10^{-2}$ Вт/м°К иссиқлик ўтказувчанлик температура ортганда кўп мартаба ортиб кетади. Ҳовак ва толали материалларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари ҳам жуда кичик.

Конвектив иссиқлик алмашинуви. Конвектив иссиқлик алмашинуви-ҳаракатланаётган суюқлик ёки газларнинг қизиган жойларини совуқ жойларига механик равишда ўтказишдаги ҳолатига айтилади. Суюқликларда конвекциядан ташқари иссиқлик ўтказувчанлик билан иссиқлик узатилади. Масалан суюлтирилган металлларда иссиқлик ўтказувчанлик катта аҳамиятга эга.

Суюлтирилган массанинг қаттиқ жисмга иссиқлик оқими учун, Ньютон қуйидаги формулани таклиф этган

$$Q = \alpha F (t_n - t_r) \text{ Вт}$$

Бу ерда α - конвектив иссиқлик узатиш коэффициенти Вт /м²к

F-иcсиқлик алмашинувида қатнашувчи девор юзаси;

T_n - оқим температураси;

T_c - девор температураси.

Асосий қийинчилик конвекциянинг α -иcсиқлик узатишнинг ҳисобланиши учун жуда кўп факторлар (суюқликнинг қовушқоқлиги, суюқликни қаттиқ жисмга айланиб ўтиши, форма ва ўлчамлари, иссиқлик

ўтказувчанлик ходисаси) $\frac{1}{\alpha F}$ қийматини ташқи иссиқлик қаршилиги деб ҳисобланади. R_c шунинг учун Ньютон формуласини қуйидагича ифодалаш мумкин.

$$Q = \frac{t_n - t_c}{R_c}; \text{ Вт}$$

Иссиқлик нурланиши - катта энергияли атом ва молекулаларнинг стационар ҳолатидан, атроф муҳит температурасидан қатъий назар, бошқа кичик энергияли стационар ҳолатга ўтиши билан боғлиқ,

Нурли иссиқлик узатишда 2 та тана бир-бирини 4 даражада интенсивлик пропорционал равишда ҳароратга эга нурланиш билан киздиради ва атроф муҳит температурасига боғлиқ бўлмайди. Натижавий иссиқлик оқими қайси жисмни температураси паст бўлса шу жисм орқали ўтиб кетади.

Нурланиш иссиқлиги – Атом ва молекулаларнинг бири катта энергетик стационар ҳолатидан ва кичик энергияли стационар ҳолатга квант ўтишига айтилади ва атроф муҳит температурасига боғлиқ эмас ($K_{\text{уёш}} \rightarrow E_p$).

Икки жисмнинг нурли иссиқлик алмашинуви бир-бирини нурлантиради. Нурланиш интенсивлиги температураларнинг тўртинчи даражасига пропорционалдир. Иссиқлик қайси жисмнинг температураси паст бўлса шу жисм орқали ўтиб кетади .

$$Q_{12} = \sigma_{np} (T_1^4 - T_2^4) F, \text{ Вт},$$

Бу ерда

F – нурланувчиларнинг ўзаро сирти; м^2 ;

T – температура, $^{\circ}\text{К}$;

Q_{12} – Биринчи жисмнинг иккинчи жисмга ўтказаётган иссиқлик оқими, Вт;

σ_{np} – Нурланишнинг келтирилган коэффиценти, $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}^4$.

3.2. Қаттиқ жисмларда иссиқлик ўтказувчанлиги.

Қаттиқ жимларда иссиқлик ўтказувчанлиги бир жисм ва изотроп таналар мисолида кўриб чиқилади. Иссиқлик ўтиши қаттиқ жисмда ҳарорат бутун ҳажм бўйича вақт оралиғида доимо ўзгариб туради. Вақт бирлиги ичида температуранинг бутун жисмдаги нуқталардаги ҳолат температура майдони деб номланади.

Стационар иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий вазифаси ҳароратни тақсимланиши ва қаттиқ жисмларда иссиқ оқимини топишдан иборат.

Ностационар иссиқлик ўтказувчанлик – ҳароратлар майдони вақт ичида ўзгариб туради, яъни жисм қизийди ёки совийди. Ностационар иссиқлик ўтказувчанликнинг вазифаси айна вақтдаги ҳароратни аниқлашдан иборат. Ўрганилаётган формулалар қизиш ва совиш учун мўлжалланган.

Текис ҳарорат майдонида қиздириш.

Қиздириш ҳолати, жисмнинг температураси ҳамма нуқталарда бир хил (T . Кофруннета функцияси эмас (жисм юпқа)). Амалда бу ҳолат яхши аралашадиган суюқликлар ёки иссиқлик ўтказувчанлиги жуда юқори коэффициентга эга юпқа жисмларга тааълуқли.

Старк формуласига асосан қиздириш вақти

$$\int_0^{\tau} d\tau = \frac{Mc}{\sigma_{np}F} \int_{T_h}^T \frac{dT}{T_c^4 - T^4},$$
$$\tau = \frac{Mc}{\sigma_{np}F} \times \frac{1}{T_c^3} \left[\left(\ln \frac{1 + \frac{T}{T_c}}{1 - \frac{T}{T_c}} + 2 \operatorname{arctg} \frac{T}{T_c} \right) - \left(\ln \frac{1 + \frac{T_h}{T_c}}{1 - \frac{T_h}{T_c}} + 2 \operatorname{arctg} \frac{T_h}{T_c} \right) \right]$$

Нотекис температура майдонида жисмларни қиздириш.

Бу турдаги қиздириш бўйича ҳолатларга қараганда кўпроқ учрайди. Агар пўлат ёмбини (слиток-рус) печга ўрнатиб қўйсақ, маълум ҳарорат унинг устки қатламларининг ҳарорати секинроқ ошади. Жисм бўйича ҳароратнинг нотекис тақсимланиши юз беради.

Вақт оралиғида ҳолат ўзгаради, ички қатлам ҳарорати кўтарилади ва жисм бўйлаб ҳарорат ҳам кўтарилади.

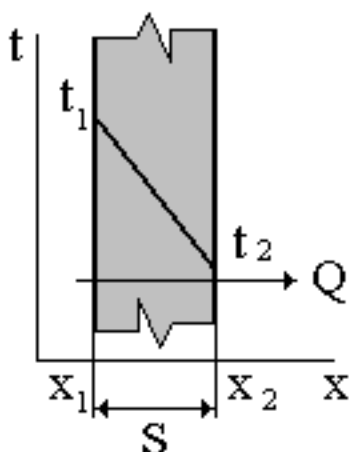
$A = \frac{\lambda}{c\rho} \cdot M^2 / r$ ҳарорат ўтказувчанлик коэффициентини, ностационар жараёнларда ҳароратнинг ўзгариш тезлигини характерлайди.

Ҳарорат ўтказувчанлик жисмнинг иссиқлик энергиясини кўрсатиб беради: иссиқлик ўтказувчанлиги қанча катта бўлса, шунча жисмнинг ҳарорати ўсиши тезроқ бўлади (сиртдан-марказга) ва иссиқлик сиғими қанча катта бўлса ҳароратнинг ўсиши секинлашади. Бу масалани аналитик йўл билан ечиш жуда мушкул, ҳатто энг оддий шароитлардаги шартлар бўлса ҳам. Шунинг учун ностационар иссиқлик ўтказувчанликда техник ҳисоблар жадвал ва графиклар ёрдамида ечилади. Миқдорий ҳисобларни камайитириш учун уларни миқдорсиз гуруҳларга бириктирилиб ишланади, бунда ўхшаш назариясидан фойдаланилади.

Тенглама ва чегара шартларини миқдорсиз катталикларга келтириб, катталиксиз температура учун қуйидаги формулага эга бўламиз.

$$Q\varphi\left(A, T \frac{x}{s}\right); Q = \varphi\left(\frac{as}{\lambda}, \frac{a\tau}{s^2}, \frac{x}{s}\right)$$

Миқдорсиз иссиқлик узатиш коэффициентини А-БиО мезони $= Bi = \frac{as}{x}$, миқдорсиз вақт –t- фурье мезони $-f_0 = \frac{a\tau}{s}$.



3.1-расм. Температуранинг бир қатламли ва ясси девор бўйлаб тақсимланиши

Шартлари:

Девор ўлчамлари (3.1-расм) унинг қалинлигидан кўп мартаба катта.

$$F = \text{const},$$

$$\lambda = \text{const},$$

t_1 и t_2 – аниқ ва ўзгармас.

Иссиқлик оқимини аниқлаш- Q .

Фурье қонунини қўллаб, $Q = -\lambda F \text{grad} T$,

$$\text{Ушбуга эга бўламиз } \frac{dt}{dx} = -\frac{Q}{\lambda F} = \text{const} . \quad (3.1)$$

Агар стационарлик шартлари бузилса ҳарорат ўзгариши бошқача бўлади. (3.1) тенгламадан кўриниб турибдики температура тўғри чизик бўйлаб ўзгаради. Ўзгарувчиларни бўлиб, интеграллаймиз.

$$dt = -\frac{Q}{\lambda F} dx, \quad \int_1^2 dt = -\frac{Q}{\lambda F} \int_1^2 dx, \quad t_1 - t_2 = \frac{Q}{\lambda F} (x_2 - x_1), \text{ но } (x_2 - x_1) = S.$$

$$Q = \frac{\lambda F}{S} (t_1 - t_2), \quad \text{хосил бўлади;} \quad (3.2)$$

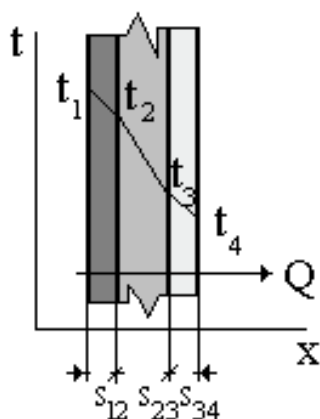
Бу ерда $\frac{S}{\lambda F} = R$ – деворнинг иссиқлик қаршилиги, °K/Вт.

$$Q = \frac{(t_1 - t_2)}{R}. \quad (3.3)$$

(3.2) тенгламанинг келтириб чиқаришда $\lambda = \text{const}$ деб қабул қилинган, аслида $\lambda = f(t)$, шунинг учун $dt/dx \neq \text{const}$ ва девор температураси эгри чизик бўлаб ўзгаради. Иссиқлик оқимининг аниқланган ҳисоблаш формуласини топиш учун (3.1) тенгламага $\lambda = \lambda_0 (1 + bt)$ ифодани қўйиш керак. Лекин техник ҳисоблашларда (3.2) формуладан, яъни ўртача арифметик қийматлардан фойдаланилади, $\bar{\lambda} = 0.5(\lambda_1 + \lambda_2)$,

$$Q = \frac{\bar{\lambda} F}{S} (t_1 - t_2).$$

Кўп қатламли деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги



Шартлари:

Қатламлар идеал термик контактка эга (3.2-расм), яъни ёпишган сиртлар температураси бир хил.

t_1 и t_4 – аниқ ва ўзгармас.

Иссиқлик оқимини аниқлаш: Q, t_2 и t_3 .

Аввалги ҳолат сингари (бир қатламли девор) иссиқлик оқимлари ҳар бир қатлам бўйича X ўқи бўйлаб йўналган ва бир бирига тенг

3.2.-расм. Кўп қатламли ясси девордаги температура-нинг тақсимланиши

$(Q_1=Q_2=Q_3=Q_4)$. (3.3). Тенгламадан ҳароратлар фарқини аниқлаймиз:

$$t_1 - t_2 = QR_{12}$$

$$t_2 - t_3 = QR_{23}$$

$$t_3 - t_4 = QR_{34}$$

Тенгламаларни қўшамиз ва ушбуга эга бўламиз:

$$t_1 - t_4 = Q(R_{12} + R_{23} + R_{34}).$$

$$Q = \frac{t_1 - t_4}{R_{12} + R_{23} + R_{34}} = \frac{(t_1 - t_4)F}{\frac{S_{12}}{\lambda_{12}} + \frac{S_{23}}{\lambda_{23}} + \frac{S_{34}}{\lambda_{34}}}.$$

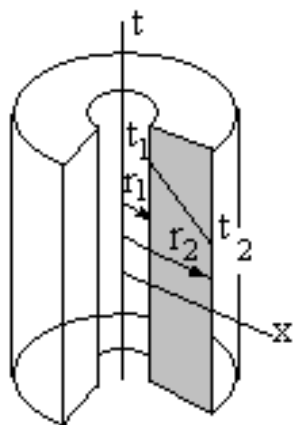
Ҳароратлар: $t_2 = t_1 - QR_{12}$; $t_3 = QR_{34} + t_4$.

Цилиндрик девор орқали стационар иссиқлик ўтказувчанлик:

Шартлар:

Узунлиги катта бўш цилиндр (3.3.расм) – l , t_1 и t_2 – аниқ ва ўзгармас.

$Q, t = f(r)$. Иссиқлик оқимини аниқланг



3.3.-расм. Бир қатламли цилиндрик девордаги температуранинг тақсимланиши

Фурье қонунини қўллаймиз $\frac{dt}{dr} = -\frac{Q}{\lambda F}$,

$F = 2\pi r l$. Радиус қанча катта бўлса, сиртюзаси шунча катта бўлади.

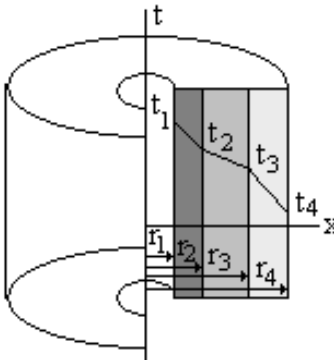
$$\frac{dt}{dr} = -\frac{Q}{\lambda 2\pi r l}, dt = -\frac{Q}{\lambda 2\pi r l} dr,$$

$$\int_1^2 dt = -\frac{Q}{\lambda 2\pi r l} \int_1^2 \frac{dr}{r}.$$

$$Q = \frac{2\pi l \lambda}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (t_1 - t_2) = \frac{2\pi l \lambda}{\ln \frac{d_2}{d_1}} (t_1 - t_2) = \frac{1}{R} (t_1 - t_2)$$

Бу ерда $R = \frac{\ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi l \lambda}$ – цилиндрик деворнинг иссиқлик қаршилиги.

Кўп қатламли цилиндрик девор учун ҳам хулоса ясси девор каби, бўлади. (3.4-расм).

 3.4 расм. Кўп қатламли цилиндрик девордаги температуранинг тақсимланиши	$t_1 - t_2 = QR_{12},$ $t_2 - t_3 = QR_{23},$ $t_3 - t_4 = QR_{34}$ Тенгламаларни қўшиб қуйидагига эга бўламиз $t_1 - t_4 = Q(R_{12} + R_{23} + R_{34}),$ $Q = \frac{t_1 - t_4}{R_{12} + R_{23} + R_{34}}$ Ҳароратлар: $t_2 = t_1 - QR_{12}; t_3 = QR_{34} + t_4.$
--	--

Ностационар иссиқлик ўтказувчанлик– температуравий майдон вақт ўтиши билан ўзгаради, яъни қиздириш ёки совуш юз беради.

Ностационар иссиқлик ўтказувчанликнинг вазифаси берилган вақт momentiда қаттиқ жисмларда температуранинг тақсимланишини аниқлайди. Барча ишлаб чиқарилган формулалар қиздириш учун ҳам совутиш учун ҳам тўғри бўлади.

Бир текис тақсимланган температура майдонида қиздириш.

Қиздиришнинг шундай ҳолатини кўриб чиқамиз, бунда қиздирилаётган жисмнинг барча нуқталарида бир хил, яъни жисм термик юпқа координаталар функцияси эмас. Амалда бундай ҳолатлар - яхши аралашган суюқлик ёки юқори иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентига эга бўлган юпқа қаттиқ жисмлар бўлиши мумкин. Иссиқлик сирт юзасига конвекция

билан узатилади. Ньютон формуласига биноан, сирт юзасидан ўтаётган иссиқлик миқдори

$$dQ = \alpha(t_c - t) F d\tau \text{ тенг}$$

Ушбу иссиқлик жисм энтальпиясини ўсишига олиб келади:

$$di = Mcdt = \rho Vcdt.$$

$dQ = di$ га тенглаб, ноъмаълумларни бўлиб, бошланғич вақт бўйича $\tau = 0$, уни интеграллаб қуйидаги натижаларга эга бўламиз:

$$\int_0^{\tau} d\tau = \frac{Mc}{\alpha F} \int_{t_h}^t \frac{dt}{t_c - t}.$$

Қиздириш вақти t_h до t тенг:

$$\tau = \frac{Mc}{\alpha F} \ln \frac{t_c - t_h}{t_c - t}.$$

Қиздириш бошлангандан сўнг, t вақти ичида олган температурасини ҳисоблаш учун формулани ўзгартириш лозим:

$$\frac{t_c - t}{t_c - t_h} = \exp\left(-\frac{\alpha F \tau}{Mc}\right).$$

Сирт юзасига нурланиш орқали узатилади.

Вазифа юқорида ҳисоблаш сингари бўлиб фақат нурланиш орқали иссиқлик узатиш тенгламасидан фойдаланилади: $Q_{12} = \sigma_{np}(T_1^4 - T_2^4)F$.

Ушбу шартдан келиб чиқиб, $dQ = di \sigma_{np}(T_c^4 - T^4)F d\tau = McdT$ номаълумларни бўлиб, тенгламани интеграллаб, Старк формуласига эга бўламиз.

$$\int_0^{\tau} d\tau = \frac{Mc}{\sigma_{np}F} \int_{T_h}^T \frac{dT}{T_c^4 - T^4},$$

$$\tau = \frac{Mc}{\sigma_{np}F} \times \frac{1}{T_c^3} \left[\left(\ln \frac{1 + \frac{T}{T_c}}{1 - \frac{T}{T_c}} + 2 \operatorname{arctg} \frac{T}{T_c} \right) - \left(\ln \frac{1 + \frac{T_h}{T_c}}{1 - \frac{T_h}{T_c}} + 2 \operatorname{arctg} \frac{T_h}{T_c} \right) \right].$$

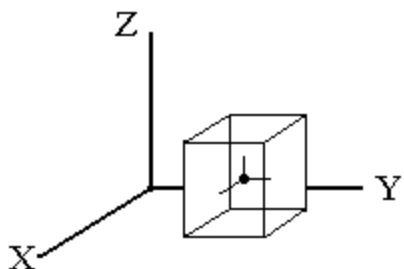
Старк формуласида қавс ичидаги хадлар температура нисбатларининг бир хил функция бўлиб, уларни ушбу кўринишда ёзиб олиш мумкин.

$$\tau = \frac{Mc}{\sigma_{np}F} \times \frac{1}{T_c^3} \left[\psi\left(\frac{T}{T_c}\right) - \psi\left(\frac{T_n}{T_c}\right) \right].$$

Ψ функцияси катталиклар графиклари сифатида маълумотномаларда келтирилган. Старк формуласи билан тескари вазифани ҳам ечиш мумкин.

Нотекис температура майдонида жисмларнинг қизиши. Бу ҳолат бошқа шартларда белгиланганга нисбатан кўпроқ учрайди. Агар пўлат қуймани печга жойлаб, маълум температурада қиздириш бўлади. Бошқа қуйманинг ташқи қатламлари температураси тезроқ кўтарилади, ички қатламлар температураси секироқ қизийди. Ҳароратнинг жисм бўйича нотекис тақсимланиши юзага келади. Бир қанча вақтдан сўнг ички қатлам ҳарорати ташқи сирт ҳароратига тенглашиб қолади.

Қаттиқ жисмлар учун Фурье–Кирхгоф тенгламасини келтирамиз



$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{d^2t}{dx^2} + \frac{d^2t}{dy^2} + \frac{d^2t}{dz^2} \right),$$

Бу ерда $a = \frac{\lambda}{c\rho}, \text{ м}^2/\text{с}$ – температура

ўтказувчанлик коэффициенти ностационар жараёнларда ҳароратнинг ўзгаришини таснифлайди (тенгланиш тезлиги).

Рис. 3.5. Жисмнинг фазода жойлашиш схемаси.

Ҳарорат ўтказувчанлик коэффициенти жисмнинг иссиқлик инерцион ҳоссасини таснифлайди: Иссиқлик ўтказувчанлик қанча юқори бўлса, унинг ҳарорати шунча тез ошади ва аксинча, жисмнинг иссиқлик сиғими қанча катта бўлса ($c\rho$), ҳарорат шунча секин кўтарилади.

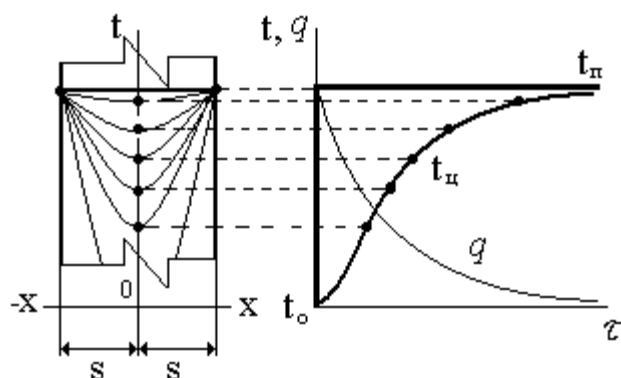
Аналитик усул билан энг содда шартлар билан ҳам ечиш жуда қийин масала. Шунинг учун техник ҳисоблашларда жадвал ва графикларда фойдаланилади. Қиздиришни тарифлаш учун керакли катталикларнинг

қисқартирилиши, гуруҳларга бирлаштирилиши, ўхшашлик назариясидан фойдаланиши катталиксиз миқдорларига эришиш лозим.

Сирт температураси муҳим бўлганда жисмларни қиздириш.

Жисм сиртининг ҳароратининг вақт ва коэффицентлар функциясида берилиши 1-турдаги чегаравий шартлар деб номланади. Шундай ҳолатни кўриб чиқамиз. Бунда аналитик ечим бор: тугалмас пластина, унинг бошланғич вақт momentiда температура майдони бир текис бўлиб, унинг сирт қатламлари температураси бир зумда сирт ҳароратига етиб олади.

Температура (t_n) қолган вақт ичида доимий бўлиб қолади (3.6.-расм). Амалда бу ҳолатни бажариш мумкин, агар нисбатан совуқ бўлган иссиқлик ўтказувчанлиги паст материални қайнаётган сув ёки яхши аралаштирилган эриган металлга ботириб олсак ушбу ҳолат рўй беради.



3.6.расм 1-турдаги чегаравий шартларда қиздирилган пластина,

q – иссиқлик оқимининг зичлиги, $Вт/м^2$

Масалани математик ифодалаймиз. Тугунмас пластинада ҳарорат OX йўналиши бўйича ўзгаради. Ҳисоб бошини t_n , деб қабул қиламиз, унда бошқа исталган ҳарорат учун $v = t - t_n$ тенгликка эга бўламиз.

Фурье тенгламаси ушбу ҳолатда ёзилади.

$$\frac{dv}{d\tau} = a \frac{d^2v}{dx^2}. \quad (3.4)$$

Бошланғич шартлар : $\tau = 0; t = t_n$ ёки $v = v_n$.

Чегаравий шарт: $x = \pm S; t = t_n$ ёки $v = 0$.

(3.4) тенгламани ва чегаравий шартларни ўлчамсиз ҳолатга келтирамиз.

Бунинг учун масштабни ўзгартиришлар киритамиз

$$v = v_0 \Theta; x = l_0 X; a = a_0 A, \quad (5)$$

$$v_n = v_0 \Theta_n; s = l_0 S; \tau = \tau_0 T. \quad (6)$$

Масштабни ўзгартиришларни тенгламага киритамиз:

$$\frac{v_0 d\Theta}{\tau_0 dT} = \frac{a_0 v_0}{l_0} A \frac{d^2 \Theta}{dX^2}. \quad (3.5)$$

$$\text{Бошланғич шартлар :} \quad T = 0; \Theta = \Theta_n. \quad (3.6)$$

$$\text{Чегаравий шартлар :} \quad X = \pm S; \Theta = 0. \quad (3.7)$$

(3.5) Тенглама ўлчамидаги айланиши учун, боғланиш тенгламасини бажариш лозим:

$$\frac{1}{\tau_0} = \frac{a_0}{l_0^2}.$$

Тенгликка кирувчи 4 масштабдан 3 тасини исталган ҳолда танлашимиз мумкин. $v = v_n, l_0 = s, a_0 = a, 1$ тасини боғланиш тенгламасидан аниқлаймиз.

$$\tau_0 = \frac{s^2}{a}.$$

Масштаб катталикларини (5) ва (6) формулаларни тенглик ўрнига қўямиз ва ўлчамсиз миқдорларга эга бўламиз:

$$\Theta = \frac{v}{v_n}, X = \frac{x}{s}, A = l;$$

$$\Theta_n = 1, S = 1, T = \frac{a\tau}{s^2}.$$

Унда (3.5), (3.6) и (3.7) тенгламалар ушбу кўринишга келади.

$$\frac{d\Theta}{dT} = \frac{d^2 \Theta}{dX^2}; \quad (3.8)$$

$$T = 0, \Theta = 1; \quad (3.9)$$

$$X = 1, \Theta = 0. \quad (3.10)$$

Бинобарин, ечим ўлчамсиз температура унинг ўлчамсиз вақтга боғланилганлиги ва координаталарни кўринишда кўрсак бўлади.

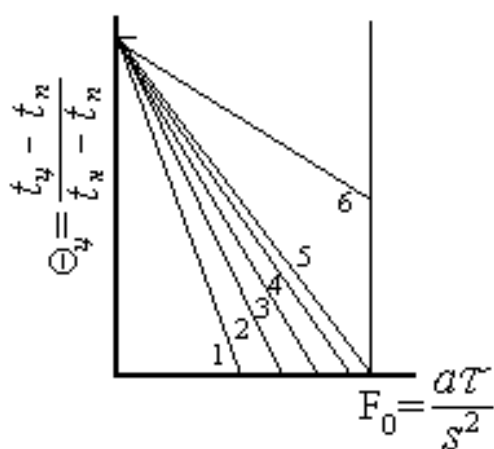
$$\Theta = \Psi(T, X) \equiv \Psi(F_0, X) \equiv \Psi\left(\frac{a\tau}{s^2}, \frac{x}{s}\right).$$

Ўлчамсиз вақтни Фурье критерийси деб аталади. $- F_0 = \frac{a\tau}{s^2}$.

Бошқа турдаги формага эга бўлган жисмлар учун ҳам ечим аналитик равишда берилади. Техник масалаларда жисмнинг ўртасидаги температурани билиш кифоя. (t_u) жисм: $(X = x/s = 0)$.

(3.8) тенглама (3.9), (3.10) чегаравий шартлар билан (3.7) бошқа формадаги жисмлар учун ушбу кўринишга эга:

$$\Theta_u = \frac{t_u - t_n}{t_n - t_n} = \Psi\left(\frac{a\tau}{s^2}; 0\right).$$



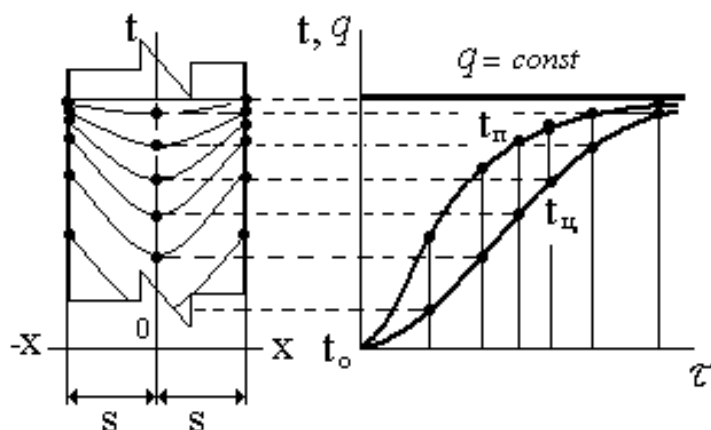
- 1 – шар,
- 2 – цилиндр $L=D$,
- 3 – куб,
- 4 – цилиндр узунлиги $L = \infty$,
- 5 – квадрат кесимли стержень
- 6 – пластина

3.7 - расм Жисм маркази температурасини аниқлаш учун диаграмманинг умумий кўриниши:

Иссиқлик оқимнинг зичлиги доимий бўлганда жисмларнинг қизиши.

Иссиқлик оқимининг зичлиги берилган масала, оқимнинг жисм сиртидан ўтиши вақт ва координаталар функциясини 2-турдаги чегаравий шартлар деб номланади. Энг содда ҳолатни кўриб чиқамиз. Бунда чексиз

пластина қиздирилади, иссиқлик оқими зичлиги, вақт ўтиши билан ўзгармайди. Қиздириш бошланиши аввал пластинанинг ҳарорат майдон бир текис. Иссиқлик оқимининг доимий зичлигида қиздириш методик ва камерали печларда учрайди.



Расм. 3.8. Иккинчи турдаги чегаравий шартларда ясси пластина қиздирилиши

Масалани математик кўринишда ифода этамиз:

Ўлчаш бошланиши (пластинанинг бошланғич ҳароратини қабул қиламиз). t_n , унда ҳар қандай бошқа ҳарорат $v = t - t_n$, Чексиз пластина учун

Фурье тенгламаси ушбу кўринишга эга: $\frac{dv}{d\tau} = a \frac{d^2v}{dx^2}$. (3.11)

Бошланғич шарт : $\tau = 0; v = 0$.

Жисм сиртидаги иссиқлик оқими, жисм марказидаги иссиқлик оқимига тенг. Буни Фурье тенгламаси орқали ифодаласак

Фурье $Q^* = -\lambda F \tau \text{grad} T$, унда

Чегаравий шартлар: $x = \pm S; q = \pm \lambda \text{grad} t$. (3.12)

(3.11) тенгламани ва чегаравий шартларни ўлчамсиз миқдорларга келтирамиз. Унда биз ўлчамсиз температуранинг ўлчамсиз вақтга ва координаталарга боғлиқлиги:

$$\Theta = \Psi(T, X) \text{ или } \frac{\lambda(t - t_n)}{qS} = \Psi\left(\frac{a\tau}{s^2}, \frac{x}{s}\right). \quad (3.13)$$

Бошқа формадаги жисмлар учун аналитик равишда ечилади.

Қиздириш бошлангандан сўнг (3.13) турда бошқача кўриниш ҳосил қилади. Шунинг учун бундай турлаги боғланишлар бошқача кўринишга эга бўлиб, уларни графиклар билан эмас, формула кўринишда келтирадилар.

Пластина учун $\frac{a\tau}{s^2} > 0.2 - 0.3$

$$\frac{\lambda(t - t_n)}{qS} = \frac{1}{2} \left[2 \frac{a\tau}{s^2} + \left(\frac{x}{s} \right)^2 - \frac{1}{3} \right],$$

Цилиндр учун $\frac{a\tau}{s^2} > 0.1 - 0.2$.

$$\frac{\lambda(t - t_n)}{qR} = \frac{1}{2} \left[4 \frac{a\tau}{R^2} + \left(\frac{x}{R} \right)^2 - \frac{1}{2} \right]$$

Конвекция билан иссиқлик узатиш.

Доимий ҳароратли муҳитдан конвекция билан жисмларни қиздириш.

Атроф муҳитга ҳароратнинг берилиши муҳит ва сиртнинг иссиқлик алмашинувида, вақт ва координаталар функцияси 3-турдаги чегаравий шартлар деб атаймиз.

Сирт устига келаётган иссиқлик оқими,

$$q = \alpha(t_c - t).$$

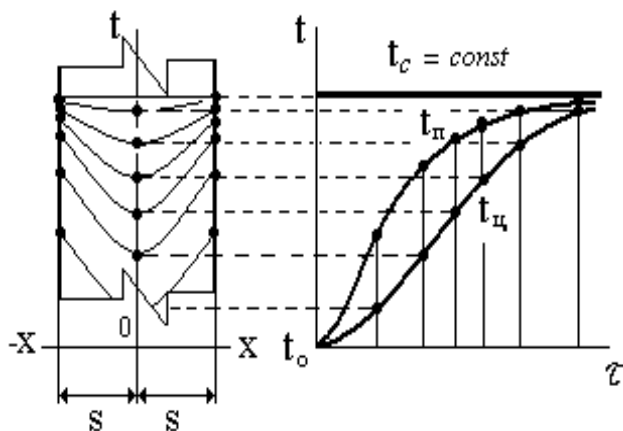
Сиртдан жисм ичкарисига кираётган иссиқлик оқими

$$q = -\lambda \text{grad} t.$$

3-турдаги чегаравий шартлар :

$$\alpha(t_c - t) = -\lambda \text{grad} t.$$

3-турдаги чегаравий шартлар билан қиздириш жараёни кўплаб учрайди. Масалан – печ ичидаги доимий ҳароратда заготовкларни қиздириш (3.9. расм).



Расм. 3.9. Ясси пластинани
3-турдаги чегаравий шартлар
асосида қиздирилиши

Шартлар :

Ўлчамлар бошланиши t_c , унда ҳамма бошқа ҳароратлар ушбу кўринишга эга бўлади: $v = t - t_c$.
Чексиз пластинада ҳарорат OX ўқи йўналишида ўзгаради.

Фурье тенгламаси :

$$\frac{dv}{d\tau} = a \frac{d^2v}{dx^2}. \quad (3.14)$$

$$\text{Бошланғич шартлар :} \quad \tau = 0; v = v_n \quad (3.15)$$

$$\text{Чегаравий шартлар :} \quad x = \pm S; \quad \alpha v = \pm \lambda \frac{dv}{dx} \quad (3.16)$$

(3.14÷3.16) формулаларни ўлчамсиз кўринишга келтириб, ўлчамсиз ҳароратнинг, иссиқлик узатишининг вақтнинг ва координаталарнинг ўлчами коэффициентларига боғлиқлигини аниқлаймиз.

$$\Theta = \Psi\left(A, T, \frac{x}{s}\right) \text{ ёки } \frac{t - t_c}{t_n - t_c} = \Psi\left(\frac{\alpha s}{\lambda}, \frac{a\tau}{s^2}, \frac{x}{s}\right).$$

А иссиқлик узатишнинг ўлчамсиз коэффициентини Био критерийси деб

аталади. Био – $Bi = \frac{\alpha s}{\lambda}$, ўлчамсиз вақт T – Фурье критерийси деб

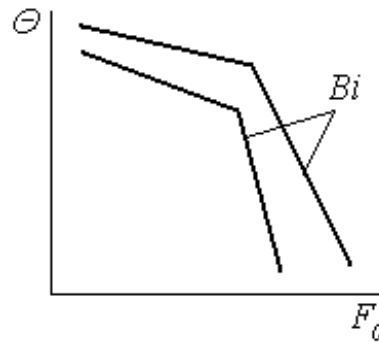
$$\text{номланади. } Fo = \frac{a\tau}{s^2}.$$

Оддий формали жисмларнинг қизиши учун (чексиз пластина, шар, чексиз цилиндр) 3-турдаги чегаравий шартлар техник ҳисоблашларда махсус графиклардан фойдаланилади. Жисмнинг ўлчамсиз маркази ҳарорати учун:

$$\Theta_u = \frac{t_u - t_c}{t_n - t_c} = \Psi_u \left(\frac{\alpha s}{\lambda}, \frac{a\tau}{s^2}, 0 \right)$$

$$\text{Ва сирт учун } \Theta_n = \frac{t_n - t_c}{t_n - t_c} = \Psi_n \left(\frac{\alpha s}{\lambda}, \frac{a\tau}{s^2}, 1 \right).$$

Бундай типдаги графиклар $F_0 \geq 1$ тенгсизлик бўлганида ва $F_0 < 1$ бўлганлиги учун Д. В. Будрин ва И.М.Красовский томонидан тузилган.



Расм . 3.10. Сирт ва марказ ўлчамсиз температурасини аниқлаш учун графикнинг умумий кўриниши

Атроф муҳит температураси ва нурланиш билан иссиқлик алмашинуви, муҳит ва сирт орқали температурани берилиш вақти, координаталар функциясини 3-турдаги чизиқли бўлмаган чегаравий шартлар деб аталади.

$$\sigma_{np} (T_c^4 - T^4) = -\lambda \text{grad} T.$$

Қиздириш аввалгидек бўлиб ўтади.

$$\text{Фурье тенгламаси :} \quad \frac{dT}{d\tau} = a \frac{d^2 T}{dx^2}.$$

$$\text{Бошлангич шартлар :} \quad \tau = 0; T = T_n.$$

$$\text{Чегаравий шартлар :} \quad x = \pm S; \sigma_{np} (T_c^4 - T^4) = \pm \lambda \frac{dT}{dx}.$$

Тенглама ва чегаравий шартларни ўлчамсиз кўринишга келтириб, ўлчамсиз температура учун қуйидаги боғланишга эга бўламиз:

$$\frac{T}{T_c} = \Psi \left(\frac{a\tau}{s^2}, \frac{\sigma_{np} T_c^3 s}{\lambda}, \frac{T_n}{T_c}, \frac{x}{s} \right). \quad (3.17)$$

(3.17) Боғланиш 5 та катталикини ўз ичига олади. Шунинг учун график ҳолда катта (x/s) координатанинг аниқ миқдорлари учун ҳам кўриниш тарзида тақдим этиб бўлмайди. Чизиқли бўлмаган чегаравий шартларни чизиқли билан алмаштирамиз. Бунинг учун нурланиш билан қиздириш учун иссиқлик узатиш коэффициентини киритамиз: $\alpha_l = \sigma_{np} (T_c + T) (T_c^2 + T^2)$, бу Будрин ва Красовский графикларидан фойдаланиш имконини беради.

3.3. Иссиқликни нурланиш билан узатилиши

Барча жисмлар абсолют нолдан фарқли температурага эга бўлса атом ва молекулаларнинг квант ўтишлари натижасида энергияни нурланиш орқали тарқатади. Тўхтовсиз нурланиш учун керакли миқдордаги энергия ташқаридан ёки ядровий бўлиниш реакцияларидан (Қуёш) келиши керак. Атом ва молекулаларнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиши турлича таъсирга эга бўлганлиги сабабли, нурланиш ҳам турли узунликдаги тўлқинлар билан тарқалади. Температуравий ёки иссиқлик нурланиш электромагнит тебранишларнинг бир тури бўлиб, $0.4 \div 40$ мкм тўлқин узунлигида тарқалади. Унинг бир қисми кўринадиган нурлар $0.4 \div 0.8$ мкм тўлқин узунлигига ва бир қисми инфра қизил спектрига мансуб бўлиб, тўлқин узунлиги 0.8 то 40 мкм гача бўлади. Иссиқлик нурланишининг вакуумдаги тезлиги ёруғлик тезлигига тенг ва ёруғлик қонуниятларига бўйсунади.

Қаттиқ ва шаффоф бўлмаган жисмларнинг юпқа сирт қатлами қатнашади:

- Металларда – 0.0005 мм,
- Диэлектрикларда – мм нинг ўндан бир улуши қалинлигида бўлади.

Шаффоф жисмлар (шиша ва бир қатор суюқлик ва газлар) учун нурланиш ҳажмий бўлади.

Иссиқлик ўтказувчанлик ва конвекция билан иссиқлик узатиш интенсивлиги температура даражасига боғлиқ бўлмайди ва температуралар фарқи билан аниқланади. Нурланиш билан иссиқлик тарқалиши 20°C да конвекция иссиқлик алмашинувиға тенг. Юқори температураларда ($\geq 500^{\circ}\text{C}$) иссиқликнинг нурланиш билан узатилиши одатда асосий бўлиб қолади.

Нурланиш билан иссиқлик узатишнинг асосий тушунчалари ва қонунлари.

Жисмнинг $\lambda = 0$ дан $\lambda = \infty$, гача спектр орлиғидаги жами нурланиш интеграл нурланиш деб аталади. Чексиз кичик интервалдаги λ дан $\lambda + \Delta\lambda$, гача *монохроматик нурланиш*, умумий таснифлари *спектрал* деб ном олган.

Нурланишнинг қуввати Q , қандайдир сирт орқали ўтиши нурли оқим деб аталади. Қандайдир сирт бирлигига нурланиш қувватининг нисбати нурланишнинг зичлиги деб аталади:

$$E = \frac{dQ}{dF}, \text{ Вт/м}^2.$$

Агар жисмга $Q_{\text{над}}$, нурли оқим тушса, умумий ҳолда унинг бир қисми жисм юзасидан қайтади $Q_{\text{ногл}}$, бир қисми ютилади $Q_{\text{отр}}$, бир қисми орқали ўтиб кетади $Q_{\text{проп}}$.

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{ногл}} + Q_{\text{отр}} + Q_{\text{проп}},$$

Ёки

$$\frac{Q_{\text{ногл}}}{Q_{\text{над}}} + \frac{Q_{\text{отр}}}{Q_{\text{над}}} + \frac{Q_{\text{проп}}}{Q_{\text{над}}} = A + R + D = 1,$$

Бу ерда A – ютилиш, R – қайтиш, D – жисмнинг ўтказувчанлик даражаси деб ҳисобланади.

Агар $A = 1$ ($R = D = 0$) тенг бўлса жисм абсолют қора бўлиб, тушаётган ҳамма жисм нур ютади. Табиатда абсолют қора жисм учрамайди. Абсолют қора жисм модели 3.11-расмда келтирилган (берк идишдаги тешик). Бир

жисмнинг нурланиш зичлигининг абсолют жисм зичлигига нисбати

жисмнинг қоралик даражаси деб аталади. $\varepsilon = \frac{E}{E_0}$.

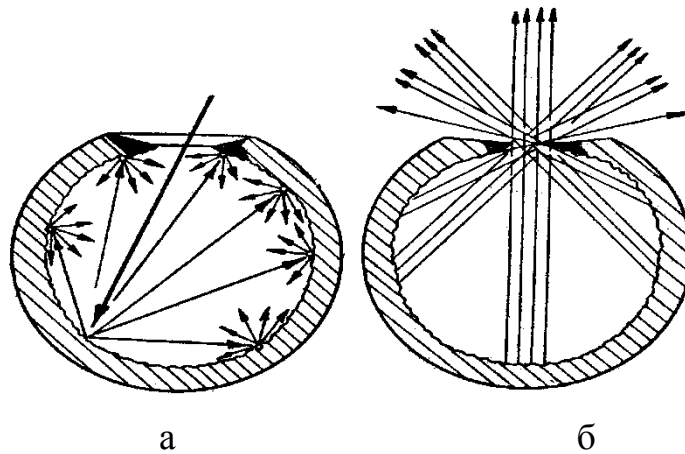


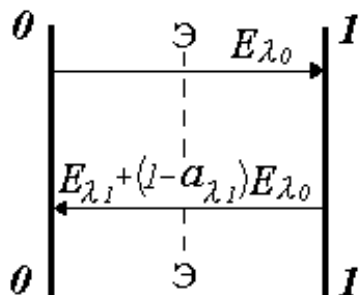
Рис. 3.11. Абсолют қора жисм модели:

а – ютиш, б – нурланиш

Агар $R = 1 (A = D = 0)$, бутун тушаётган нур жисм томонидан қайтарилади (абсолют оқ жисм). Агар ҳар бир нур турли томонларга қайтарилса бундай қайтариш *диффузион* дейилади. Абсолют оқ жисм табиатда бўлмайди, лекин баъзи материаллар жуда юқори қайтариш коэффициентига эга ($R=0.95$).

Агар $D = 1 (A = R = 0)$ – абсолют шаффоф жисм ёки диатермик деб номланади. Икки атомли газларнинг кўпчилиги ва спектрнинг кўриниш нурлари спектрида турли шишалар диатермик ҳисобланади.

Кирхгоф қонуни



Расм. 3.12. Кул ранг ва узунликларини эркин ҳолда тўла қайтаради. абсолют қора жисмларнинг Экран ва юзалар температураси бир хил, яъни ўзаро нурланиш иссиқ улар температуравий техникавий мувозанатдалар. оқимлари схемаси

$0 \rightarrow 1$ юзанинг нурланиш зичлиги унинг хусусий нурланиши билан шартланади ва $E_{\lambda 0}$ га тенг. $1 \rightarrow 0$ юзасининг нурланиш зичлиги унинг хусусий нурланиши 1 ва 0 юзасининг қайтариш нурланишга тенг $E_{\lambda 1} + (1 - a_{\lambda}) E_{\lambda 0}$. Лекин тизим температуравий мувозанатда эканлигидан қуйидаги кўринишга эга бўлади (3.18).

$$E_{\lambda 0} = E_{\lambda 1} + (1 - a_{\lambda}) E_{\lambda 0}. \quad (3.18)$$

$$\frac{E_{\lambda 1}}{E_{\lambda 0}} = a_{\lambda}, \text{ ёки } \frac{E_{\lambda 1}}{a_{\lambda}} = E_{\lambda 0}. \quad (3.19)$$

Кирхгоф қонуни:

Жисмнинг нурланиш зичлигини унинг қайтариш хусусиятига нисбати, ҳар бир температура ва тўлқин узлиги учун, ўзгармас катталиқдир

■ Тўлқин узунлигининг танлови ихтиёрий бўлгани сабаб ва ютиш хусусияти 1 дан катта бўлмаслигини инобатга олиб, ҳар бир тўлқин узунлигида абсолют қора жисмнинг нурланиш зичлиги шу температурадаги бошқа жисмнинг нурланиш зичлигидан катта.

■ 1 юзанинг хоссалари тўғрисида чеклов бўлмагани боис (3.19) тенглик ҳамма юзалар учун, шу температурада, тўғри келади.

$$\frac{E_{\lambda 1}}{a_{\lambda 1}} = \frac{E_{\lambda 2}}{a_{\lambda 2}} = \frac{E_{\lambda 3}}{a_{\lambda 3}} = \dots = E_{\lambda 0}.$$

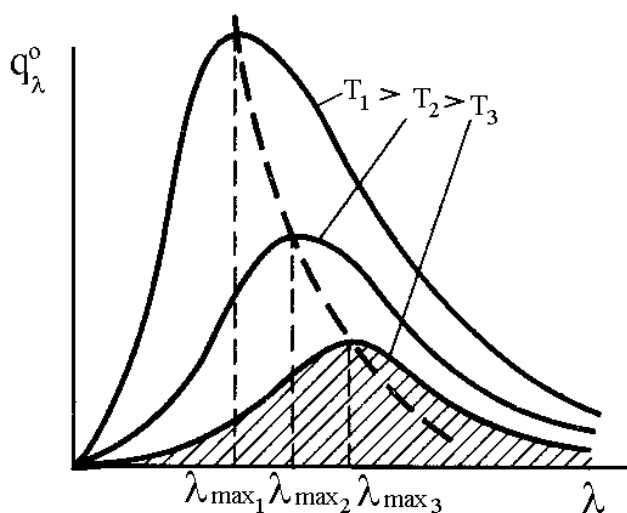
Планк ва Вин қонуни

Оқим зичлигининг спектрал тақсимланишини яримсферик абсолют қора жисмнинг нурланиши Планк қонуни асосида аниқланади.

$$q_{\lambda}^o = c_1 \lambda^{-5} \left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]^{-1}, \text{ бу ерда } c_1 \text{ и } c_2 - \text{константа. 3.13. расмда.}$$

Графикдан кўриниб турибдики, абсолют қора жисмнинг температураси ортиши билан нурланиши энергиясининг максимуми калтароқ узунликдаги тўлқинлар томонига силжийди. Максимум нуқталаридан ўтган штрихланган чизиклар Виннинг силжиш қонунига мос келади.

$$\lambda_{\max} T = 2897,8 \text{ мкм} \cdot \text{K}$$



Расм. 3.13. Маълум температурадаги ярим сферик абсолют қора жисмнинг оқим зичлигининг спектрал тақсимоти берилган.

Стефан-Больцман қонуни.

Абсолют қора жисмнинг температурада умумий сферик нурланиш зичлигига боғлиқлигини 1879 йилда И. Стефан томонидан очилган ва Л. Больцманнинг термодинамикасида тасдиқланган (1884 й.).

$$E_o = \sigma_o T^4,$$

Бу ерда $\sigma_o = 5.7 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}^4$ – абсолют қора жисмнинг нурланиш коэффициенти.

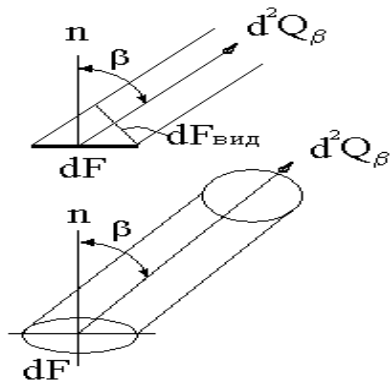
Ушбу формула ҳамма ҳисобалаш ишларида нурли иссиқлик алмашинувида асос бўлиб хизмат қилади. Лекин σ_o жуда кичик ва T^4 та катта бўлганлиги сабаб ушбу формуладан фойдаланилади:

$$E_o = c_o \left(\frac{T}{100} \right)^4,$$

Бу ерда $c_o = 5.7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ – абсолют қора жисм нурланиш учун келтирилган коэффициент.

Ламберт қонуни

Жисм томонидан таралаётган нурли энергия фазода турли йўналишлар бўйлаб, турли интенсивлик билан тарқалади. Нурланиш интенсивлиги ва унинг йўналиши оралиғидан боғланиш қонуни **Ламберт** қонуни деб аталади. $d\omega$, *Фазовий бурчак бўйича* dF элементар майдон юзасидан таралаётган нурли оқим d^2Q_β , бурчак бўйича йўналтирилган бўлса, унинг миқдори шу β бурчакка ўтказилган нормалга пропорционал бўлиб, кўриниши йўналиши бўйича $d\omega$ бурчагига тенг (расм. 3.14).



$$dF_{\text{вид}} = dF \cos \beta, \text{ бундан}$$

$$d^2Q_\beta = b dF \cos \beta d\omega,$$

бу ерда b – коэффициенти ҳамма бурчаклар учун бир хил бўлиб, ёрқинлик майдончани нурлантирувчилигини таснифлайди. Шундай қилиб нурли энергиянинг энг катта миқдори перпендикуляр йўналишда, яъни $\beta = 0$.

Расм. 3.14.

Ламберт қонунига хулоса

β бурчак катталашган сари нурланиш интенсивлиги камаяди ва $\beta = 90^\circ$ градусда 0 – тенг. Ламберт қонуни абсолют қора жисмлар ва диффузион нурланишга эга бўлган жисмлар учун ҳам тегишли $\beta = 0 - 60^\circ$. Сайқалланган жисмлар учун Ламберт қонунини қўллаб бўлмайди. Улар учун β бурчагидан нур таратиш сиртга нормал ҳолатидан кўп бўлади.

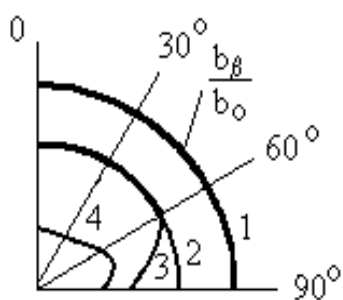
Реал жисмларнинг нурланиши. Кул ранг жисм. Реал жисмларнинг нур ютиш қобилияти уларнинг табиати сирт ҳолатига боғлиқ. Оксид плёнкаларнинг борлиги, ифлосланишлар ва бошқа ҳоссалари ҳам таъсир этади.

Ҳамма реал жисмларнинг монохроматик ютиш коэффициенти турли тўлқин узунликлар учун бир хил эмас. Агар ютиш қобилияти a_α ўзгарувчан миқдор бўлса Кирхгоф қонунига кўра ε_λ қоралик даражаси ҳам тўлқин узунлиги билан ўзгаради.

Жисмнинг қоралик даражасининг тўлқин узунлиги бўйича ўзгариши **селектив нурланиш** дейилади.

Селективликнинг энг катта миқдори газларда, энг кичик селективлик ғадир-будир сиртли қаттиқ диэлектрикларда бўлади.

Реал жисмлар нурланиши идеал диффузион бўлмайди. Шунинг юза сиртидан нурларнинг ёрқинлиги унинг сирт юзасига катта бурчаклар остидаги йўналиши ҳам муҳим миқдорга эга бўлмайди. (3.15 расм).



3.15.-расм.

Нурланишнинг
фазода тақсимланиши:

1 – абсолют қора жисм,

2 – идеаль кул ранг,

3 – диэлектриклар,

4 – металллар

$b_\beta - b = f(\beta)$, бу ерда b – ёрқинлик, b_o – абсолют қора жисм нурланиш ёрқинлиги.

Техник ҳисобларни енгиллаштириш учун кул ранг жисм ҳақида тушунча киритилади.

Кул ранг жисм деб, шундай жисмларга айтиладики, уларнинг ҳамма йўналишлардаги эркинлиги бир хил ва қоралик даражаси ўзгармасдир.

$$E = \varepsilon E_o = \varepsilon \sigma_o T^4.$$

Техник ҳисоблашларда реал жисмлар кул ранг ҳисобида ўтади. Бу ҳолатда унинг нур ютиш қобилияти унинг қоралик даражасига тенг. ($a = \varepsilon$).

Шаффоф муҳитда кул ранг жисмларнинг иссиқлик алмашинуви

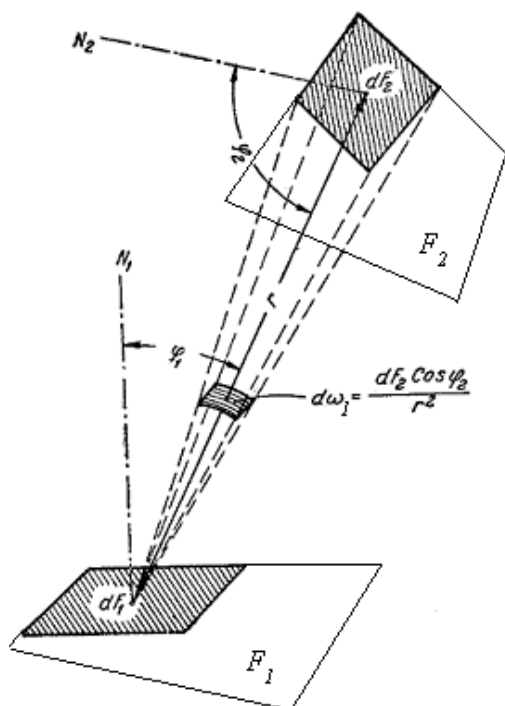
Оддий ҳолат – 2 та параллел абсолют қора сиртлар орасидаги иссиқлик алмашинувини кўриб чиқамиз. Пластинкалар орасидаги масофа унинг ўлчамларига қараганда жуда кичик.

Биринчи жисм нурланиши иккинчи жисм томонидан тўла ютилади. Чунки $a_o=1$. Совуқ сирт орқали ўтаётган натижавий оқим:

$$Q_{рез} = (E_{01} - E_{02})F = \sigma_0 F (T_1^4 - T_2^4).$$

Фазода эркин жойлашган кул ранг сиртларнинг иссиқлик алмашинуви бир мунча мураккаблашади:

- 1) Ҳамма нурланиш бир сиртдан иккинчи сиртга тўла тушмаслиги мумкин.
- 2) Ҳамма нурлар ҳам сирт томонидан нур ютмаслиги мумкин.



3.17 расм. Фазода эркин жойлашган иккита сиртнинг ўзаро иссиқлик алмашинувига хулоса

F_1 сиртдан нурланиш оқимининг қайси қисми F_2 сиртга тушишини аниқлаймиз. Ламберт қонунига асосан нурли оқим:

$$d^2 Q_{1-2} = b_0 dF_1 \cos \varphi_1 d\omega_1.$$

фазовий бурчак

$$d\omega_1 = \frac{dF_2 \cos \varphi_2}{r^2}, \text{ бўлганлиги сабаб}$$

$$d^2 Q_{1-2} = \frac{b_{01}}{r^2} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 dF_1 dF_2.$$

Q_{1-2} , нурли оқимни аниқлаш учун ифодани интеграллаймиз:

$$Q_{1-2} = b_{01} \int_{F_1} \int_{F_2} \frac{1}{r^2} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 dF_1 dF_2. \quad (3.20)$$

Тўла ярим сферик оқимни F_1 сиртдан F_2 , сиртга ўтиши формулага асосан:

$$E = b \int_{2\pi} \cos \varphi d\omega = b\pi, \text{ булёт}$$

$$Q_1 = E_{01} F_1 = b_0 \pi F_1. \quad (3.21)$$

(3.20) ифодани (3.21), ифодага бўлиб,

$$\varphi_{12} = \frac{Q_{1-2}}{Q_1} = \frac{1}{F_1} \iint_{F_1 F_2} \frac{1}{\pi r^2} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 dF_1 dF_2. \quad (3.22)$$

φ_{12} миқдор ярим сферик оқимнинг қайси бўлаги F_1 , сиртдан F_2 тушаётганини кўрсатади ва бурчак коэффициентлари деб аталади. Бу геометрик тасниф ҳисобланади.

Аналитик равишда

$$\varphi_{21} = \frac{1}{F_2} \iint_{F_1 F_2} \frac{1}{\pi r^2} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 dF_1 dF_2. \quad (3.23)$$

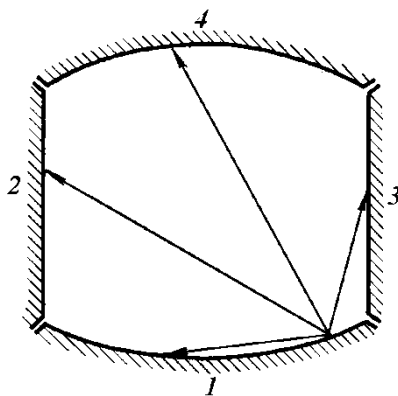
φ_{12} ва φ_{21} ҳисобланиши ушбу формулалар билан амалий масалалар ечишда математик қийинчиликларга олиб келади. Шунинг учун φ бурчагини Г. Л. Поляк усулида, баъзи бир хоссаларга таянган ҳолда топилади:

■ *Ўзаролик хоссаси*

(3.22) ва (3.23), солиштириб $\varphi_{12} F_1 = \varphi_{21} F_2$ ифодасига эга бўламиз

■ *Богланиш хоссаси*

Абсолют қора жисмлар тизимини кўриб чиқамиз. (расм. 3.18).



1 юза сиртидан нурланиш атрофи сиртларига 2 – 4 ва қисман ўзига ҳам (агар 1 сирт ботик бўлса) шунинг учун

$$\sum_{i=1}^i Q_{1-i} = Q_1.$$

Q_1 , га бўлиб ҳосил қиламиз.

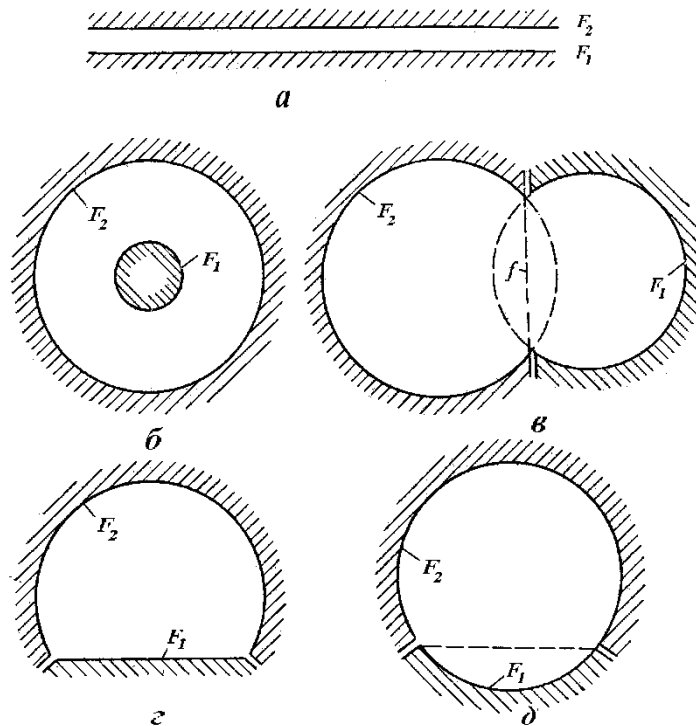
3.18 расм.

Жисмларнинг ёпиқ тизими

$$\frac{\sum_{i=1}^i Q_{1-i}}{Q_1} = \sum_{i=1}^i \frac{Q_{1-i}}{Q_1} = \sum_{i=1}^i \varphi_{1i} = 1.$$

Богланиш хоссаси: Ёпиқ тизимдаги бурчак коэффициентлари йиғиндиси 1 га тенг. Амалиётда учраб турган ҳолатлар учун бурчак коэффициентларини аниқлаймиз.

3.19. расмда 2 та жисмли тизим кўрсатилган.



Расм. 3.19. 2 та жисмли ёпиқ тизимлар.

Кўриниб турибдики: бундай жисмлардан бир нечта

а) Иккита ясси сиртларнинг жойлашуви бир биридан жуда кичик масофада $\varphi_{12} = 1$ и $\varphi_{21} = 1$;

б) Иккита концентрик сферик сиртлар ёки иккита думалоқ коакциал чексиз узун цилиндрлар

$$\varphi_{12} = 1 \text{ и } \varphi_{21} = \frac{F_1}{F_2};$$

в) Бир-бири билан кесишган 2 та ғовак сфераларнинг ички юзалари сирти.

$$\varphi_{12} = 1 - \frac{F_1}{F_{01}} = \frac{f}{F_1}$$

ва

$$\varphi_{21} = 1 - \frac{F_2}{F_{02}} = \frac{f}{F_2},$$

Бу ерда F_1 ва F_2 – ўзаро нурланиш ҳолатидаги сиртлар;

F_{01} ва F_{02} – кесишаётган сфераларнинг тўла сирти;

f – доира майдони, F_{01} ва F_{02} сиртларининг кесим чизиклари унинг чеккаси ҳисобланади.

г) Шарсимон сегментнинг ички сирти ва ясси айлана сирт, сегментнинг асосидир (F_1 – асос сирт, F_2 – ботиқ сирт),

$$\varphi_{12} = 1 \text{ и } \varphi_{21} = \frac{F_1}{F_2}.$$

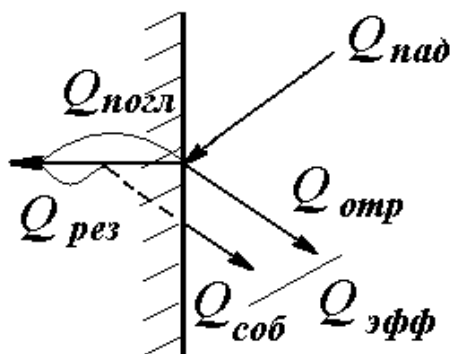
Бу ҳолат аввалгидан келиб чиқади.

$$F_1 = f;$$

д) Иккита сирт сферик юза ҳосил қилиб, уларнинг контурлари турлича бўлиши мумкин:

$$\varphi_{12} = \frac{F_2}{F_1 + F_2} \text{ и } \varphi_{21} = \frac{F_1}{F_1 + F_2}.$$

Иккита кул ранг ёпиқ жисмлар тизими. Эффе́ктив иссиқлик оқими тушунчаси. Ёпиқ тизимлардаги иссиқлик алмашинувини кўриб чиқамиз. Жисмга $Q_{над}$, нурли оқим бошқа жисмдан тушмоқда, агар жисмда ботиқликлар бўлса жисмнинг ўзидан ҳоли нурланиш тушиши схемада кўрсатилган.



3.20.расм. Нурли иссиқлик оқимларнинг сиртга тушиши схемаси.

Жисм сиртидан тушаётган нурли оқимни ($Q_{ютиш} = a \cdot Q_{туш}$) ютади, қолгани иссиқлик оқимини қайтаради

$$Q_{қайт} = Q_{туш} - Q_{ютиш}.$$

Натижавий қиздиришга кетган иссиқлик оқими:

$$Q_{рез} = Q_{погл} - Q_{соб} = aQ_{над} - Q_{соб}. (3.24)$$

Шаффоф бўлмаган сирт учун, $a+r=1$, шунинг учун

$$Q_{omp} = r \cdot Q_{nad} = (1-a)Q_{nad}.$$

3.24 тенгламани ўрнига қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз.

$$Q_{nad} = \frac{Q_{pez} + Q_{sob}}{a} \quad \text{ёки} \quad Q_{omp} = (Q_{pez} + Q_{sob})\left(\frac{1}{a} - 1\right).$$

Қайтарилган жисм ўзининг нурланиши эффектив нурланиш деб аталади
ва қуйидагича ифодаланади.

$$Q_{эфф} = Q_{sob} + Q_{omp} = Q_{sob} + (Q_{pez} + Q_{sob})\left(\frac{1}{a} - 1\right). \text{ Кул ранг жисмнинг сирти}$$

$Q_{sob} = \varepsilon E_0 F$, $\varepsilon = a$, ҳисобга олган ҳолда ҳосил қиламиз

$$Q_{эфф} = E_0 F + Q_{pez}\left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right) = \sigma_0 F T^4 + Q_{pez}\left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right).$$

Агар жисм ўзининг нурланиши ютилгандан катта бўлса натижавий
иссиқлик оқими манфий катталиikka эга бўламиз.

Иккита эркин ҳолдаги кул ранг сиртнинг 1-2 бири билан иссиқлик
аламашинувини кўриб чиқамиз. Бу сиртлар $T_1 > T_2$ – ёпиқ тизими ҳосил
қилади. Q_{pez1-2} топамиз.

Тизим ёпиқлиги учун 1-сиртдан чиқиб кетаётган нурли оқим 1-2 сиртлар
орасида тақсимланади. 2 сиртга тушаётган оқим қисми бурчак коэффициенти
билан аниқланади, 1- сиртга эса φ_{21} Натижавий оқим

$$Q_{12} = Q_{эфф1} \cdot \varphi_{12} - Q_{эфф2} \cdot \varphi_{21},$$

ёки

$$Q_{12} = \sigma_0 F_1 T_1^4 \varphi_{12} + Q_{pez1} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) \varphi_{12} - \sigma_0 F_2 T_2^4 \varphi_{21} - Q_{pez2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \varphi_{21}. \quad (3.25)$$

Энергиянинг сақланиш қонунига асосан $Q_{12} = -Q_{pez1} = Q_{pez2}$.

Ўзаролик хоссасидан $\varphi_{12} F_1 = \varphi_{21} F_2$. (3.25) тенгламани алгебраик
ўзгартириб, қуйидагиларга эга бўламиз:

$$Q_{12} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1\right)\varphi_{12} + \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)\varphi_{21}} \sigma_0 (T_1^4 - T_2^4) \varphi_{12} F_1$$

Ёки

$$Q_{12} \equiv \varepsilon_{12} \sigma_0 (T_1^4 - T_2^4) F_1 \equiv \sigma_{12} (T_1^4 - T_2^4) F_1,$$

Бу ерда

ε_{12} – келтирилган қоралик даражаси,

σ_{12} – келтирилган нурланиш коэффиценти .

3.19 (а), расмда схемада келтирилгани учун

$\varphi_{12} = 1$ и $\varphi_{21} = 1$; $F_1 = F_2$;

$$Q_{12} = \frac{\sigma_0 \varphi_{12} (T_1^4 - T_2^4) F}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \equiv \sigma_{12} (T_1^4 - T_2^4) F.$$

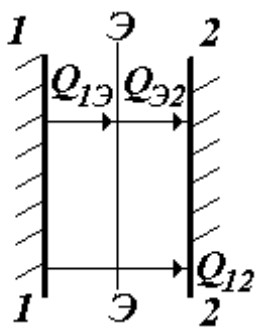
3.19 (б)даги схема учун $\varphi_{12} = 1$ и $\varphi_{21} = \frac{F_1}{F_2}$,

$$Q_{12} = \frac{\sigma_0 \varphi_{12} (T_1^4 - T_2^4) F_1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right) \frac{F_1}{F_2}} \equiv \sigma_{12} (T_1^4 - T_2^4) F_1.$$

Экран ўрнатилганликдаги иссиқлик алмашинуви

Баъзи ҳолларда нурли иссиқлик оқимини камайтириш учун (масалан вакуум печларида) унинг йўлида экранлар ўрнатилган бўлиши мумкин, яъни шаффоф бўлмаган юпка, масалан металл листлар билан.

Фараз қилайлик, 2 та текис параллел сиртлар 1-2 бўлиб, улар бир-бирининг рўпарасида жойлашган ва улар орасидаги масофа уларнинг ўлчамларидан анча кичик (3.21. расм). Жисмларнинг сирт юзаси майдони – F . Уларнинг температураси T_1 и T_2 , га тенг, нурланиш коэффиценти аниқ ва бир хил. Пластмассалар орасига шаффоф бўлмаган лист ўрнатамиз, ўрнатилган лист шу даражада юпкаки, унинг ҳарорати иккала томонида бир хил.



3.21-расм. Юпқа экран ўрнатилгандаги нурланиш билан иссиқлик алмашинуви

1 сиртда 2 сиртга ўтаётган иссиқлик оқимини топамиз. Ўрнатилган режим стационарлиги туфайли $Q_{1Э} = Q_{Э2} = Q_{12}$;

$$Q_{1Э} = \sigma_{1Э} (T_1^4 - T_Э^4) F ; \quad \frac{Q_{1Э}}{\sigma_{1Э} F} = (T_1^4 - T_Э^4)$$

$$Q_{Э2} = \sigma_{Э2} (T_Э^4 - T_2^4) F ; \quad \frac{Q_{Э2}}{\sigma_{Э2} F} = (T_Э^4 - T_2^4)$$

Уларни қўшиб қуйидагини ҳосил қиламиз: $\frac{Q_{1Э}}{\sigma_{1Э} F} + \frac{Q_{Э2}}{\sigma_{Э2} F} = (T_1^4 - T_2^4)$,

ёки

$$Q_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\sigma_{1Э}} + \frac{1}{\sigma_{Э2}}} (T_1^4 - T_2^4) F , \quad (3.26)$$

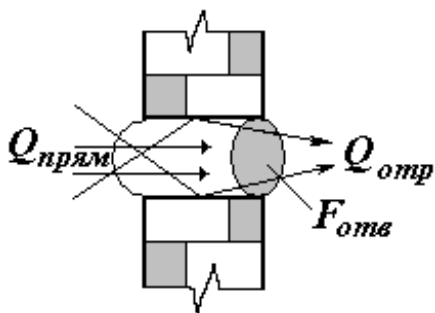
Бу ерда $\sigma_{1Э} = \sigma_{Э2} = \frac{\sigma_0}{\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon_Э} - 1}$. σ унинг ифодасини (3.26) га қўямиз

$$Q_{12} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_0}{(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon_Э} - 1)} (T_1^4 - T_2^4) F .$$

Шундай қилиб, битта экраннинг ўрнатилиши нурли иссиқлик оқимини 2 баробар камайтиради. Агар $\varepsilon = \varepsilon_Э$. Экраннинг қоралик даражаси қанча кам бўлса иссиқлик оқими шунча камаяди. Q_{12} . Агар n та экран ўрнатилса натижавий иссиқлик оқими $n+1$ марта камаяди.

Ойналардан ёки печ деворлари тешикларидан чиққан нурланиш.

Кўп ҳолларда печ деворларидан очик ҳолда ёки кўриш ойналари ва бошқа тешиклардан чиққан нурланишнинг тешиклардан чиққан иши кўрилади.



3.22.расм Тешикдан
чиқаётган нурли оқим.

Кўп ҳолларда печ деворларидан очик ишчи ойналари ва бошқа тешиклардан чиққан нурланиш билан иш кўрилади (расм. 3.22).

Кўрилаётган ҳол учун иссиқлик йўқотишларни ҳисоблаш учун (3.27) формуладан ва 3.23-расмдаги келтирилган эгри чизиклардан фойдаланиш мумкин.

Нурланишнинг ҳисоблашларида Φ коэффицентини одатда диафрагмалаш коэффицентини деб аталади.

Ҳисоблашлар асосида, нурланиш абсолют қора жисмдан таралаётган нурланиш бўлиб, тешик четига тортилган ҳисобида тасвирланади.

Тешикдан ўтган нурланиш йиғиндиси

$$Q = C_0 \left(\frac{T_n}{100} \right)^4 F_{отв} \Phi, \quad (3.27)$$

Бу ерда $c_0 = 5.7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ – абсолют қора жисмнинг нурланиши келтирилган коэффицентини.

$F_{отв}$ – тешикнинг юзаси, м^2 .

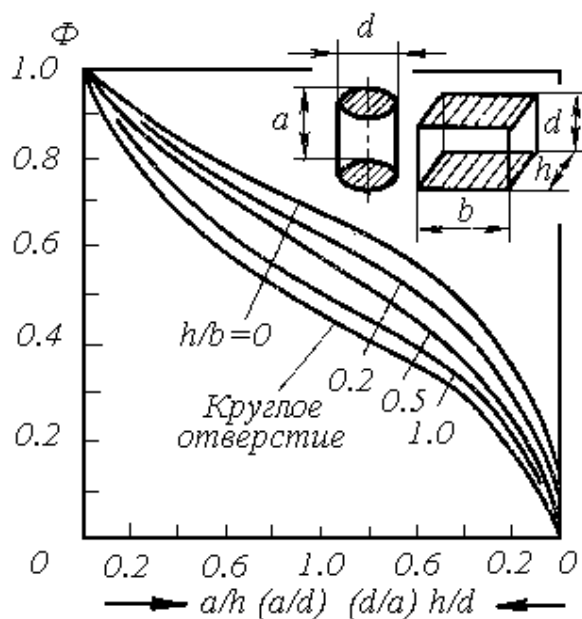
Газ ва бугларнинг нурланиши

Ҳамма газ ва буглар нурли энергияни ютиш ва нур чиқариш қобилятига эга. Икки атомли газларнинг нурланиши унча кўп эмас ва уларни шаффоф деб аташ мумкин. Уч ва ундан кўп атомли газлар анча юқори селектив ютиш ва нур чиқариш қобилятига эгадирлар (расм. 3.24).

Энг катта қизиш CO_2 ва H_2O - бугига бўлиб, улар ёниш маҳсулотлари (тутун) таркибига кирадилар. CO_2 ва H_2O нинг нурланиш энергияси уларнинг парциал босимига ($p, \text{Па}$), газ қатлами қалинлигига ва температурага боғлиқ.

$$E_{\text{CO}_2} = 4.1 (p \cdot S)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{T}{100} \right)^{3.5}, \text{ Вт/м}^2;$$

$$E_{H_2O} = 40.7 p^{0.8} S^{0.6} \left(\frac{T}{100} \right)^3, \text{ Вт/м}^2.$$



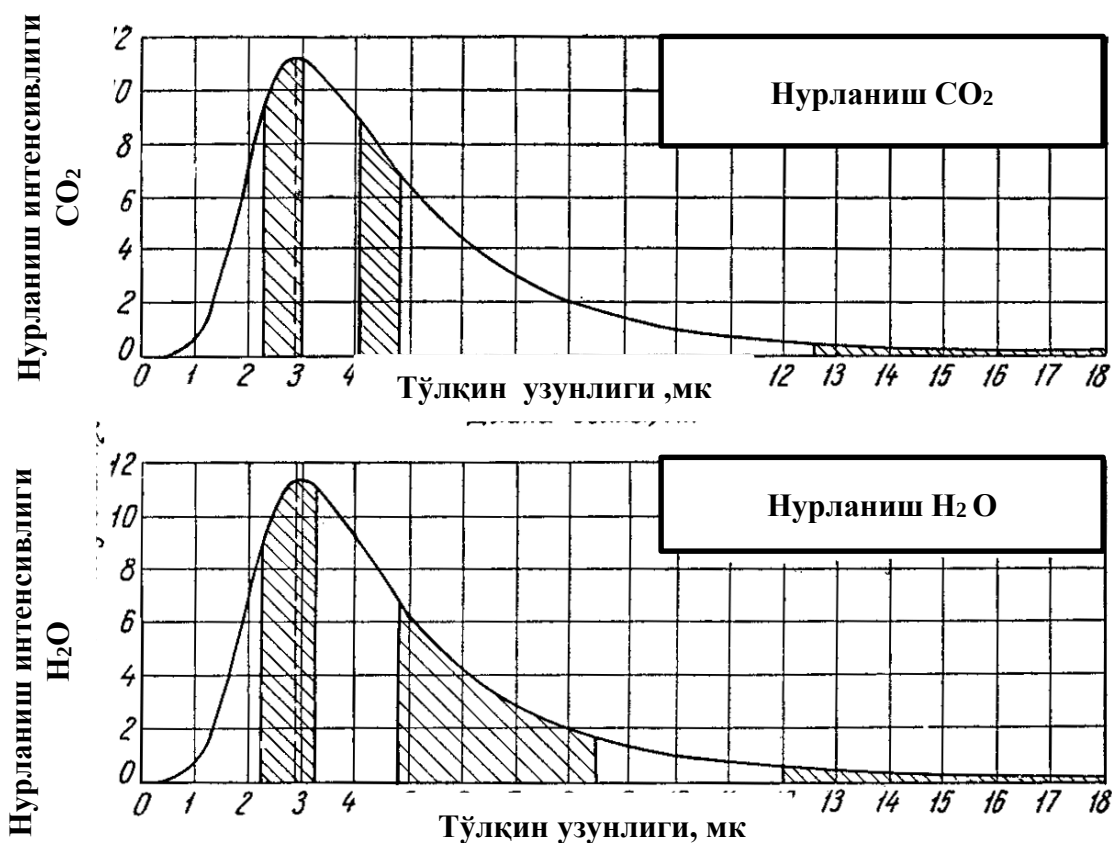
3.23-расм. Диаграммалар коэффициентининг ойна ўлчамларига боғлиқлиги

Техник ҳисоблашлар учун бу формулалар ноқулай бўлиб, шунинг учун температуранинг тўртинчи даражада бўлган формулаларидан фойдаланилади. Керакли тўғрилаш коэффициентини газнинг умумий қоралик даражасига – ε , киритилади, бу коэффициент нурланиш интенсивлигини унинг тўлқин узунлигига боғлиқлигини ҳам ҳисобга олади $\varepsilon_\lambda = f(\lambda)$.

$$E_{CO_2} = \varepsilon_{CO_2} c_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 \equiv \varepsilon_{CO_2} \sigma_o T^4;$$

$$E_{H_2O} = \varepsilon_{H_2O} c_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 \equiv \varepsilon_{H_2O} \sigma_o T^4$$

CO_2 ва H_2O , мавжуд газларнинг нурланиш қобилияти



3.24-расм. Углекислота ва сув бугларининг соддалаштирилган нурланиш спектрлари. Нурланаётган газнинг 1000°K ва катта қалинликдаги нурланиши.

$$E_{\Gamma} = \varepsilon_{\Gamma} c_o \left(\frac{T_{\Gamma}}{100} \right)^4 \equiv \varepsilon_{\Gamma} \sigma_o T_{\Gamma}^4;$$

$$\varepsilon_{\Gamma} = \varepsilon_{\text{CO}_2} + \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}^{\xi} - \Delta\varepsilon g,$$

Бу ерда ξ – тўғриловчи кўшимча, CO_2 ва H_2O уларнинг нурланиш фазасида биргаликдаги кесимидаги ўрни, графиклардан аниқланади. Оддий нисбатларда компонентларнинг тутун газларидаги кўриниши $\Delta\varepsilon g \sim 2\div 4\%$. Ушбуни жуда аниқ ҳисоблашларда $P_o \cdot S$ нинг катта миқдорларида ҳисобга олинади.

Бу ерда

P_o – газнинг умумий босими;

S – нурланишнинг эффектив узунлиги, $S = \eta_{\Gamma} \frac{4V}{F}$;

η_{Γ} – газ нурланишининг эффективлик коэффициенти газ деворларигача етиб борган нурланиш қисми билан;

V – газ билан тўлдирилган;

F – хажмни чегараловчи деворларнинг умумий майдони.

“Кул ранг газ - берк кул ранг қобик” тизимидаги иссиқлик алмашинуви.

T_1 ҳароратли ва қоралик даражаси ε_1 бўлган берк кул ранг қобикни кўриб чиқамиз. Хажмнинг ички майдони – F_1 . Хажм ичкарасида кул ранг газ бўлиб, унинг T_{Γ} ҳарорати текис ва қоралик даражаси – ε_{Γ} . $Q_{\Gamma-1}$ бўлган газдан хажмга ўтаётган иссиқлик оқимини аниқлаймиз. Хажмнинг эффектив нурланиши газга ўтади, лекин фақат унинг бир қисми газнинг нур ютиш қобилятига пропорционал: a_{Γ} , $a_{\Gamma} = \varepsilon_{\Gamma}$, кул ранг газ учун бўлса формулага асосан $Q_{эфф} = E_0 F + Q_{рез}(\frac{1}{\varepsilon} - 1) = \sigma_0 F T^4 + Q_{рез}(\frac{1}{\varepsilon} - 1)$, ҳосил бўлади.

$$Q_{нозл} = Q_{эфф} \varepsilon_{\Gamma} = \varepsilon_{\Gamma} \sigma_0 F_1 T_1^4 + Q_{рез}(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1) \varepsilon_{\Gamma}.$$

Газнинг натижавий оқими ўзининг нурланиши ва ютиш нурланиши айирмасига тенг:

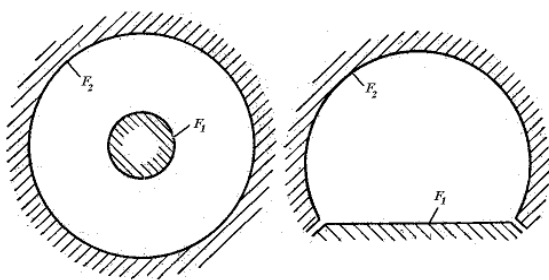
$$Q_{\Gamma-1} = Q_{собр} - Q_{нозл} = \varepsilon_{\Gamma} \sigma_0 F_1 T_{\Gamma}^4 - \varepsilon_{\Gamma} \sigma_0 F_1 T_1^4 - Q_{рез}(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1) \varepsilon_{\Gamma}. \quad (3.28)$$

Газдан ўтаётган натижавий оқим хажмдан ўтаётган ($Q_{\Gamma-1} = Q_{рез}$) га тенг бўлганлиги сабаб (3.28) формулани ўзгартириб қуйидаги натижани оламиз:

$$Q_{\Gamma-1} = \frac{\sigma_0}{(\frac{1}{\varepsilon_{\Gamma}} + \frac{1}{\varepsilon_1} - 1)} (T_{\Gamma}^4 - T_1^4) F_1 = \sigma_{\Gamma 1} (T_{\Gamma}^4 - T_1^4) F_1.$$

Бу формула Нуссельт номи билан юритилади. Ушбу формула асосида нурли оқимнинг газдан рекуператив трубалар ва регенератив ўрнатмалардаги жараёнларни ҳисоблашда ишлатилади.

Иккита сиртдан иборат берк тизимдаги кул ранг газ.



Расм. 3.25

Икки жисмли берк тизим

Иккита кул ранг сиртлар, улардан бири 1- ботик эмас (расм- 3.25), 2 – ботик ва адиабатик бўлиб, берк тизим ҳосил қилади ва кул ранг газ билан тўлдирилади. Газ ва сирт 1 нинг ҳарорати аниқ.

Газдан кул ранг хажмга ўтаётган 1 ($Q_{\Gamma-1}$ -?) иссиқлик оқимини аниқлаймиз.

$$Q_{\Gamma-1} = \varepsilon_{\Gamma} \sigma_0 F_1 T_{\Gamma}^4 + Q_{\text{эфф}1} \varphi_{21} (1 - a_{\Gamma}) - Q_{\text{эфф}1}; \quad (3.29)$$

$$Q_{\text{эфф}1} = \sigma_0 F_1 T_1^4 + Q_{\text{рез}1} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right).$$

$Q_{\text{эфф}2}$ аниқлашнинг иложи йўқ, чунки T_2 аниқ эмас.

2 сирт адиабативлигидан фойдаланамиз ва унинг эффектив нурланиши, тушаётган нурланиш оқимга тенг яъни $Q_{\text{эфф}2} = Q_{\text{над}2}$.

$$Q_{\text{над}} = Q_{\Gamma-2} + Q_{\text{эфф}1} (1 - \varepsilon_{\Gamma}) + Q_{\text{эфф}2} \varphi_{22} (1 - \varepsilon_{\Gamma}) = Q_{\text{эфф}2}, \quad (3.30)$$

$$Q_{\Gamma 2} = \sigma_0 \varepsilon_{\Gamma} F_2 T_{\Gamma}^4,$$

$$\varphi_{22} = 1 - \varphi_{21}.$$

(3.30) тенламадан

$$Q_{\text{эфф}2} = \frac{\varepsilon_{\Gamma} \sigma_0 F_2 T_{\Gamma}^4 + Q_{\text{эфф}1} (1 - \varepsilon_{\Gamma})}{1 - (1 - \varphi_{21})(1 - \varepsilon_{\Gamma})}.$$

$Q_{\text{эфф}1}$ ва $Q_{\text{эфф}2}$ ўрнига қўйиб (тенглама 3.29), ҳосил қиламиз:

$$Q_{\Gamma-1} = \varepsilon_{\Gamma} \varepsilon_1 \frac{\varphi_{21} (1 - \varepsilon_{\Gamma}) + 1}{\varphi_{21} (1 - \varepsilon_{\Gamma}) [\varepsilon_1 + \varepsilon_{\Gamma} (1 - \varepsilon_1)] + \varepsilon_{\Gamma}} \sigma_0 F_1 (T_{\Gamma}^4 - T_1^4),$$

$$Q_{\Gamma-1} \equiv \varepsilon_{\Gamma 1} \sigma_0 F_1 (T_{\Gamma}^4 - T_1^4) \equiv \sigma_{\Gamma 1} F_1 (T_{\Gamma}^4 - T_1^4). \quad (3.31)$$

Бу ерда $\sigma_{\Gamma 1} = \sigma_{\text{нр}} = \sigma_{\text{ГКМ}}$ – Газнинг, деворнинг металлга келтирилган нурланиш коэффициенти, 1 – киздириляётган металл, 2 – печ девори.

Бу формула Тимофеев томонидан топилган. Бу формула саноат печлари ва қозонларини қиздиришда қўлланилади.

$\omega = 1/\varphi_{21}$ деворнинг сирт ривожланганлиги (ғадир-будирлик) коэффиценти.

3.4. Конвектив иссиқлик ва масса алмашинуви

Конвектив иссиқлик алмашинуви бир вақтнинг ўзида иссиқлик ўтказувчанлик ҳамда конвекция ҳисобида ўтади.

Бундай иссиқлик алмашинувининг факторлари қуйидагича, муҳандислик ҳисобларида одатда конвектив иссиқлик алмашинуви, суюқлик ва газ оқимларининг қаттиқ жисм сиртидан ўтиб кетади.

1. Суюқликнинг (газ) ўзининг оғирлиги билан боғлиқ унинг қизиган ва совуқ қатламларининг ҳаракати –эркин ҳаракати табиий конвекция бўлади. Вентилятор, насос ва бошқа ускуналар билан ҳосил қилинган ҳаракат мажбурий конвекция ҳисобланади.
2. Суюқликнинг ҳаракат режимлари қатламни сокин пульсациясиз ҳаракат *ламинар* ҳаракат дейилади. Тартибсиз, хаотик ва уюрли ҳаракатларга *турбулент* ҳаракат дейилади.

Газ ва суюқликларнинг физикавий хоссалари.

Конвектив иссиқлик алмашинувида қуйидаги параметрлар таъсир этади.

λ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти;

C – солиштирма иссиқлик сифими;

ρ – зичлиги;

α ($\lambda/c\rho$), температура ўтказувчанлик;

M – динамик қовушқоқлик коэффиценти;

γ – кинематик қовушқоқлик ($\gamma = M/\rho$);

Формаси- ясси, цилиндрик, ўлчамлари жойланиши (горизонтал, вертикал).

Иссиқлик узатишдаги тана ва муҳит орасидаги муносабат Ньютон-Рихман қонуни асосида конвектив иссиқлик алмашинувида, иссиқлик миқдори тана ва муҳит орасидаги ҳароратлар фарқига тўғри пропорционал.

$$Q = \alpha(t_{cm} - t_m) \cdot F \quad (3.32)$$

α - иссиқлик узатиш коэффициентини бўлиб, тана ва муҳит орасидаги иссиқлик алмашинувининг интенсивлиги ҳарактерлайди, Вт/м²к. Конвективлик алмашинув факторлари шу коэффициент орқали ифодаланади.

$$\text{Унда: } \alpha = (X; \phi; L_0; X_c; Y_c; Z_c; W_0, O, \lambda, \alpha, C_p \rho, \beta) \quad (3.33)$$

Бу ерда X - ҳаракат характери (эркин, мажбурий);

ϕ – сирт формаси;

L_0 – сиртнинг узунлиги, баландлиги, эни ёки ϕ диаметри;

X_c, z_c, y – координаталар

ω_0 – муҳитнинг тезлиги (суюқлик, газ)

θ – температура;

λ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти;

α – температура ўтказувчанлик коэффициенти;

C_p - муҳитнинг изобарали иссиқлик сифими;

ρ - муҳит зичлиги;

γ – кинематик қовушқоқлик

β – ҳажмий кенгайиш коэффициенти.

(3.33) тенглама иссиқлик узатиш коэффициентининг – кўрсаткичи ҳолатда мураккаб ва уни умумий формула билан ифода этишнинг иложи йўқ. Шунинг учун иссиқлик узатиш коэффициентини аниқлашда экспериментал тадқиқод усуллари қўлланилади. Экспериментал усулнинг афзаллиги шундаки, олинаётган маълумотларнинг ишончлилигидир. Асосий эътиборни энг катта амалий аҳамиятга эга катталикларга қаратиш мумкин. Бу усулнинг асосий камчилиги тадқиқотлар натижасини бошқа ҳоллар учун (ундан деталлари билан фарқ қилади) қўллаб бўлмайди. Шунинг учун битта тадқиқоднинг натижаларини бошқа ҳодисаларга қўллаб бўлмайди. Шу

сабабли экспериментал усул тадқиқодлари ҳар бир конкрет изланишлар учун мустақил ўрганиш объекти ҳисобланади.

Конвектив иссиқлик алмашинуви жараёнини тадқиқот қилишда ўхшашлик назарияси услубини қўллайдилар. *Ўхшашлик назарияси* – ўхшаш ходисалар ҳақидаги фан ҳисобланади. *Ўхшаш ходисалар деб* шундай физикавий ходисаларга айтиладики, улар форма ва мазмуни бўйича бир хил физикавий табиатга эга, бир хил кучлар таъсирида ривожланади ва бир хил формадаги дифференциал тенгламалар ва чегаравий шартлар асосида ифодаланади. Ўхшашликнинг асосий шартларидан бири, физикавий ходисаларнинг геометрик ўхшашлиги ва ушбу ходисаларни кечишида тизим ўхшашлиги бўлиши шарт. Иккита физикавий ходиса ўхшаш бўлиши учун уларни таснифловчи катталиклар ҳам ўхшаш бўлиши керак. Ҳамма ўхшаш тизимлар учун ўлчамсиз катталик комплекслари мавжуд бўлиб, уларни *ўхшашлик мезонлари* деб юритилади. Ўхшашлик назариясининг асосий шартлари ўхшашликнинг *учта теоремаси сифатида ифодаланади*:

1- теорема. Ўхшаш ходисалар бир хил ўхшашлик мезонларига эга.

2- теорема. Ўзгарувчилар орасидаги боғлиқлик ўхшашлик мезонларининг ўзаро боғлиқлиги ходисаларнинг ўхшашлиги билан ифода этиш мумкин ва бу ифода *мезонлар тенгламалари деб юритилади*.

3 - теорема. Иккита ходиса, агар улар бир хил ўхшаш шартли белгиларга ва миқдори бир хил аниқловчи мезонларга эга бўлса ўхшаш ҳисобланади.

Тенглик шартлари :

- Тизимнинг геометрик ўхшашлиги бўлса;
- Бир хил дифференциал тенгламаларни мавжудлиги;
- Берилган чегаравий шартлар асосида битта ечимнинг бўлиши кераклиги;
- Коэффициент ва физикавий параметрларнинг миқдорий кўрсаткичларини аниқлиги.

Ўхшашлик назариясидан фойдаланиб, дифференциал тенгламалар тизимидан конвективлик иссиқлик ўтказиш тенгламасини ҳосил қилиш ва иссиқликнинг ички манбалари бўлмаганда қуйидаги мезоний шаклда келтириш мумкин:

$$Nu = f_2(X; \Phi; X_0; Y_0; Z_0; Re; Gr; Pr), \quad (3.34)$$

Бу ерда $X_0; Y_0; Z_0$ – ўлчамсиз координаталари;

$Nu = \alpha \cdot l_0 / \lambda$ – Нуссельт мезони (иссиқлик узатишнинг ўлчамсиз коэффиценти). Девор сирти билан суюқлик (газ) орасидаги иссиқлик узатишни таснифланиши;

$Re = w \cdot l_0 / \nu$ – Рейнольдс критерийси, инерция ва қовушқоқ кучларининг нисбати ва суюқлик (газ) нинг оқимини таснифлайди;

$Gr = (\beta \cdot g \cdot l_0^3 \cdot \Delta t) / \nu^2$ – Грасгоф критерийси, Суюқлик (газ) нинг зичлиги орасидаги фарқ сабаб пайдо бўладиган кўтариш кучи таснифлайди;

$Pr = \nu / a = (\mu \cdot c_p) / \lambda$ – Прандтл критерийси, суюқлик (газнинг) физикавий хоссаларини таснифлайди;

l_0 – аниқловчи ўлчам (узунлик, баландлик, диаметр).

Конвектив иссиқлик алмашинувининг асосий ҳисоблаш формулаларини келтирамиз. (академик М.А. Михеев бўйича). Уларда девор сирти бўйича иссиқлик узатишнинг коэффицентларини ўртача миқдорлари берилган.

1. Чегарасиз фазодаги эркин конвекция:

- d диаметри горизонтал труба $10^3 < (Gr \cdot Pr) < 10^8$.

$$Nu = 0,5 \cdot (Gr_{\text{жсд}} \cdot Pr_{\text{жс}})^{0,25} (Pr_{\text{жс}} / Pr_{\text{см}})^{0,25}$$

- Вертикал труба ва пластина:

1) ламинар оқим – $10^3 < (Gr \cdot Pr)_{\text{жс}} < 10^9$,

$$Nu_{\text{жсдср}} = 0,75 \cdot (Gr_{\text{жсд}} \cdot Pr_{\text{жс}})^{0,25} \cdot (Pr_{\text{жс}} / Pr_{\text{см}})^{0,25};$$

2) турбулент оқим – $(Gr \cdot Pr)_{\text{жс}} > 10^9$,

$$Nu_{\text{жсдср}} = 0,15 \cdot (Gr_{\text{жсд}} \cdot Pr_{\text{жс}})^{0,33} \cdot (Pr_{\text{жс}} / Pr_{\text{см}})^{0,25}.$$

Бу ерда $Gr_{жcd}$ ва $Pr_{жc}$ миқдорлар суюқлик (газ) нинг температураси, Pr_{cm} эса девор сирти температураси бўйича олинади. Ҳаво учун қуйидаги тенглик олинади $Pr_{жc}/Pr_{cm} = 1$ ва формулалар соддаланади.

2. **Мажбурий конвекция**

Оқим режими Re критерийси бўйича аниқланади.

- Суюқликнинг текис кесимли трубадаги оқиши.

1) *ламинар оқим* – $Re < 2100$

$$Nu_{жcdcp} = 0,15 \cdot Re_{жcd}^{0,33} \cdot Pr_{жc}^{0,33} \cdot (Gr_{жcd} \cdot Pr_{жc})^{0,1} \cdot (Pr_{жc}/Pr_{cm})^{0,25} \cdot \varepsilon_l,$$

Бу ерда ε_l – иссиқлик узатиш коэффициентининг труба узунлиги бўйича ўзгаришини инобатга олувчи коэффициент ва труба узунлигининг унинг диаметрига нисбатига боғлиқ. Ушбу коэффициент миқдорлари 3.1. жадвалда келтирилган.

3.1- жадвал

ε_l ламинар оқим режимидан миқдорлари

l/d	1	2	5	10	15	20	30	40	50
ε_l	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,02	1,0

2) *ўтувчи режим* – $2100 < Re < 10^4$

$$Nu_{жcdcp} = K_0 \cdot Pr_{жc}^{0,43} \cdot (Pr_{жc}/Pr_{cm})^{0,25} \cdot \varepsilon_l.$$

K_0 - коэффициенти Рейнольдс мезони (Re) га боғлиқ ва 3.2. жадвалда келтирилган.

3.2-жадвал

K_0 миқдорлари

$Re \cdot 10^4$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3	4	5	6	8	10
K_0	1,9	2,2	3,3	3,8	4,4	6,0	10,3	15,5	19,5	27,0	33,3

3) *турбулент оқим* – $Re = 10^4$

$$Nu_{жсдср.} = 0,021 \cdot Re_{жсд}^{0,8} \cdot Pr_{жс}^{0,43} \cdot (Pr_{жс}/Pr_{см})^{0,25} \cdot \epsilon_l.$$

- Горизонтал сирт орқали оқим.

1) ламинар оқим – $Re < 4 \cdot 10^4$

$$Nu_{жсдср.} = 0,66 \cdot Re_{жсд}^{0,5} \cdot Pr_{жс}^{0,33} \cdot (Pr_{жс}/Pr_{см})^{0,25}.$$

2) турбулент оқим – $Re > 4 \cdot 10^4$

$$Nu_{жсдср.} = 0,037 \cdot Re_{жсд}^{0,5} \cdot Pr_{жс}^{0,33} \cdot (Pr_{жс}/Pr_{см})^{0,25}.$$

- Якка трубани кўндаланг кесими бўйича оқиб ўтиши (оқим бурчаги $\varphi = 90^\circ$):

1) $Re_{жсд} = 5 \div 10^3$

$$Nu_{жсдср.} = 0,57 \cdot Re_{жс}^{0,5} \cdot Pr_{жс}^{0,38} \cdot (Pr_{жс}/Pr_{см})^{0,25},$$

2) $Re_{жсд} = 10^3 \div 2 \cdot 10^5$

$$Nu_{жсдср.} = 0,25 \cdot Re_{жс}^{0,6} \cdot Pr_{жс}^{0,38} \cdot (Pr_{жс}/Pr_{см})^{0,25}.$$

IV. ҚИЗДИРИШ ҚУРИЛМАЛАРИ.

Қиздириш печларига қўйилган талаблар:

1. Берилган режим ва температурага чиқиш.
2. Иссиқликни тежаш ва ёнилғини тўла ёниши ва максимал даражада Ф.И.К га эга бўлиши.
3. Конструкциянинг соддалиги, минимал ўлчамларда номига ассортиментни турли режимларда юқори самарадорликка эга бўлиши.
4. Маҳсулотни юклаш ва туширишнинг автоматлаштирилганлиги (механизациялаштирилганлиги).
5. Иссиқлик режими автоматик тарзда бошқарилади.
6. Ишлатилиши ва таъмирланишини қулайлиги.
7. Назоратланувчи атмосфераларни қўлш мумкинлиги.

Печларни технологик ва конструктив технологик хоссалари билан классификациялаш.

Технологик жихатдан металлургик печлар 2 асосий гуруҳга бўлинади: қиздириш ва эритиш.

Қиздириш печларида металл ёки бошқа материал қуйидаги мақсадда қиздирилади.

- 1) Металлнинг механик хоссаларини ўзгартириш учун (асосан пластик хоссалари) босим билан ишлов бериш, прокатлаш, болғалаш, штамплаш, қирялашдан олдин.
- 2) Металл структурасини ўзгартириш учун.
- 3) Материалларни қуйдириш (оҳактош, доломит, магнезит, рудалар, оловбардош материалларучун)
- 4) Материалларнинг намлигини йўқотиш учун (қуйиш формаларини ва материаллар, рудаларни, кўмирни қуритиш учун)

Бундай печларда асосий маҳсулот ўзининг агрегат ҳолатини ўзгартирмайди, лекин қиздириш вақтида унинг хоссалари сезиларли ўзгариши мумкин.

Эритиш печлари қуйидаги мақсадларга хизмат қилади.

- 1) Руда ва концентратлардан металл олиш.
- 2) Металларни қайта эритиш
- 3) Металл материаллардан (шихталар) аралашмаларни йўқотиш, керакли таркибда металл олиш

Эритиш печларида керакли хароратгача қиздирилса, материаллар бир агрегат ҳолатидан бошқа агрегат ҳолатига ўтказилади (қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга).

Шундай қилиб, печлар иссиқлик қурилмалари бўлиб, маълум технологик жараёнларни ўтказиш учун мўлжалланган. Печларда жараён бу ёки бошқа температурагача қиздириш билан амалга оширилади, яъни иссиқлик бу қурилмалар учун асосий манба ҳисобланади.

Эритиш печлари қайта ишлов бериш бўйича пўлат эритиш, чўян эритиш, мис эритиш ва ҳ.к.ларда қўлланилади.

Қиздириш печлари қуйидаги турларга бўлинади:

- конструктив жихатлари бўйича - қиздириш қудуқлари, методик печлар, камерали ва ҳ.к. ларга
- деталларни печ ичида ҳаракатланиши усули бўйича - ўтказиш, сурувчи, конвейрли, айланма печлар ва ҳ.к.лардан иборат.
- қиздирилаётган маҳсулотнинг характери бўйича – қуймалар, блюмлар, трубалар ва ҳ.к.лар.

Иссиқлик генерацияси бўйича - энергия олиш ёқилғининг кимёвий иссиқлиги (ёнилғили печ) ни ёндирувчи мосламалар, горелкалар, форсункалар ёки электр энергиясини иссиқлик энергиясига айлантириш билан ишлов берилади.

Ёнилғи печлари - ўз навбатида газли ва мазутли (печ ёнилғиси) ёнилғилардан фойдаланилади. Тутун газларини ташқарига чиқариш ва уларнинг иссиқлиги йўқотиш бўйича регенератив ва рекуператив печларга бўлинади.

Электр печлари электр энергияни иссиқлик энергиясига айлантириш

усули бўйича қуйидагиларга тавсифланади: *ўт-ёйли, қаршиликли ва индукцион печларга* ажралади.

Замонавий печлар – мураккаб иссиқлик агрегатлари бўлиб, хусусан печ ва ёрдамчи жиҳозлардан ташкил топган. Печлар ўз ичига ишчи бўшлиқ ва иссиқлик энергиясини олиш мосламасини олади: горелкалар, форсункалар ёнилғи печларида ва электрод, резисторлар электр печларда мавжуд бўлади. Ёрдамчи жиҳозлари таркибига тутун газларининг утилизацияциясини таъминловчи, вентиляторлар, тутун тортқичлар, мўри трубалари, турли хил клапанлар, кранлар ва х.к.лар киради.

Иссиқлик регенерацияси бўйича печларнинг классификацияси.

Печларда иссиқлик генерацияси манбаи бўлиб:

- 1) Ёнилғининг кимёвий энергияси (ёнилғи печлари) кимёвий энергиянинг иссиқлик энергиясига ўтишида ёнилғи ёниши туфайли рўй беради. Металлургияда бундай печларга алангали печлар, қатламли режимида ишловчи печлар (шахтали) дейилади.
- 2) Суюқ металлнинг кимёвий энергияси. Металлнинг кимёвий энергиясига айланиши металлдаги кимёвий аралашмаларнинг ёниб кетишидан ҳосил бўлади ва конвенторларда юз беради.
- 3) Электр энергия: Электр энергияни иссиқлик энергиясига айлантириш асосан иссиқлик генерацияси дейилади.
 - электр токининг газ орқали ўтишида – ёйли ва алангали печлар;
 - электр токининг магнит майдонига таъсиридан металлда ҳосил бўлган уюрли тоқлар индукцион печлар ишлайди;
 - диэлектрикларнинг қутбланишини қайта магнитлашдан диэлектрик қиздириш қурилмалари;
 - қаттиқ жисм баъзи ҳолларда суюқликдан ток ўтишидан ажаралиб чиқадиган иссиқлик қаршилик (тузли ванналар) қаршилик печлари учун иссиқлик манбааси бўлади;
 - Электронларнинг кинетик энергиясини ҳисобига электрон - нур ёрдамида қиздириш қурилмаларининг ишлаши таъминланади.

Печларни иссиқлик иши.

1. Температура режими.

Печ температураси- печнинг ишлаши учун муҳим технологик иш кўрсаткичи ҳисобланади. Бу термин шартли ҳисобланади. Яъни, печ температураси деб (электр печ учун қиздириш элементлари) девор ва қиздирилаётган металлнинг ўртача температурасига айтилади.

Температура катор факторларга боғлиқ бўлиб улардан энг муҳимлари ёнилғи ёниш температураси, иссиқликнинг қабул қилиш характери, ҳамда иссиқлик йўқотишларига боғлиқ.

Печ температурани аниқлашда ушбу тахминий нисбатдан фойдаланилади

$$t_n = \eta t_{\Gamma},$$

Бу ерда:

t_n – печнинг ҳақиқий температураси;

t_{Γ} – ёнилғи ёнишининг калориметрик температураси;

η – пирометрик коэффициент, печ конструкциясига боғлиқлик, 0.65 – 0.80 оралиқда ўзгаради.

Металлнинг сирти ва ўрта кесим температура оралиғи 150-300 °С, прокатларда, термик печларда қиздиришда 50-70 °С.

Печ температурасининг вақт давомида ўзгариш *температуравий режим* – $t_n = f(\tau)$ деб номланади (4.1.расм).

Вақт давомида , печ температуранинг ўзгармаслиги ,доимий ишловчи печлар деб номланади , масалан методик печлар. Печларнинг, температураси вақт давомида ўзгарувчан бўлса – даврий ишловчи печлар деб номланади, масалан - тағлиги олдинга чиқувчи печлар.

Печнинг температураси бутун ички ҳажм бўйича тахминан бир хил бўлса ***камерали*** печлар дейилади. Печларнинг узунлиги бўйича температурасининг ўзгарувчи печлар – *методик деб номланади.*

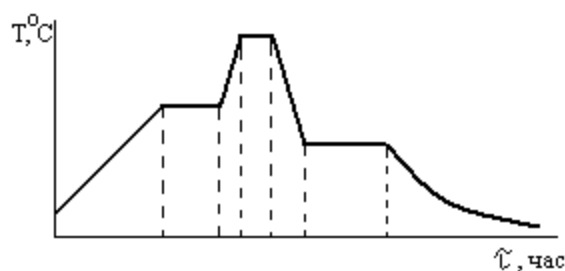


Рис. 4.1. Қиздиришнинг температуравий графиги

2. Иссиқлик режими

Печга оний вақт бирлиги ичида узатилаётган иссиқлик миқдори печнинг иссиқлик кучланганлиги деб аталади. Иссиқликнинг энг катта миқдори, ва уни печ нормал (ёнилғининг ёнмаслигини ҳисобга олмаган ҳолда) ҳолатда қабул қилиши, печнинг иссиқлик қуввати деб аталади .

Иссиқлик режим–иссиқлик кучланишининг вақт ичида ўзгаришига айтилади.

Иссиқликдан фойдаланиш коэффиценти:

$$КПТ = \frac{Q_m + Q_{шл} + Q_{энд} - Q_{экз}}{Q_T + Q_{\phi}B},$$

Бу ерда B – ёнилғнинг соатбай сарфи;

Q_T – ёнилғнинг кимёвий иссиқлиги;

Q_m и $Q_{шл}$ - металл ва шлакнинг иссиқлиги;

$Q_{энд}$ и $Q_{экз}$ – эндо- ва экзотермик реакциялар иссиқлиги, ёнилғининг ёишидан ташқари;

Q_{ϕ} – ёнилғининг физикавий иссиқлиги.

Электрик печлар учун: $Q_T + Q_{\phi}B = 860P$,

бу ерда P – печ қуввати, кВт.

Ёнилғининг фойдаланиш коэффиценти:

$$КИТ = \frac{Q_p^H + Q_{\phi} - Q_{yx}}{Q_p^H + Q_{\phi}},$$

Бу ерда Q_{yx} – чиқиб кетаётган газлар иссиқлиги,

$КИТ > КПТ$, лекин уларни тенглаштиришга интилиш керак.

3. Печларнинг ишлаб чиқариш қуввати

Печлар ишлашининг энг муҳим кўраткичи бўлиб, бир қатор факторларга боғлиқ: печ ишчи бўшлиғи температурасига, чиқиб кетаётган газлар температурасига, печдан металлга иссиқлик ўтиш интенсивлиги характериға ва х.к. Буларнинг ҳаммаси кўрсатадики ишлаб чиқариш технологик, теплотехник ва конструктив факторларга боғлиқ.

Ишлаб чиқаришнинг умумий ва солиштира кўрсаткичларини ажратадилар. *Умумий қувват* (P) печнинг ўлчамларини, агрегат масштаби *вакз/соат* ($T/соат$) ёки *T/сутка* ҳисобида ўлчанади. *Солиштира* ишлаб чиқариш печнинг ишини интенсивлигини таснифлайди – $кг/м^2соат$ ($T/м^2соат$). Кўрсаткич печ тағлигини кучланишини кўрсатади. *актив тағлик* кучланишини ва $N_A - P/F_m$ и *габарит тағлик* кучланишини ажратадилар $N_r - P/F_n$, бу ерда F_m – металл эгаллаган юза, F_n – тағликнинг юзаси.

Печларни классификациялаш учун харфли- рақамли белгилаш қабул қилинган:

▪ Харф олдидаги рақам – Печни ишлаб чиққан корхонанинг шартли белгиси (кам қўлланилади).

▪ *Биринчи харф* – қиздириш усули. Д – ёйли, И – индукцион, С – қаршилиқ, К – контактли (тўғридан тўғри қиздириш).

▪ *Иккинчи харф* – ёйли и индукцион эритиш учун мўлжалланган печлар : С – пўлат эритиш, М – мис эритиш, Ч – чўян эритиш. Печларнинг қаршилиқ ва контакт қиздириш учун конструктив жиҳати: А – айланувчи тағликли, Б – барабанли, В – ваннали, Д – олдинга чиқувчи тағликли, Е – осма конвейерли, И – пульсацияланувчи тағликли, К – конвейерли, Н – камерали, Р – рольгангли, Т – сурувчи, У – темирчилик методик, Ш – шахтали, Щ – ёриқли, Э – элеваторли, Ю – қадамловчи тағликли.

▪ *Учинчи харф* – печ ишчи бўшлиқ муҳити: А – азотловчи, В – вакуум, З – химоявий, Н – водородли, О – оксидловчи, Ц – цементацион.

▪ *Тўртинчи харф* – қўшимчи конструкцион жихат: А – агрегат, М – муфелли, У – сочилувчи материаллар учун, Х – совитиш камерали, Л – лаборатория учун.

▪ *Харфлардан кейинги рақамлар*, – печнинг габарит ўлчамлари, *дм*.

▪ *Махраждаги рақамлар*, – температура юз градусда, Цельсийнинг юз градусли шкаласида.

Мисол: СКЗА-6.30.1/13 – қаршилик печи, конвейерли, химоявий атмосферали, агрегат, эни – 0.6 м, узунлиги – 3.0 м, баландлиги – 0.1 м, қўллаш температураси чегараси – 1300°C.

4.2. Иссиқлик баланси ва ёнилғи сарфи

Иссиқлик баланси иккита тенг қисмдан иборат. Иссиқликнинг кириш қисми ва сарф қисми. Иккаласи турли хил моддалардан ташкил топган.

Иссиқлик балансининг кириш қисми моддалари.

1. Ёнилғининг ёниши натижасида олинадиган иссиқлик

$$Q_x = BQ_p^H, \text{ кВт (кДж/с)},$$

Бу ерда B – Ёнилғининг соатбай сарфи, кг/сёки м³/с.

2. Қиздирилган хавонинг иссиқлик олиб кириши ,

$$Q_{\text{в}} = Bc_{\text{в}}t_{\text{в}}\alpha L_o, \text{ кВт (кДж/с)},$$

Бу ерда

$c_{\text{в}}$ – хавонинг ўртача иссиқлик сизими 0°C до $t_{\text{в}}$, кДж/м³°C;

$t_{\text{в}}$ – қиздирилган хаво температураси, °C;

αL_o – нам хавонинг ҳақиқий сарфи, м³.

3. Қиздирилган хавонинг иссиқлик олиб кириши,

$$Q_{\text{с}} = Bc_m t_m, \text{ кВт (кДж/с)}.$$

4. Экзотермик реакциялар иссиқлиги, кВт (кДж/с)

Мусбат иссиқлик эффекти билан кечадиган барча кимёвий реакциялар, қиздириш печларида металлнинг оксидланишидан чиқаётган иссиқлик инобатга олинади. 1 кг металл оксидланиш ишида 5652 кДж иссиқлик ажралиб чиқади:

$$Q_{\text{экз}} = 5652Pa,$$

Бу ерда

P – ишлаб чиқариш қуввати;

a – металл куйиши миқдори.

Иссиқлик балансини сарф қисми

1. Металлни қиздириши учун кетган фойдали иссиқлик миқдори:

$$Q_{\text{пол}} = Pc_{\text{м}}t_{\text{м}}, \text{ кВт (кДж/с)},$$

Бу ерда

P – ишлаб чиқариш қуввати;

$c_{\text{м}}$ – оралиғидаги температуралардаги металлнинг ўртача иссиқлик сиғими 0°C гача $t_{\text{м}}$, кДж/м³°C.

2. Шлаклар билан чиқиб кетган иссиқлик, кВт (кДж/с):

$$Q_{\text{шл}} = Pc_{\text{шл}}t_{\text{шл}}.$$

3. Эндотермик реакциялар иссиқлиги – Q_3 , кВт (кДж/с).

Бу модда эритиш печлари учун характерли CaCO_3 парчаланиш ичида кетган иссиқлик миқдори.

4. Чиқиб кетаётган тутун газларининг иссиқлиги.

$$Q_{\text{yx}} = BV_{\text{yx}}c_{\text{yx}}t_{\text{yx}}, \text{ кВт (кДж/с)}.$$

5. Кимёвий тўла ёймасликда йўқотилаётган иссиқлик, кВт (кДж/с).

Алангасиз ёнилғи ёқилишда кимёвий ёнмасликдан йўқотишлар деярли бўлмайди. Алангали ёнишда чиқиб кетаётган тутун газларида одатда 0.5 – 3 % (CO и H_2) газларнинг ёнган қисми бўлади. Бундай газ аралашманинг ёнишдаги иссиқлиги 12142 кДж/м³ га тенг. Агар чиқиб кетаётган газларда ёнмаган CO ни a га тенг деб қабул қилинса, унда иссиқлик йўқотиши:

$$Q_5 = 12142BV_{\text{yx}}a, \text{ кВт (кДж/с)}.$$

6. Ёнилғининг механик тўла ёнмаслигидан йўқотиш қаттиқ ёнилғининг ёнишида йўқотишлар 3–5 %:

$$Q_6 = (0.03 - 0.05)BQ_p^H.$$

- Суюқ ёнилғини ёндиришда – 1 %

$$Q_6 = 0.01 B Q_p^H$$

- Газ ёнишида газнинг ёнмай чиқиб кетиши 2–3 %:

$$Q_6 = (0.02 - 0.03) B Q_p^H.$$

7. Деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги натижасидаги (кубба, деворлар, печ таглиги) йўқотишлар:

$$Q_7 = \frac{t_{кл} - t_в}{\frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha}}, \text{ кВт (кДж/с)},$$

Бу ерда

$t_{кл}$ – Печ деворининг ички сиртининг температураси, °С;

$t_в$ – атроф муҳит хавоси температураси, °С;

S_1 ва S_2 – оловбардош ғишт ва иссиқлик изоляция материалининг калинлиги;

λ_1 ва λ_2 – оловбардош ғишт ва иссиқлик изоляцияси материалининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м °С;

α – деворнинг хавога иссиқлик узатиш коэффициенти 19.8 Вт/м²°С ($1/\alpha = 0.052 \text{ м}^{20}\text{°С/Вт}$).

8. Печнинг очик ойналари орқали нурланишдан йўқотилаётган иссиқлик миқдори.

$$Q_8 = C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 F \Phi \varphi, \text{ кВт (кДж/с)},$$

Бу ерда

C_o – абсолют қора жисмнинг нурланиш коэффициенти, Вт/м² К⁴;

T – печнинг ўртача температураси, °К;

F – очик ойна юза майдони, м²;

Φ – Диафрагмалаш коэффициенти;

φ – Ойнанинг очиклик даври.

9. Идишнинг қиздириши учун кетган иссиқлик:

$$Q_9 = P_m c_m t_m, \text{ кВт (кДж/с)}.$$

10. Печнинг айрим қисмларини ташқарига чиқишидан йўқотишлар:

$$Q_{10} = (0.1 - 0.15) Q_{прих}, \text{ кВт (кДж/с)}.$$

11. Девор ғиштларининг иссиқликни аккумуляциялаш учун кетган иссиқлик миқдори:

$$Q_{11} = V_{кл} c_{кл} \rho_{кл} t_{кл}, \text{ кВт (кДж/с)},$$

Бу ерда

$V_{кл}$ – девор хажми, м^3 ;

$t_{кл}$ – деворнинг ўртача температураси, $^{\circ}\text{C}$;

$c_{кл}$ – ғиштнинг иссиқлик сиғими, $\text{кДж/кг } ^{\circ}\text{C}$;

$\rho_{кл}$ – ғиштнинг зичлиги, кг/м^3 .

12. Кўзда тутилмаган йўқотишлар:

$$Q_{12} = (0.1 - 0.15)(Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11}), \text{ кВт (кДж/с)}.$$

Иссиқлик балансининг кириш ва сарф қисмларини айрим йиғиб, тенглама тузилади:

$Q_{прих} = Q_{расх}$. Бу тенглама 1 та номаълум – Ёнилғи сарфи – В-миқдорини ҳисоблаб, кириш ва сарф моддаларини миқдорий кўрсаткичлари ҳисобланади (аниқланади).

Айрим ҳолларда печларнинг ишини сифатини аниқлаш учун солиштирма кўрсаткичлардан фойдаланилади. Яъни ёнилғининг ва иссиқликнинг солиштирма сарфи бўйича ҳисобланади. Солиштирма ёнилғи сарфини кўпинча шартли ёнилғи сифатида қабул қилинади. Бу шартли ёнилғининг иссиқлик чиқариши $29330 \text{ кДж/кг} = Q_{y.t.}$. Ундан ёнилғининг солиштирма сарфи аниқланади:

$$d = \frac{BQ_p^H}{29330}.$$

4.3. Электр печлар ва қиздириш элементларини ҳисоблаш.

Электр печларнинг ҳисобланиши алангали печлар сингари. Фарқи шундаки $Q_{хим}$, $Q_{эл}$, билан алмаштирилади ва $-Q_{yx}$, Q_5 – ёнмаслик, Q_6 ва Q_m –

хаво ва ёнилғининг қиздириш орқали олиб кираётган иссиқлик миқдори бўлмайди.

Сарф қисмига иссиқлик баланси тенгламасига қисқа туташув $Q_{ткз}$, иссиқлик йўқотилиши киритилади, яъни металл қисмларини қизиши учун кетган иссиқлик ўтказувчанликдан йўқотилган иссиқлик миқдори ҳисобланади ундан ташқари девордан чиқиб турган термopара трубкалари, қиздирувчи элементлар чиқишлари, йўналтирувчилар ролик ўқлари ва ҳ.к.:

$$Q_{ткз} = (0.2 - 0.5) Q_{7кл}.$$

Иссиқлик баланси $Q_{элм}$ ни аниқлашни имконини беради $Q_{эл}$, билиб печнинг электр қувватини ҳисоблаб топилади:

$$N = K \frac{Q_{эл}}{3600\tau}, \text{ кВт/с},$$

Бу ерда K – захира коэффиценти, печнинг жадаллаштирилган режимида ишлаши коэффиценти, тармоқ кучланишининг камайиши, изоляциясининг ёмонлашуви каби факторларни ҳисобга олади.

$K = 1.3 - 5.0$, камерали печлар учун.

$K = 1.2 - 1.3$, ўтувчи печлар учун.

Қиздириш элементлари. Қаршилиқ элементлари саноат қиздириш элементлари металл ва нometалл материаллардан тайёрланади. 1000 °C гача температуралар учун нometалл қиздириш элементлари, юқори температурали қурилмалар (ишчи температура 1100 °C дан юқори), керамик қиздириш элементлари, одатда кремний карбиди SiC , цирконий карбиди ZrC , гафний карбиди HfC , W - вольфрам, Мо - молибденлар вакуумли печларда ишлаш учун қўлланилади. Қиздириш элементлари материалига қўйилган асосий талаблар юқори оловбардошлиқ, юқори температуралардаги мустаҳкамлик, чизиқлик кенгайиш коэффицентиининг кичиклиги, юқори даражадаги солиштирама электр қаршилиги, фаза ўзгаришларининг йўқлиги ва материалнинг арзонлигига эътибор қилинади. Металл материаллардан қиздириш элементи сифатида одатда нихромдан, юқори хромли алюминий қўшилган феррит қотишмаларидан фойдаланилади. Бу қотишмаларининг

асосий камчилиги юқори температураларда узоқ эксплуатация қилиниши натижасида донлари ўсиб, пластик хоссаларини йўқотади ва механик равишда синишига олиб келади.

4.1.жадвал қаршилик қотишмаларининг асосий тавсифлари келтирилган.

Жадвал 4.1

Қотишма тавсифлари

Қотишмалар	Номи ва маркалари	Қиздиришнинг максимал температу- раси, °C	Солишти- рма электр қаршили- ги, $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$	Солиштир- ма оғирлиги, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Ишлаб чиқарилади- ган тенг ўлчамлари , мм
Хром- никелли қотишмалар (нихромлар)	X20H80	1100 °C	1.15	8.4	Ø1 ÷ 10мм бўлган сим ёки $a \times b$; $a = 1 \div 3 \text{мм}$, $b = 8 \div 40 \text{мм}$
	X20H80T	1150 °C	1.10	8.4	
	X15H60	1000 °C	1.10	8.4	
	XH7OЮ	1200 °C	1.10	8.2	
	XH60ЮЗ	1150 °C	1.10	8.2	
Хромоалюм иний (фехраллар) қотишмалар	X27Ю5Т	1300 °C	1.40	7.5	Проволока Ø1 ÷ 10мм ёки лента $a \times b$; $a = 1 \div 3 \text{мм}$, $b = 8 \div 40 \text{мм}$
	X23Ю5	1300 °C	1.35	7.3	
	X23Ю5Т	1400 °C	1.35	7.2	
	X37Ю3ТЛ	1400 °C	1.40	7.3	

Электр қиздириш элементларини ҳисоблашда, аниқ температура олишда катта электр печларини ўзини зоналарини температурасини, ўзи белгилайдиган ва зоналар сонини печ узунлиги L унинг энига B ёки D диаметрига нисбатидан келиб чиққан ҳолда топилади. Температураларнинг зоналараро тақсимотининг энг маъқул кўринишлари

$$L_{\text{зоны}} = (1.0 \div 1.5) B \quad \text{ва} \quad L = (1.0 \div 1.5) D.$$

Печ қувватининг тақсимланиши:

1) 3 зонали печлар $0.5 N_Y$; $0.3 N_Y$; $0.2 N_Y$;

2) 2 зонали печлар $(0.65 \div 0.75) \cdot N_Y$; $(0.25 \div 0.35) \cdot N_Y$.

3) Шахтали печларда юқори иссиқлик зонасининг қуввати 20–40 % қолган иссиқлик зоналарига қараганда баландроқ бўлади.

Хар бир зонанинг қиздириш элементининг қуввати 25 кВт дан ошмаслиги керак Қиздиргичларнинг ишчи температуралари печ температурасидан 50–200°C юқори бўлиши керак. Печ хавосининг мажбурий циркуляцияси бўлса ундан ҳам юқори бўлиши мумкин. Ҳисоблашларда қиздиргичларнинг диаметри, узунлиги, массаси ва кесимини аниқлайдилар. Қиздиргичлар симли ва лентали бўлади.

I	II
симли	лентали
$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^5 \cdot P^2 \rho_t}{\pi^2 U^2 \nu}}$	$a = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 10^4 \cdot P^2 \rho_t}{m(m+1) U^2 \nu}}$
$l = \sqrt[3]{\frac{10 P U^2}{4 \pi \rho_t \nu^2}}$	$l = \sqrt[3]{\frac{2.5 P U^2 m}{(m+1)^2 \rho_t \nu^2}}$
$g = \gamma \sqrt[3]{\frac{0.63 \cdot 4 \rho_t \cdot P^5}{U^2 \nu^4}}$	$g = \gamma \sqrt[3]{\frac{0.625 \cdot m^2 \rho_t \cdot P^5}{(m+1)^4 U^2 \nu^4}}$

Бу ерда

d – диаметр, мм;

a – қалинлик, мм;

l – узунлик, м;

g – масса, кг;

V – қиздиргичнинг сирт кучланганлиги, Вт/см²;

γ – зичлиги, кг/м³;

P – қуввати, кВт;

U – кучланиш, В;

ρ_t – солиштирма электр қаршилик Ом·мм²/м;

(m – лентанинг томонларининг нисбати, одатда $m = 10$ га);

Нихром учун $\rho_t = \rho_o(1 + \beta t) = (1.0 \div 1.2)(1 + 0.0001t)$.

V сирт кучланганлиги температурага боғлиқ масалан нихром учун
 $t = 600^\circ \text{C}$ $V = 2.6 \div 3.2 \text{ Bm/cm}^2$; $t = 900^\circ \text{C}$ $V = 1.1 \div 1.5 \text{ Bm/cm}^2$; $t = 1100^\circ \text{C}$
 $V = 0.5 \div 0.7 \text{ Bm/cm}^2$.

Ҳисобланган l узунлиги ва кесими бўйича унинг конструктив хусусиятларини аниқлайди.

4.4. Рекуператорни иссиқлик алмашинувчилари

Печларнинг термик КПД кўтаришнинг энг яхши усули чиқиб кетаётган иссиқликнинг бир қисмини печга қайтариш билан ёнилғи тежалиши ҳам кузатилади. Бунинг учун чиқиб кетаётган тутун газларининг рекуператордан ўтказиб, печга кираётган хавони қиздириш билан эришилади, бундан ташқари печ ёнилғиси газ бўлса уни ҳам қиздириб печга узатиш билан печнинг қизиш самарадорлигини ошириш мумкин. Саноатда керамик ва металл рекуператорлар қўлланилади.

Рекуператордан ўтаётган тўла иссиқлик миқдори:

$$Q = K \Delta t_{cp} F, \text{ Вт},$$

Бу ерда K – тутуннинг хавога (газга) иссиқлик узатилишининг жамланаган коэффиценти, Вт/м²К;

Δt_{cp} – Бутун сирт юзаси бўйича температураларфарқи (тутун температураси билан хаов (газнинг) температуралар орасидаги фарқ)

F – иссиқлик алмашинаётган сирт майдони м².

Иссиқлик рекуператорда 3 та босқич билан ўтади.

▪ Тутундан рекуператив элементлар деворларига (конвекция ва нурланиш билан)

$$\alpha_{\partial} = \alpha_{\partial}^{\kappa} + \alpha_{\partial}^{u3\lambda};$$

▪ Рекуперативэлементлари девори орқали (иссиқлик ўтказувчанлик билан) $R = \frac{S}{\lambda}$ ва девор ҳолатига боғлиқ.

▪ Рекуператор деворидан ҳаво ёки газга иссиқлик ўтиши

$$\text{▪ ҳаво қиздиришда } \alpha_{\partial} = \alpha_{\partial}^{\kappa},$$

$$\text{газни қиздириш } \alpha_{\partial} = \alpha_{\partial}^{\kappa} + \alpha_{\partial}^{u3\lambda}.$$

Кўриб чиқилган локал иссиқлик узатишлар жамланиб якуний иссиқлик ўтказилишича коэффицентига бирлаштирилади.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\partial}} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\partial}}},$$

ёки
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\partial}} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\partial}}}, \text{ Вт/м}^2 \text{ К.}$$

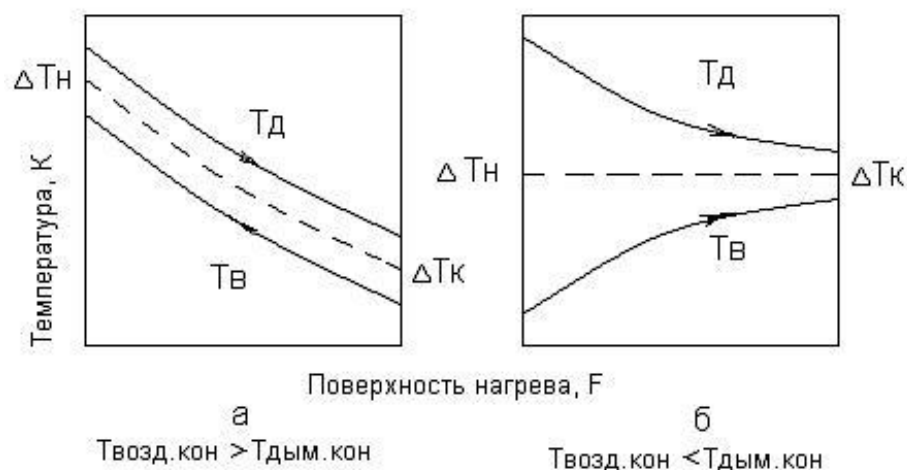
Металл рекуператорларда деворнинг иссиқлик қаршилигини инобатга олмаса ҳам бўлади. $R = \frac{S}{\lambda}$ ва унда

$$K = \frac{\alpha_{\partial} \alpha_{\partial}}{\alpha_{\partial} + \alpha_{\partial}}.$$

Ҳаво ва тутун томонларида босим фарқи борлигида, рекуператор уланган жойларда ҳаво йўқотишлар, 40÷50 %. Ҳаво сўришлар рекуператор самарадорлигини кескин камайтиради. .

$$\cdot K_{\text{ўрта}} = \frac{K_{\text{юкр}} + K_{\text{остки}}}{2}$$

Рекуператорларда ҳаво ва тутун газларининг ҳаракати қарама-қарши, кесишган ва тўғри оқимли бўлиши мумкин. Ҳаракатнинг схемасини тутун йўналишига қараб таснифлаш кўзда тутилган. 4.2 расмда қиздирилган сиртнинг температура ўзгаришларини тавсифловчи графиклар келтирилган, а-қарама-қарши, б-тўғри ҳаракат схемалари берилган.



Расм. 4.2. Рекуператорнинг температурвий майдони:

а – чиқиб кетаётган газларнинг нисбатан паст температураларида қўлланилади. б – юқори температура учун

Тенгламалар тизимини ечиб :

$$t_{\partial} = \frac{W_{\epsilon} t_{\epsilon}^{\kappa} - W_{\partial} t_{\partial}^{\text{H}} + W_{\epsilon} (t_{\partial}^{\text{H}} - t_{\epsilon}^{\kappa}) e^{-KT \left(\frac{1}{W_{\partial}} - \frac{1}{W_{\epsilon}} \right)}}{W_{\epsilon} - W_{\partial}},$$

$$W_{\partial} (t_{\partial}^{\text{H}} - t_{\partial}^{\kappa}) = W_{\epsilon} (t_{\epsilon}^{\kappa} - t_{\epsilon}^{\text{H}}),$$

t_{∂}^{κ} (тутун) ва t_{ϵ}^{κ} (хаво) топилади.+ Қарама-қарши схемада (расм. 4.3)

температураларнинг ўртача фарқини ($\Delta t = t_{\partial} - t_{\epsilon}$). $\Delta t_{\text{cp}} = f \Delta t_{\text{cp.нр}}$,

аниқлаймиз.

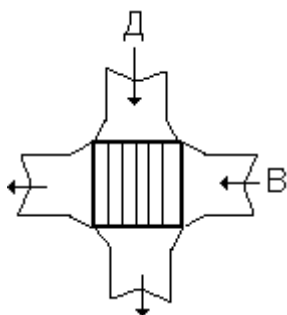
Бу ерда

f – тўғрилаш коэффициенти $f = \Phi(R \text{ u } P)$. $R = \frac{t_{\partial}^{\text{H}} - t_{\partial}^{\kappa}}{t_{\epsilon}^{\kappa} - t_{\epsilon}^{\text{H}}}$;

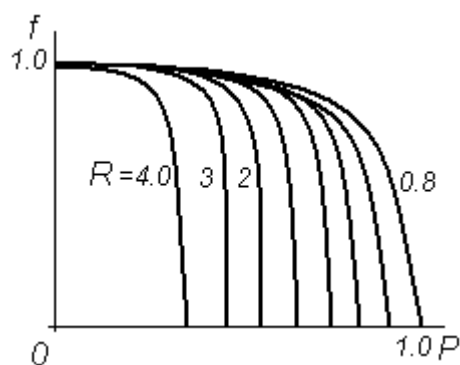
$P = \frac{t_{\epsilon}^{\kappa} - t_{\epsilon}^{\text{H}}}{t_{\partial}^{\text{H}} - t_{\partial}^{\kappa}}$ номограммалар бўйича.

4.4.расмда Номограммаларнинг умумий кўриниши келтирилган.

Тутун йўналишларининг йўллари кўпайганда, кесишган қарама-қарши оқимда Δt_{cp} га Δt_{np} интилади. Агар, қарама-қарши оқимлар сони иккитадан кўп бўлса, унда Δt_{cp} қарама-қарши оқимли рекуператор учун аниқлаган сингари аниқланади.



4.3-Расм. Қарама-қарши схема.



4.4-Расм. Номограммаларнинг умумий кўриниши.

Газларнинг рекуператордаги температураси, ҳам эгри чизиқли ҳам тўғри чизиқли характерга эга бўлиши мумкин. Бу ҳолатни ушбу нисбат орқали баҳолаш мумкин $\frac{\Delta t_m}{\Delta t_{\bar{\theta}}}$, қарама – қарши йўналишда, $\frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}$, тўғридан – тўғри йўналиш бўйича – $\frac{\Delta t_k}{\Delta t_n}$. Агар $\frac{\Delta t_m}{\Delta t_{\bar{\theta}}} \geq 0.5$, температура ўзгариши чизиқли характерга эга.

Шундай қилиб, агар $t_{\bar{\theta}}^H$ и $t_{\bar{\theta}}^H$, маълум бўлса, унда температурни ва температуралар фарқини рекуператорнинг исталган нуқтасида аниқлаш мумкин, бу масалан, рекуператорнинг девори яқинидаги температурани аниқлаш керак.

$$t_{cm}^{tvtv} = t_{\bar{\theta}} - \frac{K(t_{\bar{\theta}} - t_{\bar{\theta}})}{\alpha_{\bar{\theta}}},$$

$$t_{cm}^{xav} = t_{\bar{\theta}} + \frac{K(t_{\bar{\theta}} - t_{\bar{\theta}})}{\alpha_{\bar{\theta}}}.$$

Металл рекуператорларда $t_{cm}^{дым} \approx t_{cm}^{гозд}$, бундан:

$$t_{cm} = t_g + \frac{t_d - t_g}{1 + \frac{\alpha_g}{\alpha_d}}.$$

Рекуператорлар конструкциялари

Рекуператорларга қўйилган талаблар:

- Тутун газларининг иссиққлигини максимал даражада утилизациясини таъминлаши;
- Юқори температурали тутун газларининг таъсирига етарли даражада бардош бериши;
- Конструкциянинг максимал даражада ихчам бўлишлиги;
- Иссиқликни узатиш коэффициентини юқорилиги (K);
- Рекуператорни энг кам гидравлик қаршиликка эга бўлишлиги ;
- герметиклигини яхшилиги.

Рекуператорларни металл ва керамик материаллардан тайёрлашади. *Металл рекуператорлар* иссиқлик алмашинуви бўйича конвектив (игнали-трубкали) ва радиацион турларига ажратилади. Кўпинча комбинацияланган – радиацион-конвектив металл рекуператорлар тайёрланади. Металл рекуператорларнинг афзаллиги

- Иссиқлик узатиш коэффициентини юқорилиги(K) ;
- конструкцияни компактлиги ;
- Ўрнатишининг соддалиги ва чуқур хандакларнинг кераксизлиги, рекуператорларни печ устига ўрнатиш мумкинлиги;
- Герметиклигини яхшиланганлиги.

Пайвандланган металл рекуператорларни газларни қиздиришда ишлатиш мумкинлиги. Металл рекуператорларнинг асосий камчилиги– юқори температурали тутун газлари таъсирига бардош бераолмаслиги .

Керамик рекуператорлар. Улар жуда катта ўлчамларга эга ва иссиқлик узатиш коэффициентининг пастлиги, герметиклигининг пастлиги газларни ва қиздириш учун умуман яроқсиз ва печ остида жойлаш мумкин.

Лекин керамик рекуператорлар тутун газларининг 1200–1400°C иссиқликда ишлаши ва ҳавони 800–850°C температурага қиздириш мумкин.

Рекуператорларни ҳисоблаш

Одатда рекуператорларни ҳисоблаш унинг ўлчамларини аниқлаш, керакли ҳаво миқдорини етарли даражада кўзда тутилган температурага етказиш учун бажарилади. Айрим ҳолларда тескари масалани ҳам ечиш зарур бўлади.

ҲИСОБЛАШ ТАРТИБИ

▪ *Иссиқлик балансини тузиш.* Зич рекуператорларнинг иссиқлик йўқотиши $\approx 10\%$ гача бўлиши мумкин, зичланмаган керамик рекуператорлар учун бу йўқотиш $15\div 30\%$ гача бўлади.

▪ *Тенгламалар системасини ечиб, тутун газларининг якуний температурасини аниқлайдилар.*

$$0.9V_{\partial} \left(C_{\partial}^H t_{\partial}^H - C_{\partial}^K t_{\partial}^K \right) = V_{\epsilon} \left(C_{\epsilon}^K t_{\epsilon}^K - C_{\epsilon}^H t_{\epsilon}^H \right),$$

$$0.9V_{\partial} \left(C_{\partial}^H t_{\partial}^H - C_{\partial}^K t_{\partial}^K \right) = V_{\epsilon} C_{\epsilon}^K t_{\epsilon}^K + \Delta V_{\epsilon} C_{\epsilon} t_{\partial}^K.$$

Рекуператор сиртидан ўтаётган иссиқлик миқдорини аниқлаш:

$$\text{Зич рекуператорлар учун } Q_F = V_{\epsilon} \left(C_{\epsilon}^K t_{\epsilon}^K - C_{\epsilon}^H t_{\epsilon}^H \right)$$

$$\text{Зич бўлмаган рекуператорлар учун } Q_F = \left(V_{\epsilon} + \frac{\Delta V_{\epsilon}}{2} \right) \left(C_{\epsilon}^K t_{\epsilon}^K - C_{\epsilon}^H t_{\epsilon}^H \right),$$

Бу ерда V_{ϵ} ва V_{∂} – ҳаво ва тутун газларининг ҳажми, м³/ч;

ΔV_{ϵ} – тутун каналларига кириб келган ҳаво ҳажми, м³/ч.

▪ Δt_{cp} – аниқлаш - температуралар фарқи (юқорида келтирилган)

▪ *Иссиқлик узатиш коэффициентини жамланган миқдорини аниқлаш.*

▪ Кмиқдорини аниқлаш учун тутун ва ҳаво ҳаракатининг тезликларини белгилаб олиш зарур. Металл рекуператорлар учун

$$\omega_{\partial} = 3\text{--}5 \text{ м/с}, \quad \omega_{\epsilon} = 7\text{--}10 \text{ м/с};$$

керамик рекуператорларда $\omega_d = 1.2-2 \text{ м/с}$, $\omega_g = 0.7-1.0 \text{ м/с}$. Тезликни билиб локал иссиқлик узатиш коэффициентини аниқлаш мумкин — α_d , α_g ёки α_z кейин K .

■ *Рекуператорларнинг умумий сиртини ва ўлчамларини аниқлаш.*

Қиздирилаётган сиртни аниқлаш учун қуйидаги ифодадан фойдаланилади. $Q = K \Delta t_{cp} F$, бундан $F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}}$. Рекуператорнинг

қиздириш сиртини топиб, унинг ўлчамларини аниқлайдилар.

Рекуператорни ҳисоблашни мисол тариқасида кўриб чиқамиз.

Мисол: Икки зонали методик печ учун игнали рекуператорни ҳисоблаш, печ кокс ва домна газлари аралашмаси билан қиздирилади.

$Q_n^p = 8380 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$, ёнилғининг сарфи (рекуператор ишлаганда) $2160 \text{ м}^3/\text{с}$; бўлади. Ҳавонинг қиздириш температураси 300°C ; $t_d^H = 850^\circ\text{C}$, $t_g^H = 0^\circ\text{C}$; тутун газлари таркиби: $15\% \text{ CO}_2$; $15\% \text{ H}_2\text{O}$; $70\% \text{ N}_2$. $V_{\text{гозо}} = 4300 \text{ м}^3/\text{с}$; $V_{\text{мон}} = 6050 \text{ м}^3/\text{с}$ ёниш ҳисобидан.

Ечиш

1. Игнаги трубаларни фақат ҳаво йўналиши тарафидан танлаймиз ва узунлиги 880 мм . Ҳавонинг ҳаракат тезлигини $V_g = 6 \text{ м/с}$, тутуннинг тезлиги — $V_d = 3 \text{ м/с}$.

2. Рекуператор учун иссиқлик балансини тузамиз. Иссиқлик сиғимини танлаш учун тутун газларининг $t_d^K = 600^\circ\text{C}$ деб белгилаймиз.

Тутун газларининг иссиқлик сиғими

$$t_d^K = 600^\circ\text{C}$$

$$t_d^H = 850^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{N}_2} = 1.34 \cdot 0.7 = 0.938$$

$$C_{\text{N}_2} = 1.37 \cdot 0.7 = 0.96$$

$$C_{\text{CO}_2} = 2.06 \cdot 0.15 = 0.309$$

$$C_{\text{CO}_2} = 2.17 \cdot 0.15 = 0.325$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 1.61 \cdot 0.15 = 0.241$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 1.67 \cdot 0.15 = 0.25$$

$$C_{\Sigma} = 1.488 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \text{C}}$$

$$C_{\Sigma} = 1.535 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \text{C}}$$

Атроф-муҳитга иссиқлик йўқотиш 10%. Иссиқлик балансининг тенгламаси.

$$0.9 \cdot B_{\text{монл}} \cdot (C_{\Sigma} t_{\text{д}}^H - C_{\Sigma} t_{\text{д}}^K) = C_v \cdot t_v^K \cdot B_{\text{возд}};$$

$$0.9 \cdot 6050 (1.535 \cdot 850 - 1.488 t_{\text{д}}^K) = 1.32 \cdot 300 \cdot 4300 = 1720000 \text{ кДж/с},$$

$$\text{Бу ердан } t_{\text{д}}^K = 660^{\circ}\text{C}.$$

3. Δt_{cp} аниқлаймиз (газнинг ҳаракатини рекуператор ичида кўндалангига қарши деб ҳисоблаймиз) Қарама – қарши оқимни тўғрилаш коэффициентини инобатга олмай, $\Delta t_{cp} = f \Delta t_{cp.np}$, Δt_{cp} аниқлаймиз.

Қайси қонунга асосан температура ўзгаришини аниқлаймиз.

$$\frac{\Delta t_H}{\Delta t_K} = \frac{(850 - 300)}{(660 - 0)} = 0.833, \text{ т.к. } \frac{\Delta t_H}{\Delta t_K} \geq 0.5.$$

Кўриниб турибдики, температура ўзгариши чизикли характерга эга.

$$\Delta t_{cp} = \frac{(850 - 300) + (660 - 0)}{2} = 605^{\circ}\text{C}.$$

4. Графикдан фойдаланиб, $V_g = 6 \text{ м/с}$, $V_d = 3 \text{ м/с}$

$$K = 36 \text{ Вт/м}^2\text{C}.$$

5. Қиздиришнинг умумий сиртини аниқлаймиз:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}},$$

$$F = \frac{1720000 \cdot 10^3}{36 \cdot 605 \cdot 3600} = 22 \text{ м}^2.$$

Хар бир қиздирилатган труба узунлиги 880 мм ташқи иғналарсиз (таблица ёрдамида аниқланади) шартли сирт юзасининг майдони 0.25 м^2 . Шундан рекуператорнинг трубаларининг умумий сони:

$$n = \frac{22}{0.25} = 88 \text{ труба}.$$

Ҳаво ўтиши учун керакли кесимнинг умумий майдони

$$f_{\epsilon} = \frac{4300}{3600 \cdot 6} = 0.2 \text{ м}^2.$$

Тутуннинг умумий юза кесими

$$f_{\partial} = \frac{6050}{3600 \cdot 3.5} = 0.48 \text{ м}^2.$$

Шундан, 88 труба секцияларга шундай тақсимланиши керакки, ҳаво бўйича ҳар бир секцияга $m = \frac{f_{\epsilon}}{s_{\epsilon}}$ труба, тутун ҳаракати йўлида $m = \frac{f_{\partial}}{s_{\partial}}$.

Ҳаво йўлида трубалар сони:

$$m = \frac{0.2}{0.008} = 25.$$

Тутун йўлида:

$$m = \frac{0.48}{0.060} = 8.$$

Ҳаво ўтиши учун кесим 0.008 м ва тутун ўтиши учун кесим 0.060 м жадвалдан олинади.

Шундай қилиб ҳисобланаётган рекуператорда 3; 6 та секция, ҳар бир секцияда 25 тадан труба кўзда тутилиши керак.

Ҳаво 3 та секциядаги ва 8 тадан трубадан ўтади. Ҳар бир секцияда 26 тадан труба 2 қатор бўлиб, ҳар бир қаторда 13 тадан труба жойлашиши керак.

4.5. Ёнилғини ёндириш мосламалари

Ёнилғини ёндириш мосламалари. Ёнилғининг кимёвий энергиясини иссиқлик энергиясига ўтказиш учун мўлжалланган. Газларни ёндириш мосламаси - горелкалар деб номланади. Горелкаларнинг қўлланилиши қуйидагиларни таъминлаши зарур.

- Зарурий миқдордаги ёнилғи ва ҳаво келтириш ва уларни ҳосил қилиши.
- Печ ишчи бўшлиғида ёнилғини тўла ёнишини таъминлаши.

■ Ёнилғининг ёнишида шундай аланга чиқиши зарурки бу технологик шартларнинг талабига мос келиши ва керакли даражадаги иссиқлик узатилишини печ ишчи бўшлиғида таъминлаб бериши керак.

Аралашиш ёниш иссиқлик узатиш энг юқори самарадорлик ва КПД таъминладиган цикл бўлиши керак. Аралашишларнинг усули бўйича газ ва ҳаво аралашиши 3 та гуруҳга бўлинади.

- 1) Аввалдан ҳаво ва ёнилғининг тўла аралашиши;
- 2) Аввалдан ҳаво ва ёнилғининг қисман аралашиши;
- 3) Ташқарида аралаштириш.

Биринчи гуруҳ горелкаларига ҳаво ва ёнилғининг печга киришига аралаштириб бериши керак, ёнганда бундай горелкадан чиқаётган аланга кўринмас бўлади.

Иккинчи гуруҳ горелкалар аввалдан ҳавонинг бир қисми аралашган бўлиб, печ ичига киришда қолган қисми берилади.

Учинчи гуруҳ горелкаларида аралашма ёнаётган бўшлиқда ҳосил бўлиб яхши кўриниб турадиган аланга ҳосил қилиб ёнади. Шунинг учун бу горелкаларни машъалали горелкалар деб юритилади.

Аввалдан тўла аралашма ҳосил қилувчи горелкаларни кўриб чиқамиз, уларни одатда *инжекцион горелкалар* деб номланади. Инжекцион горелкалар энг юқори даражадаги температура ҳосил қилади, улар машъаласиз бўлиб, машъала узунлиги калта бўлади. Инжекцион горелкалар совуқ ҳавода ҳам, қиздирилган ҳавода ва газда ҳам ишлаши мумкин. Фақат қиздириш даражасини тўғри танлаш лозим бўлиб, акс ҳолда аралаштирилаётганда ёниб кетиши мумкин. Масалан: домна газининг 400 °C температурада портлаш ҳавфи ҳаво билан аралашганда юз бериши мумкин.

Инжекцион горелкаларнинг ишлаб чиқариш қуввати ва ишининг барқарорлиги кўп жихатдан келаётган ёнилғининг босимига боғлиқ. Агар босим кичик бўлса горелкадаги аралашманинги ёниш тезлиги юқори бўлиб, аралашма ҳосил қилинаётган труба ичкарига кириб кетиб горелкани ишдан чиқариш мумкин. Агар аралашма босими ёниши тезлиги босимидан катта

бўлса, аланга горелка ичидан юқорироқда ёниб унинг самарасини тушириб юборади. Горелка ичидан чиқаётган тезлик 20–50 м/с атрофида бўлса аралашманинг нормал тезлиги таъминланади.

Алангани горелка ичига кириб кетмаслиги учун минимал босим:

- Домна газы учун – 490 Па;
- Генератор газы учун – 881 Па;
- Кокс ва домна газы 196 Па ($Q_p^H = 8350$ кДж/м³).

Аралашманинг горелка ичидан чиқиши унинг иссиқлик кучланганлигини:

$$h_{н.г} = \frac{0.278 B_{\Gamma} Q_{н}^P}{f_{н.г}}, \text{ Вт/м}^2,$$

Бу ерда

$$B_{\Gamma} = W f_{н.г} - \text{газ сарфи м}^3/\text{соат};$$

$$W - \text{аралашманинг чиқиш тезлиги } f = \frac{\pi d_{н.г}^2}{4}.$$

$$h_{н.г} = 0,278 W Q_{н}^P.$$

Ёнилғи сарфини билиб, B_{Γ} , горелкага келаётган ёнилғи сарфини аниқлаш мумкин:

$$B_{\Gamma} = \frac{B_{\Gamma}}{n},$$

Бу ерда n – печдаги горелкалар сони. Агар горелкалар сони конструктив жихатдан бериладиган бўлса, горелка олдидаги газ босимини белгилаб, катта горелкадан сарф бўлаётган ёнилғи сарфини графиклар асосида аниқлаймиз. B_{Γ} кейин горелканинг учининг тешик диаметрини ва унинг конструктив ўлчамларини аниқлаймиз.

$$f_{н.г} = \frac{0,278 B_{\Gamma} Q_{н}^P}{h_{н.г}}, d_{н.г} = \sqrt{\frac{4 f_{н.г}}{\pi}}.$$

Горелкаларни ҳисоблашда 2 та усул қўллаш мумкин.

1 - усул

- 1) Горелка тўпланади, яъни $d_{н.э}$ берилади.

$$f = \frac{\pi d_{н.э}^2}{4}$$

$$2) \quad B_{Г} = \frac{h_{н.э} \cdot f_{н.э}}{0,278 Q_H^p} \text{ ёки } B_{Г} = \kappa \cdot B_{Г}^{100},$$

Бу ерда $B_{Г}^{100}$ – график асосида аниқланади. $d_{н.э} = 100$ мм даги газнинг босимини билган ҳолда.

$$3) \quad \text{Горелкалар сонини аниқлаш } B_{Г} = \frac{B_{Т}}{n}.$$

2 - усул

- 1) Горелкалар сони берилади. – n ;

$$2) \quad B_{Г} = \frac{B_{Т}}{n}; \quad B_{Г} = K \cdot B_{Г}^{100};$$

$$3) \quad K = \frac{B_{Т}}{B_{Г}^{100} \cdot n} \text{ аниқланади.}$$

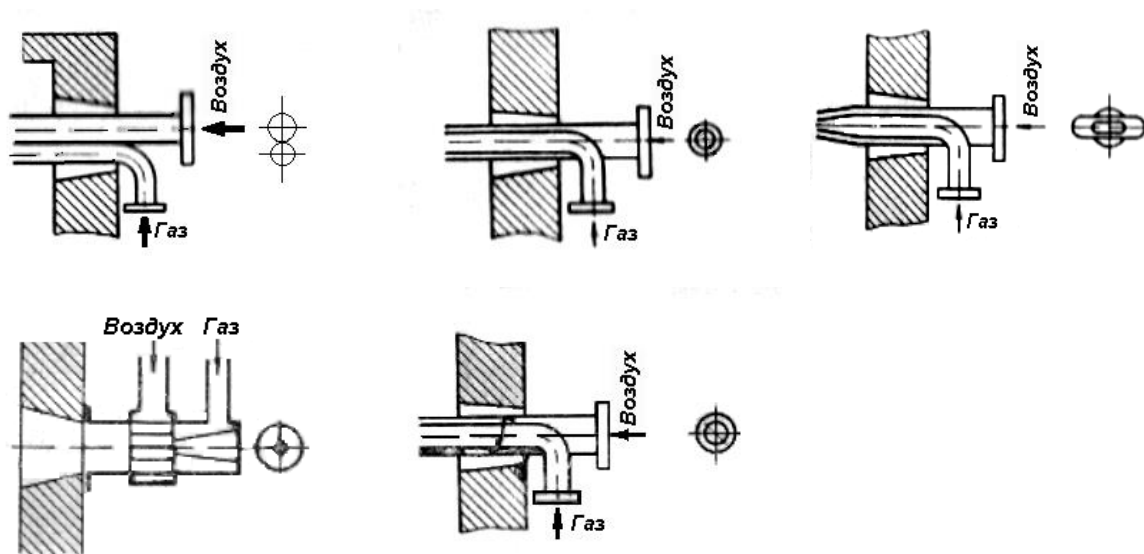
- 4) K аниқлангач $d_{н.э}$ аниқланади.

Атмосфера ҳавосидан (совук) ташқари, инжекцион горелкаларнинг маълум конструкциялари қиздирилган ҳаво ва газда ҳам ишлаши мумкин. Бу айниқса “камбағал” газлар билан масалан домна газы, қиздириладиган печлар учун аҳамиятга эга. Чунки бу газ аралаштирганда ҳаво газ аралашмасининг ёниб кетиши хавфи олди олиниши мумкин.

Аввалдан қисман аралаштирилган аралашма горелкалари. Баъзи ҳолларда ўлчамли кичик бўлган печлар учун оралиқ таснифли, машъалали горелкалар керак бўлади. Яъни милтиллаган ўрта ўлчамли машъалага эга бўлган горелкалар талаб этилади. Бу горелкаларда хавонинг бир қисми оқувчи газ билан аралаштирилиб, қолган ҳаво горелкадан аралашма чиқишига узатилади.

Ташқарида аралашмаларда ишловчи горелкалар (машъалали горелкалар) бу горелкалар учун умумий хусусият шундаки хаво ва газ айрим каналлар орқали келиб, печнинг ишчи бўшлиғида аралашади ва алоҳида чиқариб ёнади.

Ёнилғини тўла ёниши учун хаво сарфи $10 \div 15\%$ - ошиқча бўлади. Газ ва хавонинг горелкага киришини конструктив ижроси уларнинг аралашуш интенсивлигига катта таъсир ўтказади ва машъала узунлигига ҳам таъсир ўтказади. Аралашуш қанча яхши бўлса, машъала шунча калта бўлади.



Расм. 4.5. Ташқарида аралашуш горелкаларининг конструктив ижроси.

Алангали горелкаларни юқори ёниш иссиқлигига газ ёнилғилар учун танланади. Ташқарида аралашуш горелкаларда ёнилғининг бир туридан иккинчи турига ўтиши анча сарф бўлади.

Камчиликлари:

- α – нинг юқори кўрсаткичлари – хавонинг ошиқчали коэффиценти $\alpha = 1,1 \div 1,15$, ёнилғининг ошиқча сарфига олиб келади.
- Хаво узатилишида вентилятордан фойдаланиш зарурияти;
- Газ миқдорини ўзгаришида хаво миқдорини ўзгартириш учун махсус мосламаларнинг зарурлиги.

“Труба ичида труба” туридаги горелкалар конструкциясини кўриб чиқамиз. Бу горелкалар турли ёнилғиларда, турли печларда жуда кам босимда ҳам кенг диапазонда бошқарилиши мумкин. Горелканинг ўзагига аралашманинг кириш тезлигига $w_{cm}=10\div70$ м/с оралиғида ҳаво ва газ босими $98\div4900$ Па бўлиши мумкин. Газ ва ҳавонинг зарурий босимини $35\div40$ % ошириб (газ ва ҳавонинг динамик кучланиши) f_z ва f_g кесимлар бўйича тақсимланиши лозим.

w_z/w_g нисбатни тўғри танлаш зарур бўлиб, тавсия этилган f_g к ва f_z , ҳаво ҳалқаси труба ва газ трубалари кесимларининг нисбати қабул қилинади.

	f_g/f_z
$Q_H^P = 3771 - 5866$ кДж/м ³ газ аралашмаси	1.1
$Q_H^P = 5866 - 8380$ кДж/м ³ газ аралашмаси	1.9
Кокс газ	7.0
табiiй газ	14.0

“Труба ичида труба” горелкасини ҳисоблаш

1. Q_H^P – ёниш иссиқлигини, ҳаво сарфини B_g ва газ B_z , сарфини билиб, газ ҳаракати тезлиги, $w_z(40$ м/с) f_z кесимдан ва f_z кесимини ва d_z горелка тешигини аниқланади.

$$f_z = \frac{B}{w_z}; \quad d_z = \sqrt{\frac{4f_z}{\pi}}.$$

2. Q_H^P тегишли ёниш иссиқлигини олиб, f_g/f_z нисбатдан f_g ҳаво труба халқасини юза майдонини топадилар, кейин $f_{x.m}$ ташқи $d_{g.n}$ аниқлайдилар.

$$\frac{\pi d_{g.n}^2}{4} = f_g + f_z; \quad d_{g.n} = \sqrt{\frac{4(f_g + f_z)}{\pi}}.$$

Суюқ ёнилғини ёндириш мосламалари

Форсункалар

Форсункаларга қуйидаги талаблар қўйилади.

- Ёнилғининг ҳаво билан аралashiши ва чангланишини яхши бўлиши;
- Ўчмайдиган машъалани барқарор ёнишини керакли узунликда таъминланиши;
- Ишлатилишда ишончилиги, конструкциясининг соддалиги ва мустаҳкамлиги, ифлосланмаслик ва тозалашнинг осонлиги.

Форсункалар иккита катта гуруҳга бўлинади, паст ва юқори босимли. Фарқи шундаки, бир турдаги форсункаларда чанглатувчи бўлиб, вентиляторлар қўлланилса, 2-турдаги форсункаларда чанглатувчи сифатида компрессор ҳавоси ёки юқори босим буғи ишлатилади.

Юқори босимли форсункалар юқори температура олиниши керак бўлган печларда (мартен печлари) босим юқори бўлиши зарур. Паст босимли форсункалардан қиздириш қурилмаларининг турли хил печларида қўлланилади. Бу печларда мазут тўла ёнади. Форсунка олдида мазутнинг босимини $49,0 \div 98,0$ кПа оралиғида танлайдилар.

Паст босим форсункаларини ҳаво ва мазутнинг чиқиш тешиги кесими аниқлаш учун ҳисобланади. Мазутнинг зарурий чиқиш тешиги юза майдони

$$t_M = \frac{A \cdot b}{\mu_M} \sqrt{P_M \rho_M}, \text{ мм}^2,$$

Бу ерда

$A = 195,625$ бундан P ва Па , коэффициент;

b – мазут сарфи, кг/ч;

P_M – мазутнинг босими, Па ;

μ_M – мазутнинг сарф коэффициенти ($0,2 \div 0,3$);

ρ_M – мазут зичлиги, кг/м^3 ($950 \div 960 \text{ кг/м}^3$).

Хавонинг чиқиши кесими

$$f_{\epsilon} = \frac{A' V_{\epsilon}}{\mu} \sqrt{\frac{P_{\epsilon}}{\rho_{\epsilon}}}, \text{ мм}^2,$$

Бу ерда

$A' = 618,75$ бундан P ва Па, коэффициент;

$V_{\text{в}}$ – форсункадан ўтаётган ҳаво миқдори

$P_{\text{с}}$ – чиқиш тешиги олдидаги тўла кучланиш.

μ – ҳавонинг сарф коэффициенти ($0,7 \div 0,8$);

$\rho_{\text{в}}$ – ҳавонинг зичлиги, кг/м^3 .

Ундан ташқари амалда комбинацияланган газ ва мазут горелкалардан фойдаланилади.

Радиант трубалар.

Радиант трубалар ёниш маҳсулотларидан қиздириладиган металлни ажратиш учун қўлланилади. 2 та усул мавжуд бўлиб, металлни муфеллаш ва алангани муфеллаш (радиант трубалар). Радиант трубаларни хромникелли оловбардош пўлатлардан тайёрланади. ($18 \div 25 \% \text{ Cr}$; $13 \div 25 \% \text{ Ni}$) , $t_{\text{ишчи сирт}} \approx 1000^\circ\text{C}$, *печ температураси* $t_{\text{печ}} 900\text{--}920^\circ\text{C}$.

Радиант трубаларнинг самарали ишлаши учун, труба сиртини максимал даражада иссиқлик кучланишга эга бўлишлари, яъни вақт бирлиги ичида 1м^2 труба сиртидан максимал миқдордаги иссиқлик узатилиши керак. Радиант трубалар бир ёки кўп шахобчали бўлади. Бир шахобчали трубалар орасидаги масофа $\approx 0,5\text{м}$, икки шахобчалилар ораси $\approx 0,8\text{м}$. Радиант трубалар сони, қайси зонага қанча иссиқлик узатилишига боғлиқ. Бу иссиқлик балансидан аниқланади. Радиант трубанинг сирт бирлигининг иссиқлик кучланишини аниқлаб, радиант трубаларнинг (бутун зона учун) керакли сиртини ва уларнинг сони аниқлайдилар.

Радиант трубаларнинг сиртини иссиқлик кучланиши:

$$q = C_{np} \left[\left(\frac{T_T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_M}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт/м}^2,$$

Бу ерда T_T – труба сиртининг температураси;

T_M – металл сиртининг температураси ($50 \div 100^\circ\text{C}$ га металлнинг қиздириш температураси).

$$C_{np} = \frac{C_0 \varphi_{12}^{общ}}{\varphi_{12}^{общ} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right) + \varphi_{21}^{общ} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) + 1}, \text{ Вт/м}^2\text{К}^4,$$

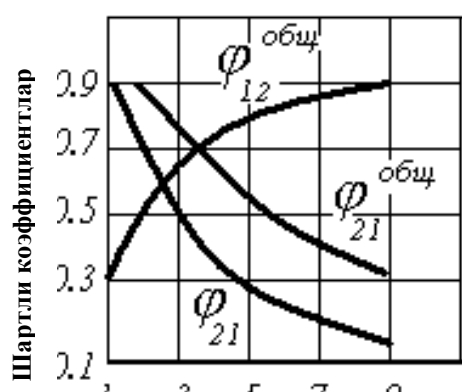
Бу ерда C_0 – абсолют қора жисмнинг нур таратиш коэффициенти, $\text{Вт/м}^2\text{К}^4$;

$$\varphi_{21}^{общ} = \varphi_{21} + \varphi_{21}(1 - \varphi_{21}) = \varphi_{21}(2 - \varphi_{21});$$

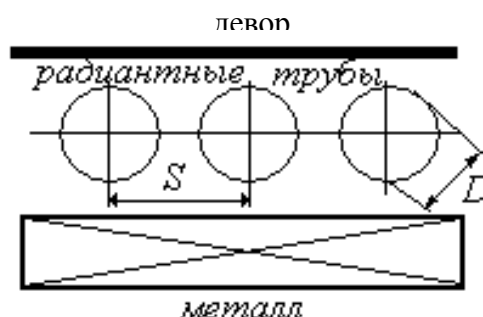
$$\varphi_{12}^{общ} = \varphi_{21}^{общ} \cdot \frac{S}{\pi D} - \text{нурланиш бурчак коэффициент (4.6-расм.)}$$

φ_{21} – металлдан трубага; φ_{12} – трубадан металлга, девордаги қайтарилган нурланишни инобатга олган ҳолда.

Трубаларнинг нисбий қадами S/D



Трубаларнинг шартли қадами



Расм. 4.6. Радиант трубаларнинг бурчак коэффициентлари

4.6. Температурани ўлчаш.

Температура ҳақида тушунча ва температура шкаллари.

Жисмнинг қиздирилган ҳолатига температура миқдори (катталиги) дейилади. Температура кинетик назарияга асосан. Молекулаларнинг илгарланма ҳаракати кинетик энергиясини ўлчами сифатида аниқланади. Бундан температура деб номланган шартли статистик катталик молекулаларнинг ўртача кинетик энергиясига тўғри пропорционал.

Инсон жисмнинг қизиганлик ҳолатини тахминан билиши совук, илиқ, иссиқ, қизиганлиги (юқори температураларда қизиган жисмнинг нур таратиши рангига нисбатан). Шунингдек температурани ўлчаш учун билвосита усуллардан фойдаланилади – жисмларнинг шундай физикавий хоссалари ўлчанади, чунки улар температура билан боғлиқ бўлиб, уларни саноатда ўнлаб турли мосламалар мавжуд, улардан саноатда илмий изланишларда ва махсус мақсадлар учун қўлланилади. 4.2 жадвалда энг кўп тарқалган температураларини ўлчаш ва уларнинг қўллаш чегаралари берилган.

Ҳамма температура шкалалари бир хил йўл билан (айрим мустаснолардан ташқари) шакллантирилган: 2 та (энг ками) муҳим репер нуқталар асосида (тоза моддаларнинг температуравий фаза ўзгариши қайтарилиши осон ва атмосфера босимида ўзгармас) ва уларга рақамли миқдорлар берилган ва кўринадиган температуравий хосса қўлланилаётган термометр моддаси температура билан чизиқли боғланиш. Ҳосил қилиши назарда тутилган. Фаренгейт (1715 г.), Реомюр (1730 г.), Цельсий (1742 г.), Кельвин (1848 г.). Цельсий шкаласида сувнинг муздан тушиши 0 °С, қайнаши 100 °С, Реомюр шкаласида бу нуқталар 0 °С ва 80 °R га тенг, Фаренгейт шкаласида муз эриши температураси 32°, қайнаш температураси 212° ва улар оралиғи 180 °С тенг масофага ажратилган. Цельсий шкаласига ўтказиш ва тескари амаллар: $t\text{ }^{\circ}\text{C} = 5/9(t\text{ }^{\circ}\text{F}-32)$; $t\text{ }^{\circ}\text{F} = 9/5(t\text{ }^{\circ}\text{C}+32)$. В. Томпсон (лорд Кельвин) температурасининг аниқланиши модданинг термометрик хосасига боғлиқ бўлмаган принципиал имкониятини кўрсатиб берди. (90) (91) Бу иккинчи термодинамика қонунига асосланган. (Карно цикли). Кельвин шкаласида ноль градусда сиртида молекулаларнинг иссиқлик ҳаракатини тўхташи қабул қилинган, музнинг эриш температураси абсолют термодинамик шкала бўйича 273.15°K га тенг. Кельвин шкаласининг градуси Цельсийнинг 100 °С ли шкаласи градусига айнан тенг.

**Температурани ўлчаш мосламалари ва уларнинг қўлланилишининг
амалий чегаралари**

Термометрик хосса	Мослама номи	Узоқ вақт қўлланилиши чегараси, °C	
		пастки	юқори
Хажмий кенгайиш	Суюқлик шиша термометр	–190	600
Берк хажмда босимнинг ўзгариши	Манометрик термометрлар	–60	550
Электр қаршилигининг ўзгариши	Электрик қаршилик термометрлари	–200	500
(ТЭЮК) пайдо бўлиши	Термоэлектрик пирометрлар (термопаралар)	–270	2500
Иссиқлик кучланиши	Оптик пирометрлар	700	6000
	Радиацион пирометрлар	20	3000
	Фотоэлектрик пирометрлар	600	4000
	Рангли пирометрлар	1400	2800

Шунинг учун $T = t + 273.15 \text{ }^{\circ}\text{K}$. XX аср бошларида Цельсий ва Реомюр шкаласи илмий ишларда қўлланилиб келинган. Шунинг учун 1968 йилда Халқаро амалий температура шкаласини қабул қилинган. Халқаро амалий температуравий шкала (ХАТШ–68). 11 қайтариладиган температураларга асосланган. Буларга репер нуқталари, рақамли белгилари берилган. Уларнинг бир нечтасини келтирамиз.

H ₂ O учламчи нуктаси	0.01 °C	
H ₂ O қайнаш нуктаси	100 °C	= 101325 Па
*Zn қотиш нуктаси	419.58 °C	
*Adқотиш нуктаси	961.93 °C	
* Au қотиш нуктаси	1064.43 °C	

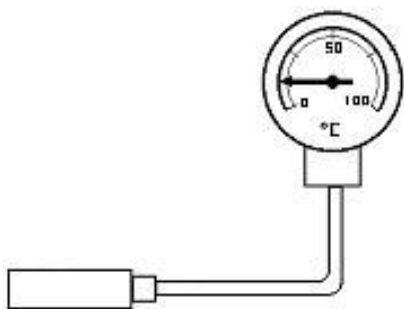
Дилатометрик термометрлар

Хажмий кенгайиш термометрлар кенг оммалашган бўлиб – суюқлик шиша термометрлар ва монометрик термометрлар. Чизиклар кенгайиш температуралар стерженли ва биметаллик термометрлар ўлчов асбоблари сифатида приборларда қўлланилмайди, улар температура регуляторларида датчик ўрнида ишлатилади.

Термометрлар ичида энг кўхна температура ўлчовида ишлатиладиган суюқликли шиша термометрлари бўлиб- уларда моддани иссиқликдан кенгайиш хоссасидан фойдаланилади. Термометрнинг иши термометрик модданинг ва қобикнинг иссиқликдан кенгайишини фарқи туфайли содир бўлади. (қобик шиша ёки кварц). Афзаллиги: қўлланишининг соддалиги, ўнглашнинг енгилиги, арзонлиги, датчикнинг иссиқлик энергияси температуралар ўлчов диапазонининг чегараланганлиги.

Техник термометрлар 0.5÷1.0 дан 5÷10°C гача шкала бўлимлари билан ишлаб чиқарилади. (+300...+500°C гача), руҳсат этилган хатолиги ± 1 до ± 10 °C гача юқори чегарага боғлиқ. Улар электрик ва алангали печларда қўлланилмайди.

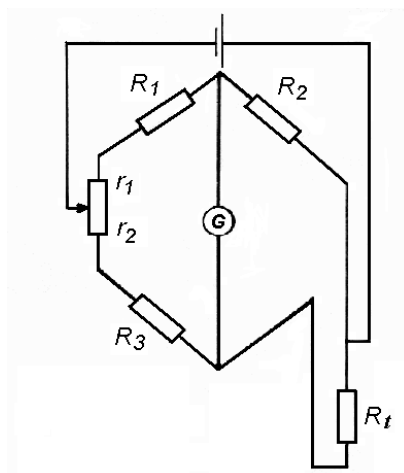
Манометрик термометрлар (расм. 4.7) модданинг босимнинг температурага боғлиқлиги асосида ишлайди. Температура ўзгарганда ўзгармас хажмда таъсирчан элементга бўлаётган босим ўзгариб монометр шкаласидаги миль ёки **патқалам** у ёки бошқа томонга силжитади. Шкала градусларга бўлинган бўлади.



*Рис. 4.7. Манометрик
термометр*

Электр қаршилиги термометрлари

Металлургия амалиётида $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температураларни қаршилик термометрларда ўлчаш қабул қилинган. 4.8. расмда электрик термометрнинг схемаси келтирилган. Шу принципи модданинг температурасининг унинг қаршилигининг ўзгартириш билан ўлчанади.



*Расм. 4.8. Уч симли
мувофиқлаштирилган
қўприк схемаси*

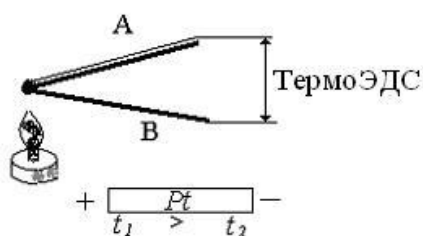
Термоэлектрик пирометрлар (термопаралар)

Металлургия саноатида температурани ўлчашда термоэлектрик пирометрлар кенг ишлатилади. Пирометрларнинг температура ўлчаш интервали $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ дан $+2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача бўлиб, (керак бўлганда ундан юқори ҳам бўлиши мумкин).

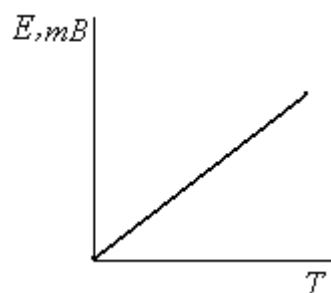
Монометрик термометрлар автоматик равишда температуранинг регуляциясини автоматик тизимларда, шкаласиз информация мосламаси сифати ишлатилади. (датчиклар) электрик ва алангали печларда ишлатилмайди.

Ушбу боғлиқликни библи термометрнинг қаршилигини ўзгариши билан температура ўзгариши ҳақида маълумот берилади. Натижада чиқиш параметри электрик катталики бўлиб жуда аниқлик билан ўлчанади. (то $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$) ва узок масофага узатилиши ва автоматик бошқариш тизимларида ишлатилиши мумкин. Таъсирчан элемент сифатида тоза металллардан фойдаланилади, платина, мис, никел, темир ва ярим ўтказгичлардан тайёрланади.

Бу мосламалар юқори аниқлик ва ишончлилиги билан тавсифланади ва уларни автоматик бошқариш ва назорат қилиш тизимига ўрнатиш мумкин. Термоэлектрик усул термопаранинг бир учи қизиганда Э.Ю.К (электр юритувчи куч) пайдо бўлади, чунки унинг иккинчи учи (совук уланиш) паст температурага одатда хона температурасига эга бўлади. Пайдо бўлган Э.Ю.К ўлчаш учун, уни бошқа ўтказгичнинг Э.Ю.К билан солиштиришлари, улар биринчи ўқазгич билан термоэлектрик жуфтлик ҳосил қилади. (4.9расм.) ва занжирда ток пайдо бўлади. Бу ходиса 1821 йилда Зеебек томонидан очилган ва унинг нами билан юритилади.



Расм. 4.9. Термоэлектрик пирометр (термопара)



Расм. 4.10. Температуранинг термо Э.Ю.К га боғлиқлиги графиги

Термоэлектродлар материаллари қуйидаги талабларга жавоб бериши керак:

- 1) Юқори электрўтказувчанликка эга бўлиши, термо Э.Ю.К ва температурага пропорционал тавсиф бўйича ўзгариши (расм. 4.10);
- 2) Оловбардош бўлиши ;
- 3) Вақт оралиғида физикавий хоссаларининг муҳимлигини таъминлаши ва температуралар ўзгаришига мослиги;
- 4) Температуравий қаршилик коэффициентини кам микдорда бўлиши.

Муҳим физикавий хоссалари билан катта ҳажмда ишлаб чиқариш имконияти бўлиши керак. Термоэлектродлар сифатида диаметри $0.5 \div 3,0$ мм.

Бўлган симлар ишлатилади. Иккита электроднинг боғланиши – пайванд, ўраб бириктириш вольфрам молибден термопаралар учун қўлланилади.

Платинародий-платина термопараси (ПП):

+ электрод – 90 % *Pt* ва 10 % *Rh* қотишма;

– электрод – 100 % *Pt* «экстра».

Эталон термопара сифатида қўлланилади ва илмий изланишларда ишлатилади. Узоқ вақт мобайнида 1300 °С гача бўлган температураларда қисқа вақт ичида 1600 °С ишлаши мумкин. 1000 °С Термо Э.Ю.К. – 9.566 мВ, 1600 °С – 16.76 мВ.

Хромель-алюмель термопара (ХА):

+ электрод – хромель қотишмаси : 89 % *Cr*; 9.8 % *Ni*; 1.0 % *Fe* и 0.2 % *Mn*;

– электрод – алюмель: 94 % *Ni*; 0.5 % *Fe*; 2.0 % *Al*; 2.5 % *Mn* и 1.0 % *Si*.

3.2 мм ва ундан юпқа симлардан тайёрланади. Узоқ вақт ичида давомида 1000 °С да қисқа муддатда – 1300 °С да ишлаши мумкин. 1000 °С – 41.3 мВ.

Хромель-копель термопара (ХК):

+ электрод – хромель қотишмаси: 89 % *Cr*; 9.8 % *Ni*; 1.0 % *Fe* и 0.2 % *Mn*;

– электрод – копель қотишмаси: 43–44 % *Ni*; 56–57 % *Cu*.

Узоқ вақт 600 °С, температурада, қисқа вақт 800 °С гача ишлаши мумкин. ТермоЭДС 500 °С – 40.15 мВ.

Термоэлектрик термометр (ТТ) – ўлчов ўзгартирувчиси таъсирчан элементи – термопара- маъсус ҳимоя қобиғидан бажарилган арматурага эга. Бу қобиқ термопаранинг термоэлектродларини механик бузилишлардан ва ўлчанаётган муҳит таъсиридан сақлайди. Арматура ичига ҳимоя қобиғи ва арматура бошчаси киради. Ичкарасида эса қотириш мосламаси бўлиб термоэлектродларни уловчи симлар билан контакт ҳосил қилади ва термометрлар бутун қобиқ бўйлаб керамик мунчоқлар билан бир- биридан ажратилган. Ҳимоя қобиғи газ ўтказмайдиган материаллардан тайёрланиб, юқори температура ва агрессив муҳит таъсиридан сақлайди. Термопараларни градуировкаси эталон термопара билан бажарилади. Термо Э.Ю.К ўлчанаётган термопаранинг озод тугунлари турли температураларда

ўлчанади. Термо ЭЮК эга. Термо ЭЮК ни кўтариб юриладиган потенциометр ёрдамида ўлчанади. Хатолиги 0,1 МВ дан кўп бўлмаслиги лозим. Ўлчашлар ушбу температурада 10 минут тутиб туриб, сўнг бажарилади.

Нурланиш пирометрлари

Иссиқлик нурланиши ўлчашга асосланган термометрлар пирометрлар деб аталади. Улар 100 дан 6000 °С ва ундан юқори температурани назорат қилиш имконини беради. Уларнинг асосий афзаллиги шундаки ўлчаш вақтида қиздирилган жисм температура майдонига ўлчовчи воситанинг таъсири бўлмайди. Бу термометрлар контактсиз деб номланади. Нурланиш конунлари асосида пирометрларнинг қуйидаги нурлари:

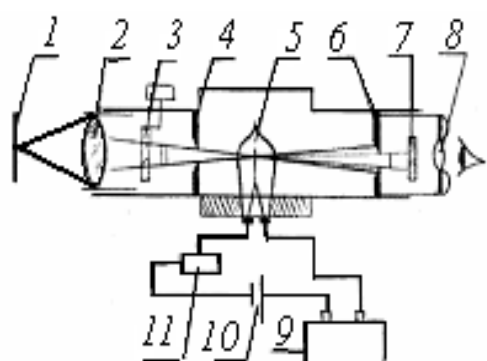
- оптик пирометрлар;
- радиационпирометрлар;
- спектлар нисбатлар пирометрлари;
- Фотоэлектрик пирометрлар.

Оптик пирометрлар

Оптик пирометрларнинг иш принципи монохроматик нурланишнинг оқим зичлигини температурага боғлиқлигига асосланган. 4.11- расмда оптик пирометрнинг “йўқолиб кетувчи ипли” схемасикелтирилган, унинг иш принципиўлчанаётган объектнинг ёрқинлиги билан градуировка қилинган нурланиш манбаининг ёрқинлиғни билан солиштириш орқали ўлчанади. Манбанинг нурланиши 1линза 4 “ип” текислигида фокусланади. Оператор диафрагма 6 ва нурфилтри 7 орқали қиздирилган жисм фонида лампа ипини кўради. Оператор реостат муруватини 11 силжитиб ,лампа орқали ўтаётган ток кучини ўзгартиради ва ип ёрқинлигини жисм ёрқинлиги билан тенглаштиради. Агар ип ёрқинлиги жисм ёрқинлигидан кам бўлса, жисм ёрқинлиги фонида ип қора чизик бўлиб кўринади.

Агар жисм ёрқинлигидан ортиқ бўлса оқ чизик бўлиб кўринади, жисм ва ип ёрқинликлари тенг бўлганда ип кўринмай қолади ва бу вақтда ёрқинлик

температуралари ҳам тенглигини билдиради. Лампа батареядан 10 заряд олиб ишлайди.



4.11.расм Оптик пирометр
схемаси

Прибор 9 ўлчаш занжирдан олдиндан градусларга бўлинган бўлиб ток кучи ва ёркинлик температурага боғлиқ ва натижавий санок $^{\circ}\text{C}$ да бўлишлигини таъминлайди.

Бу типдаги пирометрлар температурани 700°C дан 8000°C гача ўлчаш шкалани беради.

Саноатда ишлатилаётган пирометрлар $1200\div 2000^{\circ}\text{C}$ иссиқлик интервали температураларини ўлчайди ва рухсат этилган хатолиги $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

Пирометрларнинг аниқлик сифатига қоралик даражасининг ноаниқлиги ва унинг спектри тасъсирига нурланишнинг ўзгариши, оралик муҳитнинг нурланишнишининг камайиши ҳам таъсир этади.

Радияцион прирометрлар бошқа пирометрларга қараганда аниқлиги кам. Хосил бўлган хатоликлар $\varepsilon_{\varepsilon}$, телескопнинг нотўғри равишда нурланиш манбаига йўналтирилганини, деворнинг нурланиш таъсири (печдан металлнинг температурасини аниқлашда).

CO_2 ва сув буғларининг энергия ютиши, шунинг учун ўлчаш масофаси 2,8-1,3 м ҳисобланади. Линза материалининг кўриниши ўлчанаётган температуралар интервалини аниқлашга ва градуировка тавсифини беради. Флюорит шишаси паст температурларни ўлчаш имконини беради -100°C дан бошлаб кварц шишаси $400\div 1500^{\circ}\text{C}$ дан ўлчашда фойдаланилади. Оптик шиша эса 950°C ва ундан юқори температураларни ўлчаш имконини беради. Саноат пирометрларнинг рухсат этилган 20 талиги температуранинг юқори чегарасини ошиши билан боғлиқ. 1000, 2000 и 3000°C температуралар учун тегишли равишда, ± 12 ; ± 20 ва $\pm 35^{\circ}\text{C}$.

Фотоэлектрик пирометрлар. Фотоэлектрик пирометрлар температуранинг автоматик равишда узлуксиз ўлчаш ва қайд имкониятини беради. Уларнинг иш принципи нурланиш интенсивлигининг температурага боғлиқлиги спектрнинг жуда тор интервалидаги тўлқин узунлигини ўлчашга асосланган. Бу мосламаларда қабул қилиш учун фотодиодлар, фотокаршилиқлар, фотоэлементлар ва фотоқўпайтиргичлар қўлланилади. Хусусий нурланиш фотоэлектрик пирометрлар 2 та гуруҳга бўлинади:

- Температура ўлчами қабул қилувчига бевосита фотооқимнинг миқдорининг тушиши билан ўлчанади.
- Стабил нурланиш манбаига эга пирометрлар, фотоқабул қилувчи объект ва ушбу манбанинг ёрқинлигининг тенглиги кўрсатувчи индикатор бўлиб хизмат қилади.

Фотоэлектрик пирометрларнинг ўлчаш чегаралари 500 дан 1100 °C бўлганда кислородли-цезийли фотоэлементли, 800 ÷ 4000 °C га эса вакуумли сурма-цезийли пирометр қўлланилади. Бу пирометрга қизил ранг фильтли турида 0.65 ± 0.01 мкм, эффектив тўлқин узунлигини пирометрлар визуал оптик пирометрнинг кўрсаткичларига мос тушади.

Спектрал нисбат пирометрлари. Бундай пирометрлар объектининг температурасининг рангини спектрнинг маълум 2 очик участкасида нурланиш интенсивлигини ўлчами билан аниқланади.

Спектрал пирометрлар қаттиқ ва эриган металлнинг кенг температуралар интервалида 300 до 2200 °C ўлчайди ва 1 и 1,5 аниқлик синфига эга (ўлчаш чегарасига боғлиқ). Ушбу пирометрлар 3÷5 марта хатоликка эга бўлиб, нурланувчининг қоралик даражаси ўзаришга боғлиқ. Уларнинг кўрсаткичларига оралиқ муҳитнинг нур ютиши кам таъсир этади. Лекин айрим холларда объект шу температурада селектив нурланишининг (тўлқин узунлиги ўзгариши билан шу температурада кескин ўзгариши натижасида қоралик даражаси ҳам ўзгариши). Хатолик бошқа пирометрларга нисбатан анча ошади. Спектрал пирометрлар жуда мураккаб, ишончлилиги анча кам.

5.ТЕРМИК ЦЕХ ЖИХОЗЛАРИ.

5.1. Печларнинг классификацияси.

Термик цехларнинг жихозлари 2 турга бўлинади: Асосий ва ёрдамчи.

Асосий турларга қуйидаги жихозлар киради: технологик операцияларни, қиздириш ва совитиш билан боғлиқ бўлган: печлар, қиздириш қурилмалари, совитиш қурилмалари (тоблаш баклари, тоблаш машиналари, чуқур совитиш жихозлари) Шу йўсинда қўшимча технологик операцияларни бажаришга мўлжалланган тўғрилаш пресслари, тозалаш қурилмалари- емириш ванналари, кум ва питра пуркаш аппаратлари, ювиш машиналари ва х.к.

Ёрдамчи жихозларга:

1. Корбюризаторлар ва назоратланувчи атмосфералар тайёрловчи: иссиқлик энергетика жихозлари ва унинг таркибидаги тоблаш суюқликларини совитувчи мосламалар, санитар – техник жихозлар ва бошқалар.
2. Механизация воситалари-кўтарма –транспорт жихозлари, (кўприкли ва айланувчи кранлар, юмалатиш баклари, монорельслар, рольгичлар, транспортёрлар, конвейерлар)

Суюқлик ва газларни сарфи ва миқдорини ўлчовчи мосламалар. Газ таркибини аниқловчи, иссиқлик ва жараёнларни кечишини автоматик равишда бошқарувчи механизмлар алохида гуруҳни ташкил этиб, уларни (китобнинг кейинги бобларига қаранг) таснифи келтирилган.

Печлар ва бошқа қиздириш қурилмаларни асосий жихозлар бўйича классификациялаш мумкин.

1. Технологик йўналиш бўйича;
2. Иссиқлик энергияси олиш манбаи бўйича;
3. Механизацияланганлик даражаси бўйича;
4. Турли муҳитларни қўллаш бўйича.

Технологик йўналишлари бўйича печ ва қиздириш қурилмалари операцияларнинг тури бўйича гуруҳларга ажратилади.

- Тоблаш, бўшатиш ва кимёвий-термик операциялари.

Иссиқлик манбаи бўйича ёнилғили ва электр жихозларга ажратилади.

Печларни механизацияланиш даражаси бўйича деталларни печга юклаш, печ ичида ҳаракат қилиш ва емирилиши бўйича.

Сурувчи, конвейерли, айланувчи тагликли ва шунга ўхшаш. Уларни юклаб тушуриш, қўл меҳнатига асосланган ёки тўғридан-тўғри тоблаш бакига тушишини таъминлаб бериши мумкин. Механизацияланмаган печлар асосан камерали печлар бўлиши мумкин. Печларни қўлланиладиган муҳитлар билан ҳам ажратиш мумкин.

Печлар ишлатилиши бўйича назоратланувчи атмосфералар кимёвий, нейтрал ва тўйинтирувчи бўлиши мумкин. Печ ванналарни ҳам шу жихозлар жумласига киритиш мумкин.

5.2. Камерали ва шахтали печлар.

Майда ва ўртача катталиқдаги деталларга индивидуал ёки серияли ишлаб чиқаришда камерали печлар қўлланилади. Камерали печларда суюқ ва газсимон ёнилғида қиздирилувчи ҳамда электр энергия ишлатилиши назарда тутилган бўлади.

Содда конструкцияли камерали печлар сирасига ойнали печлар- суюқ ёнилғида ишлашга мўлжалланган (мазут ёки печ ёнилғиси) бўлиб унда асосан кескичлар, фрезалар, қаттиқ қотишмадан бўлган пластинкалар пайвандлаш ёки қиздириб, болт, винт бошчаларини горизонтал болғалаш машиналарида ишлаб чиқариш учун қўлланилади. (5.1-расм.)

Унинг габарит ўлчамлари 1180 x 908 x 2220 мм бўлиб, қиздириш ойналарининг ўлчамлари 350x70 мм. Ҳарорати 1300⁰ С гача чиқиши мумкин. Кескичларни 650 ⁰С ва 850 ⁰С га чиқариш ёнилғи маҳсулотларининг чиқиб кетадиган йўлига қўйиб қиздирилади, бу печнинг ишчи камераси тепасида 230x70 мм ли иккита ойна жойлашган. Мазут (печ ёнилғиси) 1,5 атм. Ва ҳаво босими 500 мм сув устунига тенг бўлган режимда ёқилади. Печ 1 соатда 7 кг

мазут ёқади. Печнинг ишлаб чиқариш қуввати 15 кг/с бўлиб, фақат кескичларнинг пластина ўрнатиладиган қисмининг оғирлиги ҳисобга олинади. Расмда ностандарт камерали термик печнинг конструкцияси кўрсатилган бўлиб, унинг ишчи бўшлиғи ҳажми унча катта эмас. Мазут махсус ёндириш камерасида ёниб, печнинг ўлчами $0,4 \times 0,5 \pm 0,2$ м² га яқин қилиб ишланган, соатига 30 кг/с ишлаб чиқариш қувватига эга. Ҳарорати 900 °С бўлиб, тоблаш ва нормалаш учун ишлатилади. Мазутнинг сарфи 6 кг/с гача.

Бундай печларни газсимон ёнилғида ишлатиш учун ўзгартиришлар кўп бўлиб, улар вақт олмайди. Расмда “Термопрект” ташкилоти томонидан ишлаб чиқилган ва 4 та тип ўлчамда чиқариш мумкин бўлган рекуператорли икки камерали печ конструкцияси келтирилган (5.1- расм).

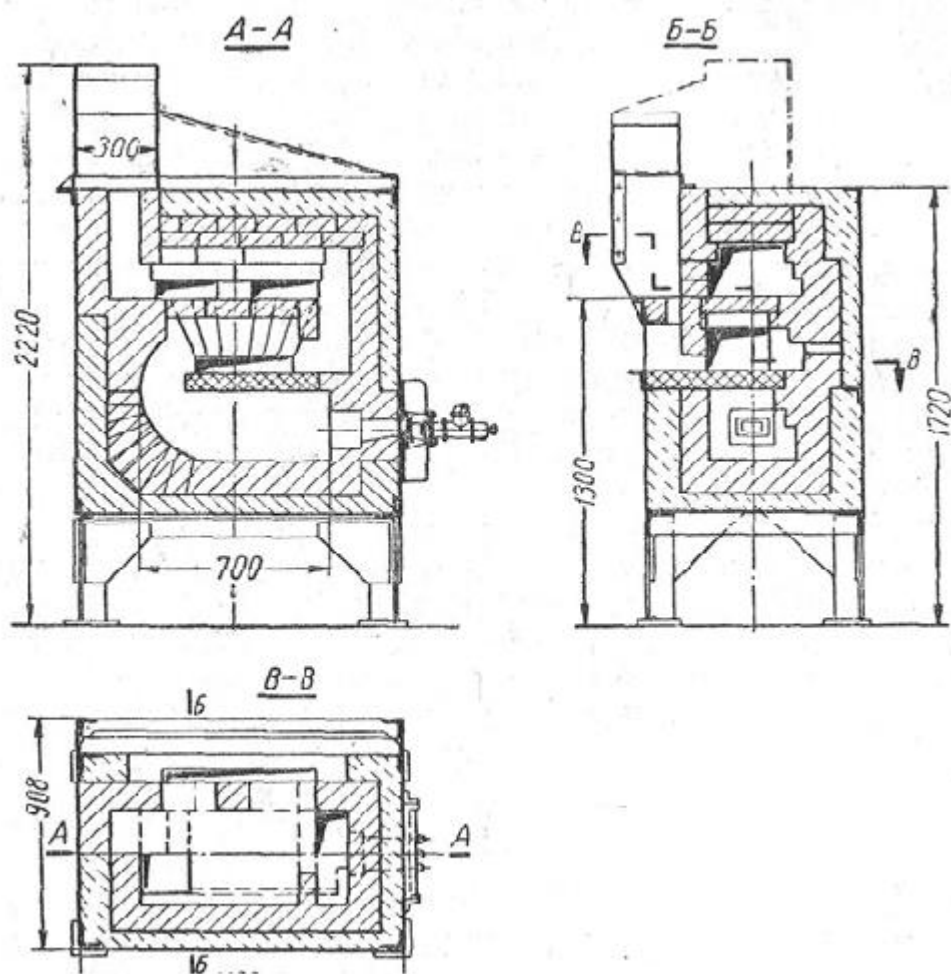
Биринчи камерада деталлар қиздириб олинади. Иккинчи камерада якуний ҳарорат олинади. Хар битта камера ўзининг форсункаларига эга бўлиб, бир-биридан холи ишлаши мумкин.

Газсимон ёнилғида ишловчи печларнинг габарит ўлчамлари махсус ёндириш камераси мавжуд бўлмагани учун анча ихчам бўлиб, газнинг ҳаво билан тўлиқ аралашishi ҳисобига печнинг қуввати мазутли печларникидан кам эмас.

Камерали печларнинг икки камерали бўлган конструкцияси иккинчи камеранинг чиқиб кетаётган биринчи камеранинг ёниш маҳсулотлари ҳисобига ёнилғини тежаб қолиш мумкин.

Камерали печларда радиацион қиздириш трубалари ҳам қўлланилади, бундай қиздириш технологияси ёнилғи печларнинг алангаси тўғридан-тўғри деталга урмаслиги ва унинг кимёвий активлигига таъсир этмаслиги учун бажарилади.

Камерали печлар асосан темирчилик цехларида қўлланилгани боис уларни ўлчамлари ҳам болғалаш пресслари ёки болғалаш машиналарининг ўлчамлари ва ишлаб чиқариш қувватига мос равишда ишлаб чиқарилади.

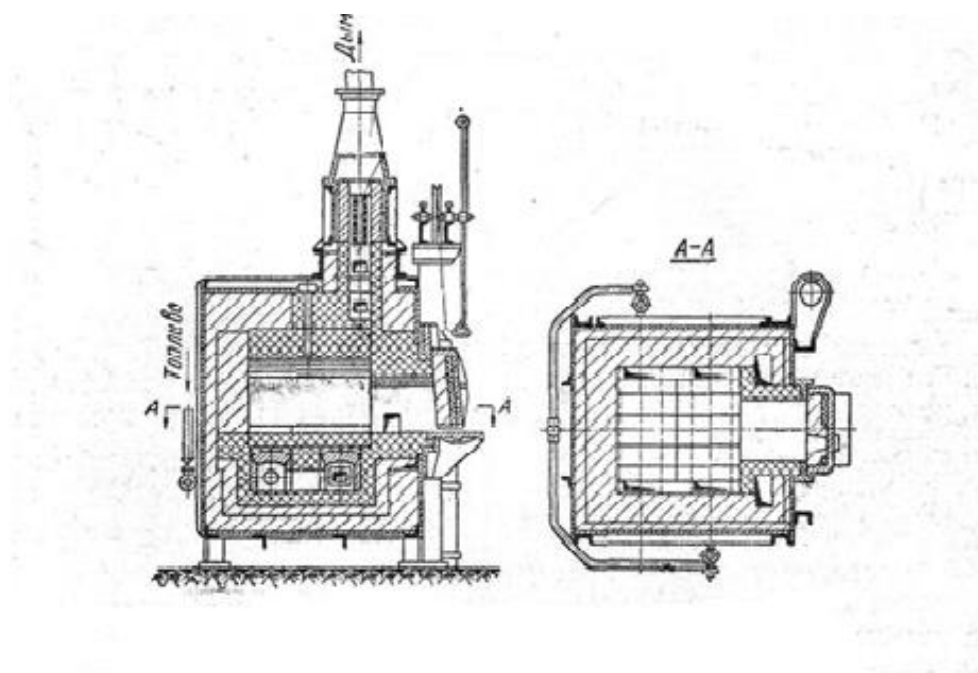


5.1. - расм. Кескичларга пластина ўтказиш учун мазутли ойнали печлар.

Печнинг ва ишчи ойнанинг ўлчамлари

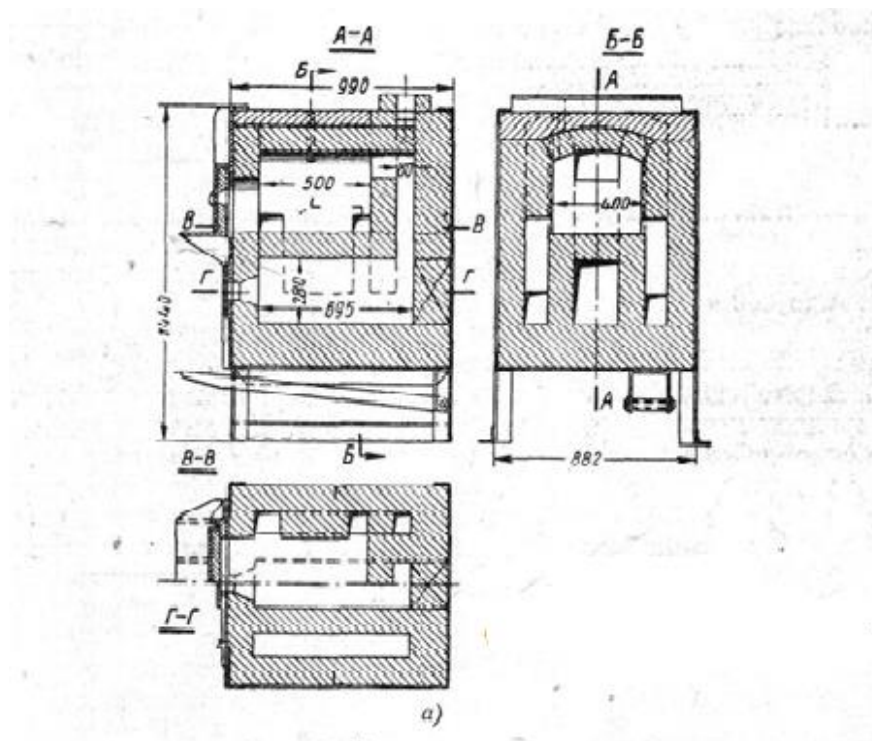
I-Тип ўлчам.II- Тип ўлчам.III- Тип ўлчам.IV- Тип ўлчам.





5.2. – расм Камерали печлар:

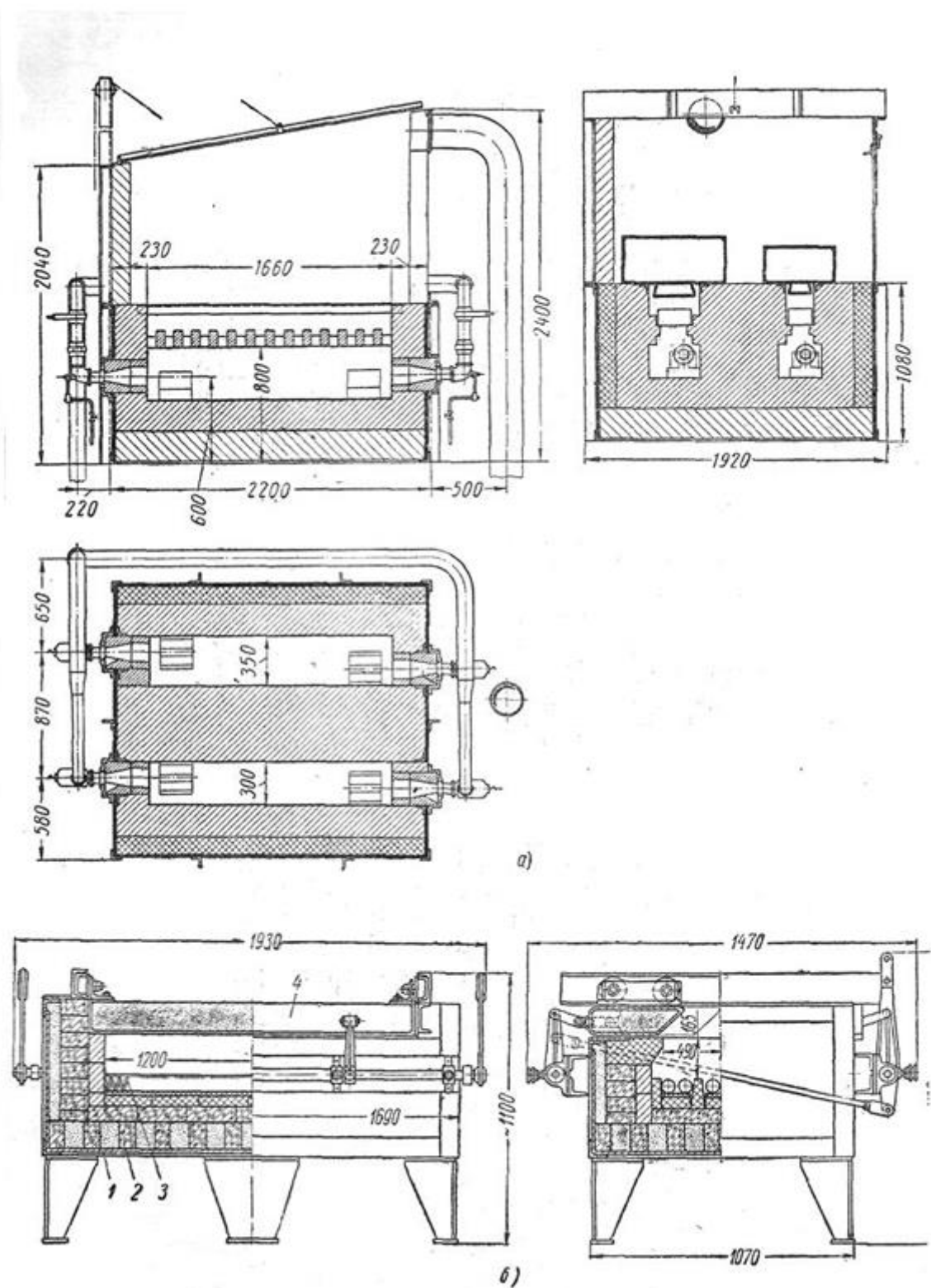
а - ностандарт б -Тепло проект томонидан лойихаланган.





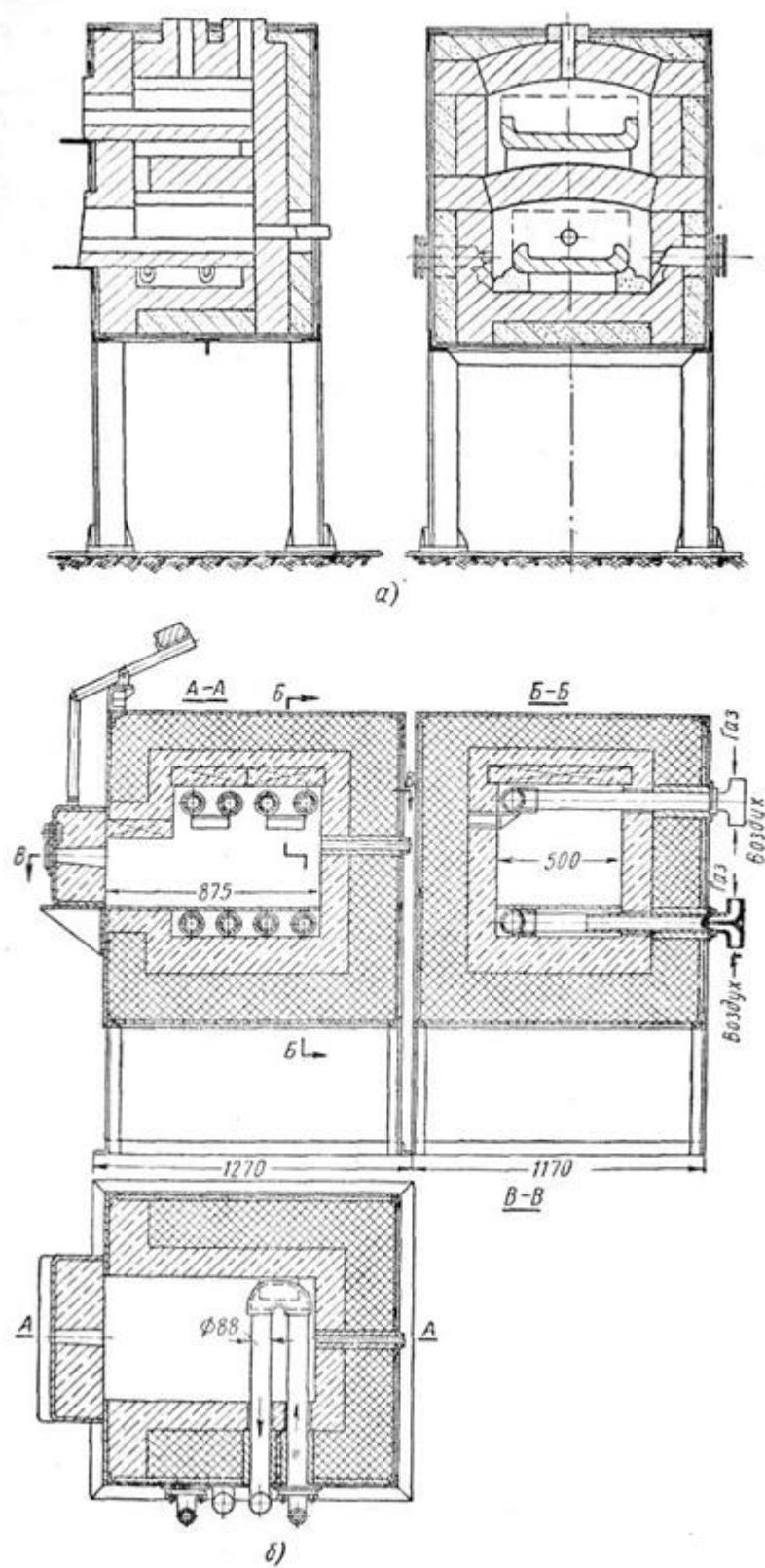
Печнинг техник тавсифи

Печ модели	Хажми, л	Максимал ҳарорати, °C	Установленная мощность, кВт	Кучланиши, В	Эни×Узунлиги×баландлиги, мм		Масса, кг
					Ишчи камера	Габарит ўлчамлари	
СНО 36/12-ДВ	36	1250	10,0	220	300×600×200	1050×1700×950	300
СНО 80/12-ДВ	80		18,0	380	400×800×250	1150×1800×1100	450
СНО 120/12-И1-ДВ	120				400×800×400	1150×1850×1350	480
СНО 120/12-И3-ДВ	120		25,0		400×800×400	1250×1850×1350	520
СНО 360/12-ДВ	360		42,0		600×1200×500	1900×2350×2500	1300
СНО 500/12-ДВ	500		51,0		800×1200×500	2100×2350×2500	1650
СНО 650/12-ДВ	650		63,0		800×1600×500	2100×2700×2500	1850
СНО 1000/12-ДВ	1000		63,0		800×1600×800	2100×2700×2800	2100



5.3 - расм. Штамп думларини юқори бўшатиш печ - плитаси.

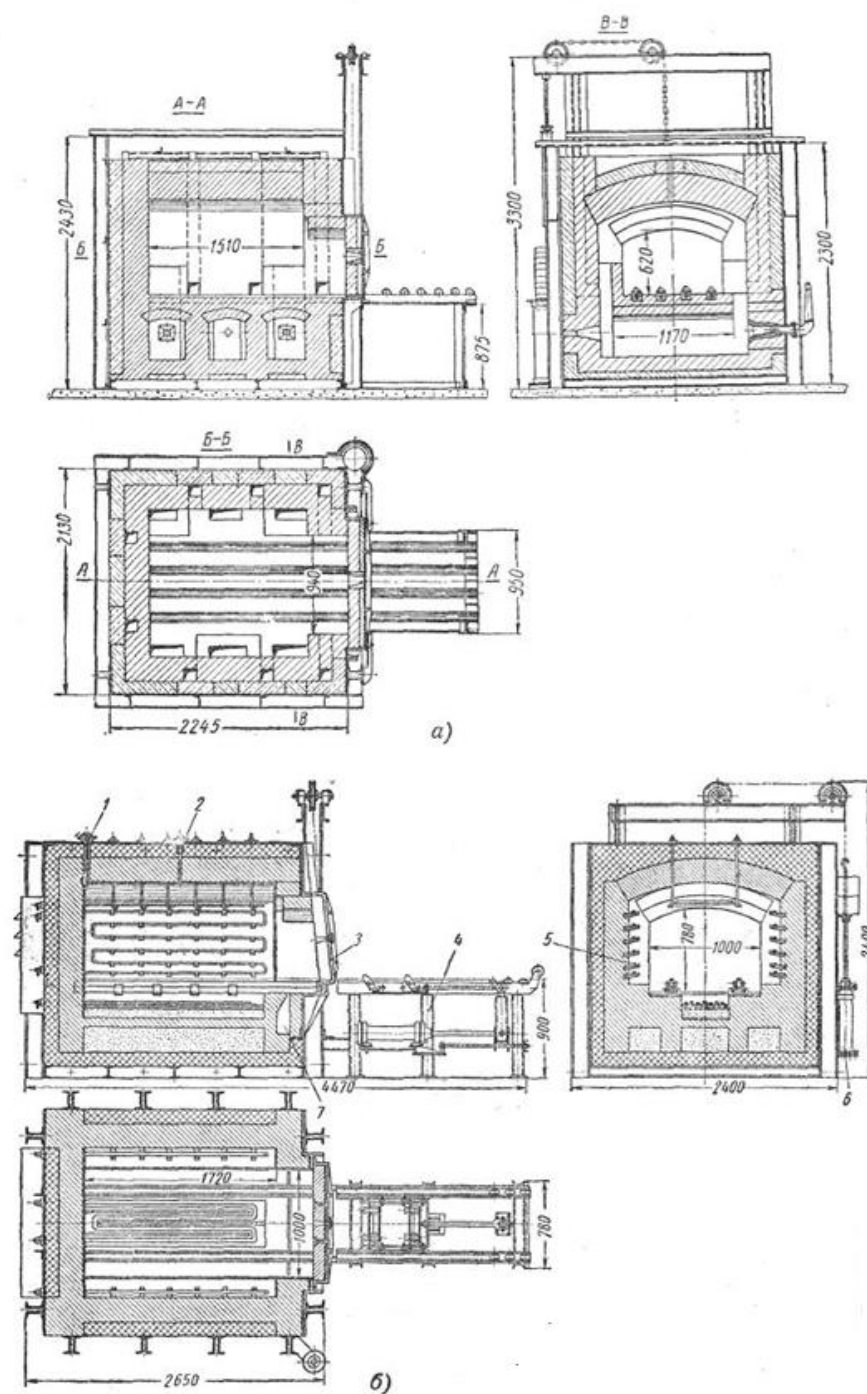
а - газли; б -электрли.



5.4.-расм. Газли печлар.
а - икки қават б -радиацион резбали.

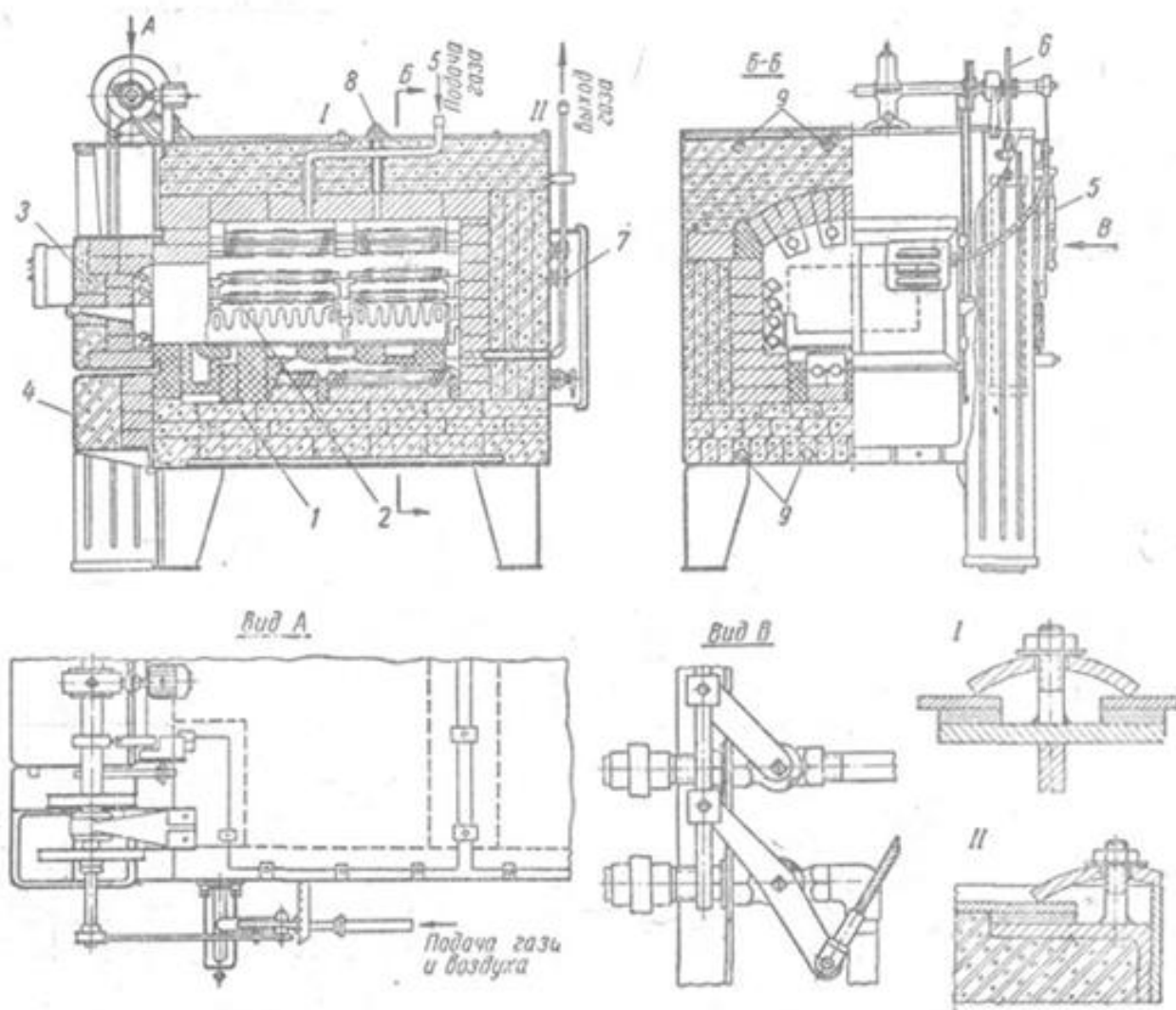


5.5.-расм. Камерали печларнинг ташқи кўриниши ва ички тузилиши.



5.6.- расм. Шарли тагликли камерали печ.

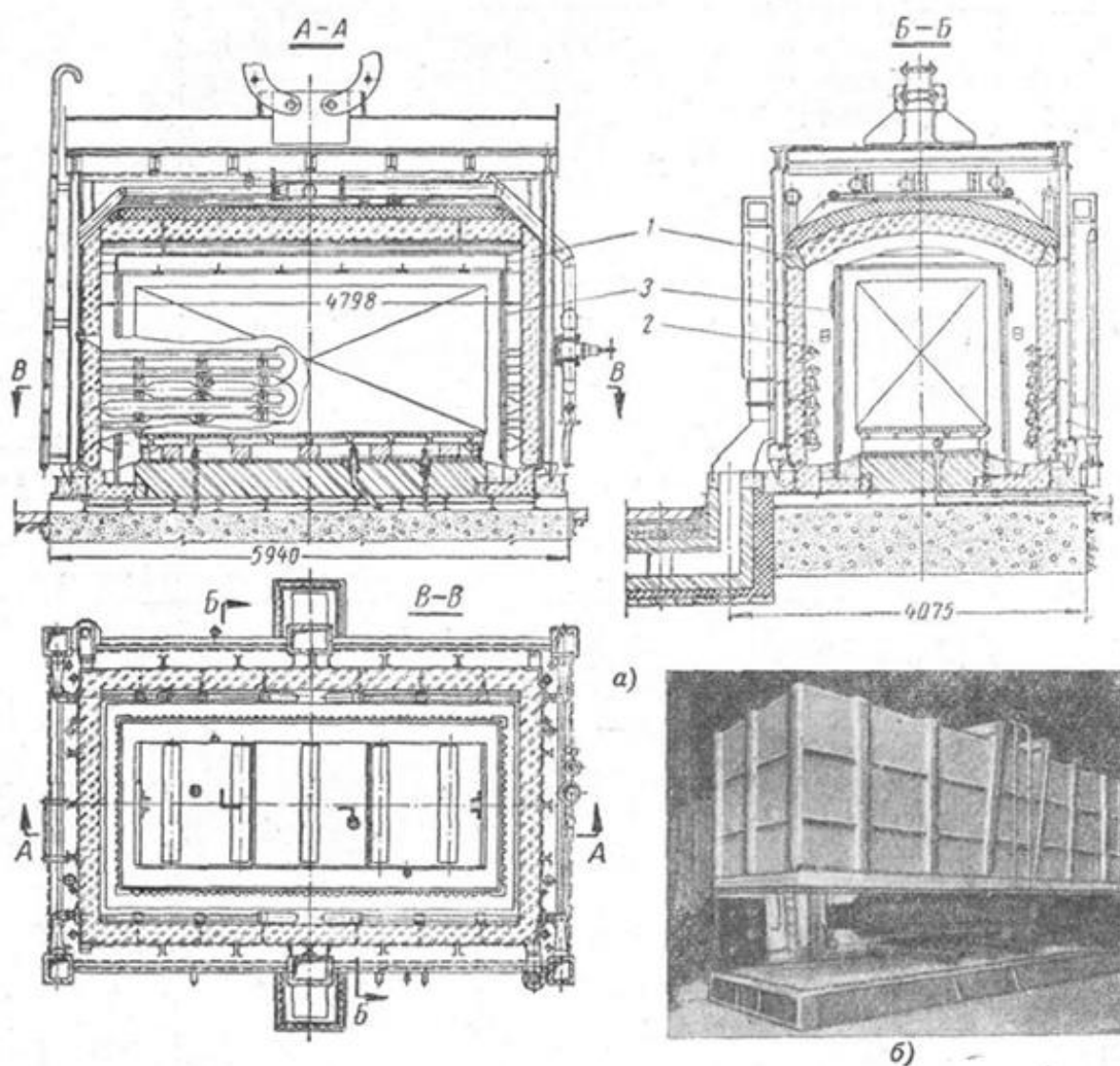
а-газли, б-электрик, 1- назоратланувчи атмосферали киритиш ойнаси. 2- термопара учун тешик, 3-эшикча. 4-гидравлик сургич. 5-электр қиздиргич элементлари. 6-пневматик кўтаргич.7-газли тўсиқ камераси.



5.8.- расм. Шартли белгилар: в-йирик печлар.

H65 X 130, H65 X 90, H85 X 170, H85, X110;

г - модернизацияланган печлар. 5-газ тармоғи, 6-эшикчали кўтариш механизми, 7 – қиздирувчининг чиқариш арматураси, 8 - арматура.



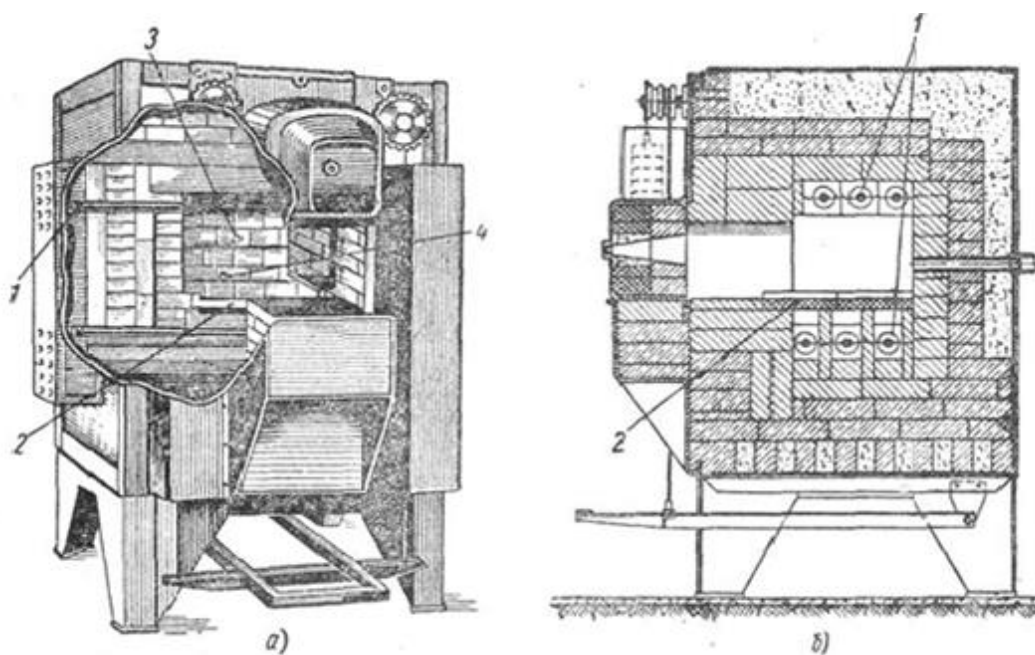
5.9. - Қалпоқли печ.

а-с радиационли труба, б-с газлар циркуляцифлиги.

Муфелли даврий (камерали) печлар.

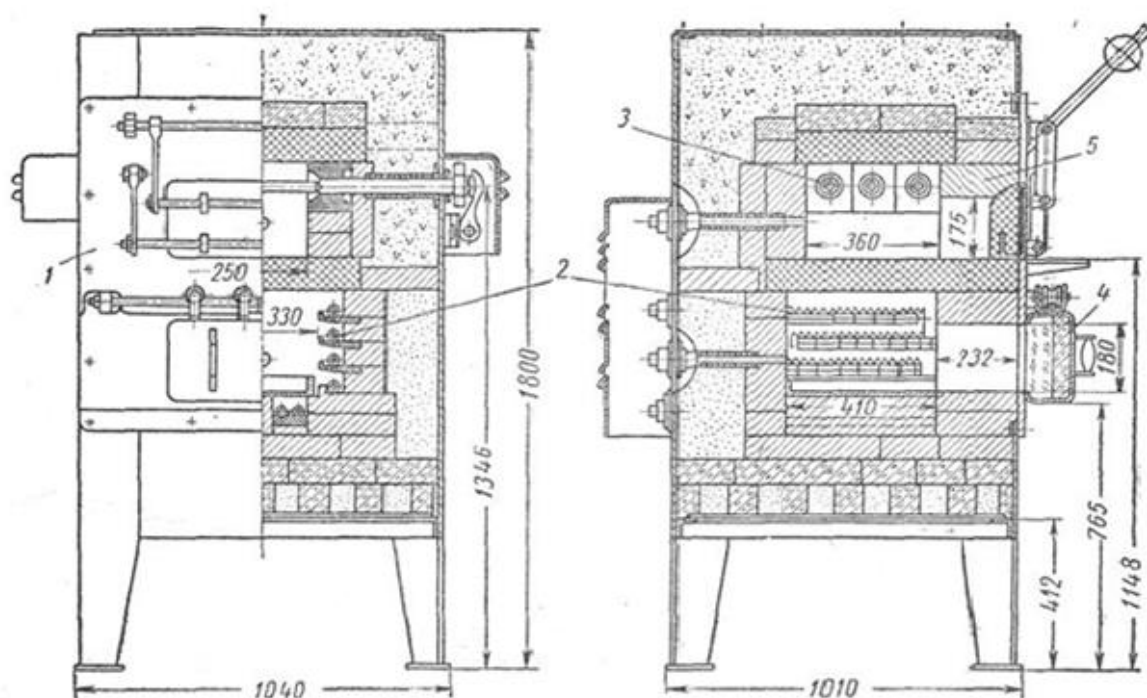
Даврий муфелли печлар асосан асбобларни қиздиришда қўлланилади. Улар мазут, газ ва электроэнергия билан қиздирилиши мумкин.

Номланишидан кўриниб турибдики, бу печлар муфелга эга бўлиб, муфеллар шамот ёки корборунд ва металлдан- оловбардош қотишмалардан (қуйма, қуйма пайванд ёки пайвандланган) тайёрланади. Муфелли печлар назоратланувчи атмосфераларда ишлагани учун деталларни углеродсизланиш ва оксидланишдан сақлайди.



5.10.- расм. Камерали элктро печ.

Г-30 типдаги юқори температура учун. а-умумий кўриниш; б-кесим.



5.11. - расм. 2-камерали тезкесар ва юқори хромли пўлатларни тоблаш учун печ.

1-печ қобиғи, 2-пастки камера қиздириш, 3-юқори камера қиздиргичлари, 4-пастки камеранинг эшикчаси, 5-юқори камера эшикчасини кўтариш механизими.

Шахтали печлар

Шахтали печлар камерали даврий печларнинг кўриниши бўлиб, улар асосан узун деталларга ишлов бериш, кимёвий - термик ишлов беришда газсимон материаллардан фойдаланишда яхши самара беради.

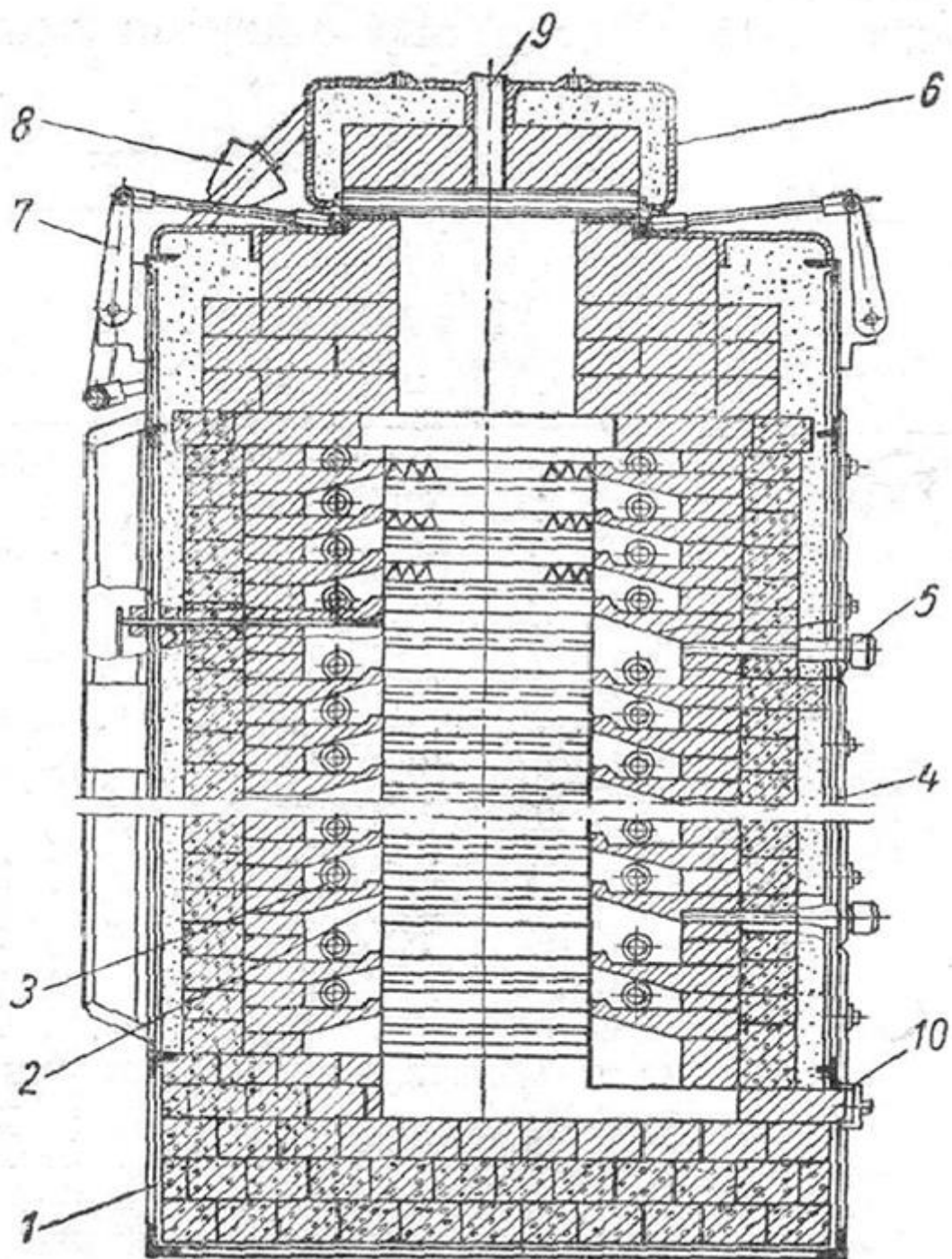
Шахтали печлар махсус вентиляторларга эга бўлиб, унинг ичидаги атмосферани шахта бўйлаб бир теккисда қиздиришда асосий омил бўлади.

Кимёвий –термик ишлов бериш учун шахтали печлар муфелли қилиб ишлангани боис диссоцияланган реагентлар босим остида печ бўйлаб айланиб деталларни тўйинтириши яхши амалга ошади. Цементация, азотлаш печлари махсус муфелларга эга бўлиб, айниқса азотлаш операциясининг хавфсизлигини таъминлайди (азотлаш учун қўлланадиган аммиак рухсат этилган чегаравий меёрдан ошиб кетса “Нафас параличини” келтириб чиқариши мумкин) .

Узун деталларни тоблаш учун махсус рельсларда юрувчи печлар ишлаб чиқилган бўлиб, тоблаш бакига ҳам турли муҳитга эга бўлади. Тобланаётган пўлат маркасига қараб муҳит, сув, тузларнинг сувдаги эритмаси мой ва ҳаво циркуляцияси (ўрнига азотлаш қўлланилиши мумкин) билан тобланади.

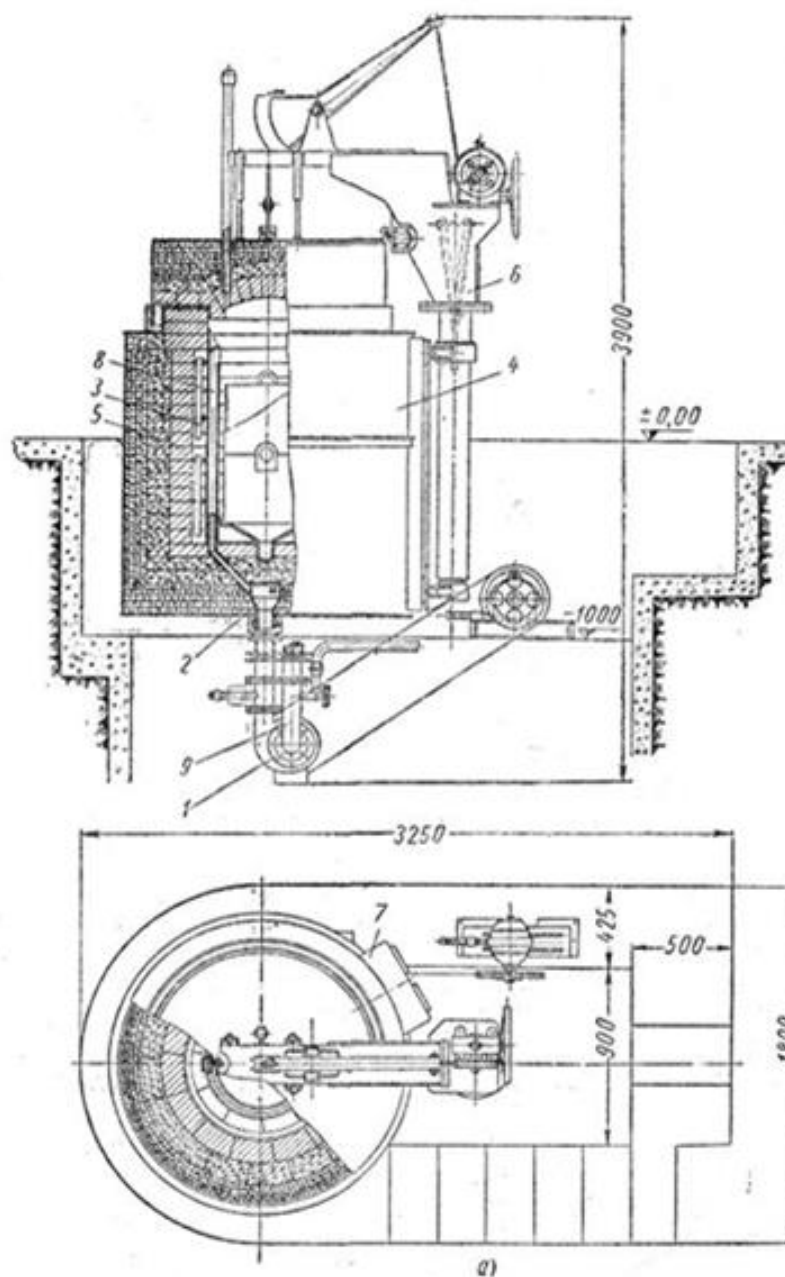
Кимёвий –термик ишлов бериш учун шахтали печнинг муфелига махсус саватларда деталлар солиб қиздирилиши улар шахта ичидан чиқаришни осонлаштиради.

Юмшатиш учун мўлжалланган шахтали печларда юқори ҳарорат Х25Ю5 ва Х20Н80 қиздириш элементларида фойдаланиши эвазига печ 5000 соат таъмирсиз ишлаш имкониятига эга.



5.12-расм. ОКБ-415 Муфелли вакуумли электр печи

1-вакуум тизими, 2-олдинги ёнбош девори, 3-қиздириш камерасининг қобиғи, 4-футервка, 5- қиздириш элементи, 6-муфел, 7-поддон, 8-орқа ёнбош девори, 9-экрaнлар.

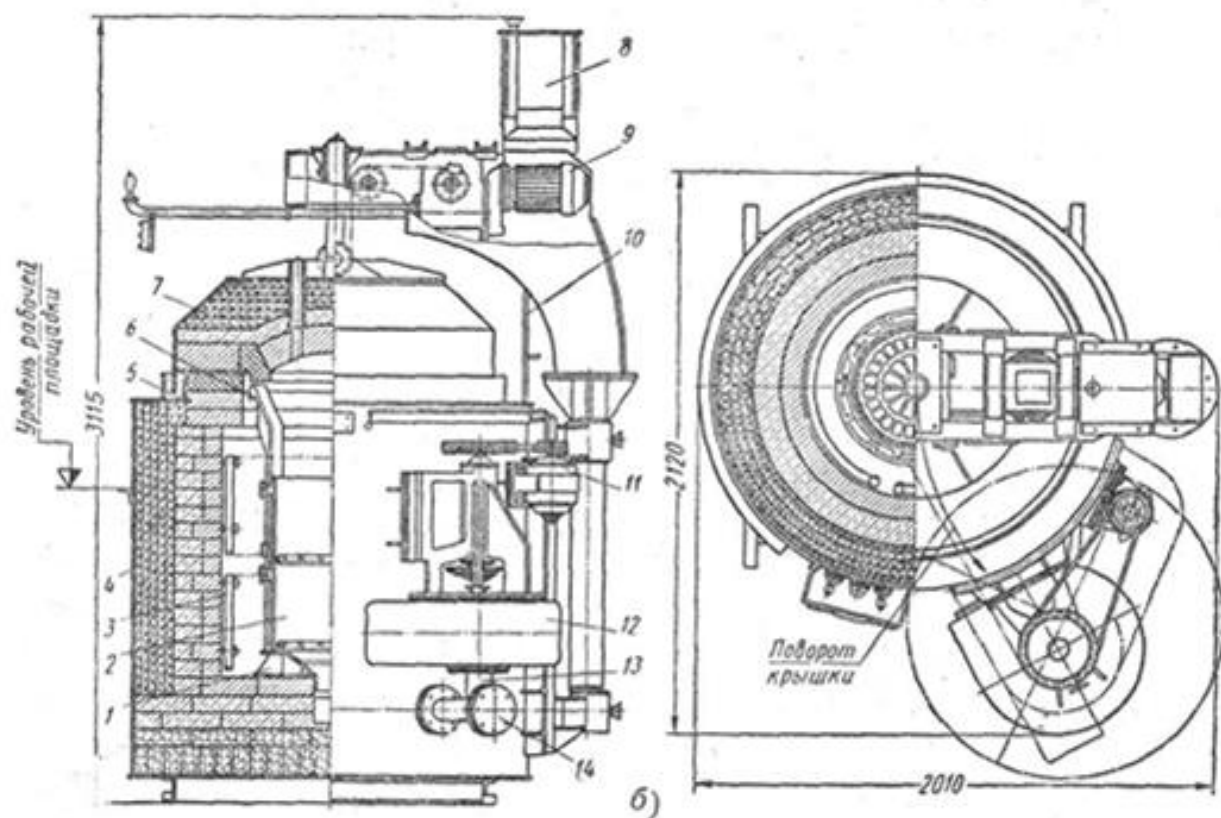


5.15.-расм. Шахтали муфелли печ

а) ШТЧ-45 1-вентилятор, 2-газ карбюратор турбаси, 3-шилдиргич, 4-қобик, 5-турубка, 6-қопқоқ кўтариш механизми, 7-газ карбюраторнинг чиқиш қобиғи,

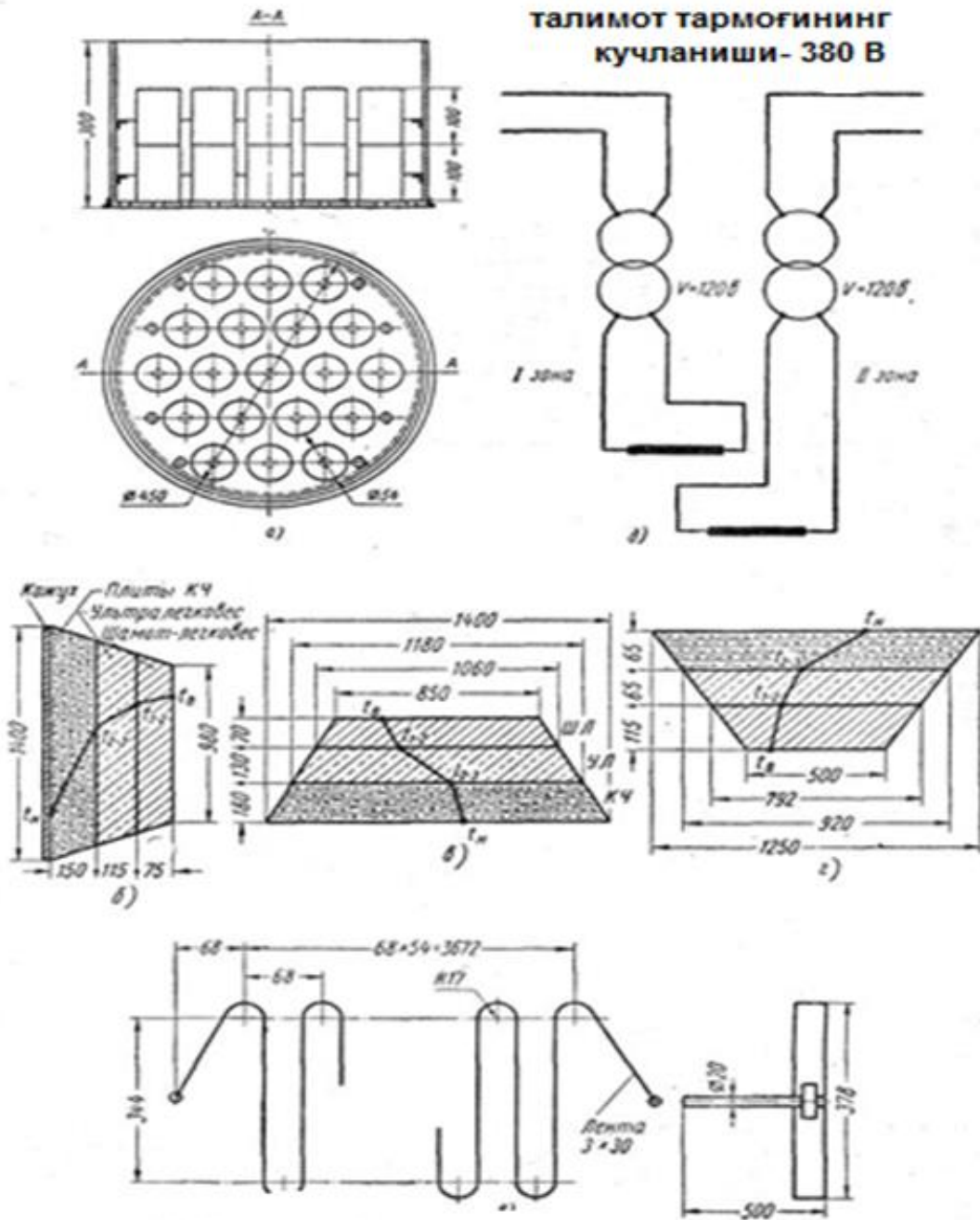
б-моденизацияланган муфели печ, НША 45 А 4-футеровка, 5-қўшли беркитгич, 6-йўналтирувчи, 7-қопқоқ, 8-бак, 9-труба.

1-куйма таглик 2-ўтказиш савати, 3-қиздиргич, 9-кўтариш ва буриш механизми, 10-шам, 11-вентилятор узатмаси



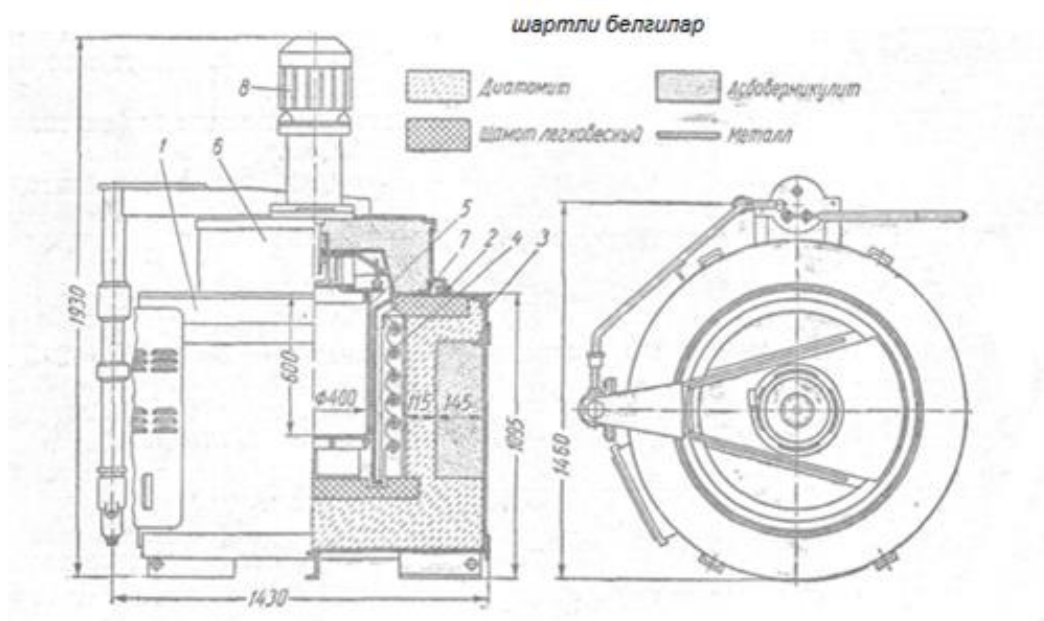
5.16.-расм. Шахтали электро печ ва газли цементация мосламалари

ШТЧ-45 печининг иссиқлик ва электрик

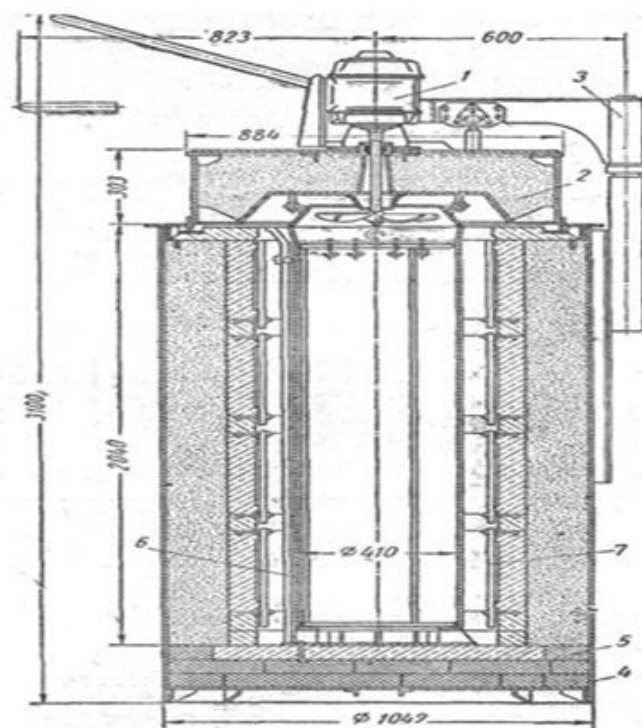


5.17.-расм. Печ хисоби учун эскизлар

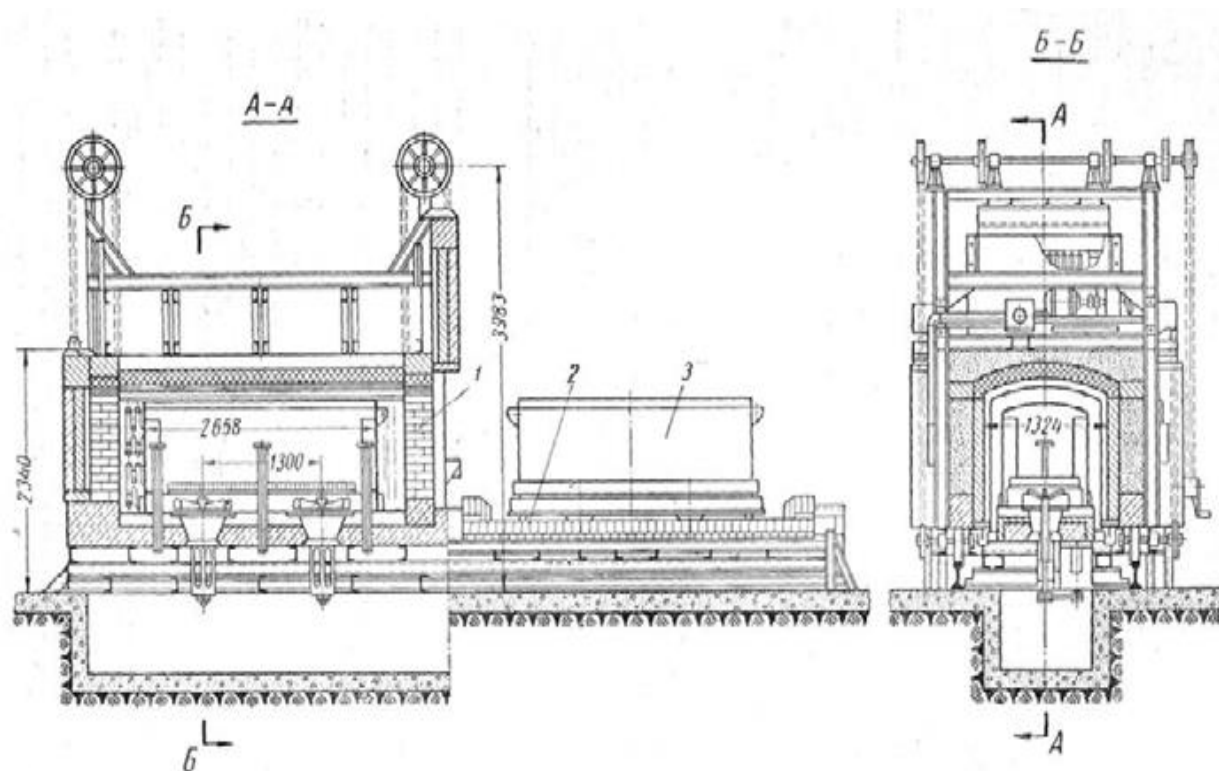
- а) деталларни печга юклаш мосламаси, б) печ девор, в) печ таглиги
г) печнинг қиздириш зонаси, е) қиздиргичларни жойлашиши



5.18.-расм. АН-13А бўшатиш электр печи

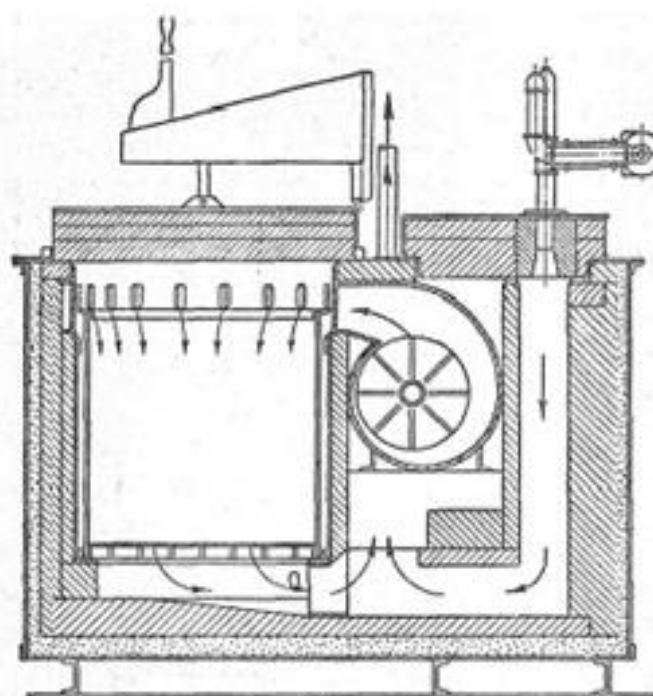


5.19.-расм. Протянкаларни yoqotish печи

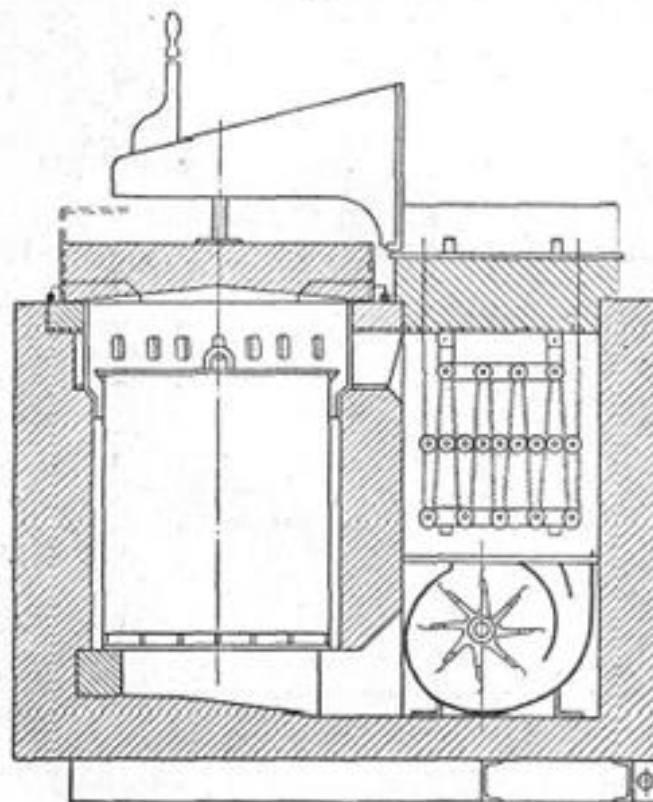


5.20.-расм. Силжувчи қиздириш камерали азотлаш печи





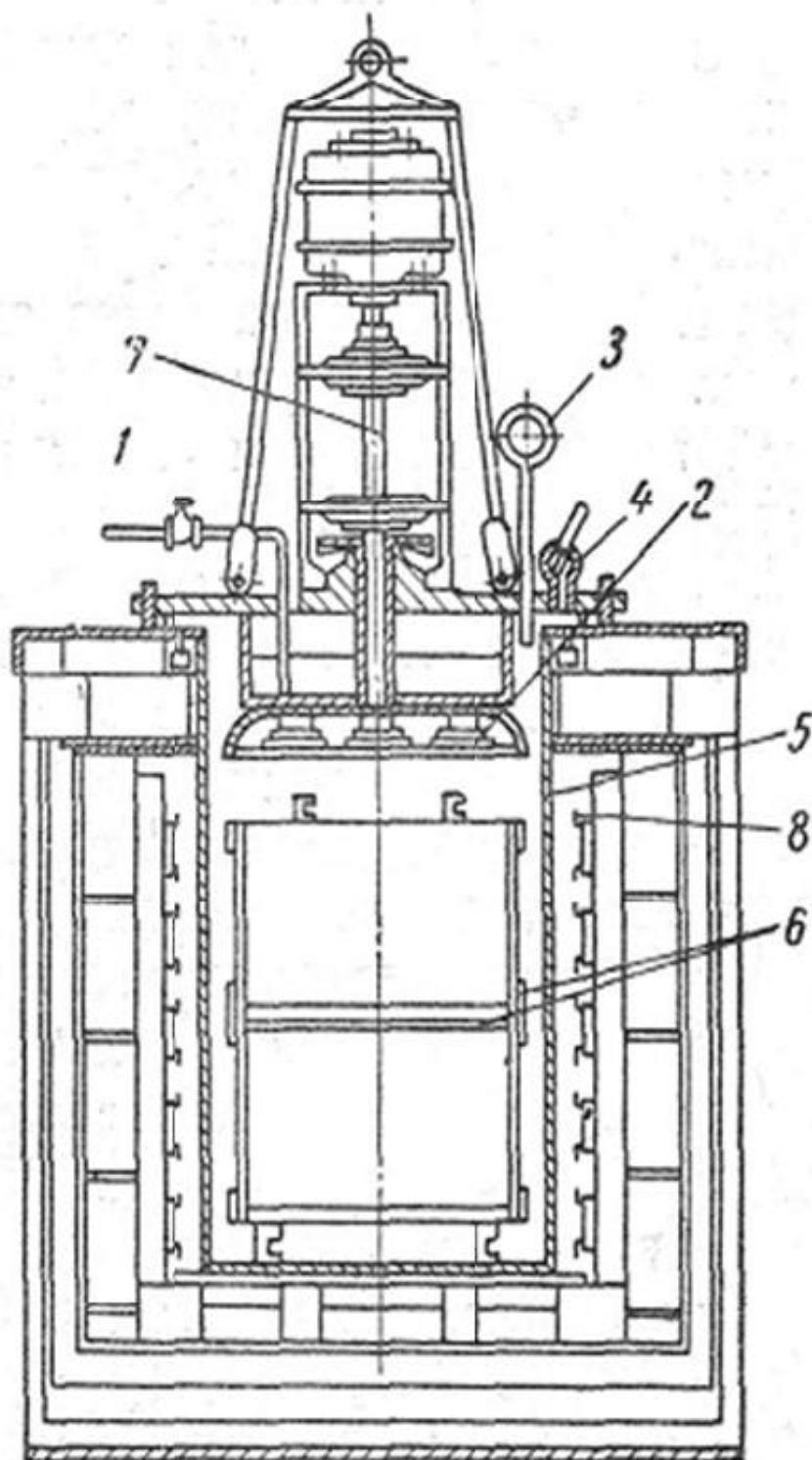
а)



б)

5.21-рasm.Циклон печи

а – газли, б-электр.



5.22.-расм. Буг билан ишлов берувчи печ

5.3. ВАКУУМЛИ ПЕЧЛАР.

Магний қотишмалари, титан ва бошқа материаллардан ишланган деталларни вакуумли печларда юмшатиш мақсадга мувофиқ бўлади. Бу печлар конструктив жihatдан камерали ёки муфелли печлар типиде ишлайди.

Вакуум печларида $10^{-2} \div 10^{-7}$ мм симоб устунига тенг қолдиқ босим ҳосил қилиши ва шу босимни технологик жараён ўтишигасақлаш имконияти мавжуд. Печларда $1200^{\circ}\text{C} \div 3000^{\circ}\text{C}$ гача қиздириш учун ҳарорат олиш мумкин.

Юқори ҳароратли печларда вакуумли камерали икки қатламли бўлиб, доимо сув билан совитиб турилади. Ундан ташқари вакуум муҳитида вольфрам, молибден каби кислород билан тез бирикувчи металллардан экранлар қўйилиб унинг қиздириш самарасини янада ошириш ва камерага таъсир этувчи иссиқлик оқимини камайтириш мумкин. Расмда вакуумли печларнинг конструкциялари келтирилган ва асосий қисмларига таъриф берилган.

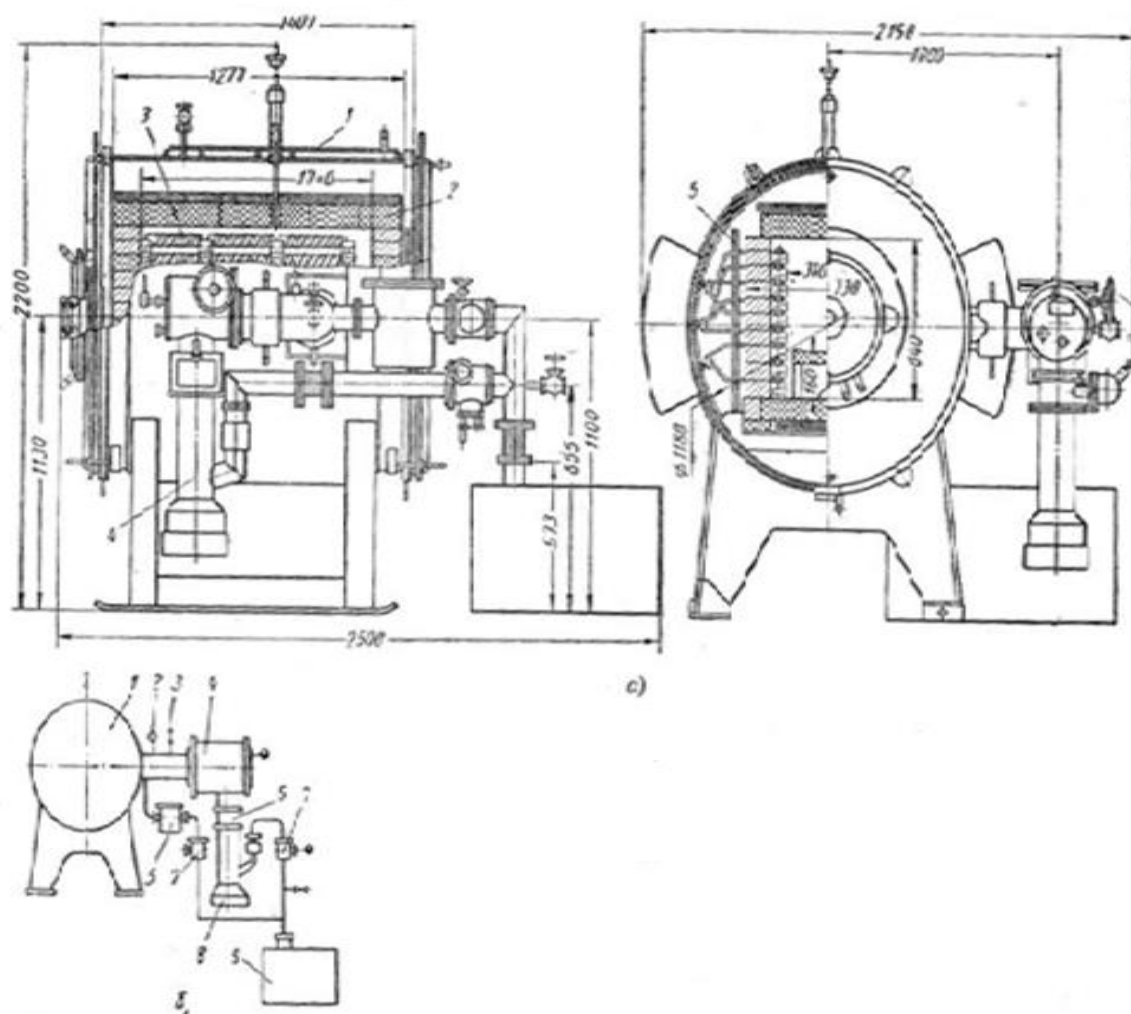
Вакуумли печларнинг камерасидан ташқари асосий элементи бу вакуум ҳосил қилиш тизими ҳисобланади.

Вакуум тизими ўзини ўзи бошқариш тизимига эга бўлиб, бу тизим ҳароратнинг ўзгаришига ҳам боғланган бўлиб, ҳарорат кўтарилиб борганида детал ичдаги тутиб қолинган газлар ҳисобига вакуум тизимида ўзгариш бўйича қиздириш тўхталиб, вакуум руҳсат этилган қолдиқ босим ҳосил бўлгунча ҳарорат кўтарилмайди.

Вакуум тизими асосан иккита тизимдан иборат бўлиб, 1-чиси паст вакуум тизими қолдиқбосим 10^{-2} мм симоб устунига тенг бўлган вакуум ҳосил қила олади.

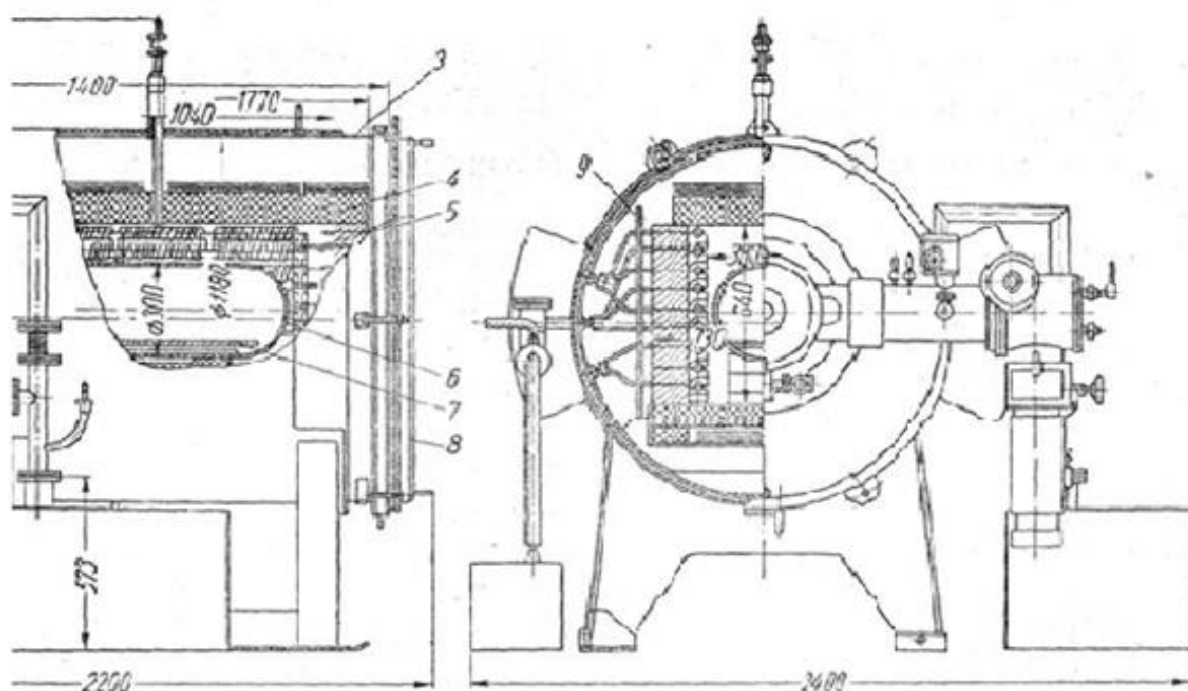
2-чи тизим буғ-мойли (ВН-1 вакуум мойидан фойдаланилади) бўлиб, қолдиқхаво заррачаларининг мой буғлари билан бирикиши ва бу бирикма механик насос (форвакуум) билан ташқарига чиқарилади.

Вакуумли печларда барча термик операцияларини ҳамда кукун металлarnи пиширишда кенг фойдаланилади.



5.23.- расм. ОКБ типдаги камерали вакуумли электро печ

а) умумий кўриниш 1-печ қобиғи



5.24.- расм.ОКБ -114 типдаги камерали вакуумли электро печ.

а) умумий кўриниш. 1-печ қобиғи 2-фтулка 3-қиздириш элементлари 4-вакуум тузлиш, 5-экранлар, 6-вакуум схемаси, 1-қиздириш камераси, 2-ЛТ-4М термо-электрик лампа; 3-ДУ-25 типдаги вакуум нипели, 4-вакуум беркиткичи, ДУ-160 ли 5-филтр, 6-азот тутқичи, 7-берткичгич, Д85 8-БНЗ типдаги вакуум насос

5.4. ПЕЧ-ВАННАЛАР

Ванналар печлар иш фаолияти бўйича 2 га бўлинади:

1- Тигелли электрли печ-ванналар;

2- Электродли печ-ванналар.

Тигелли электро печ ванналар деталларни тоблаш учун ишлатилади. Улар конструкцияси жихатидан иккига бўлинади: Сим ёки лентали юқори ом ли материалдан, яъни тигелни ташқи тарафидан қиздириш учун (қаршилиқ элементлари) ва ички электродли, тигелни ичидаги тузнинг электр ўтказувчанлигидан фойдаланилган ҳолда ишлатилади.

Таблица 74. 101 расм

Тигелли электро печ ванналарнинг конструкцияси қуйидагича (расм 101) Ишчи камера 1, шамот ғиштидан ишланган. Ишчи камера ва ташқи қобик оралиғи иссиқлик изоляцион кукун билан тўлдирилади. (асосан дифтомит). Тигел чўян плитада 3 осилган бўлиб, қопқоқ 4 билан ёпилади. Қопқоқда иккита тешикчалар бўлиб, бирига термопара 5 ўрнатилса, иккинчисига қиздириш учун мўлжалланган деталлар 6 осиб қўйилади.

Икки тўғриловчи термопара тигел ташқарисида жойлашган бўлиб, қиздириш элементлари яқинида жойлаштирилади. Бу термопара автоматик равишда иссиқлик приборлари воситасида печ-ванна температурасини бошқариб туриш учун мўлжалланган.

Ванна остида тигел тешилганда тузларнинг оқиб тушиши учун нов қилинган.

Термик цехларда печ- ванналар деталларни тоблаш, бўшатиш, нормалаш ва кимёвий – термик ишлов бериш- цианлаш, суюқ цементациялаш, эскиртириш ҳамда деталлрни изотермик тоблашда ишлатилади.

Печ-ванналарининг қиздириш мухитлари турлича бўлиши мумкин ва технологик жараёнда кўрсатилган хароратга боғлиқ.

Қиздириш мухити сифатида эриган металллар (кўрғошин, кўпгина қотишмалари, силумин) эриган тузлар, ишқорлар, мойлар ишлатилади. Эриган кўрғошин ва унинг қотишмаларини тузлар ва ишқорий эритмалари билан алмаштириш мумкин, биринчидан кўрғошин анча дефицит ва унинг бўғлари инсон саломатлигига салбий таъсир этади.

Кўрғошин ўрнига таклиф этилган силумин эритмасининг битта камчилиги деталларни емириши бўлиб, ундан сақланишнинг йўли бўр ва унинг қоришмаларини сўртиб химоя қобиғи тайёрланади.

Печ-ванналарида қўллаш учун жуда кўп турдаги тузлар эритмалари мавжуд бўлиб, асосан ишқор ва ер-ишқор металлларнинг хлорли, карбонатли ва азотли тузлари қўлланилади.

Цианлаш ва суюқ цементациялаш учун хлорли ва карбонат тузлари асосида тузлари қўшилган эритмалардан фойдаланилади. (Таблица 72).

Печ-ванналарининг таркиби углеродсизланиши таъсирини билиш учун оддий усулдан фойдаланилади. Соқол олиш тиғини 780°C қиздирилган эритмага 3-5 минут ботирилади. Сўнг тиғ тобланади. Агар углерод миқдори етарлича бўлса (тиғ қалинлиги 0,08-0,1 мм бўлган юқори углеродли пўлатдан тайёрланади) букилганда тиғ синади, углеродсизланган намуна эгилади.

Суюқ муҳитларда қиздириш ўзининг афзалликлари ва камчиликлари бор. Афзалликлари қуйидагича:

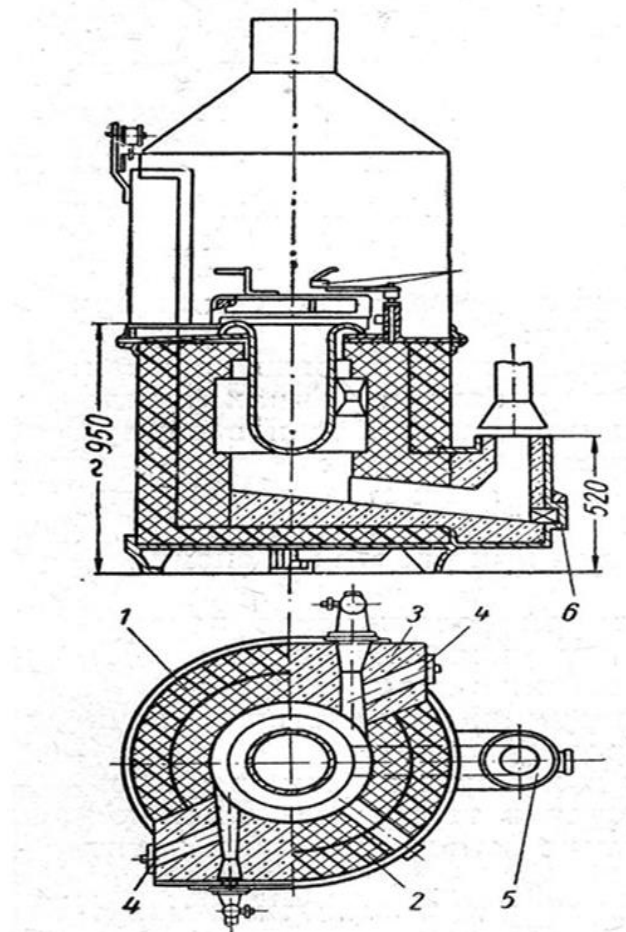
1. Тузларда печлардагидан қиздириш температураси тезроқ, кўрғошин
2. (силуминда) ундан тез.
3. Хароратнинг бутун муҳит бўйича бир хиллиги.
4. Деталларнинг кўрғошин ва тузларда қиздирилганда оксидланмаслиги.
5. Деталларнинг бир қисмини қиздириш имконияти борлиги.

Камчиликлари:

1. Ванна-печлар тигелининг кўп емирилиши (шунинг учун печ ванналарининг таъмирлаш вақти кўп бўлади).

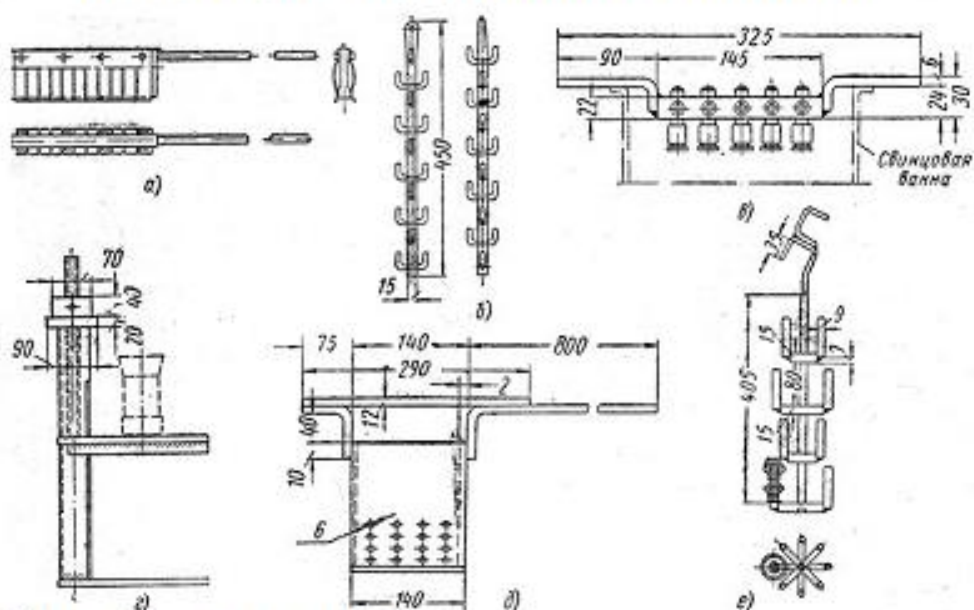
2. Баъзи бир тузларда қиздирилгандан сўнг тозалаш кечикиб қолса коррозияга учраш эҳтимоли ошади.
3. Қўрғошиннинг ёпишиб қолиши.
4. Печ-ванналарига намлик ёки сувтушганда қайнаб чиқиб кетишидан эҳтиёт бўлишлик.
5. Қўрғошин ва циан тузлари билан ишлашнинг хавфлилиги.
6. Баъзи бир тузларнинг портлаш хавфлилиги (азотли ва азот кислотали тузлар селитралар).
7. Махсус қўшимчаларсиз баъзи тузларнинг деталларни углеродсизлантиришга мойиллиги.

Печ-ванналарининг ишини тўғри ташкил этилса юқоридаги камчиликлар бартараф этилиб, афзалликларидан тўғри фойдаланилганда ваннали печларнинг самараси оддий печларга нисбатан анча юқори бўлади.



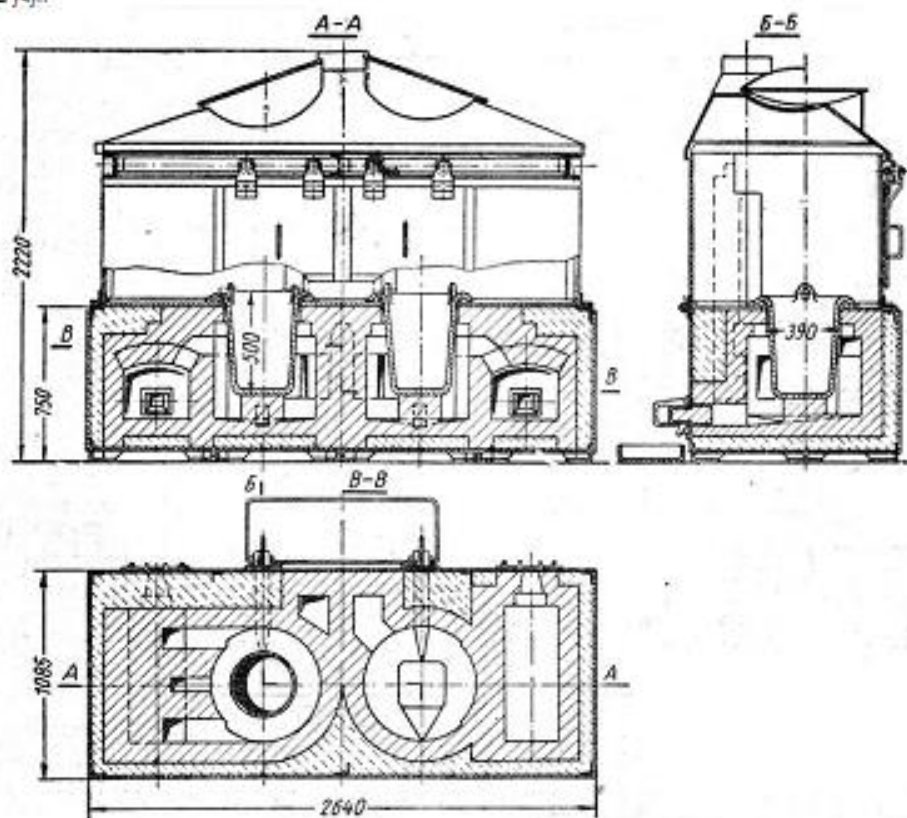
5.25.-расм. Печ ваннанинг термopapa ўрнатиш жойи

Суюқ ва газ ёнилғисида ишловчи қозонли печ ванналари

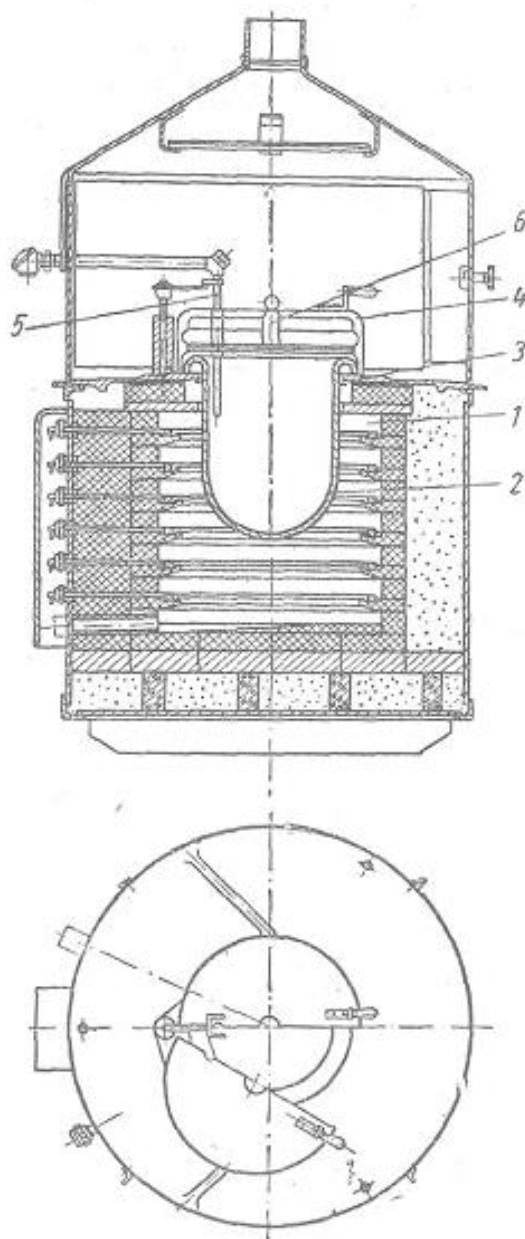


99. Печ ванналарда ишлов учун мосламалар

а-мойда цилиндрик думли аэроблар учун, б-катта плашкалар учун, в-калта ўқларни қўрошин ванналарига қиздириш учун, г-потронларни тузиш ванналарида бўлатиш мосламаси учун, д-мойда деталларни сиклаш чўмичи, е-велосипетнинг илгариланма корпусини сиклаш учун



5.26.-расм. Гипроавтопрам лойихаларидаги икки қозонли печ
ванна



5.27.-расм.В-20 типдаги электр печ

2) Электродли печ-ванналар

Электродли печ ванналар асосан уч фазали бўлиб, уларнинг турларидан бирининг тавсифномаси 75-жадвалда келтирилган.

Бундай печ-ванналар конструкциясида металл тигел кўзда тутилмаган. Металл қобик 1 ичида химояловчи цилиндрик (тўрт бурчак) металл қобик 2 бўлиб ички ва ташқи қобиклар орқали иссиқлик изоляцион материал 3 билан тўлдирилган. Ички қобик ичи фасонли шамот ғиштлари билан ўраб чиқилади

ва темир электродлар қўйилади. Ички қисми шундай қилиб ўрилганки, шамот ғиштан сўнг темир электрод қўйилган.

Темир электродлар 5 монтаж вақти ички қобикдан камида 100 мм юқорида қолдирилади (ички қобик метали билан қисқа туташув юз бермаслиги учун). Электро қаршилиқ сифаттда печ-ваннага солинган туз – хлорли натрий, хлорли калий ва юқори температурали 1300°C мухит бўлган учун барий хлор тузидан фойдаланилади.

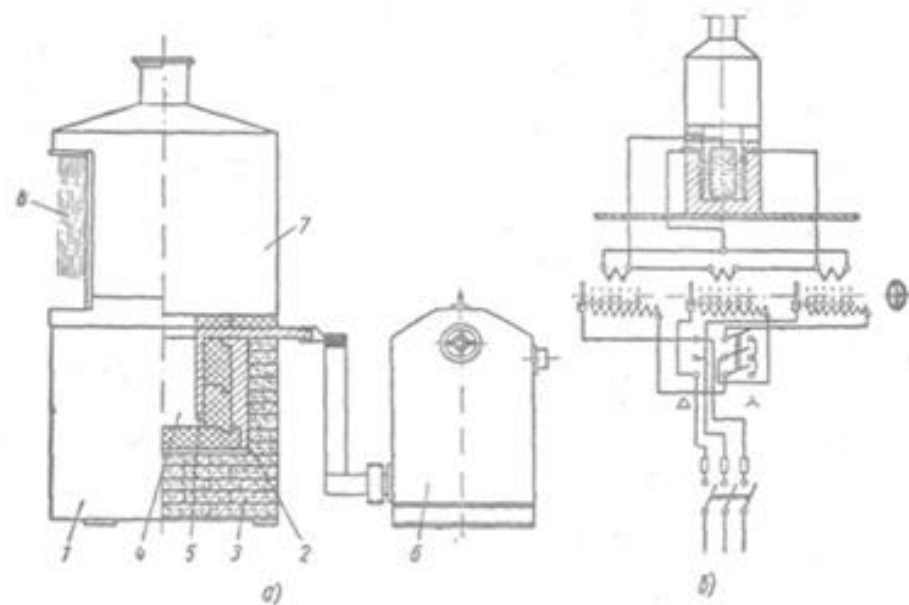
Электр токи бу электродли печларга махсус ўнта босқичли 220/380 дан 24,2÷5,5 вольтгача пасайтириш трансформаторларидан фойдаланилади. Печ корпусида қопқоқ 7 ўрнатилган бўлиб, сўриш вентиляция тизимига уланган бўлади. Иш вақтида ишчига суюқ тузларнинг сачрашидан махсус занжирли парда қилинган.

Хароратни ўлчаш учун махсу оптик термометрлардан фойдаланилади ва вақти-вақти билан махсус қобикқа жойлаштирилган платина-платина-родий термопарасида пирометр қийслашдан ўтказилиб турилади,

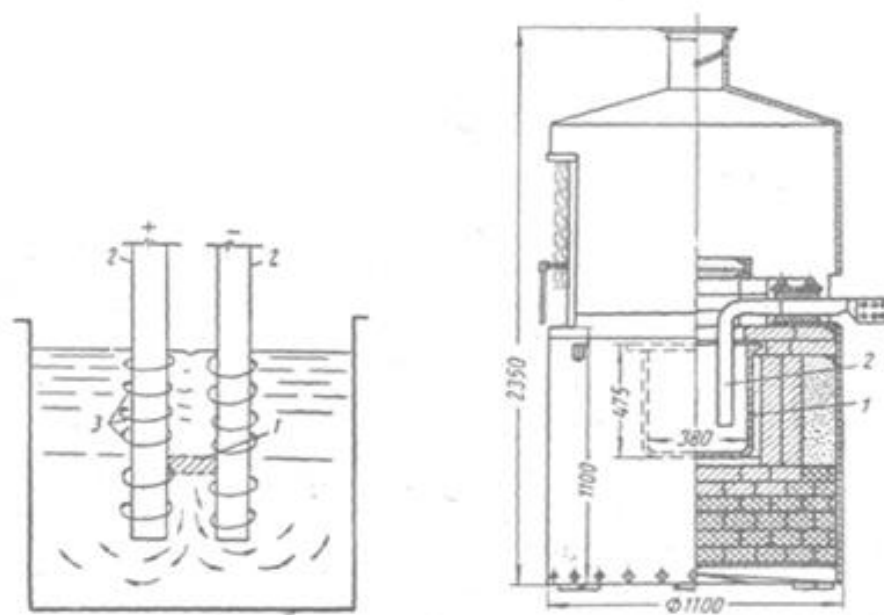
Хлорли тузларнинг шамот ғиштларни емириши анча юқори бўлганлиги сабабли пес ванналарнинг дублерлари ишлаш учун тахт қилиб қўйилади. Дублер печ-ваннага ишдан чиққан печ-ваннанинг ишчи мухити, қалпоғи (занжирли пардалар билан) ва трансформаторига уланади ва таъмир учун топширилади.

Печ ванналар футеровка қилингандан сўнг 6-8 соат мобайнида газ билан обдон қурилади ва ундан сўнг туз эритилади.

Тузли ванналар 600°C , 800°C ва 1300°C гача турли тузлар воситасида қиздирилади.

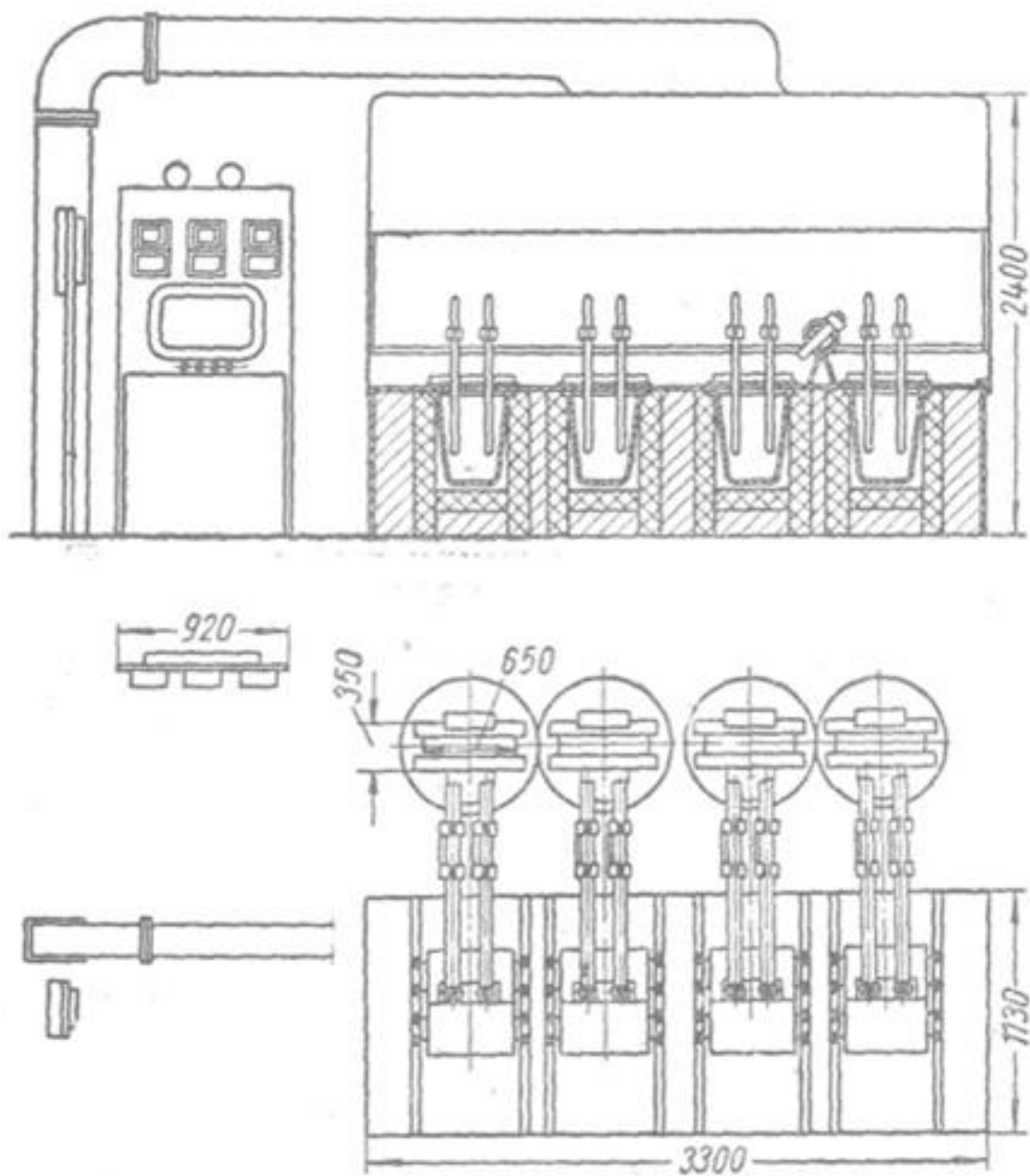


5.28.-расм. С-35 типдаги электродли печ ванналари

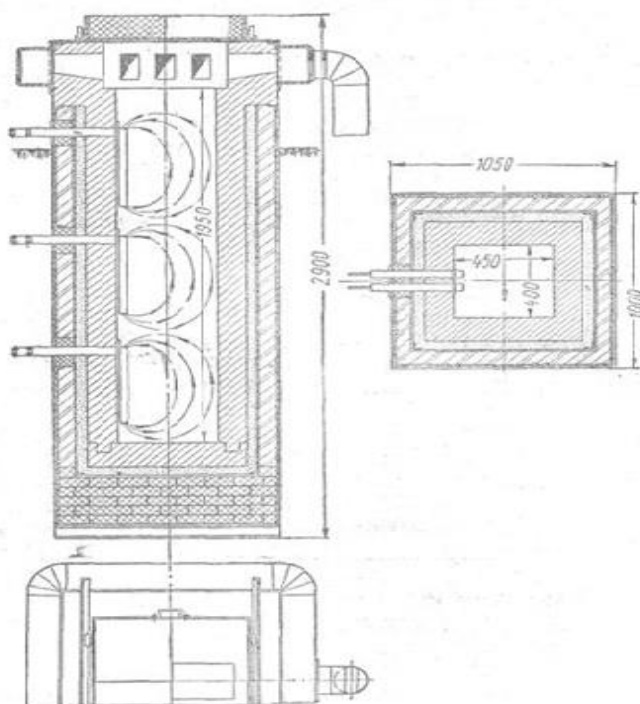


Тузли электромагнит айланиш схемаси;

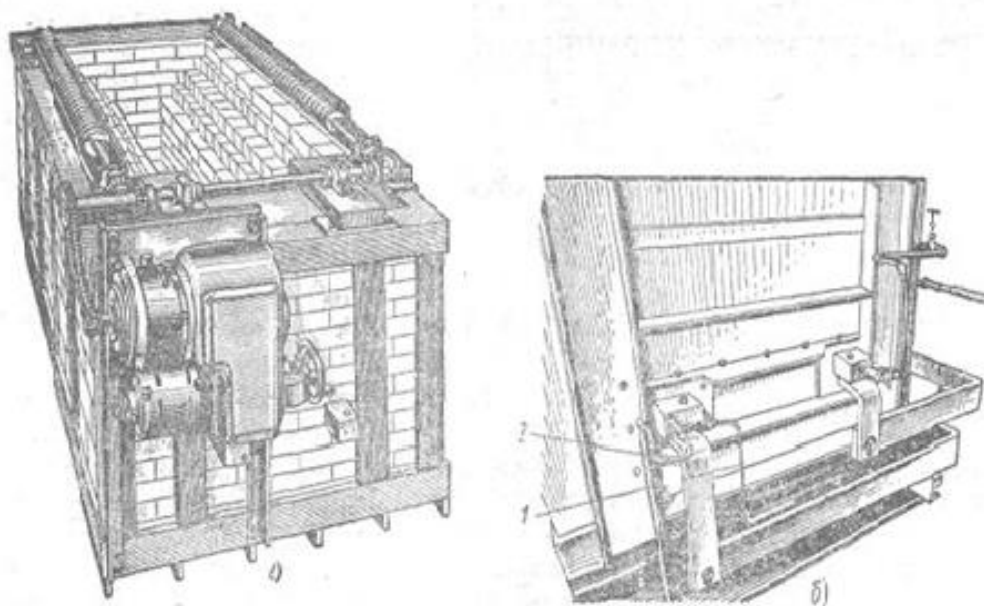
5.29.-расм. С-25 типдаги электродли печ ванна



5.30.-расм. Қозонли электродли печ ванна



5.31.-расм. Чуқур чўктирилган электродли печ ванна .

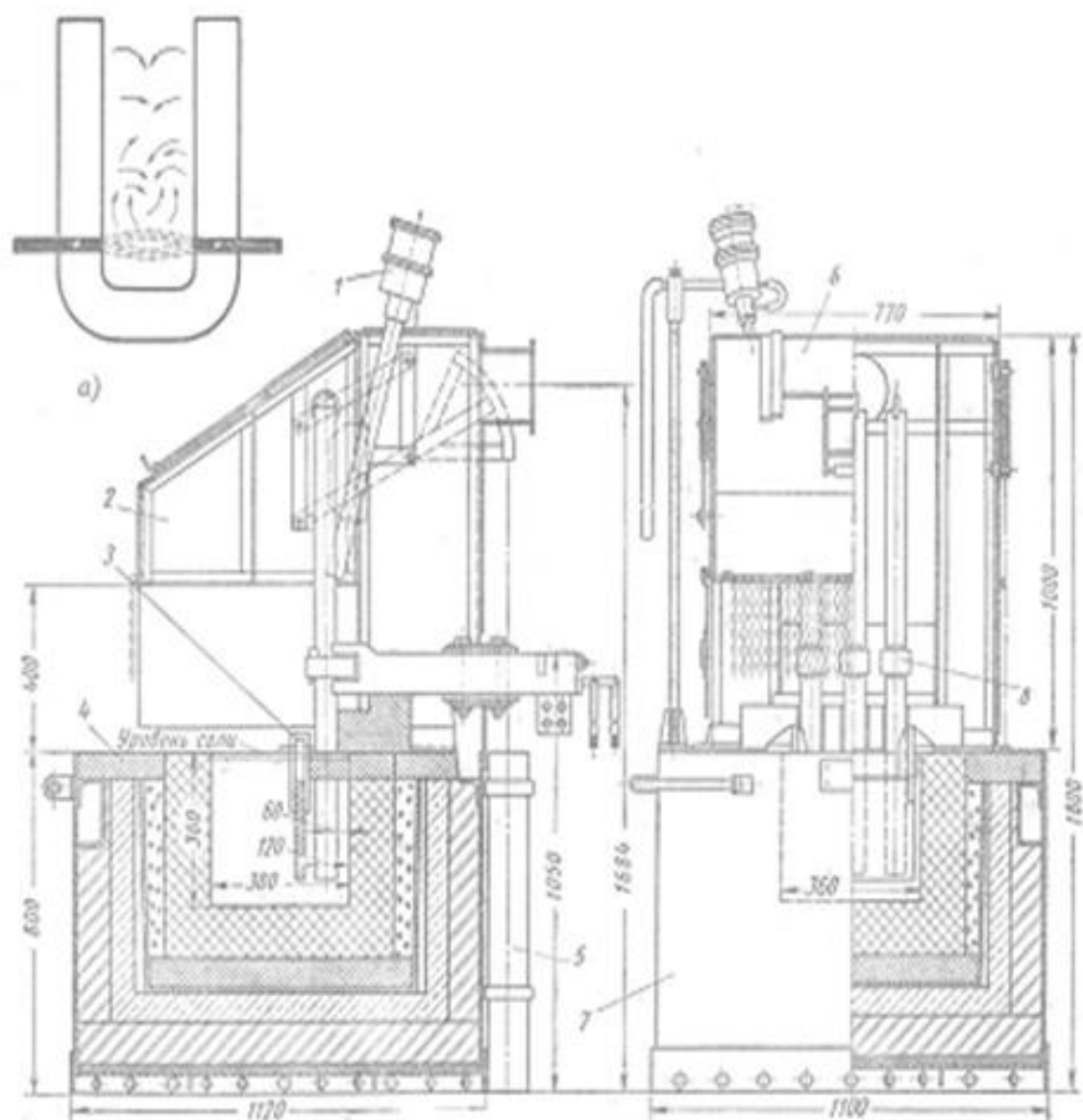


5.32.-расм. Тўртбурчак кўтаришли электр печ ванна

а) умумий кўриниши

б) чўктирилган электродларни сув билан совитиш

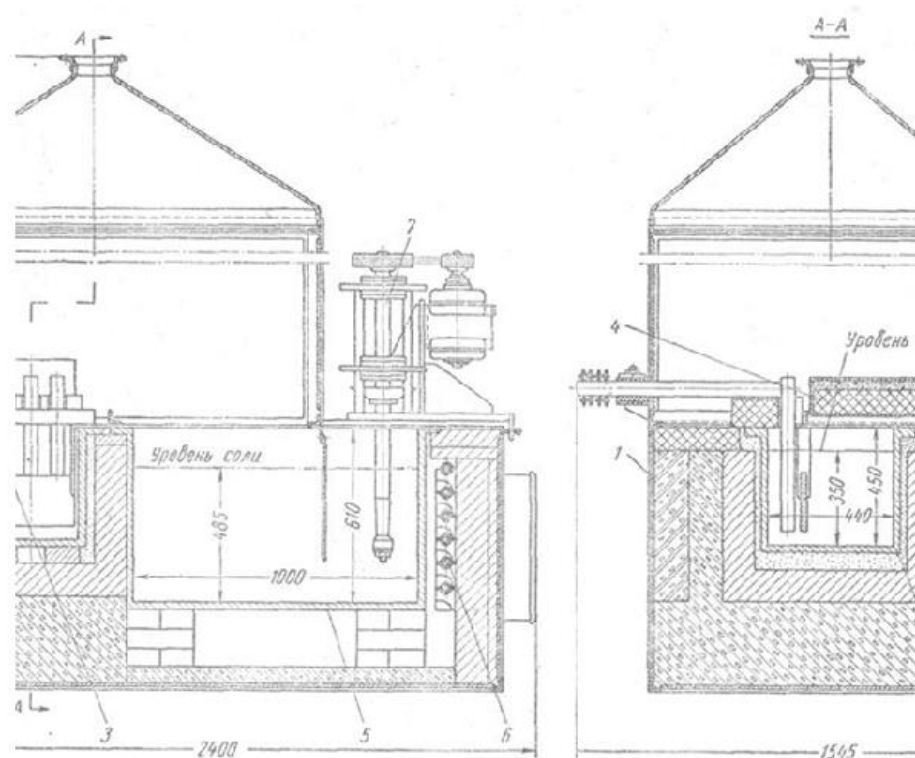
1-2- келтириш ва чиқариш тубалари



5.33.-расм.Электродли печ ванналарнинг ички конструкциялари

а) Графит электродли қозон

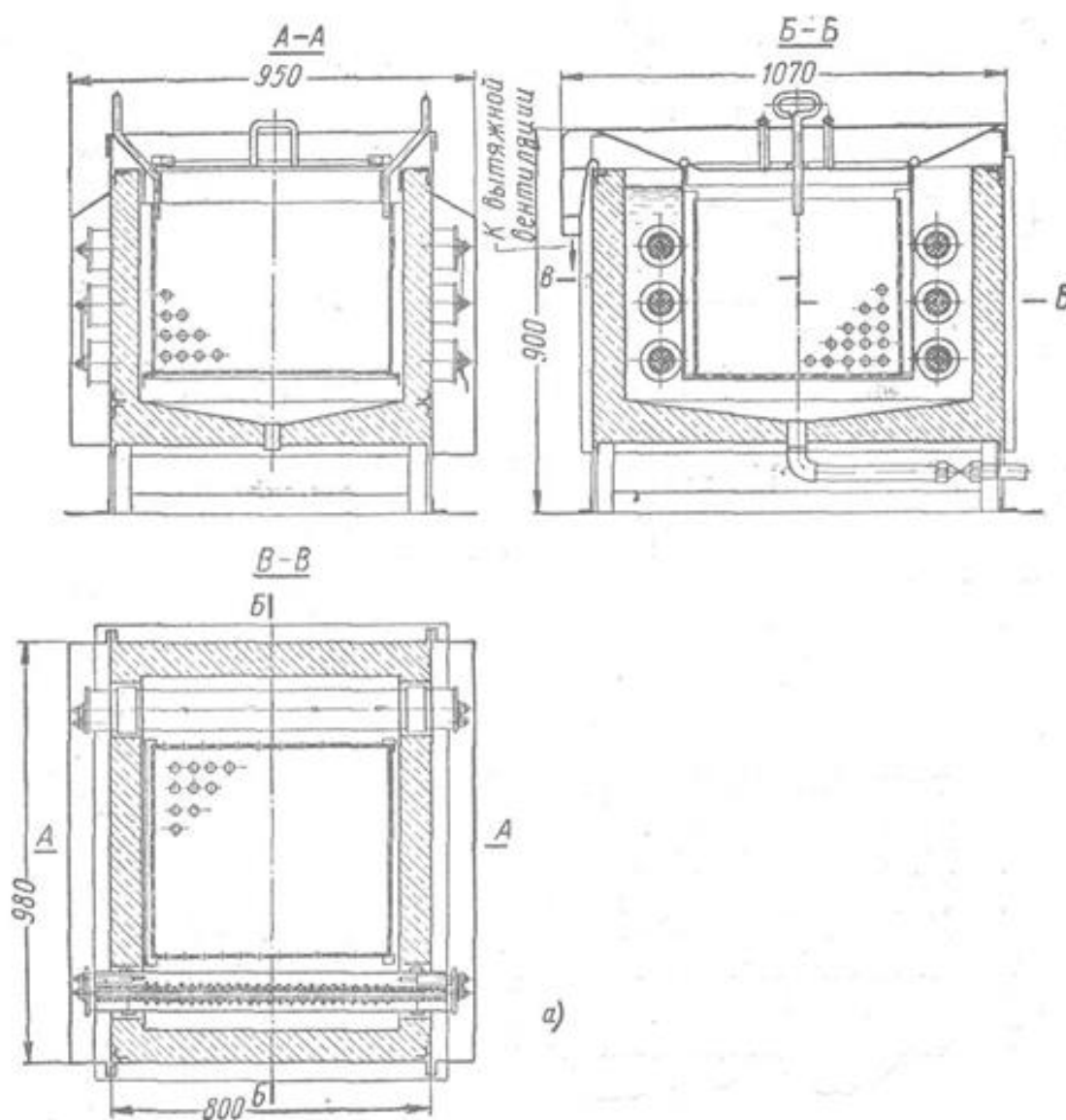
б) СП35/15 печ ваннаси. 1-пиротетрнинг совитиш тузими, 2-зонт, 3-тўсик, 4-футеровка, 5-қарши юк, 6-силжувчи тўсик, 7-қобик, 8-электродлар гуруҳи



5.34.-расм. Иккита қозонли қиздириш ва изотермик тоблаш электро печ ванналар.

1-қобик, 2-қиздириш қозони, 3-қиздириш учун қозон электродлари, 4-қиздириш қозонлари қоқоғи, 5-тоблаш қозони, 6-тоблаш қозони электродлари, 7-гузларни аралаштириш механизми

Изотермик тоблашда бўшатиш ва совитиш учун электро печ ванналари

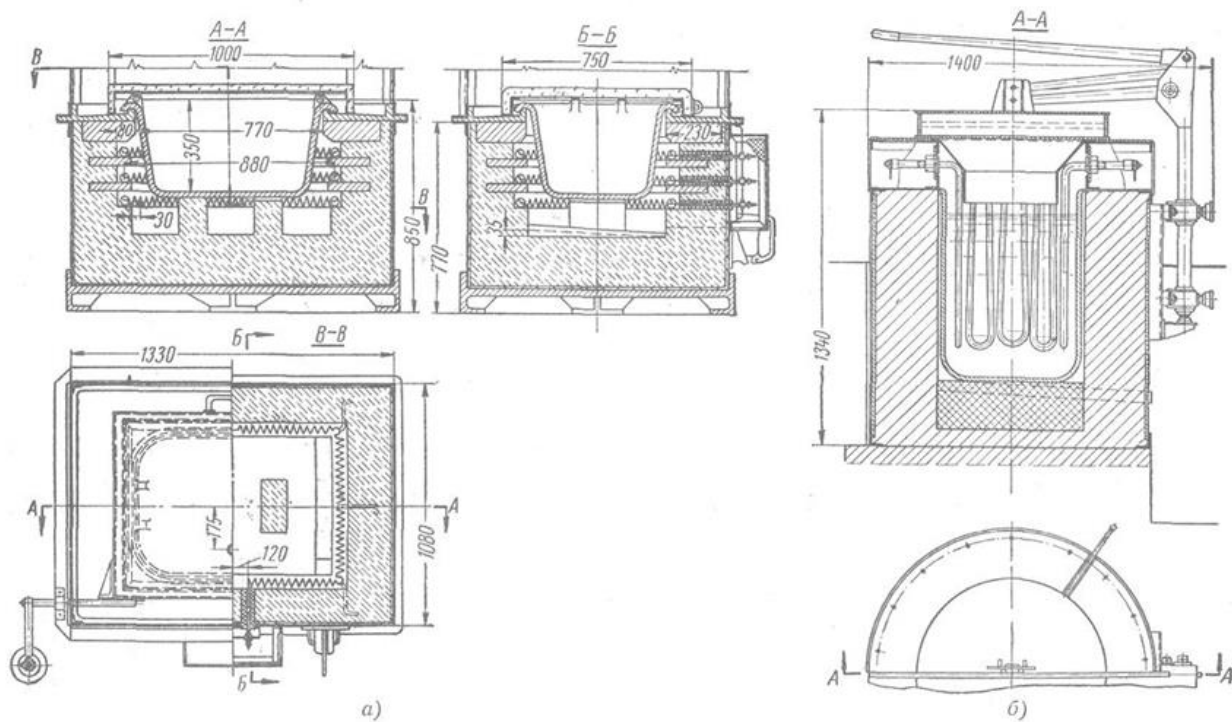


5.35.-расм. Электро мойли печ ванналар

а-изоляцияланган қиздиргичлар

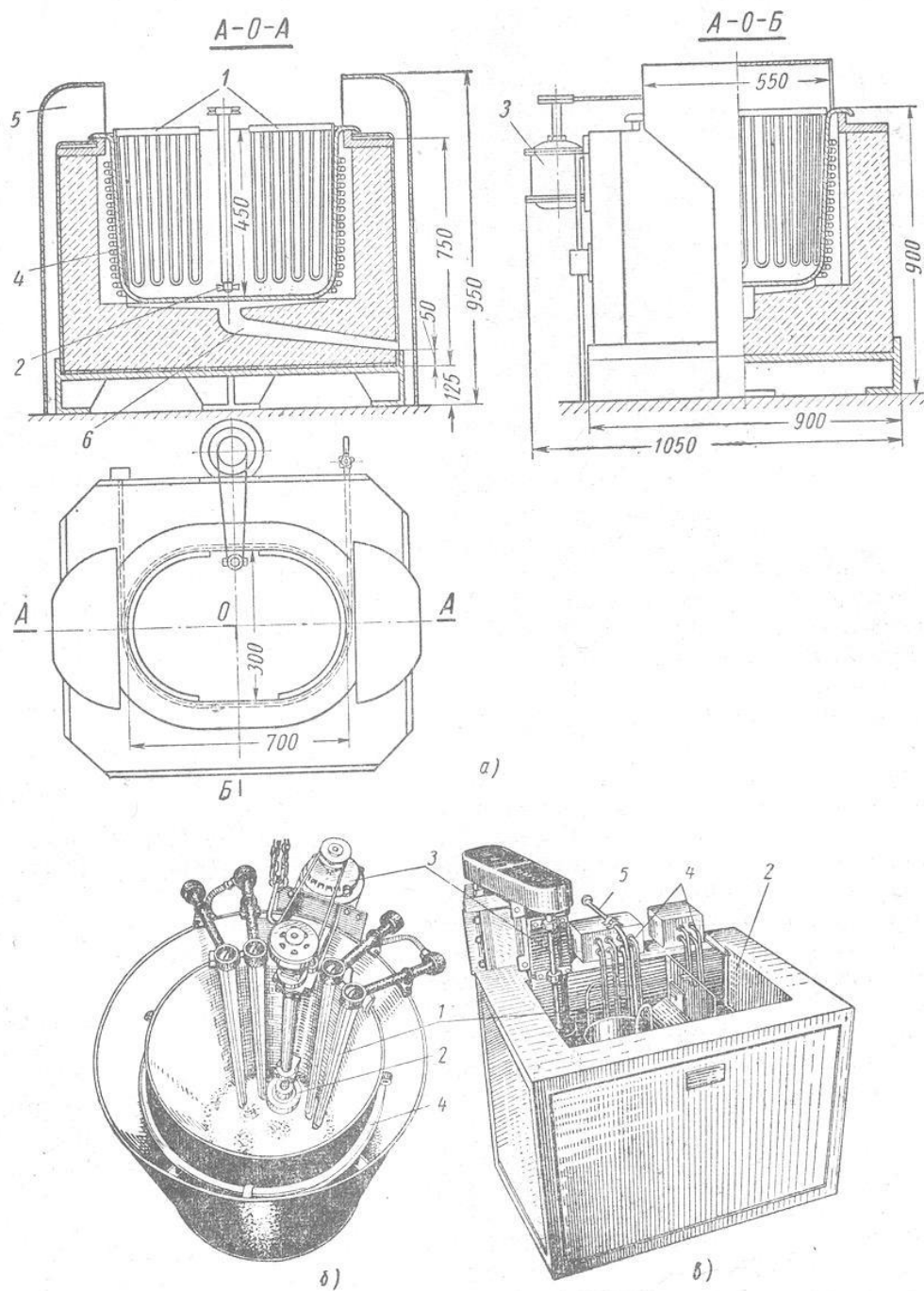
б-турбасимон қиздиргичли

1-ташқи қобик, термопара, б-панжара, 2-ванна



5.37.-расм. Тузли электро печ ванналар





5.38.-расм. Изотермик тоблаш учун электрли печ-ванналар

5.5. МЕТОДИК ПЕЧЛАР.

Узунлиги бўйича турлича ўлчамга эга бўлган, аммо печ ичидаги зоналар бўйича температура ўзгариб турувчи печлар методик печлар дейилади. Улар конструкцияси жихатидан бир неча турларга бўлинади. Яъни деталларнинг турига, ўлчамига боғлиқ ҳолда бир неча кўринишда ишлаб чиқарилган. Уларга қуйидагилар киради:

- 1) кичик ўлчамдаги методик печлар
- 2) Катта ўлчамдаги методик печлар.

Кичик ўлчамдаги методик печларга: таглик пилтаси айланувчи печ, айланиб турувчи реторталар цементация печи, таглиги кўтарилувчи печ, таглиги пульсацияланувчи печ, барабанли муфелли печлар. айланувчи печ (Карусель), роликли печлар киради.

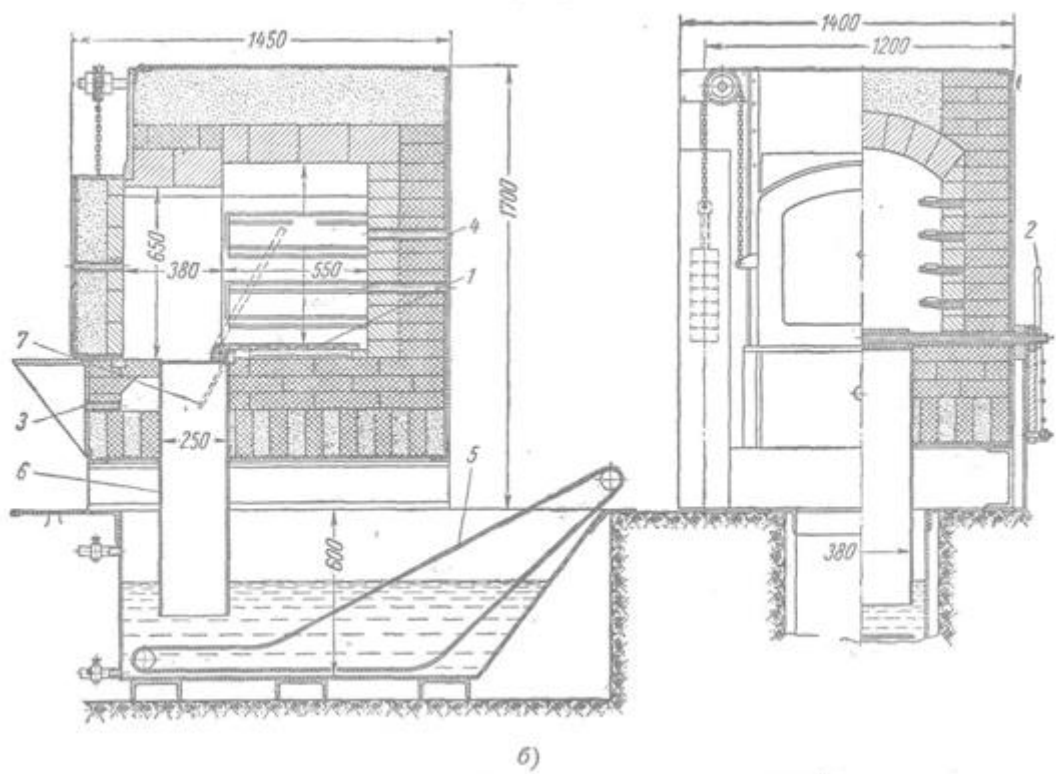
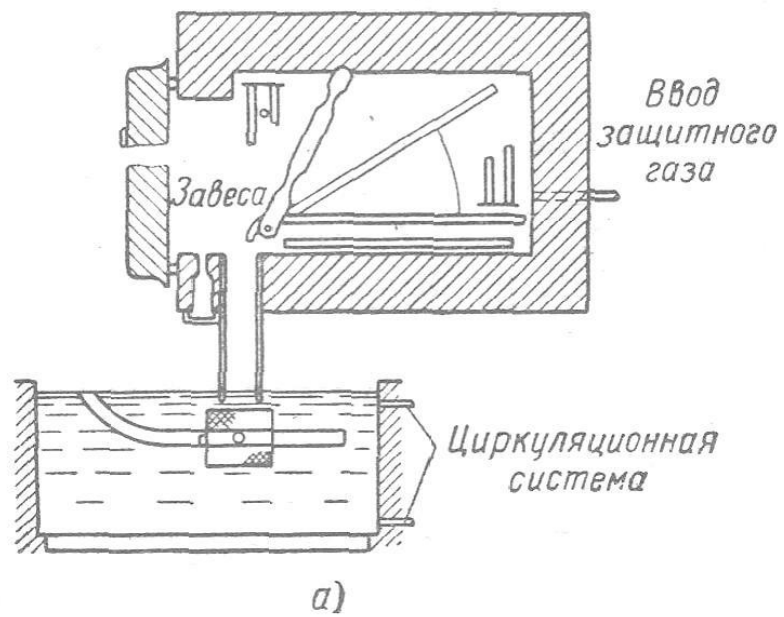
Катта ўлчамдаги методик печларга: турли усулларда ишловчи сурувчи печлар, қадамловчи тагликли печ, таглиги пульсацияланувчи печ ва конвейерли печлар киради.

Печларнинг барча турлари ҳақида қичқача маълумотлар билан танишиб чиқамиз.

Кичик ўлчамдаги методик печларда асосан кичик ўлчамдаги турли хил деталларга якуний термик ишлов бериш назарда тутилган. Улар 780 – 920° С ҳароратда ишлатилади. Уларни ҳароратлари газ, мазут ва электрдан фойдаланилади.

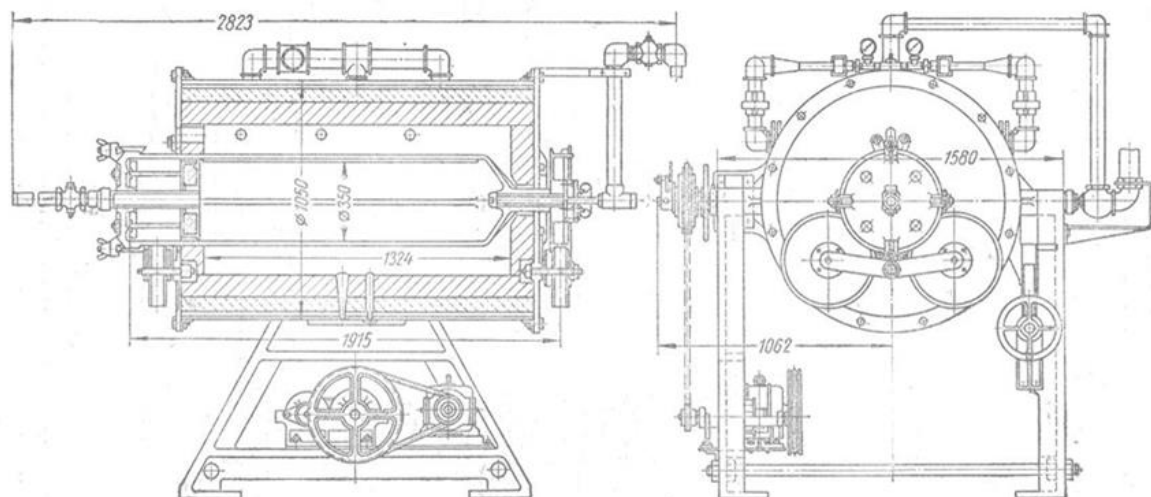
Печ асосан ташқи қобик, изоляцион материал ҳамда оловбардош футеровкадан ташкил топган бўлади.

Катта печларда оловбардош материаллар икки уч қатламли бўлиши мумкин. Сабаби, печ ичидаги иссиқлик ҳажми ва оқими жуда катта. Яъни 1600° С ҳароратда ишлайди.

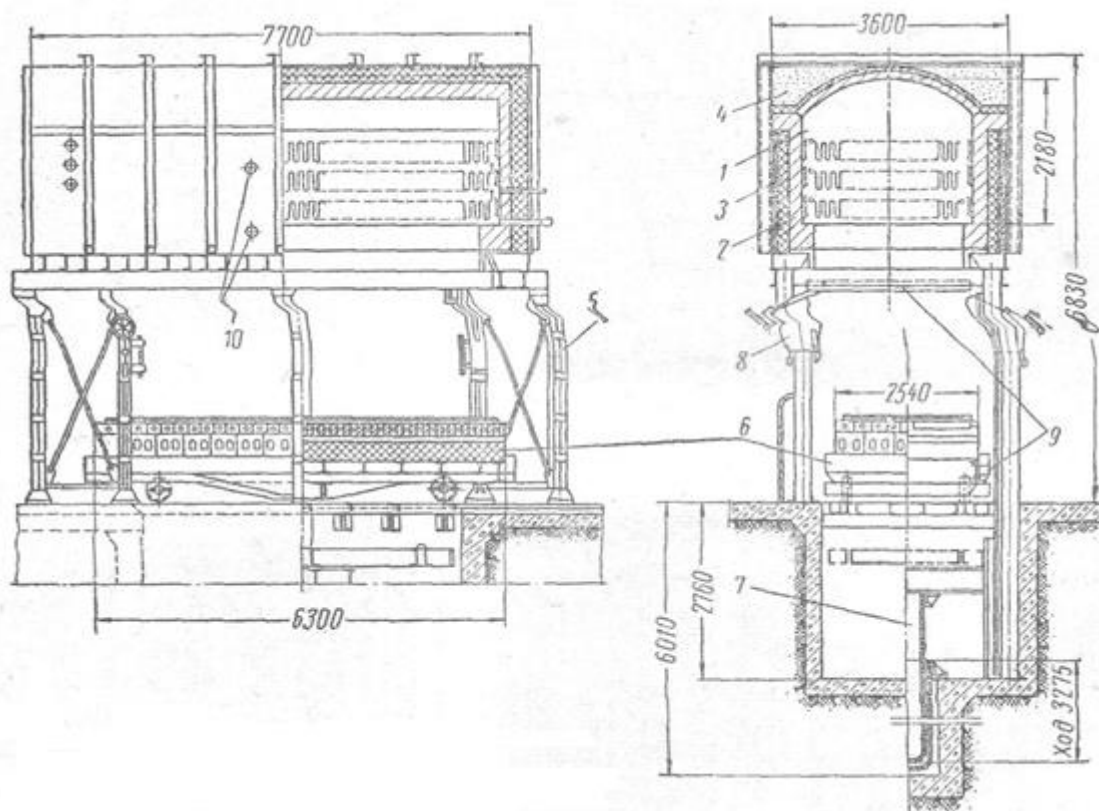


5.39.-расм.Таглик пилтаси айланувчи печ

а) схемаси, б) печ конструкцияси



5.40.-расм. Айланиб турувчи ретортали цементация печи
 Болғаланувчи чўян олиш учун таглиги кўтарилувчи камерали печ



5.41.-расм. Таглиги кўтарилувчи печ

Таглиги пульсацияланувчи печ

Таглиги пульсацияланувчи печнинг моҳияти кичик ўлчамли ва майда деталларни қиздиришда унинг тагликда сакраб туриши ва бир томонлама қизиб кетишини олдини олиш учун ишланган, бундан ташқари таглик бир мунча қияликка эга бўлиб, пульсацияланиш натижасида деталлар илгари сари интилади.

Пульсацияланишнинг ўзи эксцентриклар ёрдамида амалга оширилади. Печнинг илинувчи таглиги 1 оловбардош пўлатдан бўлиб, вақти-вақти билан пружиналар 2 штанга 3 оловбардош таглик билан бириктирилган, ҳаракат конусли кулачокли дискнинг айланишлари натижасида юзага келади. Диск валда 5 ўрнатилган бўлиб, вал айланганда диск пружиналарини ҳаракатини белгилайди ва таглик кескин турткилар билан қўзғалиб туради. Деталлар тагликда олдинга ҳаракат қилиб тоблаш бакига тушади.

Ушбу печларда назоратланувчи атмосферада қиздириш ишларини олиб туриш мақсадга мувофиқ бўлиб, майда деталларни оксидланишдан сақлайди.

Барабанли муфелли печлар.

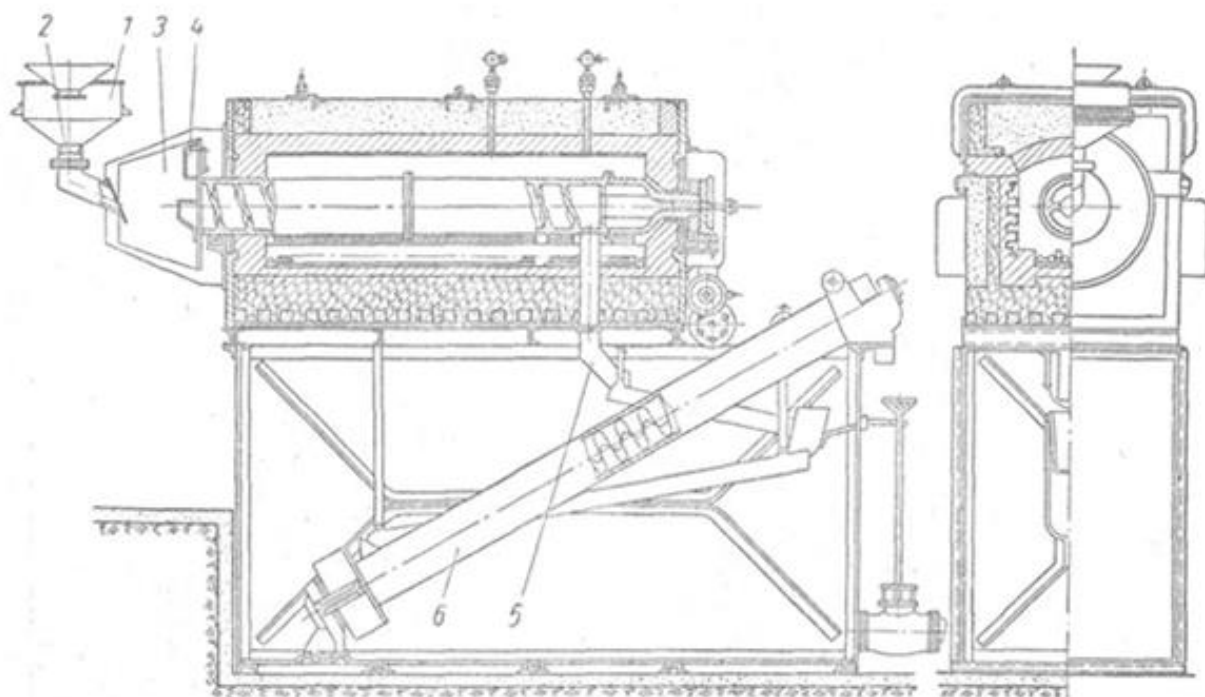
Подшипникларнинг майда шарик ва роликларни тоблаш учун махсус барабанли печлардан фойдаланилади. Бу печлар назоратланувчи атмосфераларда ишлагани боис муфелга ҳам эга.

Ушбу агрегат печ ва тоблаш бакидан иборат бўлиб, лист материалидан қобикқа эга бўлиб, ён томонлари чўян плиталар билан ўралган. Печ енгил оловбардош ғишт билан ишчи камераси ажратиб қўйилган. Қиздириш элементлари Х20Н80 ёки 1Х25МГ материалидан бўлган диаметри 5 мм симдан тайёрланган.

Ишчи камера ичида горизонтал муфел жойлашган. Ва муфел спирал ўрамларига эга. Муфель электродвигатель билан айлантрилиб, червякли йи қисмига ўтади. узатгич орқали куч берилади. Барабан айланганда деталлар чўмичга илиниб, муфел новига тўкиб берилади. Деталлар сони ҳар доим ҳар

хил бўлиб чўмичнинг деталларга нисбатан қайси бурчак остида келишига боғлиқ. Ишлов берилаётган деталлар бункер 1 орқали очик туйник 2 га тушади. Ва барабан 3 чўмич 4 орқали ўтади. Деталлар тушиш жойида труба 5 ўрнатилган бўлиб трубадан деталлар тоблаш бокига тушади. Новлар орқали бакнинг қуйи қисмига ўтади. Бу ердан шнекли трансформаторнинг ўрамларида юқорига чиқарилади ва қўйилган тарага тушади.

Барабаннинг тезлиги ўрнатилгандан сўнг юклаш бункерига деталларни солиш ва тўлган тарани ўрнига бошқасини қўйиб қўйишдан бошқа иш қолмайди. Бундай печлар соатига 160 кг гача деталга ишлов бериш мумкин.



5.42 - расм. Б-70 типдаги тоблаш учун барабан муфелли печ

Айланувчи печ (Карусель)

Бир хил типдаги деталларга ишлов бериш учун айланувчи печлардан фойдаланилади. Бундай печлар 1,5-6 метр диаметрга эга (айрим холларда ундан ҳам катта бўлиши мумкин).

Деталлар бир ойнадан юкланиб, иккинчисидан туширилади. Печ таглигининг айланиши шундай қилибхисобланган бўлиб, бу вақт ичида деталлар белгиланган хароратгача қизиб, тутиб туриш вақти ҳам, яъни детал сирти ва ички қисмлар температураси хисобланган даражадан фарк қилмайди. Таглик айланиши электродвигательдан узатма механизми орқали (редуктор, вариатор) амалга оширилади.

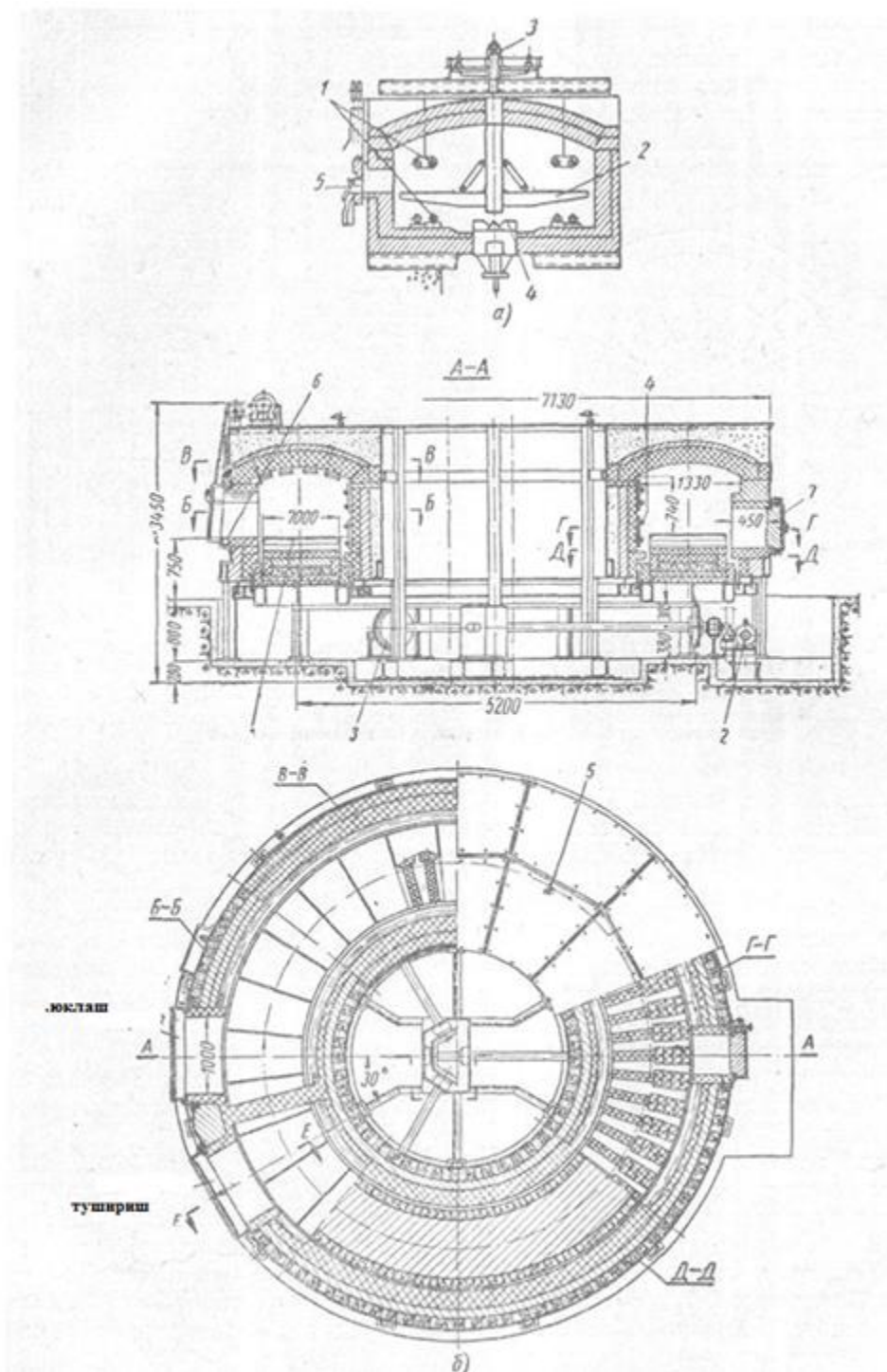
Айлануви печлар мазут, газ ва электроэнергияда ишлаши мумкин. Ва уларнинг ишлаб чиқариш қуввати камерали печларникидан ўлчамлари бир-хил бўлсада, юқори ва баъзи бир методик печларникидан ҳам устунроқ. Лекин айланувчи печларда айрим камчиликлар мавжуд:

1. Печнинг бутун ишчи бўшлиғи бўйлаб бир текис температура ҳосил қилиш қийинлиги.
2. Юклаш ва тушириш ишларини механизациялашнинг мушкуллиги.
3. Герметик ҳолатни, хатто қум қулфлари билан ҳам эришишнинг қийинлиги, печнинг мутассил хаво сўриб туриши.

Ҳозирда айланувчи печларда юқоридаги камчиликлар бартараф этилмоқда.



5.43-расм. Айланувчи печнинг ташқи кўриниши (Карусель).



5.44.-расм. Айланувчи печлар.

а) радиацион турбали, б) электрли, 1-айланувчи таглик, 2-узатишлар станцияси, 3-тагликни айлантириш механизми, 4-электрик қиздиргичлар, 5-термопара ўрнатиш жойи, 6-назоратланувчи атмосферани киритиш жойи, 7-таъмирлаш эшиги.

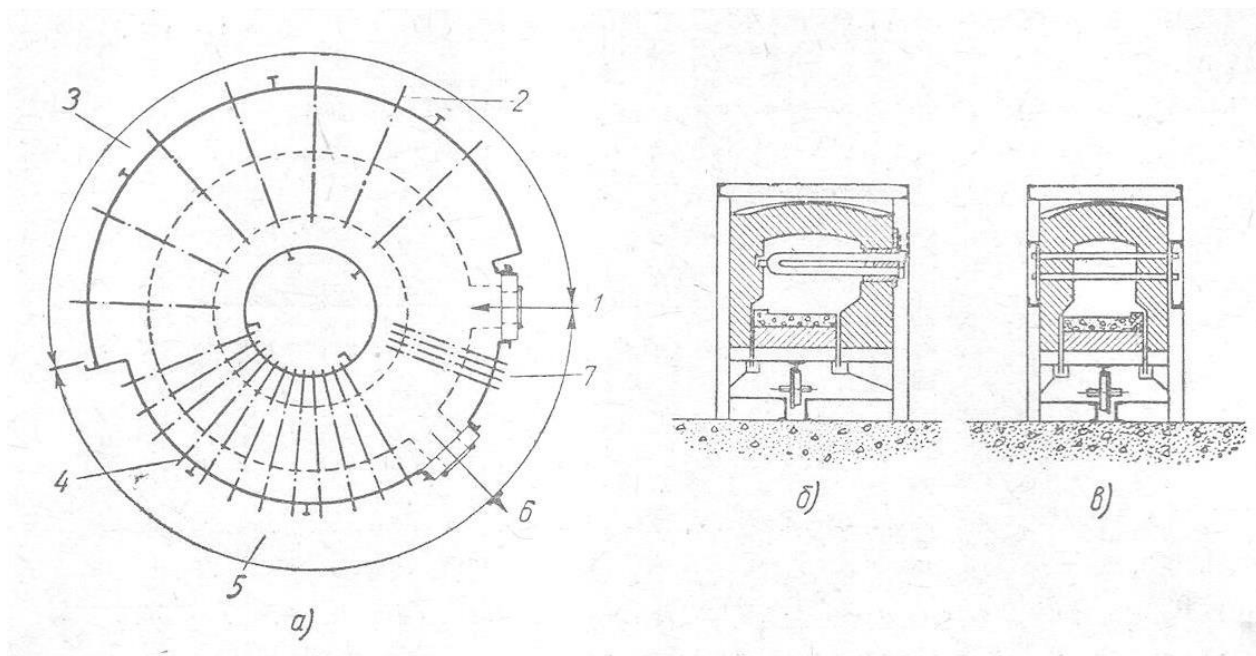


5.45.-расм. Турли катталиктаги айланувчи печларнинг ташқи кўриниши.

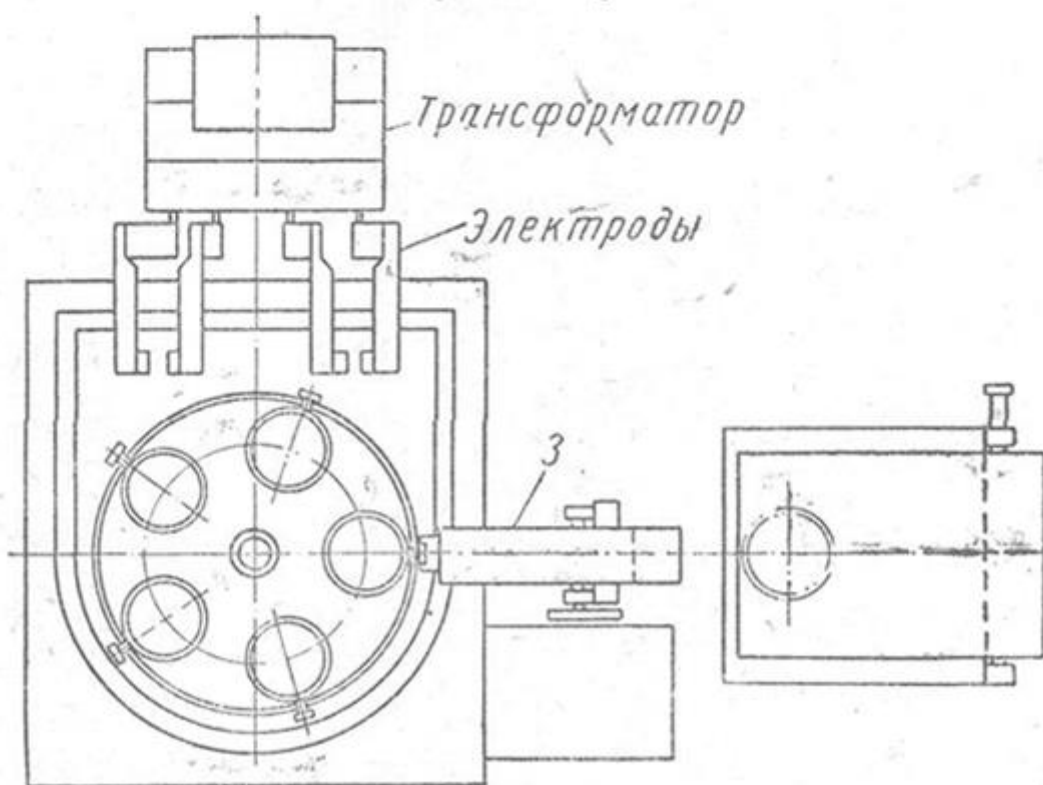
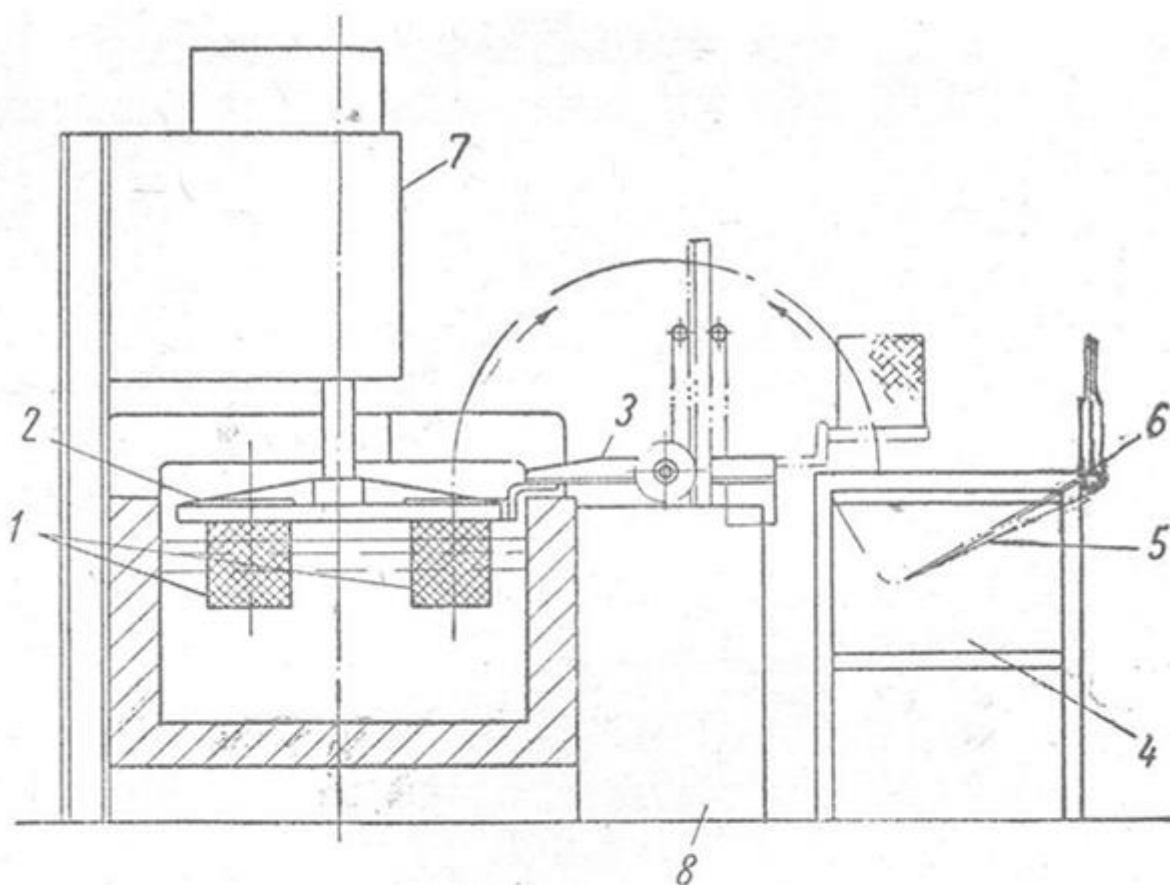
Роликли печлар

Ўтувчи печларда деталларни ҳаракатга келтириш учун роликлардан фойдаланилади. Роликлар оловбардош материаллардан тайёрланган трубалардан ишланган.

Роликлар таглик ҳосил қилиб, уларнинг айланиши тишли узатмалар орқали амалга оширилади. Баъзи печларда роликлар занжирли узатмалар орқали айланади. Печлар газ ва электр энергияда ишлаши мумкин. Бундай печларда нормалаш ва тоблаш учун қиздириш ва “ОК” юмшатиш каби операциялар бажарилиши мумкин.



5.46.-расм. Роликли печлар



5.47.-расм. Қияланган тузли печ ванна
а) Сурувчи печлар.

Автомобилсозлик, тракторсозлик ва бошқа яъни ишлаб чиқаришга асосланган корхоналарда тўхтовсиз ишлаб турувчи печларни яратиш тақазо этади. Улар орасида энг кўп тарқалган печлар сурувчи печларнинг турли конструкциялари ҳисобланади. Бундай печлар газ, мазут, электроэнергияда ишлаши мумкин. Ва уларни кўп ҳолларда агрегатларга бирлаштириб ишлатилди. Сурувчи печларда яхшилаш, нормалаш, бўшатиш операциялари ўтказилади. Агрегатлар таркибига қуйидаги жихозлар кириши мумкин:

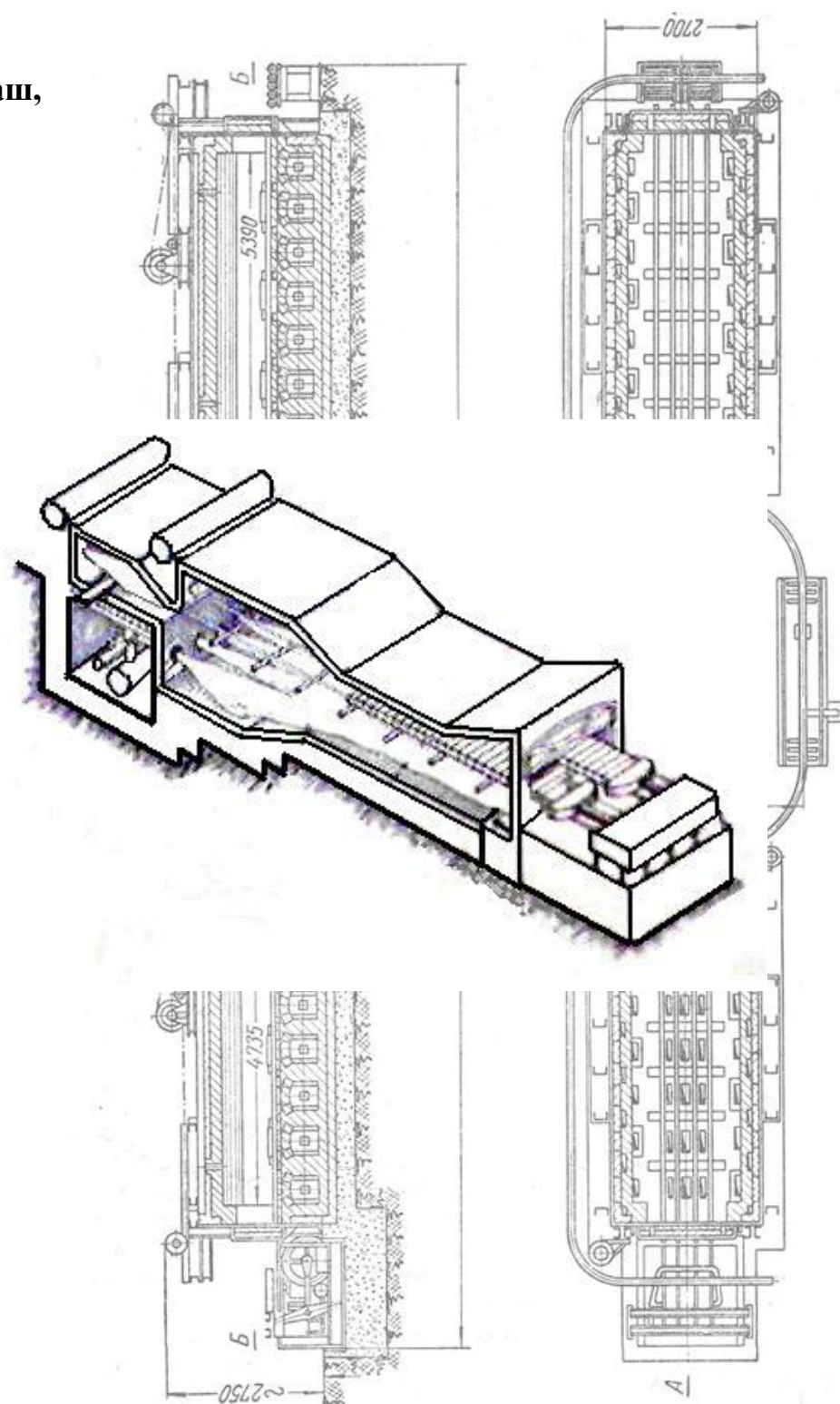
1. Тоблаш ёки нормалаш учун сурувчи печи
2. Тоблаш баки (яхшилаш учун) ёки моддалар совитиши учун (0000) нормалашда.
3. Бўшатиш учун сурувчи печ
4. Поддонларни бўшатиш учун стол

Тоблаш вақтида паддонлар автоматик равишда бўшаб туради. Бунинг учун паддонлар махсус бўртиб турувчи қисмларга эга бўлиб, тоблаш бакига яқин келганда ушбу бўртиб турган қисм махсус илмоққа илиниб қолиб, деталнинг юқори босимидан ағдарилиб детал тоблаш бакига тушиб кетади. Поддон яна ўз ҳолатига қайтиб, печдан чиқиб кетади ва монокельс бўйлаб юклаш қисмига қайтарилади.

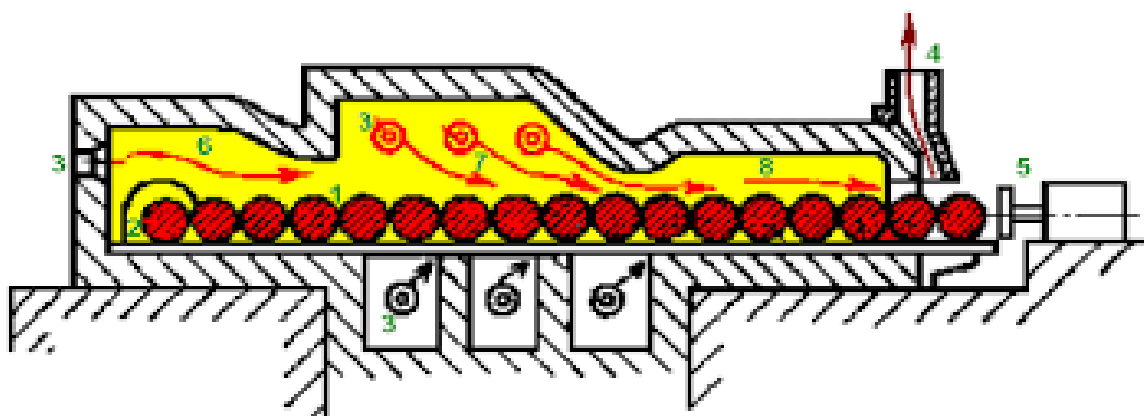
Тоблаш бакидан деталлар махсус паддонларга солиниб иккинчи печга киритилади. Бўшатиш детал совитиш елкали ёки роликга ўтади. Агар детал материали бўшатишдан дарз кетишга мойил бўлса деталларни совитиш учун сувли бак ўрнатилган бўлади.

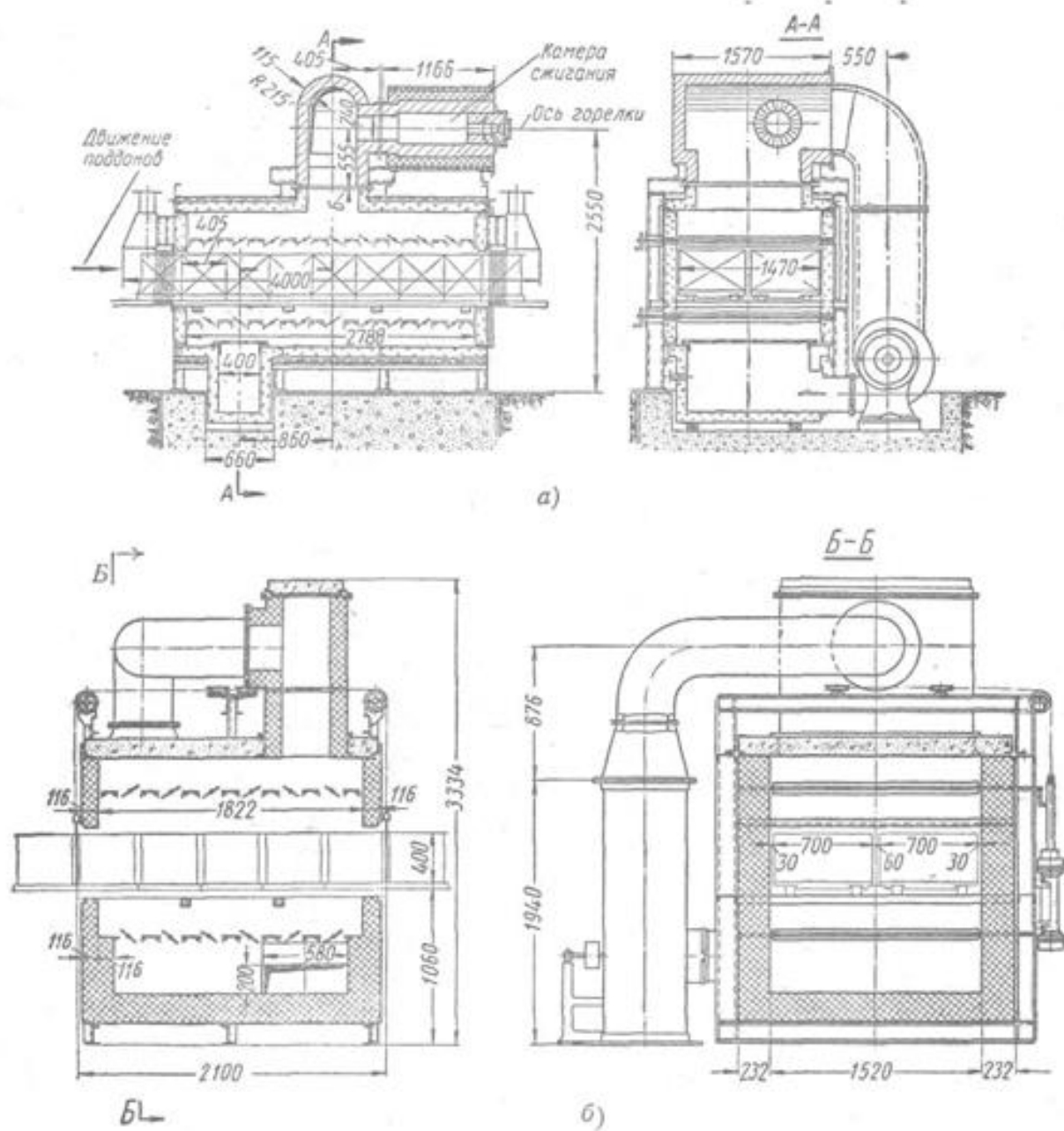
Сурувчи печларда кимёвий-термик операцияларда бакларнинг оловбардош материалларидан тайёрланган муфеллар тайёрланади.

5.48.-расм.
Сурувчи
печларни тоблаш,
бўшатиш
агрегати



5.49-расм. Сурувчи печларнинг қирқим кўриниши

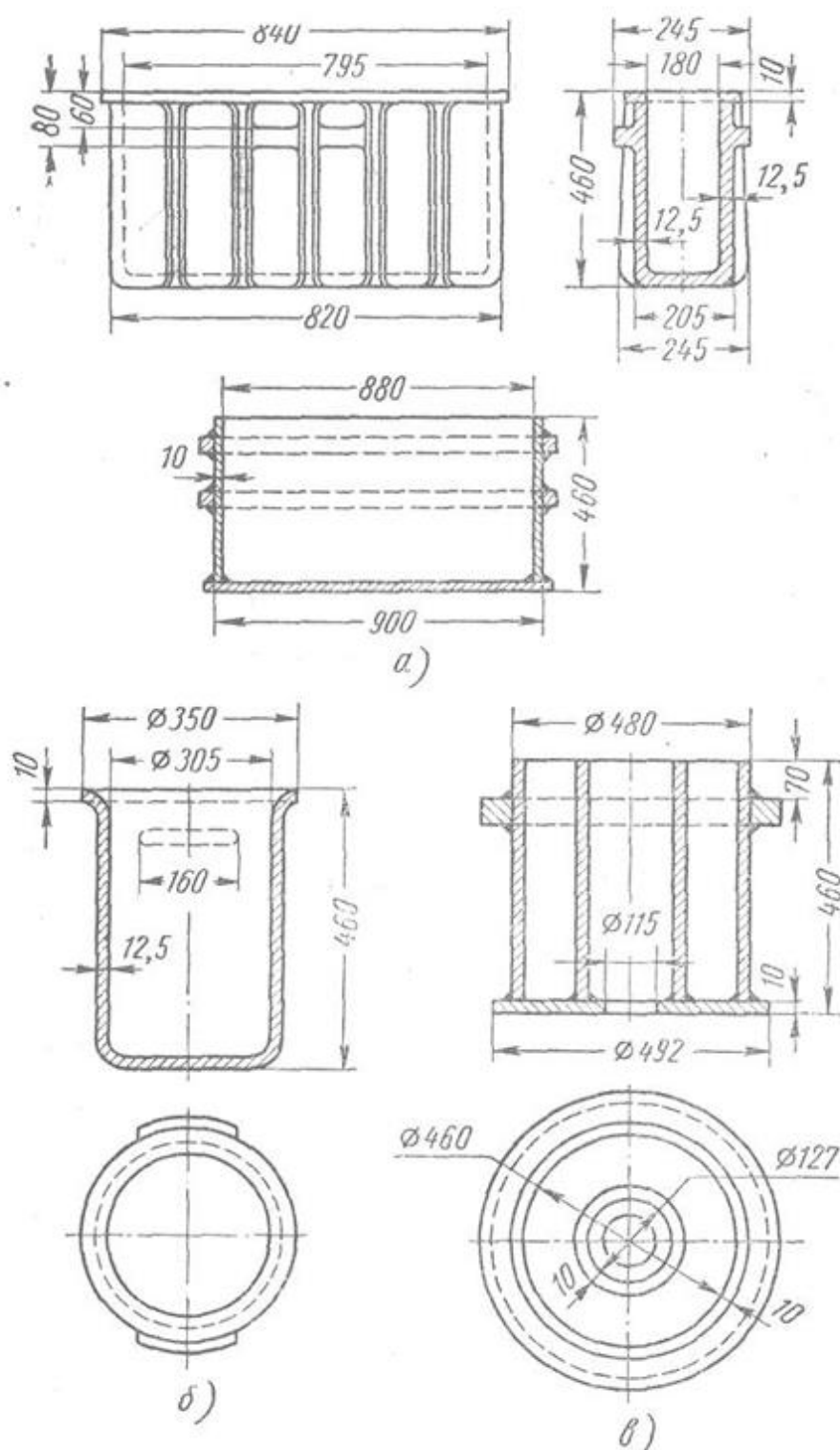




5.50-расм. Ҳаво қиздирилган циркуляциялаш сурувчи - бўшатувчи печ

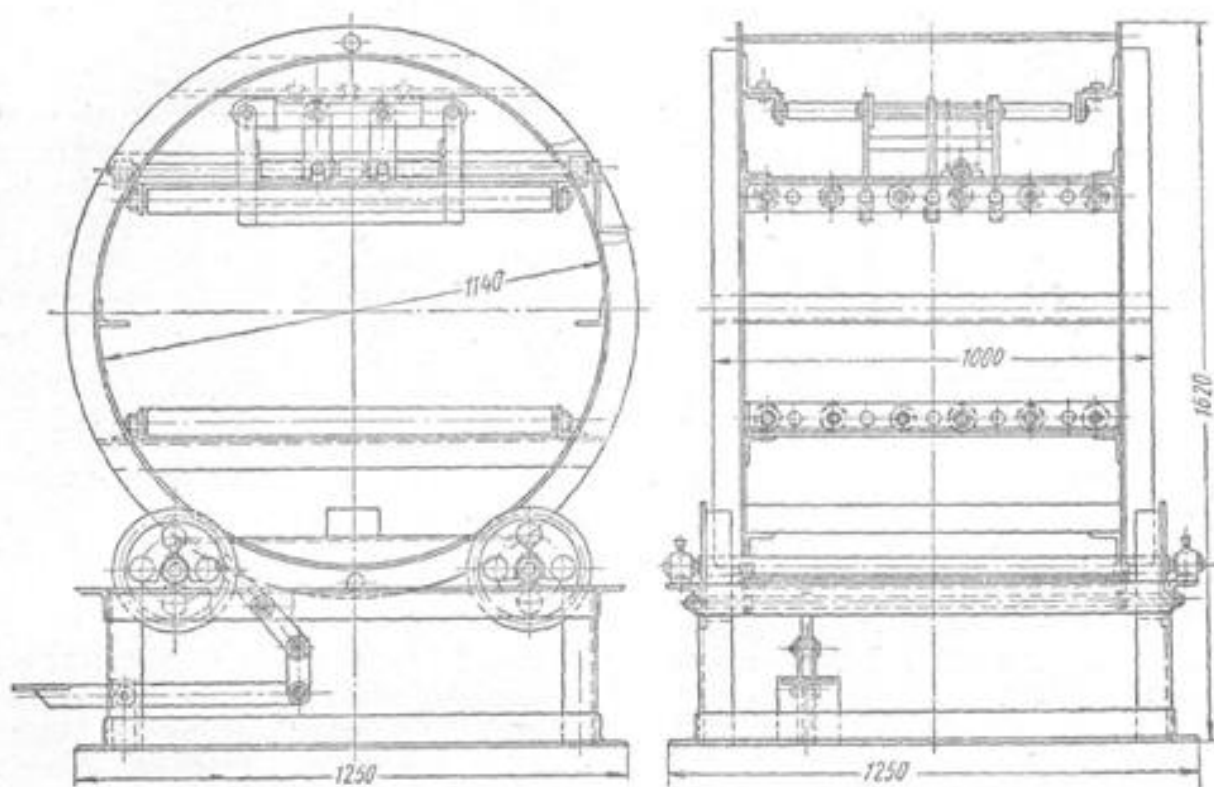
а) ёнган газ махсулотлари қўшлган газда ишловчи печ

б) электрик

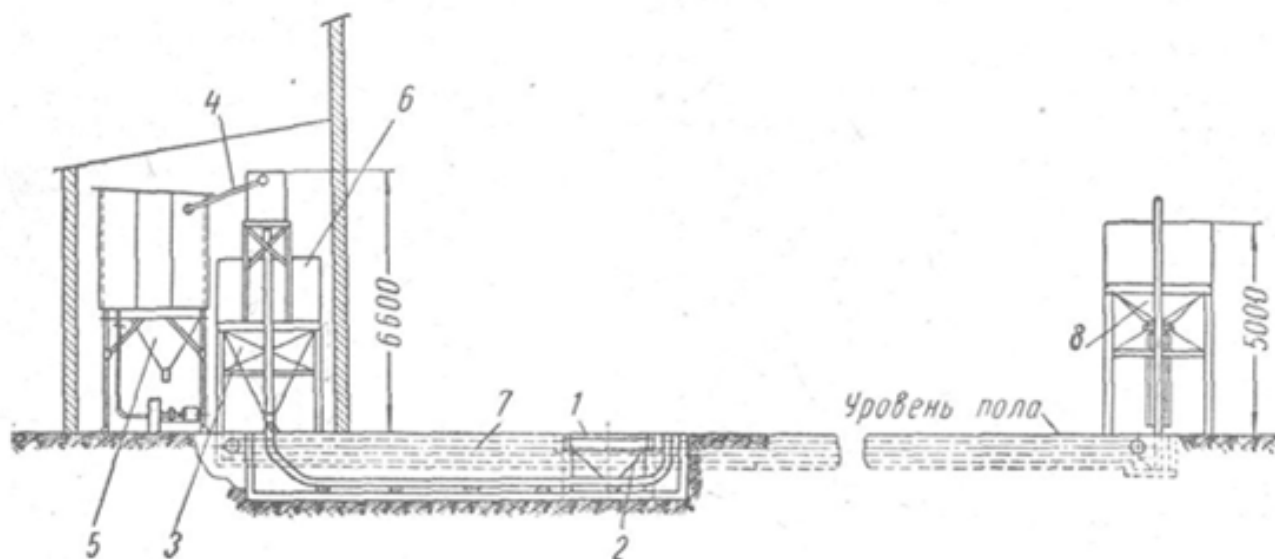


5.51.-расм. Қаттиқ корбрюзаторлар учун цементация яшикалари.

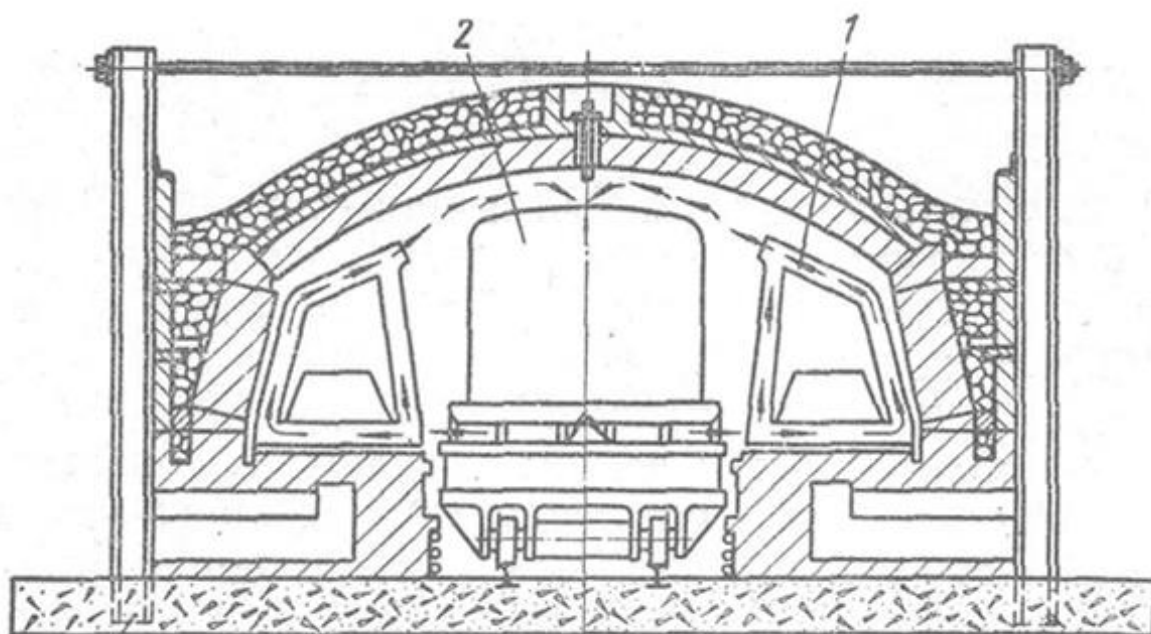
а) тўғри бурчакли, б) цилиндрик, в) тишли ғилдиракалар учун ички қисмда турба ўрнатилган цилиндр.



5.52.-расм. Цементация яшикларини тўнтариш мосламаси



5.53.-расм. Қаттиқ корбюзатор тайёрлаш қурилмаси



**5.54.-расм. Болғаланувчи чўян олиш учун тўхтовсиз ишловчи тунелли
печининг кесими.**

1-мефел, 2-тележка ва яшик



Қадамловчи тагликли печ.

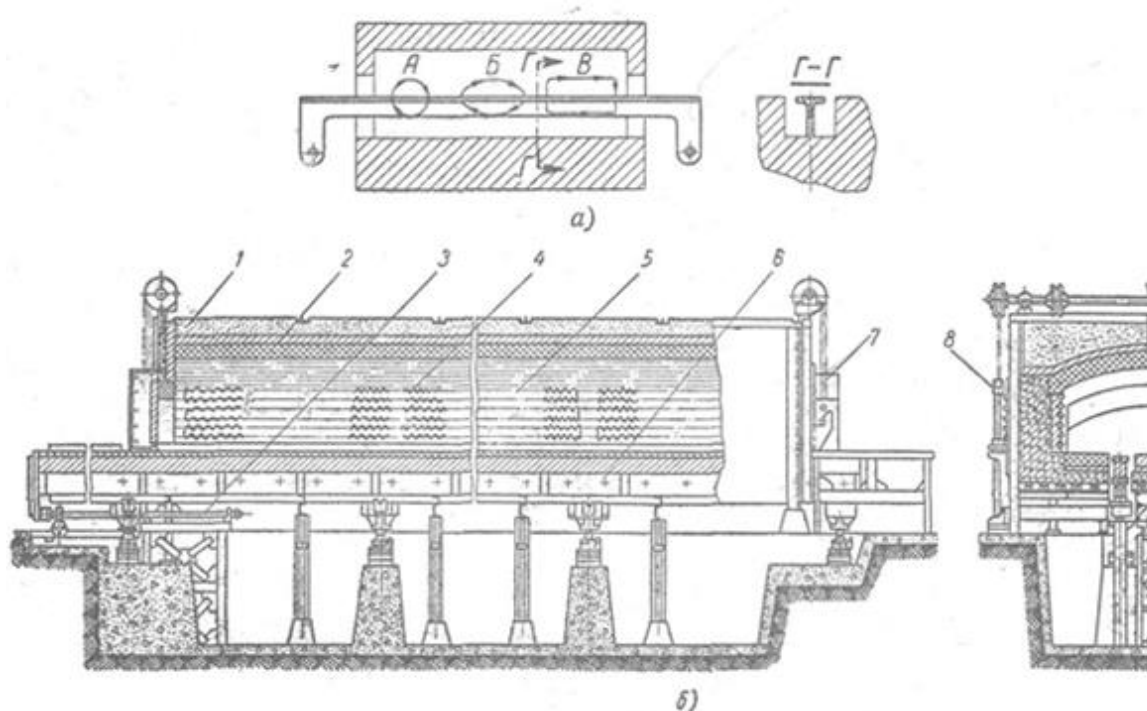
Механизацияланишнинг бошқа принципини қадамловчи тагликли печларда амалга оширилади. Бу печларда тоблаш ва нормалаш жараёнларини ўтказиш мумкин. Бундай печлар узун деталлар учун қўл келади. Печ ўтказувчи бўлиб, деталлар бир томондан юкланиб иккинчи томондан туширилади.

Печнинг бутун узунлиги бўйича махсус ёриқлар тайёрланиб, унинг ичида қадамловчи балкалар кўтарма-илгариланма ва каттиқ ҳаракатларни бажаради. Балкалар берк занжир бўйича ҳаракатланади. Ва кўтарилиб олдинга қадамлаганда деталлар ҳам илгари ҳаракат қилиб печ бўйича олдинга ҳаракат қилади. Бошқача конструкцияси фақат қадамловчи балкалардан ташкил топган тагликка эга. Демак биринчи балкалар билан олдинга ҳаракат қилади.

Қадамловчи балкали тагликли печларнинг асосий камчилиги печ ичига ҳаво сўрилиб туриши бўлиб, деталлар (заготовкalar) оксидланиб қолади. Замонавий печларда кумли ёки сувли кулфлар қўлланилиб ҳатто назоратланувчи атмосфераларни қўллаш мумкин.

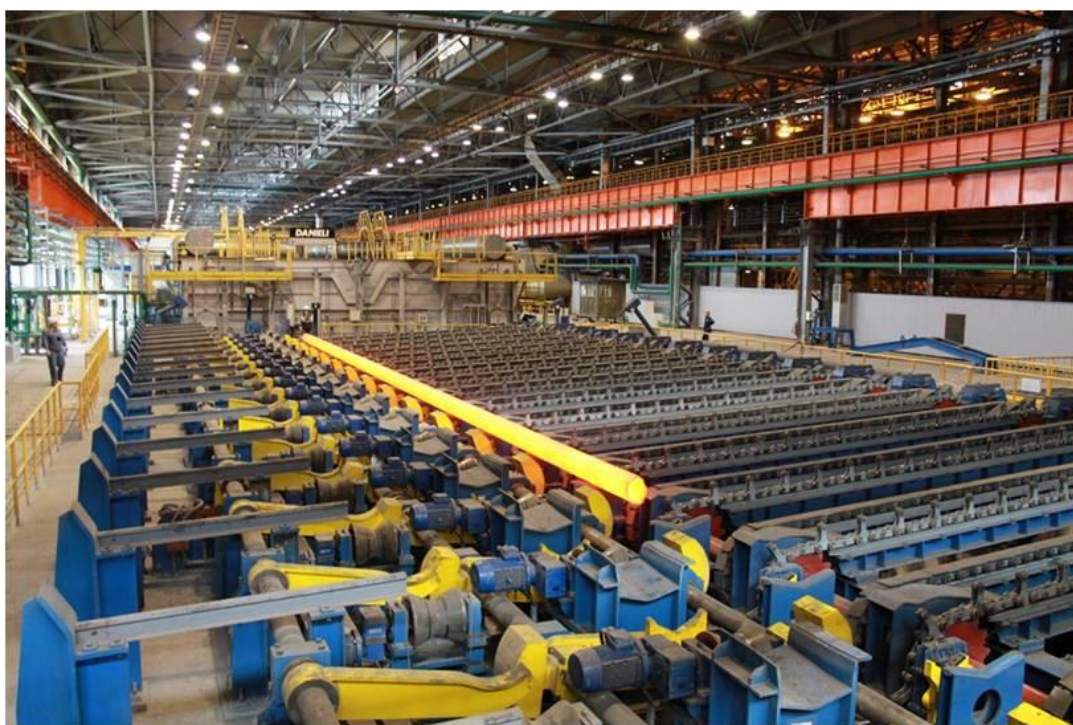


5.55-расм. Қадамловчи печнинг тузилиши ва иш фаолияти.



5.56.-расм. Қадамли тагликли печ

а) қадамли печ схемаси, б) печ конструкцияси: 1-қобик 2-футеровкаси 3-балка (тўсиқ)ни узатиш гидроцилиндри, 4-қиздирувчи элементлар, 5-плунжер, 6-қадамловчи тўсиқ (балка), 7-эшикча, 8-эшикчани оғиш механизми.



КОНВЕЙЕРЛИ ПЕЧЛАР

Конвейерли печларда маҳсулотларнинг печ ичидаги ҳаракати оловбардош деталлардан ташкил топган занжирли совутилган, пластинкали ва турли конвейерлардан фойдаланилади. Конвейер лентаси тагликда ўрнатилган йўналтирувчилар орқали ҳаракат қилади.

Ҳаракат илгариланма барабан орқали унда ўрнатилган тишли ғилдираклар билан бажарилади, конвейернинг қайтиши бошқа ёрдамчи механизмларда ўтказилиб турилади.

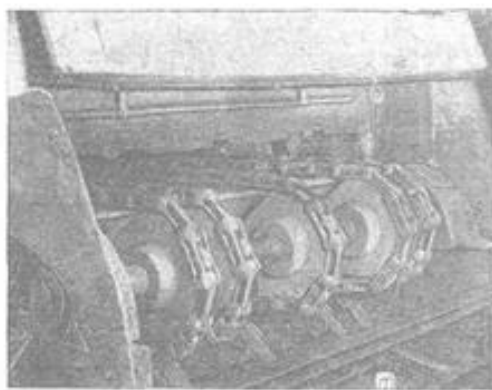
Конвейер деталларини тайёрлаш учун X18A25C2, X25A20C2, X20H80, X23A18 каби оловбардош асосан куйма материаллар ишлатилади.

Конвейерлар деярли барча печларда ишлатилиши мумкин. Камерали, методик, шахтали (Элеваторли печлар) ва х.к.

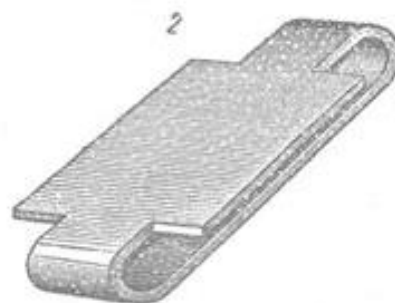
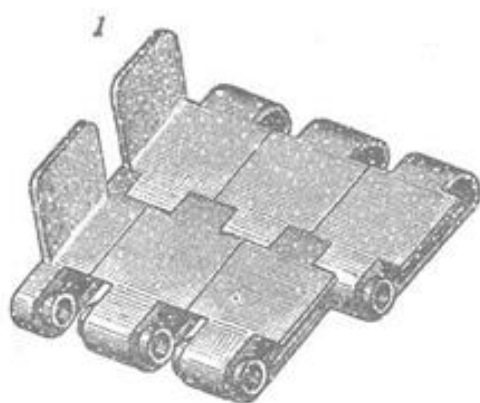
жадвал

Қадамловчи печнинг техник характеристикаси

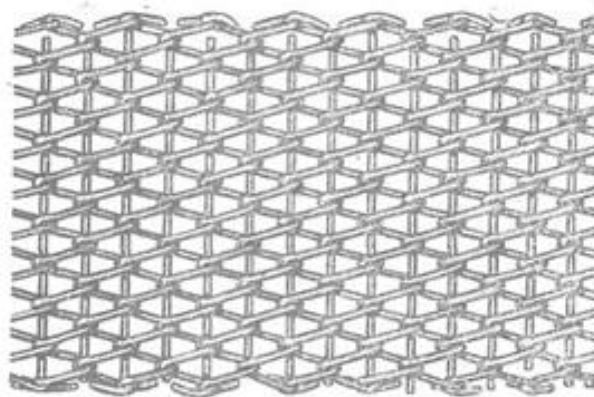
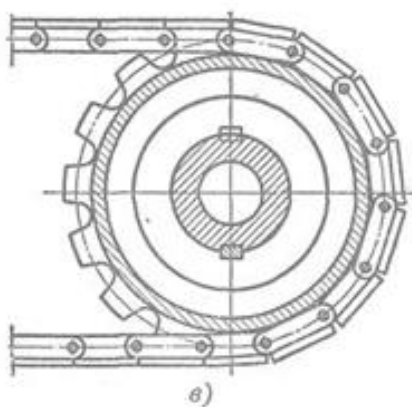
Кўрсаткичлар	ОКБ-274 Печи	ОКБ-308 Печи
Ишчи зона ўлчамлари, мм		
Эни	2200	855
узунлиги	8044	15 360
Баландлиги	300	390
Иссиқ зоналар сони	1	1
Қиздириладиган иссиқ зоналар узунлиги, мм	8044	15 360
Печ қуввати, кВт	330	630
Печнинг кучланиши, в	380	380
Фазалар сони	3	3
Электр зоналар сони	3	5
Балканинг горизонтал йўли, мм	400	900
Ишчи ғарорат, °С	950	950
Печ атмосфераси	ҳаво	Генератор гази
Печнинг умумий оғирлиги, Т	57,7	46,7



а)



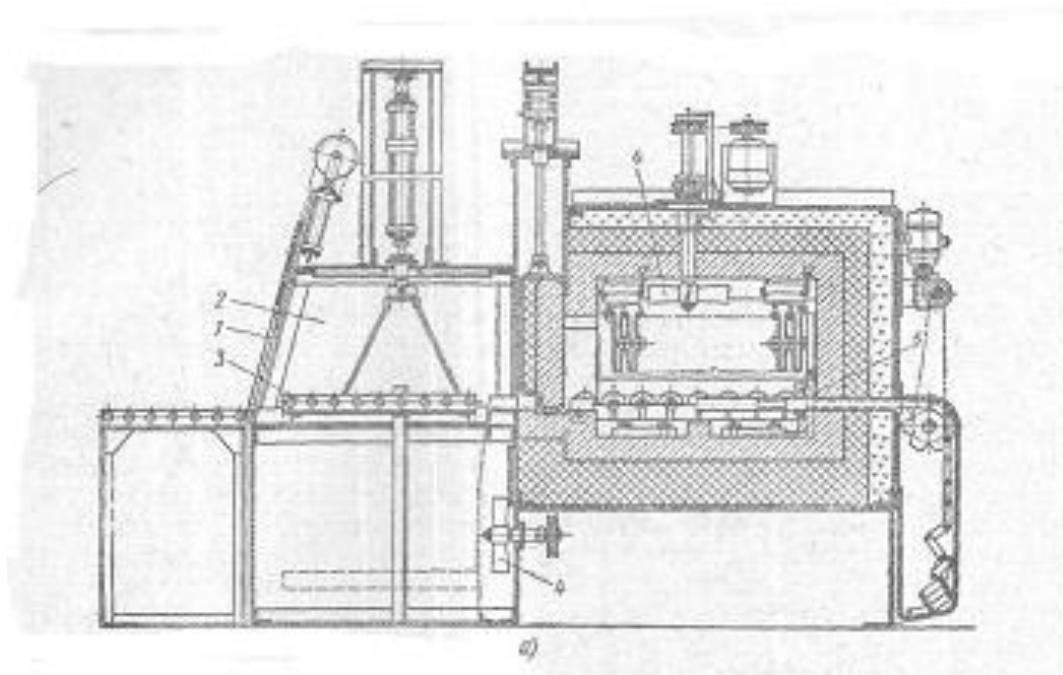
б)



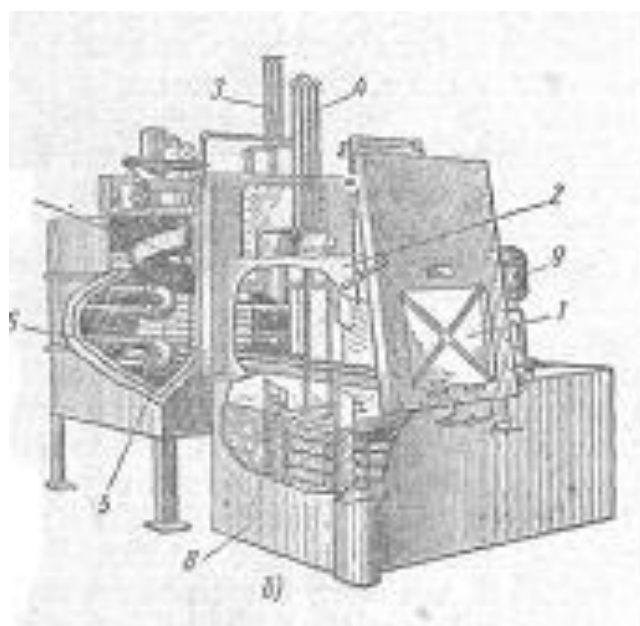
г)

5.57.-расм. Печ конвейерлари

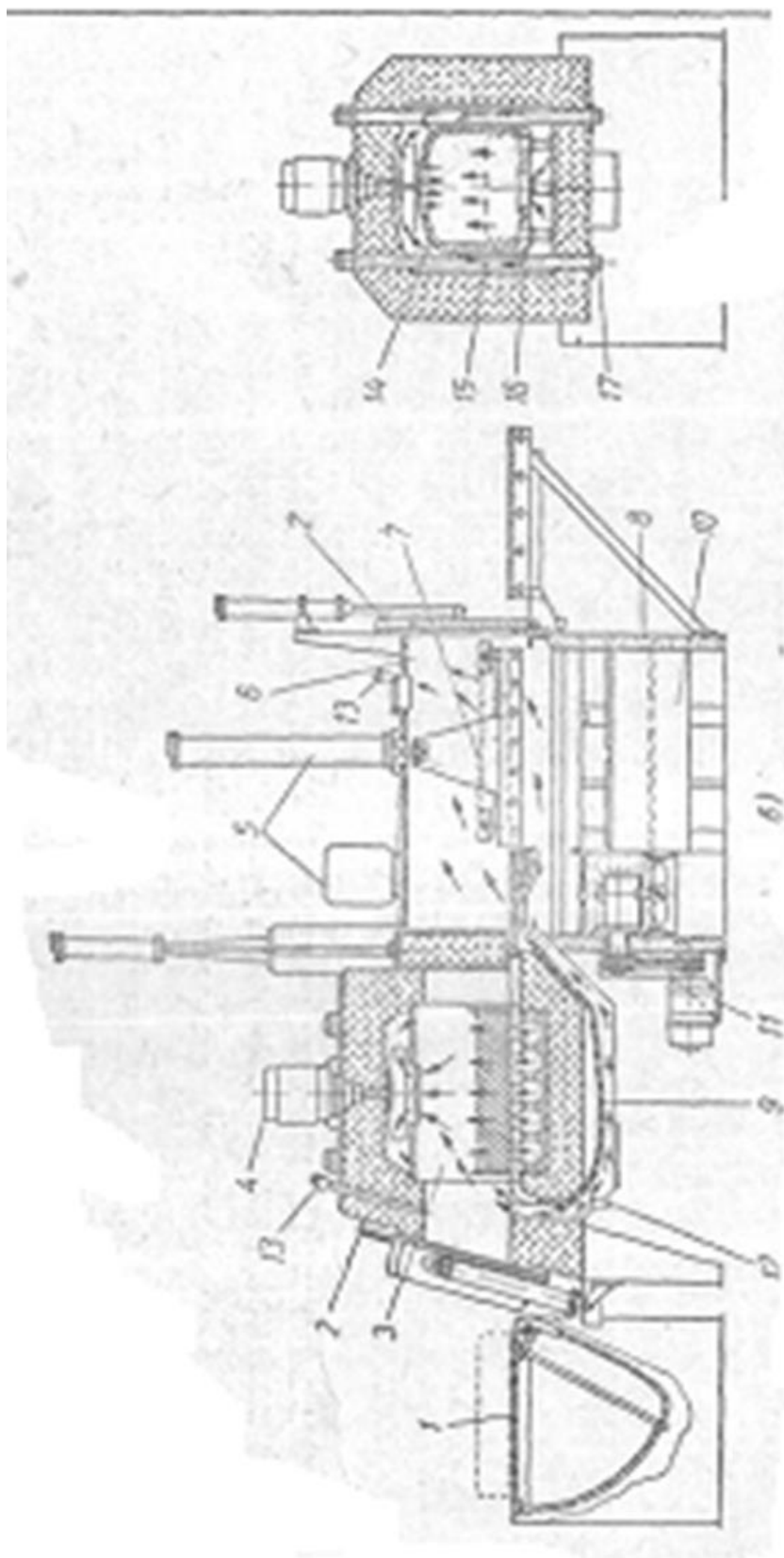
а) занжирли, б) зирхли, 1-йиғилган холда, 2-қуйилган звено, 3-пластинкали,
г) тўрли



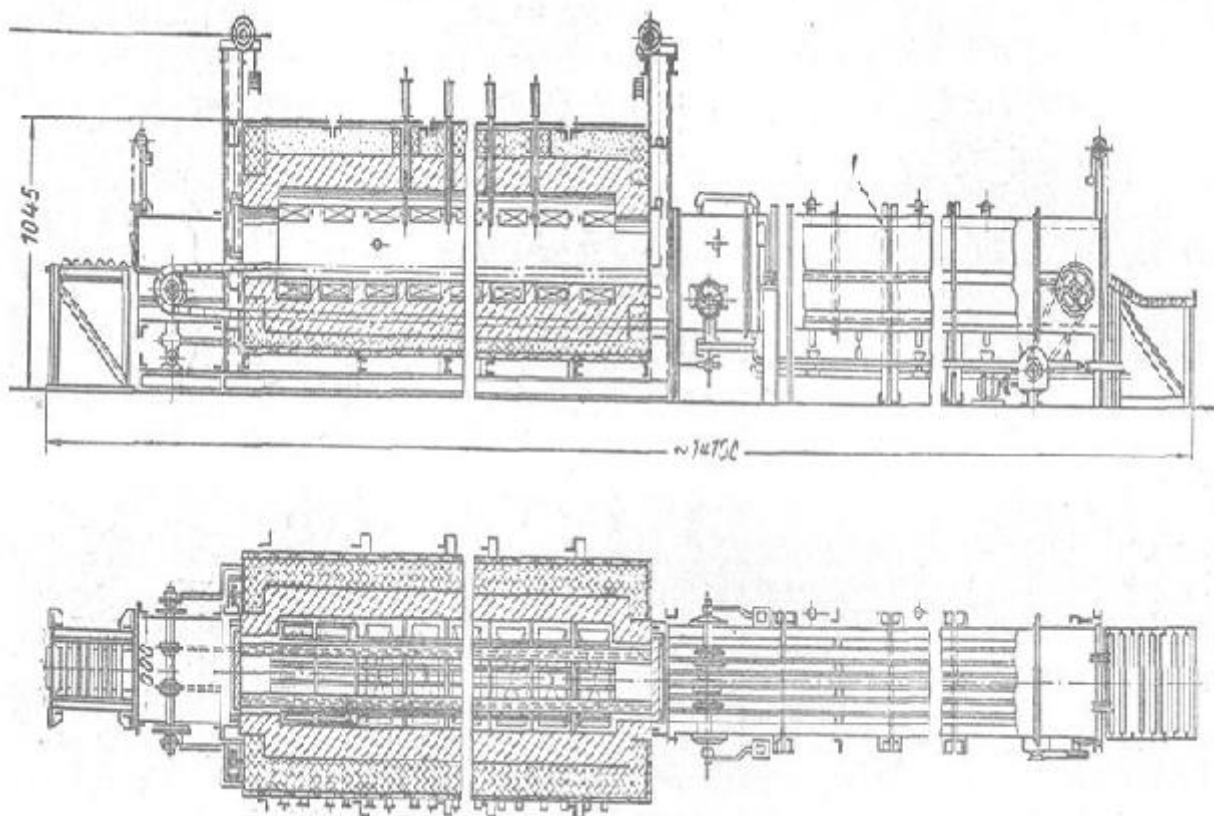
5.58-рasm. Камерали механизацияланган печнинг - а) электр-ЗИЛ заводи
лойихаси: 1-тўсиқ, 2-фор камера, 3-тушадиган стол, 4-вентеляторлар, 5-
поддонли силжитиш илмоғи



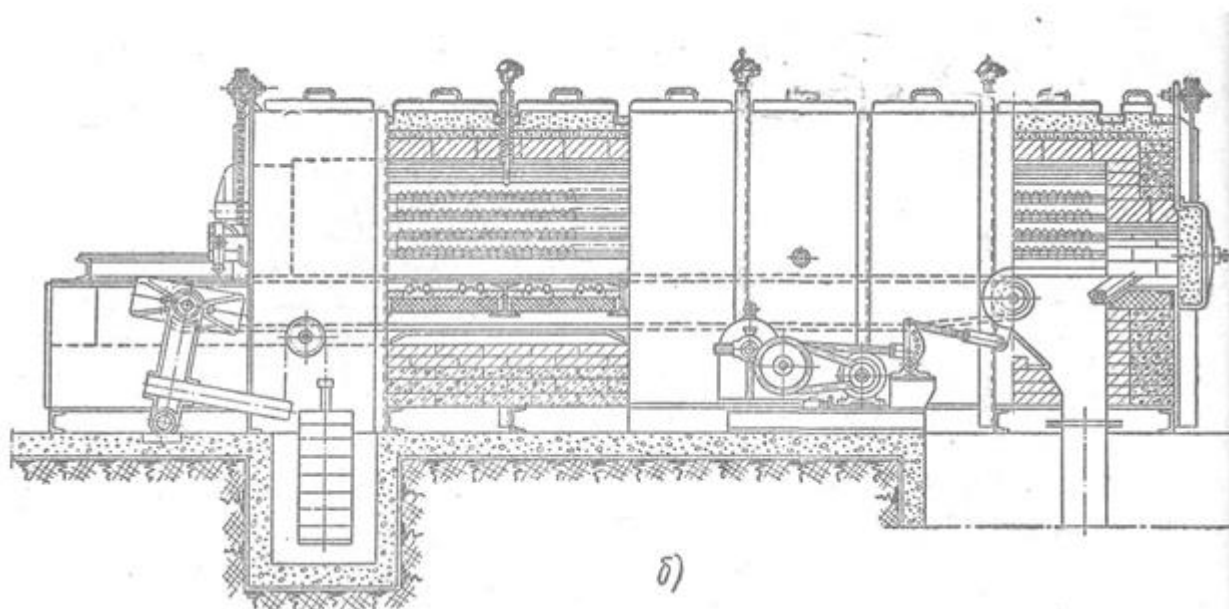
5.59-рasm. Камерали механизацияланган печнинг - б) горизантал жойлашган
радиацион турбали: 1-печ эшикчаси, 2-1-камера, 3-ички тўсиқ кўтарувчиси,
4-тушадиган стол кўтаргичи, 5-қиздириш камераси, 6-радиацион турбалар, 7-
вентилятор, 8-мойли бак, 9-мой насоси.



5.60-рasm. Камерали механизацияланган печнинг - в) вертикал жойлашган радиацион турбали печ: 1-автоматик юклаш мосламаси, 2-печ эшикчаси, 3-қиздириш камераси, 4-сув билан совувчи вентеляторли двигатели, 5-пневматик механизмлар, 6-тиш камераси(ташқаридан сув билн совитилади), 7-тушувчи стол, 8-тоблаш баки, 9-занжири транспортёр, 10-мойни температурасини автоматик назоратловчи тизимнинг қиздириш ва совитиш, 11-икки тезликли мой баки трубкаси, 12-назоратланувчи атмосфера киритиш, 13-нозаратланувчи атмосфери чикариш, 14-атмосфера циркуляциясини кучайтирувчи ва температуранинг текислигини тaминловчи ярим муфелли курилма, 15-радиацион трубалар, 16-чидамли керамик таглик, 17-ёпик газ горелкалари.

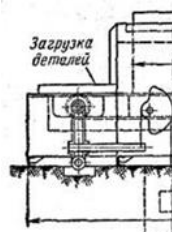


5.61.-расм. юмшатиш учун конвейерли печ

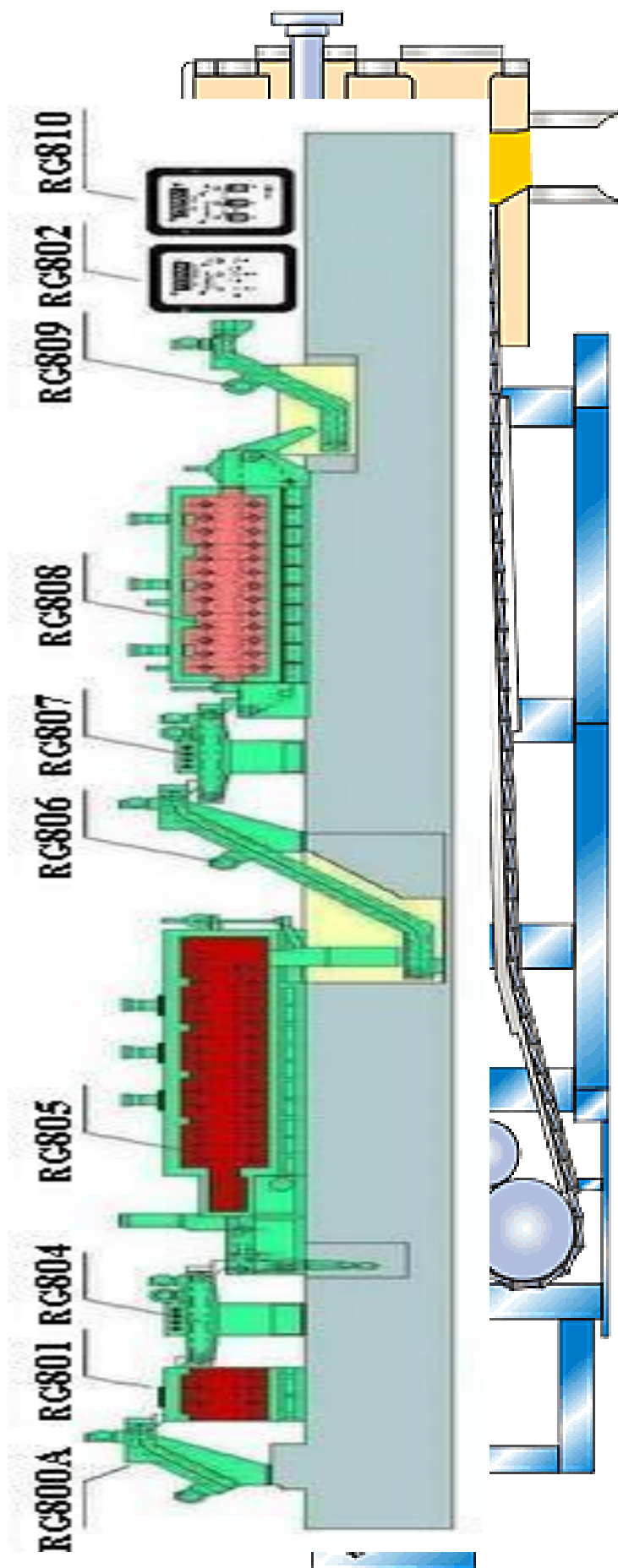


5.62.-расм. К-70 типдаги канвейерли электро печ

а) умумий кўриниши, б) печнинг кўндаланг кесими

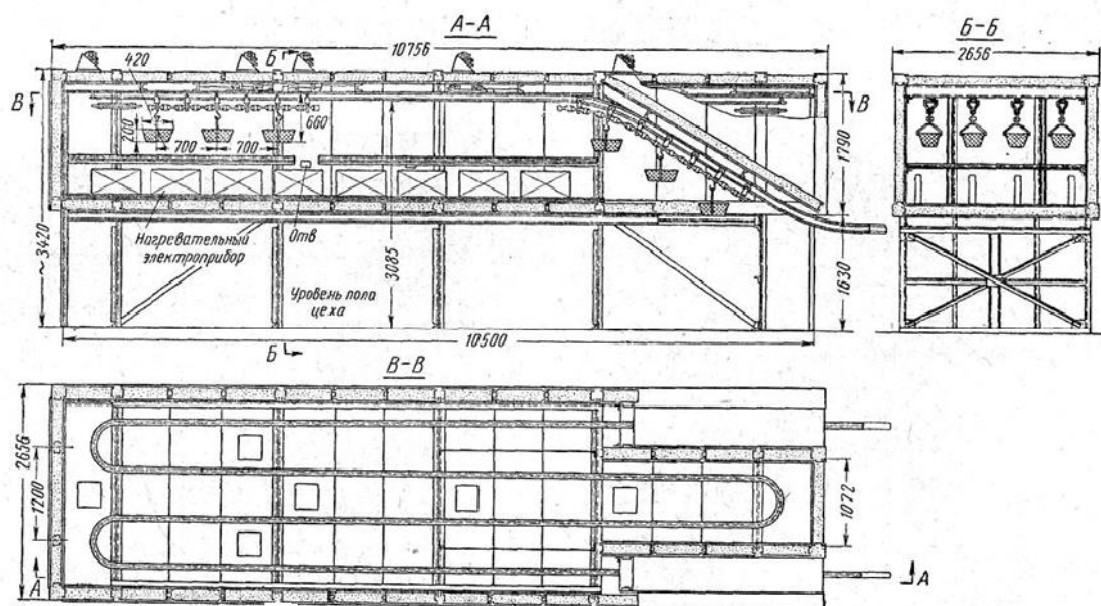


5.65.-
бўшатиш
электр
а) КО-
75А, б)
1-печ
печнинг
конвеерли
термопара
тешик, 7-
8-ёрдамчи



расм.
учун қо
печ
45, КО-55
КО-
қобин
футеро
қизди
элемент
узатма
вентиль
мойла
илгарила
вал, 9-қарши юк

5.64-расм. Конвейерли печда ҳароратнинг тақсимланиши.



5.66.-расм.Занжирли конвейерли бўшатиш печи

6. ИССИҚЛИКДАН ФОЙДАЛАНИШДА ЭКОЛОГИЯ МУАММОЛАР

6.1. Ёниш маҳсулотларининг токсик таъсири

Ёниш маҳсулотлари иссиқликтехникавий қурилмаларнинг энергетик ва экологик жиҳатларига таъсир этади. Аммо бундан ташқари бу маҳсулотларнинг ёнишидан бир қатор бошқа моддалар ҳосил бўлиши ва уларнинг миқдори анча кам бўлганлиги учун энергетик ҳисоблашларда инобатга олинмайди, лекин печ, пеларнинг ёнишдириш қисмлари ва иссиқлик двигателларида ва бошқа замонавий энергетик қурилмаларининг экологик кўрсаткичларига таъсир ўтказди. Экологик зарарли маҳсулотлар сифатида биринчи навбатда токсик газларни кўрсатиш мумкин. Токсик деб инсон организмига ва атроф муҳитга негатив таъсир ўтказадиган моддаларга айтилади. Асосий токсик газлар NO_2 - азот оксиди, CO -углерод (II) оксиди, турли углеводородлар ва кўрғошин, олтингугурт ва қурум моддаларининг бирикмалари ҳисобланади.

Азот оксидлари. Ёнишда асосан азот оксиди NO ҳосил бўлиб, ҳавода NO_2 гача оксидланади. NO миқдори температура кўтарилган сари кўпайиб боради ва углеводородли таркибдан ташқари кислород концентрацияси ҳисобига ошади. Атмосфера таркибидаги NO_2 гази қизғиш қўнғир тусдаги

газ бўлиб, катта концентрацияларда бўғиш хусусиятларига эга. NO_2 гази кўз пардаларига негатив таъсир этади.

Углерод (II) оксиди, (CO) кислород етишмаслиги ҳолатида газ бўлиб, нафас олганда ҳаво билан ўпкадаги қонга сурилиб қон таркибидаги гемоглобин билан интенсив равишда бирикиб, организмни кислород билан таъминотини сусайтиради. CO гази билан захарланиш аломатлари бош оғриғи, юрак уришининг тезлашуви, нафас олишнинг қийинлашуви ва кўнгил айниши ҳисобланади

Углеводородлар (CH) – ёнилғининг асли ёки парчаланган радикалларида ташкил топган ва ёниш жараёнида иштирок этмаган молекулалар ҳисобланади, асосан ички ёнув двигателларининг ишлаб чиққан газлари таркибида учрайди. Асосан двигатель ўчирилганда ёниш камераларининг совуқ деворлари ёнида, поршень ва цилиндр компрессион халқаларнинг юқори қисми орасидан чиқиб кетади. Дизель моторларида углеводородлар ўта бойитилган газ аралашмалари зоналарида ҳосил бўлиб, асосан ёнилғи молекулаларининг пиролизидан ҳосил бўлади. Агар кенгайиш вақтида бу зоналарга етарли даражада кислород берилмаса, унда CH_x ишлаб чиққан газлар таркибида атмосферага чиқиб кетади. Турли углеводородлар сони 200 дан ортиқ токсик газлар ҳосил қилиши мумкин. CH концентрацияси (айниқса интенсив транспорт оқими бўлган жойларда) ҳаво таркибида бўлганда бевосита инсон саломатчилигига зарар етказмасада, шундай реакцияларни бошланишига туртки бўладилар-ки, бу ҳосил бўлган моддаларнинг энг кичик концентрацияси ҳам захарли булиши мумкин. Масалан углеводородлар Қуёш нурлари таъсирида NO_x билан бирикиб биологик актив моддалар ҳосил қилиши ва атмосферада СМОГ деб номланган газ ва атмосферадаги намлик билан аралашма ҳосил қилиши мумкин. Айтиқса бензол, толуол, полициклик ароматик углеводородлар (ПАУ) ва биринчи навбатда бензпирен ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) ниҳоятда хавфлидир. Юқоритоксик моддаларнинг бу гуруҳи енгил ва ўртача фракцияли

ёнилғининг 600-700°C температурада пиролизи туфайли ҳосил бўлади. Бундай шароитлар цилиндрнинг совуқ сиртлари ёнида ёнмай қолган углеводородлар ҳисобига ҳосил бўлади. Ишлаб чиққан газлар таркибида ПАУлар қанча кўп бўлса, ёнмай қолган ёнилғи таркибида бензол ҳам шунча кўп бўлади. ПАУлар канцероген моддалар сирасига киради ва инсон организмидан чиқмайди, организмда йиғилиб бориш хусусиятига эга ва турли зарарли ўсмаларнинг ҳосил бўлишига омил бўлади.

Курум – каттиқ маҳсулот бўлиб, асосан углероддан ташкил топган. Углероддан ташқари курум таркибида 1..3 % (массаси бўйича) водород ҳам бўлиши мумкин. Курум 1500К температурадан юқори температурада, ёнилғининг кислороднинг катта миқдорда етишмасдан ёниши ва жараённинг боришида ҳажмий термик парчаланиш (пиролиз) натижасида ҳосил бўлади. Углерод атомлари бир хил бўлганида курум тушиш (кислород танқислигидан) мойиллиги куйидаги тартибда углеводородлар қатори жойлашган: парафинлар, олефинлар, ароматиклар. Дизель моторининг ишлаб чиққан газлари таркибида курумнинг мавжудлиги унинг қора тутунига қараб билса бўлади. Курум оғиз-бурун бўшлиғини ифлослантирувчи механик аралашма бўлиб бошқа канцероген моддаларни йиғиш хусусиятига эга бўлиб, курумдан ташқари каттиқ моддалар-олтингугурт, аэрозоль сифатида мой ва ёнмай қолган ёнилғиларни ҳам каттиқ моддаларини йиғиши мумкин. Махсус филтрларда ўтириб қолувчи моддалар – заррачалар деб умумий номга эгадирлар. Ишлаб чиққан газлар тўла ёнмасдан қолган ёнилғи маҳсулотлари (СО, СН, курум ва олтингугурт) нафақат токсикали моддалар эканлиги, балким тўла ёнмаслик орқали иссиқликни тўла ажралиб чиқмаслиги ҳам қўшилган бўлиб, бу ҳолат иссиқлик қурилмаларининг иқтисодий кўрсаткичларига ҳам таъсир этади.

Қўрғошин ва олтингугурт. Қўрғошиннинг бензиндаги тахминан 50...70 % қисми ишлаб чиққан газлар орқали атмосферага ўтиб, қўрғошин тузлари ҳосил қилади, уларнинг диаметр ўлчамлари 1 мкм дан кичик. Ушбу

заррачалар хаво ва тери орқали инсон организмига тушади, кўрғошин тузлари инсон организмдан чиқиб кетмайди, йиғилиш хусусиятига эга ва ўта захарлидир. Кўрғошин марказий нерв тизимига салбий таъсир этиб, турли хил неврологик ва психик ўзгаришларга олиб келади. Дизель ёқилғиси, мазут, тош кўмир таркибидаги олтингугурт ёнганидан сўнг ёниш маҳсулотларида олтингугурт диоксиди SO_2 ҳосил бўлади, SO_2 ўсимликлар учун хавфли бўлиб, ёмғир билан бирикиб сульфидлар SO_2 ва яшин уришида кислород билан бирикиб сульфатлар ҳосил қилади ва “кислотали ёмғир” сифатида тушиши мумкин. Ишлаб чиқарилган газлар таркибида кўрғошин ва олтингугуртнинг мавжудлиги учун каталитик моддалар билан уларни нейтраллашнинг имконини бермайди. Баъзи токсик газлар атмосферада бошқа турдаги моддаларга айланиб, уларни нейтраллаш жуда мушкул масалага айланган. Масалан атмосферага аралашган углеводородлар (ёки уларнинг радикаллари), азот оксиди ва углерод (II) оксиди, кислороднинг Қуёш нурлари таъсирида O_3 - озонга айланган формаси билан бирикиб ўта захарли моддалар ҳосил қилиши мумкин. O_3 -озоннинг ўзи ҳам жуда кучли оксидловчи бўлиб, маълум концентрацияларда инсон саломатчилигига ёмон таъсир этади. Кам ҳаракатчан ва нам атмосферада NO_2 , O_3 и CH юқори концентрациясида кўнғир тусдаги туман ҳосил бўлиб, инглизчада – “Smog” номини олган захарли аралашма ҳосил қилади. Смог – газсимон моддаларнинг суяқ аралашмаси бўлиб, кўз ва кўзнинг пардаларини яллиқлайди, унинг кўнғир туси йўллардаги кўриш даражасини ёмонлаштиради. Токсик маҳсулотларнинг асосий манбаи автомобиллар, саноат корхоналари, иссиқлик ва электр станциялари ҳисобланади. Шаҳар ва унинг атрофида бундай газларнинг концентрацияси руҳсат этилган концентрациядан бир неча ўн баробар кўп бўлишлиги ҳозирда яққол аён бўлиб қолган.

6.2. Токсик газларнинг таъсири.

Токсик чиқиндиларнинг концентрацияларини баҳолаш учун уларнинг ҳақиқий миқдорини чегаравий рухсат этилган концентрацияларини солиштириш билан аниқланади (максимал бир маротабали, ўртача суткалик, ўртача - йиллик). Қўплаб эпидемиологик ва токсикологик изланишлар асосида ҳар бир зарарли компонентнинг муайян ҳолда салбий таъсир этувчи ҳолатларни келтириб чиқариши аниқланган.

CO -углерод (II) оксиди (атмосферада 2...42 ойгача турғун бўлиши мумкин) асаб тизимига таъсир этиб, ҳушдан кетишларга олиб келиши билан таснифланади, чунки нафас олганда қондаги гемоглобин билан кислород ўрнига реакцияга киришади. Атмосфера таркибидаги концентрациясига қараб таъсир этиш даражаси турлича. Нафас олиш тўхтаганда гемоглобин билан бириккан CO газининг, соғлом одам қони 50% гача ҳар 3-4 соатда тозаланади. CO газининг марказий асаб тизимига таъсири, кўзнинг ранг ва нур қабул қилиш сезгирлини сусайтириш билан йўл-транспорт ҳолатларини кўпайишига олиб келиш эҳтимоллигини кучайтиради. Максимал – бир маротаба- чегаравий рухсат этилган концентрацияси бу модда учун аҳоли яшаш пунктларида 3 мг/м^3 , АҚШда – 10 мг/м^3 8 соатлик таъсир учун белгиланган.

Автомобиллар устидаги атмосфера ҳавоси таркибида асосан NO , NO_2 учрайди. NO азот оксидлари орасида турғун бўлмаган оксид бўлиб (ҳаводаги концентрациясига қараб) 0.5-3 соатдан 100 соатгача оралиқ вақтда NO_2 гача оксидланиши мумкин. NO_2 газининг токсиклиги NO токсиклигига қараганда 7 баробар кучли. NO_2 инсон организмга таъсир этувчи концентрация миқдори 15 мг/м^3 ўткир безовта килувчи, $200...300 \text{ мг/м}^3$ концентрацияларда эса нафас олиш параличини келтириб чиқаради. Атмосфера намлиги таъсирида, азот оксиди азот кислотаси ҳосил қилиб, металллар коррозиясини келтириб чиқаради, ўсимликларни нобуд қилади ва ҳ.к. Азот оксидлари фотохимёвий СМОГ нинг энг хавфли актив компоненти

бўлиб юзага чиқади. Аҳоли яшаш жойларида азот оксидларининг атмосферадаги чегаравий рухсат этилган концентрацияси – $0,085 \text{ мг/м}^3$.

Газосимон қуйимолекуляр углеводородлар инсон организмга наркотик сингари таъсир этиб, эйфория ҳолатини келтириб чиқаради ва йўл-транспорт ҳодисаларини кўпайишига сабабчи бўлади. Уларнинг токсиклиги Қуёш нурлари радиацияси таъсирида янада кучайиб смог нинг фотохимёвий оксидантларга айланиш эҳтимолини кучайтиради. Уларнинг рухсат этилган чегаравий концентрацияси 5 мг/мдан ошмаслиги керак.

Полициклик ароматик углеводородлар, двигателлар ишлаб чиқарган газлар таркибида бўлиб канцероген ҳисобланади. Улар орасида энг хавфлиси ва активи бензпирен ($C_{20}H_{12}$) ҳисобланади. Унинг чегаравий рухсат этилган миқдори $0,1 \text{ мкг/100 м}^3$ хаво таркибида ҳисобланади.

Ишлаб чиққан газлар таркибида қурум оддий чангга қараганда анча токсик ҳисобланади. Қурум заррачалари канцероген моддаларини адсорбциялаш хусусиятига эга бўлиб ,унинг чегаравий миқдори 130 мг/м^3 дан ошмаган бўлиши керак. Қурум заррачаларининг ўлчамлари $0.19\text{--}0.54 \text{ мкм}$ атрофида бўлиб ўпкагача етиб бориши ёки бурун бўшлиғида,трахея ёки бронхларда ўтириб қолиши мумкин.

Олтингугугурт оксидларининг жуда кичик концентрацияси ҳам нафас йўлларига таъсир этади. $0,01 \%$ концентрациясида бир неча минутда инсон захарланиши мумкин. Атмосфера таркибида SO_2 кўпайиши фотосинтез жараёнига тўсқинлик қилади, нафас йўлларини бўғади. SO_2 $0,9 \text{ мг/м}^3$ дан ошган концентрациясида дарахтлар сарғайиб,барглари эрта тушади. SO_2 ва CO аралашмасининг узоқ вақт таъсирида организмнинг генетик функцияларининг ишдан чиқиши кузатилган. SO_2 газининг рухсат этилган чегараси 10 мг/м^3 этиб белгиланган.

Қўрғошин бирикмалари бош оғриғи, чарчаш аломатлари, уйқунинг бузилиши, тирик организмларнинг оксилларининг ферментатив активлигига таъсир ўтказади. Қўрғошиннинг суткали рухсат этилган чегаравий меъёри

0,0003 мг/м³ бўлсада, кўрғошиннинг организмда йиғилиши асаб ва қон – томир тизини оғир оқибатларга олиб келувчи фактор сифатида жуда хавфли хисобланади. Автомобилларнинг ишлаб чиққан газлари таркибидаги кўрғошин инсонга ичимлик суви, озиқ овқат маҳсулотлари орқали ҳам таъсир этади. Транспорт воситаларининг ишлаш вақтидаги шовқин, электромагнит нурланишлари ҳам инсон саломатчилигига салбий таъсир ўтказди.

6.3 “Иссиқхона” эффектининг таъсири.

Ёниш маҳсулотларининг асосий компоненти углерод диоксида CO₂ бўлиб, токсик газлар сирасига кирмайди. CO₂ газининг йиллик эмиссияси 130..1100 млрд т/йилига тўғри келади. CO₂ асосий манбаи табиий бўлиб, фақат 1-3 % инсоният техника воситалари улушига тенг. Лекин шу 1-3 % атмосферадаги мувозанатга путур етказиши ва “иссиқхона “ эффектига сабаб бўлаётир. Атмосферанинг юқори қатламларида ҳамма вақт газларнинг аралашмаси 60-90 % сув буғлари сифатида бўлиб келган. Газларнинг бу аралашмаси Ер сайёрасидан иссиқлик чиқиб кетишига тўсқинлик қилиб, Ернинг ўртача температурасининг 33°C ли интервалини таъминлаб беради (-18+15°C). Ер атмосферасининг ўртача температурасининг бундай даражадалиги ҳаётнинг пайдо бўлиши омилларидан бири бўлиб келган, лекин охириги 100 йил ичида, инсон фаолиятининг техникага асосланган даврида, стратосфера ва тропосфера қатламларида CO₂, CH_x, галогенли углеводородлар, озон ва азот гемоксиди (NO₂) йиғилиб бориши температуранинг ўртача миқдордан 0.5°C ошишига, иқлим назоратсиз даражада исиб кетишидан музликларнинг эришига олиб йишига ва “иссиқхона” эффектининг вужудга келишига сабабчи бўлмоқда. Иқлим йишининг келиши ва глобал даражадаги қайтариб бўлмас жараёнларнинг йишга тушиш хавфини кучайтирмоқда. Антропоген газлар орасида “иссиқхона“ эффектининг кучайишига CO₂ газининг ўрни ва роли каттадир. CO₂ газининг атмосферага етказиб беришда: иссиқлик ва электр станциялари – 27 %, саноат – 20 %, уй-жойларнинг йитилиши ва кичик

энергетика – 20 %, транспорт – 17 % ташкил этади Антропоген чиқиндиларнинг камайтириш муаммоси ўткир экологик масалага айланиб бормоқда.Шунинг учун CO_2 газининг атмосферага чиқаришни камайтириш учун янги технологик жараёнлар воситасида ишлаб чиқариш ва янги энергия манбаалари, жумладан :

- Углеводород ёнилғисида ишловчи иссиқлик техникасининг CO_2 газини камроқ ишлаб чиқариш усуллари жорий этиш, яъни иссиқлик қурилмалари, иссиқлик двигателларининг тежамкор ишлаш қобилиятини ошириш.

- С - углерод миқдори кам бўлган ёқилғи манбааларидан фойдаланиш (суюлтирилган газ, спирт ва эфирлар) ;

- Водороддан фойдаланиш;

- Альтернатив энергия манбааларининг жорий этиш қайталанувчи – шамол, қуёш энергияларидан фойдаланишни кўпайтириш, ядро ва атом энергетикаси борасидаги изланишларни кучайтириш ва атом энергетикасининг хавфсиз технологияларини жорий этиш.

Адабиётлар рўйхати

1. Кривандин В.А. Металлургическая теплотехника. Т. 1. Теоретические основы. – М.: Металлургия, 1986. – 424 с.
2. Кривандин В.А. Металлургическая теплотехника. Т. 2. Конструкции и работа печей. – М.: Металлургия, 1986. – 592 с.
3. Миткалинный В.И., Кривандин В.А. Металлургические печи. Атлас. – М.: Металлургия, 1987. – 384 с.
4. Глинков М.А. Металлургические печи. – М.: Металлургия, 1978. – 482 с.
5. Альтгаузен А. П. Электротермическое оборудование. – М.: Энергия, 1980. – 488 с.
6. [Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. и др. Теплотехника.](#)– М.: [Высшая школа](#), 2002. – 671 с.
7. Тебеньков Б.П. Рекуператоры для промышленных печей. – М.: Металлургия, 1985. – 404 с.
8. Либенсон Г.А., Панов В.С. Оборудование цехов порошковой металлургии. – М.: Металлургия, 1983. – С. 6–27, 192–228.

9. Телегин А. С. Теплотехнические расчёты металлургических печей. – М.:
Металлургия, 1987. – 528 с.

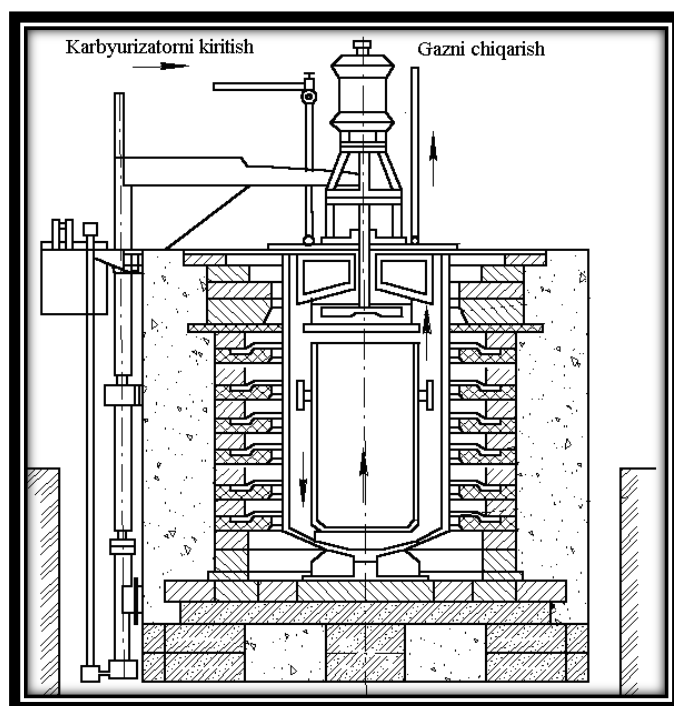
ИЛОВА

“ҚИЗДИРИШ ҚУРИЛМАЛАРИ”

ФАНИДАН КУРС ИШИНИ

бажариш бўйча

УСЛУБИЙ КЎРСАТМА



МУНДАРИЖА

- 1. Ёнилғининг ёнишини аналитик ҳисобланиши**
 - 1.1. Ҳаво сарфини аниқлаш
 - 1.2. Ярим кокс газининг ёнганда паст иссиқлик яратишини аниқлаш
 - 1.3. Ёнилғининг ёниш температурасини аниқлаш
- 2. Печ ўлчамлари ва металлнинг қиздириш вақтини аниқлаш**
 - 2.1. Методик зонада металлнинг қизиш вақтини аниқлаш
 - 2.2. Пишириш зонасида металлнинг қизиш вақтини аниқлаш
 - 2.3. Печнинг асосий ўлчамларини аниқлаш
- 3. Печнинг иссиқлик балансини аниқлаш**
 - 3.1. Печ деворини иссиқўтказувчанлигини аниқлаш
 - 3.2. Иссиқлик балансининг кирим моддалари
 - 3.3. Иссиқлик балансининг сарф моддалари
- 4. Ёнилғини ёндириш мосламаларини ҳисоблаш (горелкалар)**
- 5. Хавони қиздирувчи қурилмаларни ҳисоблаш**
- 6. Мўри трубасини ҳисоблаш**
- 7. Мехнат муҳофазаси ва техника хавфсизлиги**
 - Хулоса
 - Адабиётлар рўйхати

1. Ёнилғининг ёнишини аналитик ҳисобланиши

Хаво сарфи, ёниш маҳсулотларининг ёнилғи бирлигида миқдори, ҳажмий оғирлиги ва ёниш температураси аниқланади. Ёнилғининг ёниш жараёнининг материал баланси тузилади ва ёниш иссиқлиги ҳисобланади. Жараёни амалда қандай бўлишини кўриб чиқамиз.

НАМУНА № 1:

Тағлиги олдинга чиқувчи камерали печни лойихаланг. Заготовка ўлчамлари 600x700x800 мм, 5ХНГ пўлатидан. Печнинг ишлаб чиқариш қуввати 40 тонна ҳар садкасига.

Ёнилғи - яримкокс газы, таркиби:

CO_2^{CF}	$C_2H_4^{CF}$	O_2^{CF}	CO_2^{CF}	H_2^{CF}	CH_4^{CF}	N_2^{CF}	q_{H_2O}
11.2	2.8	0.4	7.2	20.9	47.3	10.2	20 г/м ³

Хавони рекуператор қиздириш температураси 500 °С.

Ҳисоблашларни / 1 / услубда бажарамиз.

Хаво сарфи, ёниш маҳсулотларининг ҳажмий чиқишини, берилган газнинг ёниш температурасини, иссиқлик ҳосил қилиш даражасини аниқлаш.

Аналитик ҳисобларни бажаришдан аввал, хаво сарфи коэффициентини белгилаб олиш лозим. Хаво сарфи коэффициенти ёнилғи тури ва ёнилғини ёндириш мосламаси билан аниқланади (таблица 1.1)

Ёнилғи сарфи коэффициентини танлаш

Таблица 1

Ёнилғи	Ёнилғини ёндириш мосламаси	α^*	$\frac{q_3}{Q_H^p} 100\%$
Домна, газогенератор, кокс домна, табиий газ	Узунмашъалали горелкалар*	1.15 — 1.30	2 — 3
Газсимон ёнилғиларнинг ҳамма турлари	Калтамашъалали горелкалар **	1.05 — 1.15	1 — 2
Мазут, смола	Форсунклар***	1.15 — 1.35	2 — 3

* Хаво сарфи коэффициенти (α) горелка и форсункалар учун, ёнилғи ва хавони аралашмаси яхши бўлса камроқ, агар аралашмиш ёмон бўлса кўпроқ белгиланади

** Термик печларда калтамашъалали горелкаларни печ деворига йўналтириш тавсия этилади, масалан, печ куббасига, иссиқликни билвосита металлга узатиш ёки ёнилғини тўла ёнишини таъминлаб, то ёниш махсулотларини мўридан чиқиб кетгунича иссиқликни металлга ўтишини таъминланилиши лозим

*** Термик печларда мазутни, ишчи бўшлиқдан алохида ёниш қисмида ёндириш тавсия этилади .

1.1. ХАВО САРФИНИ АНИҚЛАШ

Ушбу печ учун машъаласи узунлигини ўзгарувчи горелка қўлланилади. Ушбу горелка ҳам калтамашъалали, ҳам узунмашъалали аланга билан ишлаши мумкин. $\alpha=1,15$ га тенг деб қабул қиламиз, бунда

ёнилғини нисбий кимёвий ёнмаслиги $\frac{q_3}{Q_p} 100 = 2 \%$ ни ташкил этади. Хаво

йўналтиригичдаги ҳавонинг температураси, 22 °С. Маълумотномалардан

ушбу температурада $q_{H_2O}^{...e.} = 21.5 \frac{\text{сувбутилати}}{\text{...юбтилати}}$

1. Газнинг тўла ёниши таъминлаш учун керак бўлган кислород миқдорини аниқлаш.

$$V_{O_2} = 0.01 \left[0.5(CO + H_2 + 3H_2S) + \left(m + \frac{n}{4}\right) C_m H_n - O_2 \right] \frac{M^3 O_2}{M^3 \text{газа}}$$

$$\begin{aligned} V_{O_2} &= 0.01(0.5 CO^{C.F.} + 0.5 H_2^{C.F.} + 2 CH_4^{C.F.} + 3 C_2 H_4^{C.F.} - O_2^{C.F.}) = \\ &= 0.01(0.5 \cdot 7.2 + 0.5 \cdot 20.9 + 2 \cdot 47.3 + 3 \cdot 2.80 - 0.4) = 1.17 \frac{M^3 O_2}{M^3 \text{газа}} \end{aligned}$$

2. Хавонинг назарий сарфини аниқлаш.

$$L_o = (K + 1) V_{O_2} \frac{m^3 \text{воздуха}}{m^3 \text{газа}}; \quad L_o = 4.76 \cdot 1.17 = 5.6 \frac{m^3 \text{воздуха}}{m^3 \text{газа}}$$

3. Куруқ хавонинг ҳақиқий сарфни аниқлаш

$$L_\alpha = \alpha \cdot L_o \frac{m^3 \text{воздуха}}{m^3 \text{газа}}; \quad L_\alpha = 1.15 \cdot 5.6 = 6.45 \frac{m^3 \text{воздуха}}{m^3 \text{газа}}$$

4. Нам хавонинг ҳақиқий сарфни аниқлаш

$$L_\alpha^{6.8} = (1 + 0.00124 \cdot q_{H_2O}^{c.6.}) L_\alpha \frac{m^3 \text{воздуха}}{m^3 \text{газа}};$$

$$L_\alpha^{6.8} = (1 + 0.00124 \cdot 21.5) \cdot 6.45 = 6.8 \frac{m^3 \text{воздуха}}{m^3 \text{газа}}$$

1.2. ЁНИШ МАҲСУЛОТЛАРИНИ ХАЖМИЙ ЧИҚИШИНИ АНИҚЛАШ

1. CO_2 газини ёниш маҳсулотлардаги миқдорини аниқлаш

$$V_{RO_2}^\alpha = 0.01 \left(CH_4 + m C_m H_n + CO + CO_2 + H_2S + SO_2 \right) \frac{m^3 CO_2}{m^3 \text{газа}}$$

$$\begin{aligned} V_{CO_2}^\alpha &= 0.01 (CO_2^{c.Г.} + CO^{c.Г.} + CH_4^{c.Г.} + 2C_2H_4^{c.Г.}) = \\ &= 0.01 (11.2 + 7.2 + 47.3 + 2 \cdot 2.8) = 0.71 \frac{m^3 CO_2}{m^3 \text{газа}} \end{aligned}$$

2. N_2 газини ёниш маҳсулотлардаги миқдорини аниқлаш

$$V_{N_2}^{c.Г.} = K \alpha V_{O_2} + 0.01 N_2^{c.Г.} \frac{m^3 N_2}{m^3 \text{газа}};$$

$$V_{N_2}^{c.Г.} = 3.76 \cdot 1.15 \cdot 1.17 + 0.01 \cdot 10.2 = 5.15 \frac{m^3 N_2}{m^3 \text{газа}}$$

3. O_2 газини ёниш маҳсулотлардаги ошиқча миқдорини аниқлаш

$$V_{O_2}^{изб.} = (\alpha - 1)V_{O_2} \frac{M^3 O_2}{M^3 газа}; V_{O_2}^{изб.} = 0.15 \cdot 1.17 = 0.18 \frac{M^3 O_2}{M^3 газа}$$

3. Сув буғларини ёниш махсулотлардаги назарий хаво сарфидаги хажми

$$V_{H_2O}^O = 0.01 \left[H_2 + H_2S + \frac{n}{4} C_m H_n + 0.124 \left(q_{H_2O}^{C.F.} + q_{H_2O}^{C.B.} L_O \right) \right] \frac{M^3 H_2O}{M^3 газа}$$

$$V_{H_2O}^O = 0.01 (H_2 + 2CH_4^{C.F.} + 2C_2H_4^{C.F.}) + 0.00124 (q_{H_2O}^{C.F.} + q_{H_2O}^{C.B.} \cdot L_O) =$$

$$= 0.01 (20.9 + 2 \cdot 47.3 + 2 \cdot 2.8) + 0.00124 (20 + 21.5 \cdot 5.6) = 1.21 + 0.17 = 1.4 \frac{M^3 H_2O}{M^3 газа}$$

5. Сув буғларини ёниш махсулотлардаги амалдаги хаво сарфидаги хажми.

$$V_{H_2O}^\alpha = V_{H_2O}^O + (\alpha - 1) L_O 0.00124 q_{H_2O}^{C.B.} \frac{M^3 H_2O}{M^3 газа}$$

$$V_{H_2O}^\alpha = 1.4 + 0.15 \cdot 5.6 \cdot 0.00124 \cdot 21.5 = 1.42 \frac{M^3 H_2O}{M^3 газа}$$

6. Ёниш махсулотларининг хажми.

$$V_\alpha^{с.д.} = V_{RO_2}^\alpha + V_{N_2}^\alpha + V_{H_2O}^\alpha + V_{O_2}^{изб.} \frac{M^3 в. дыма}{M^3 газа}$$

$$V_\alpha^{с.д.} = 0.71 + 5.15 + 1.42 + 0.18 = 7.46 \frac{M^3 в. дыма}{M^3 газа}$$

7. Тўла ёнганда ёниш махсулотларининг таркиби.

$$V_{CO_2} = 100 \frac{V_{CO_2}^\alpha}{V_\alpha^{с.д.}}; \quad V_{CO_2} = 100 \frac{0.71}{7.46} = 9.52\%;$$

$$V_{N_2} = 100 \frac{V_{N_2}^\alpha}{V_\alpha^{с.д.}}; \quad V_{N_2} = 100 \frac{5.15}{7.46} = 69\%$$

$$V_{H_2O} = 100 \frac{V_{H_2O}^{\alpha}}{V_{\alpha}^{в.д.}}; \quad V_{H_2O} = 100 \frac{1.42}{7.46} = 19\%;$$

$$V_{O_2} = 100 \frac{V_{O_2}^{\alpha}}{V_{H_2O}^{\alpha}}; \quad V_{O_2} = 100 \frac{0.18}{7.46} = 2.42\%$$

Ёниш маҳсулотларининг таркиби, %

Таблица 2

CO_2	N_2	H_2O	$O_2^{изб.}$
9.56	69	19	2.42

100 м³ газ учун материал балансини тузамиз.

КИРИМ:

$$G_{CO_2} = \frac{\%CO_2 \cdot M_{CO_2}}{22.4} \text{ кг}; \quad G_{CO_2} = \frac{11.2 \cdot 44}{22.4} = 22 \text{ кг};$$

$$G_{C_2H_4} = \frac{28 \cdot 2.8}{22.4} = 3.5 \text{ кг}; \quad G_{CH_4} = \frac{16 \cdot 47.3}{22.4} = 33.7 \text{ кг}; \quad G_{N_2} = \frac{28 \cdot 10.2}{22.4} = 13 \text{ кг};$$

$$G_{H_2} = \frac{2 \cdot 20.9}{22.4} = 1.86 \text{ кг}; \quad G_{CO} = \frac{28 \cdot 72}{22.4} = 9 \text{ кг}; \quad G_{O_2} = \frac{32 \cdot 0.4}{22.4} = 0.57 \text{ кг};$$

M_{CO_2} — молекуляр оғирлик CO_2

Ёнилғи намлиги:

$$q_{H_2O}^{с.г.} \cdot \frac{100}{1000} = 20 \cdot 0.1 = 2 \text{ кг}$$

Қуруқ хаво:

$$\frac{L_{\alpha} \cdot M}{22.4} \cdot 100 = \frac{6.45 \cdot 29}{22.4} \cdot 100 = 836 \text{ кг}$$

Хавонинг намлиги:

$$q_{H_2O}^{c.в.} \cdot L_{\alpha} \cdot \frac{100}{1000} = 21.5 \cdot 6.45 \cdot 0.1 = 13.42 \text{ кг}$$

компонентлар	CO_2^{CF}	$C_2H_4^{CF}$	O_2^{CF}	CO_2^{CF}	CH_4^{CF}	H_2^{CF}	N_2^{CF}	Ёнилғи намлиги	Қурук хаво	Қурук хаво
кг	22	3.5	0.57	9	1.86	33.7	13	2	836	13.42

Жами: 935.05 кг

САРФ:

$$G_{CO_2}^{с.д.} = \frac{V_{CO_2}^{\alpha} \cdot M_{CO_2}}{22.4} \cdot 100 \text{ кг}; \quad G_{CO_2}^{с.д.} = \frac{0.71 \cdot 44}{22.4} \cdot 100 = 140 \text{ кг};$$

$$G_{N_2}^{с.д.} = \frac{V_{N_2}^{\alpha} \cdot M_{N_2}}{22.4} \cdot 100 \text{ кг}; \quad G_{N_2}^{с.д.} = \frac{5.15 \cdot 28}{22.4} \cdot 100 = 642 \text{ кг};$$

$$G_{H_2O}^{с.д.} = \frac{V_{H_2O}^{\alpha} \cdot M_{H_2O}}{22.4} \cdot 100 \text{ кг}; \quad G_{H_2O}^{с.д.} = \frac{1.42 \cdot 18}{22.4} \cdot 100 = 114 \text{ кг};$$

$$G_{O_2}^{с.д.} = \frac{V_{O_2}^{\alpha} \cdot M_{O_2}}{22.4} \cdot 100 \text{ кг}; \quad G_{O_2}^{с.д.} = \frac{0.18 \cdot 32}{22.4} \cdot 100 = 25.7 \text{ кг}$$

Жаъми: 921.7 кг

Компо- нентлар	$CO_2^{с.д.}$	$H_2O^{с.д.}$	$N_2^{с.д.}$	O_2	неувязка	ИТОГО
кг	140	114	643	257	13.35	935.05

1.3. ЯРИМ КОКС ГАЗИНИ ПАСТ ИССИҚЛИК ҲОСИЛ ҚИЛИШНИ АНИҚЛАШ.

$$Q_H^P = Q_H^{с.г.} \cdot K; \text{ бу ерда } K = \frac{100 - V_{H_2O}}{100};$$

$$V_{H_2O} = \frac{100 \cdot q_{H_2O}^{C.G.}}{803,6 + q_{H_2O}^{C.G.}};$$

$$Q_H^{C.G.} = 30,18 CO^{C.G.} + 25,79 H_2^{C.G.} + 85,55 CH_4^{C.G.} + 141,07 C_2H_4^{C.G.} + 55,2 H_2S^{C.G.} =$$

$$Q_H^P = 30,18 \cdot 7,2 + 25,79 \cdot 20,9 + 85,55 \cdot 47,3 + 141,07 \cdot 2,8 = 5180 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}};$$

$$Q_H^P = 5180 \cdot 0,976 = 5050 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}}.$$

ЁНИЛЎГИНИНГ ЁНИШ ТЕМПЕРАТУРАСИНИ АНИҚЛАШ.

Нисбий кимёвий тўла ёнмаслик, газ ва ҳавонинг яхши аралашмаслиги ушбу горелка учун $\frac{q_3}{Q_H^P} 100 = 2 \%$.

Бунда кимёвий ёнмаслик $q_3 = \frac{2 \cdot Q_H^P}{100} = 101 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}}.$

Қиздирилган ҳавонинг физикавий иссиқлик олиб кириши (илова 2) ушбунини ташкил этади:

$$\text{Қуруқ ҳавонинг} — Q_{c.в.} = i_o^{500C} \cdot L_{\alpha} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}};$$

$$Q_{c.в.} = 160,35 \cdot 6,45 = 1030 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}}$$

$$\text{Ҳавонинг намлиги билан} — Q_{H_2O} = i_o^{500C} (L_{\alpha}^{в.в.} - L_{\alpha}) \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}};$$

$$Q_{H_2O} = 189,85 \cdot 0,35 = 66 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}}$$

Нам ҳавонинг иссиқлик олиб кириши:

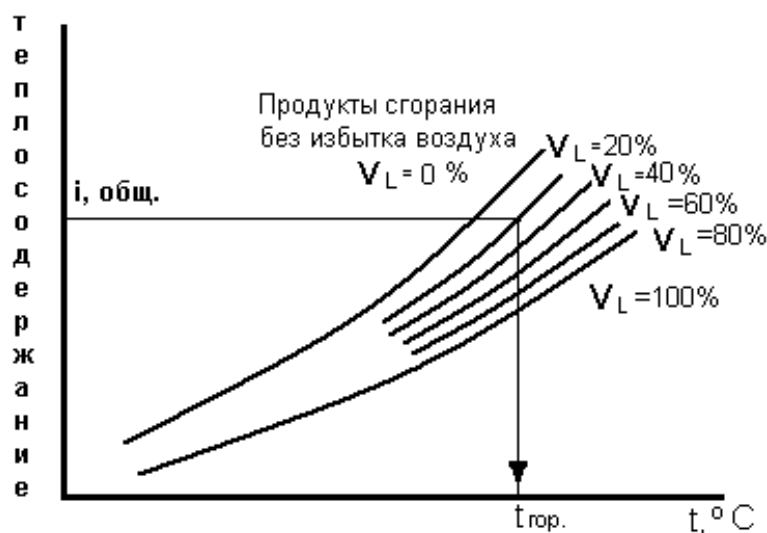
$$Q_{в.в.} = Q_{c.в.} + Q_{H_2O} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}}; Q_{в.в.} = 1030 + 66 = 1100 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}}$$

Иссиқликнинг умумий миқдори:

$$Q_{\text{общ}}^{\bar{o}} = Q_H^P + Q_{\text{в.вх.}} - q_3 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}}; Q_{\text{общ}}^{\bar{o}} = 5050 + 1100 - 101 = 6050 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}},$$

ва ушбуга тенг: $i_{\text{общ}}^{\bar{o}} = \frac{Q_{\text{общ}}^{\bar{o}}}{V_{\alpha}^{\text{в.д.}}};$

$$i_{\text{тк}}^{\#} = i_K + i_{\%} - q_3 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}};$$



$$i_{\text{тк}}^{\#} = \frac{6050}{7.46} = 820 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{газа}}.$$

Маълум иссиқлик сиғими бўйича $i-t$ диаграмма ёрдамида/ 3 / ёнилғининг ёниш температурасини аниқлаймиз.

Расм.1. $i-t$ диаграмманинг умумий кўриниши

Ортиқча ҳаво миқдори; $V_L = \frac{L_\alpha - L_o}{V_\alpha} \times 100\%$. Амалдаги температура

$t_n = \eta \times t_o$, где $\eta = 0.9$ – пирометрик коэффициент (эмпирик катталик).

$$V_L = 9.3\%$$

$$t_{\text{zop}} = 1550^\circ \text{C}$$

Ёнишнинг амалий температураси :

$$t_n = t_{\text{zop}} \cdot \eta,$$

$$t_n = 1550 \cdot 0.9 = 1395^\circ \text{C}$$

НАМУНА № 2

Ёнилғи - мазут, таркиби:

C^r	H^r	O^r	N^r	S^p	W^p	A^c
87.4	11.2	0.3	0.6	0.5	2	0.1

Рекуператорда ҳавони қиздириш температураси 500°C тенг, $\alpha = 1.25$

Нисбий кимёвий ёнмаслик, мазут ва ҳавонинг яхши аралашмаслиги

натижасида ҳосил бўлган, қабул қилинган $\frac{q_3}{Q_H} \cdot 100 = 2\%$.

Ҳаво йўналтирувчи каналдаги ҳавонинг температураси, $t_s = 22^\circ \text{C}$.

Ундаги ҳаво намлиги $H_2O^{c.6.} = 21.5 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$.

Ушбу таркибдаги мазутни ишчи массага қайта ҳисоблаймиз. Ҳисоблаш ишлари 3-жадвалда берилган маълумотлар асосида бажарилади.

жадвал 3

Берилган ёнилғи массаси	Қайта ҳисобланаётган ёнилғи массаси			
	Органик	ёнувчи	куруқ	ишчи
Органик	1	$\frac{100 - S^r}{100}$	$\frac{100 - (S^c + A^c)}{100}$	$\frac{100 - (S^p + A^p + W^p)}{100}$
Шартли ёнувчи	$\frac{100}{100 - S^r}$	1	$\frac{100 - A^c}{100}$	$\frac{100 - (A^p + W^p)}{100}$
куруқ	$\frac{100}{100 - (S^r + A^c)}$	$\frac{100}{100 - A^c}$	1	$\frac{100 - W^p}{100}$
ишчи	$\frac{100}{100 - (S^p + A^p + W^p)}$	$\frac{100}{100 - (A^p + W^p)}$	$\frac{100}{100 - W^p}$	1

Ишчи массадаги кул миқдори:

$$A^p = A^c \cdot \frac{100 - W^p}{100} \% ; \quad A^p = 0.1 \cdot \frac{100 - 2}{100} = 0.098\% ;$$

Ёнувчи массани ишчи массага қайта ҳисоблаш коэффициентлари :

$$K = \frac{100 - (A^p + W^p)}{100} ; K = \frac{100 - (0.098 + 2)}{100} = 0.979 ;$$

Компонентларнинг ишчи массадаги миқдори:

$$H^p = K \cdot H^r \% ; \quad H^p = 0.979 \cdot 1.2 = 1.1\% ;$$

$$O^p = K \cdot O^r \% ; \quad O^p = 0.979 \cdot 0.3 = 0.29\% ;$$

$$C^p = K \cdot C^r \% ; \quad C^p = 0.979 \cdot 87.4 = 85.53\% ;$$

$$S^p = K \cdot S^r \% ; \quad S^p = 0.979 \cdot 0.5 = 0.489\% ;$$

$$N^p = K \cdot N^r \% ; \quad N^p = 0.979 \cdot 0.5 = 0.489\% .$$

Ишчи массанинг қайта ҳисоблашдаги натижалар

C^p	H^p	O^p	N^p	S^p	A^p	W^p
85.53	1.1	0.29	0.489	0.489	0.098	2

1. Мазут ёндиришдаги O_2 миқдорини аниқлаш,

$$V_{O_2}^{mon.} = V_{RO_2} + 0.056 \cdot (H^P - 0.125 \cdot O^P) \frac{M^3}{KZ};$$

$$V_{O_2}^{mon.} = 1.603 + 0.056 \cdot (11 - 0.125 \cdot 0.29) = 2.22 \frac{M^3}{KZ};$$

2. Хавонинг назарий сарфини аниқлаш

$$L_O = (K + 1) \cdot V_{O_2}^{mon.} \frac{M^3}{KZ}; L_O = 4.76 \cdot 2.22 = 10.5 \frac{M^3}{KZ};$$

3. Қуруқ хавонинг амалий сарфини аниқлаш

$$L_{\alpha}^{c.б.} = \alpha \cdot L_O \frac{M^3}{KZ}; L_{\alpha}^{c.б.} = 1.25 \cdot 10.5 = 12.1 \frac{M^3}{KZ};$$

4. Нам хавонинг амалий сарфини аниқлаш

$$L_{\alpha}^{6.б.} = (1 + 0.00124 \cdot q_{H_2O}^{c.б.}) \cdot L_{\alpha} \frac{M^3}{KZ};$$

$$L_{\alpha}^{6.б.} = (1 + 0.00124 \cdot 21.5) \cdot 12.1 = 12.4 \frac{M^3}{KZ};$$

5. Тутун газларидаги CO_2 ҳажмини аниқлаш

$$V_{CO_2} = 0.0187 \cdot C^P \frac{M^3}{KZ}; V_{CO_2} = 0.0187 \cdot 85.53 = 1.5 \frac{M^3}{KZ};$$

6. Тутун газларидаги SO_2 ҳажмини аниқлаш

$$V_{SO_2} = 0.007 \cdot S^P \frac{M^3}{KZ}; V_{SO_2} = 0.007 \cdot 0.49 = 0.008 \frac{M^3}{KZ};$$

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = 1.603 \frac{M^3}{KZ};$$

7. Ёниш маҳсулотларидаги N_2 ҳажмини аниқлаш

$$V_{N_2} = 3.76 \cdot \alpha \cdot V_{O_2}^{mon.} + 0.01 \cdot 0.8 \cdot N^P \frac{M^3}{KZ}; V_{N_2} = 3.76 \cdot 1.15 \cdot 2.22 + 0.008 \cdot 0.58 = 9.6 \frac{M^3}{KZ};$$

8. Ёнилғи ёнишида ошиқча O_2 ҳажмини L_O даги ҳолати бўйича аниқлаш

$$V_{O_2}^{изб.} = (\alpha - 1) \cdot V_O^{mon.} \frac{M^3}{KZ}; V_{O_2}^{изб.} = 0.15 \cdot 2.22 = 0.32 \frac{M^3}{KZ};$$

9. Ёниш махсулотларида сув буғларининг L_o даги ҳолати бўйича аниқлаш

$$V_{H_2O}^O = 0.01 \cdot (11.2 \cdot H^P + 1.241 \cdot (W^P + W_\phi)) + 0.00124 \cdot q_{H_2O}^{c.в.} \cdot L_o;$$

W_ϕ (кг) — Мазутнинг чанглатилиши учун ишлатиладиган буғ миқдори. Ушбу масалада чанглантурувчи муҳит сифатида хаводан фойдаланилган, чанглантурувчи хаво сарфи умумий хаво сарфи ичига киритилган, $\alpha = 1.25$, яъни $W_\phi = 0$.

$$V_{H_2O}^O = 0.01(11.2 \cdot 11 + 1.244 \cdot 2) + 0.00124 \cdot 21.5 \cdot 10.5 = 1.53 \frac{M^3}{KZ}$$

10. Нам ҳавонинг ҳақиқий ҳажми

$$V_{H_2O}^\alpha = V_{H_2O}^O + 0.00124 q_{H_2O}^{c.в.} (\alpha - 1) L_o \frac{M^3}{KZ};$$

$$V_{H_2O}^\alpha = 1.53 + 0.00124 \cdot 21.5 \cdot 0.15 \cdot 10.5 = 1.574 \frac{M^3}{KZ};$$

11. Ёниш махсулотларининг ҳажми

$$V_\alpha^{6.д.} = V_{RO_2} + V_{N_2}^\alpha + V_{H_2O}^\alpha + V_{O_2}^{изб.} \frac{M^3}{KZ}; \quad V_\alpha^{6.д.} = 1.603 + 9.6 + 1.574 + 0.32 = 13.1 \frac{M^3}{KZ};$$

Ёниш махсулоларининг таркиби ва материал баланси 1-масаладаги каби аниқланади. Материал баланси 100 кг мазут учун тузилади. Q_H^P қаттиқ ва суюқ ёнилғилар учун Д. И. Менделеева формуласи билан аниқланади:

$$Q_H^P = 81 C^P + 246 H^P - 26(O^P - S^P) - 6 W^P \frac{Kкал}{кг_газа};$$

$$Q_H^P = 81 \cdot 85.53 + 246 \cdot 11 - 26 \cdot (0.29 - 0.49) - 62 = 9620 \frac{Kкал}{кг_газа}.$$

Кейинги ҳисоблашлар 1-масала услубидаги бўйича олиб борилади.

2. МЕТАЛЛНИНГ ҚИЗДИРИШ ВАҚТИ ВА ПЕЧ ЎЛЧАМЛАРИНИ ХИСОБЛАШ

Металларни қиздириш вақтини ҳисоблашда, қиздирилаётган металлнинг геометрик ўлчамлари ва формаси, унинг маркаси, бошланғич ва якуний температураси, кесим бўйича температура фарқи аниқ. Қолган

катталиклар хисобланади. Назарий услублар билан бир қаторда қиздириш вақти корхоналарда кўп ҳолларда эмпирик формулалар ишлатилади. Бу формулалар асосида заводларда ишлалаб чиқилган ва амалда тасдиғини топган маълумотлар ётади.

Камерали печлар учун энг кўп тарқалган формула Н.Н. Доброхотовнинг формуласи хисобланади

$$\tau = KD\sqrt{D}, \text{ соат}$$

Бу ерда

τ - 0 то 1200^0 С оралиғидаги қиздириш вақти,

D- металл қалинлиги, м

K- коэффициент (K=10 -темир ва юмшоқ пўлатлар учун, K=20 юқори легирланган пўлатлар учун).

Методик печлар учун Н. Ю. Тайц тамонидан аниқлаган формула ишлатилади:

$$\tau = (7 + 0.05 X_0) X_0, \text{ мин}$$

Бу ерда X_0 - қуйма қалинлиги, см

- Тахминий қиздириш вақтини аниқлаб, печнинг ишлаб чиқариш қувватини билиб, унинг садкасини ва печ ичидаги деталлар сонини аниқлаш мумкин. Печ тағлигида махсулотларни ўрнатиб, унинг эскизини бажариб, печнинг асосий ўлчамларини аниқлаймиз - узунлиги, эни ва печнинг ишчи баландлиги аниқланади

Амалий хисоблашларда алангали **камерали печлар баландлиги ушбу** формула билан хисоблаб топилади:

$$H = (A + 0.05 \cdot B)t \cdot 10^{-3} + h, \text{ м}$$

Бу ерда

H — печ баландлиги, м;

h — металл қалинлиги, м;

A — 0.5 - 0.6 коэффиценти; паст кўрсаткичи $500 - 800^0$ С, юқори кўрсаткичи $1300 - 1500^0$ С;

B — печ эни, м;

t — печи температураси 0 С.

Алангали **методик** печлар учун бошланғич (металларни ўтқазиш жойи) баландлиги 1.2 - 1.5 м; пишириш зонаси баландлиги 2.2 - 2.4 м; тутиб туриш зонаси баландлиги 1.3 - 1.7 м.

Ўтказувчи *электрик* печлар учун одатда печ эни $D_{\text{печ}}=0.5 - 0.6$ м бўлганда $H_{\text{печ}}=0.4 - 0.45$ м. эни $D_{\text{печ}}=0.8 - 1.2$ м бўлганда, $H_{\text{печ}}=0.5 - 0.55$ м. Печ эни $D_{\text{печ}} 1.4 - 1.5$ м гача бўлганда печ баландлиги 0.6 м қабул қилиниши мумкин.

Хисоблашлар охирида металлнинг қизиш графиги тузилади, горизонтал ўқ бўйича вақт, вертикал ўқ бўйича температура олинади.

НАМУНА

Пўлат 50, заготовкalar ўлчамлари $200 \times 200 \times 4000$ мм 1200°C температурагача қиздириш. Ишлаб чиқариш қуввати 50 т/ соат.

/ 1 / услубда хисоблаш ишлари бажарилади.

Чиқиб кетаётган газларнинг температурасини $t_{\text{yx}}=800^{\circ}\text{C}$ деб қабул қиламиз, тутиб туриш зонаси температурасини металлнинг якуний температурасидан 50°C га баланд бўлиши лозим (1200°C) — 1250°C .

Амалий тавсияларга таяниб (1 мм металл 1 минутда қизийди), заготовкalar бир қатор расм. 2) ва икки тамонлама қиздиришда (яъни, қиздирилаётган металл қалинлиги $S=0.1$ м), умумий қиздириш вақти тахминан 100 минут или 1.7 соатни ташкил этади. Ишлаб чиқариш қуввати ва металл қизишининг таминий вақти билиб, печ ичида бир вақтнинг ўзида қанча заготовка борлигини аниқлаймиз:

$$G = P \cdot \tau, \text{ кг}$$

Битта заготовканинг оғирлиги :

$$g = \rho \cdot V, \text{ кг}$$

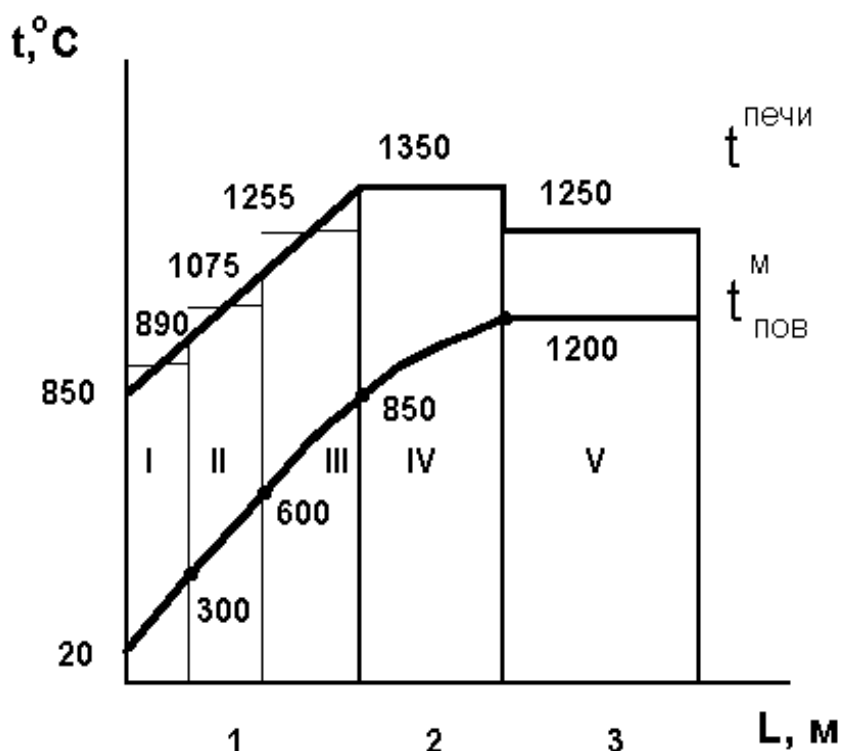
Бу ерда

$$\rho = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \text{пўлатнинг зичлиги } 50 / 10 /;$$

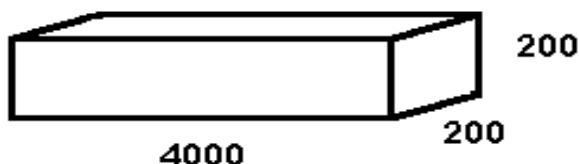
$$V = 0.2 \cdot 0.2 \cdot 4 = 0.16 \text{ м}^3 - \text{заготовканинг хажми.}$$

$$g = 7800 \cdot 0.16 \approx 1248 \text{ кг}$$

Температуравий графигини танлаймиз (1-расм).



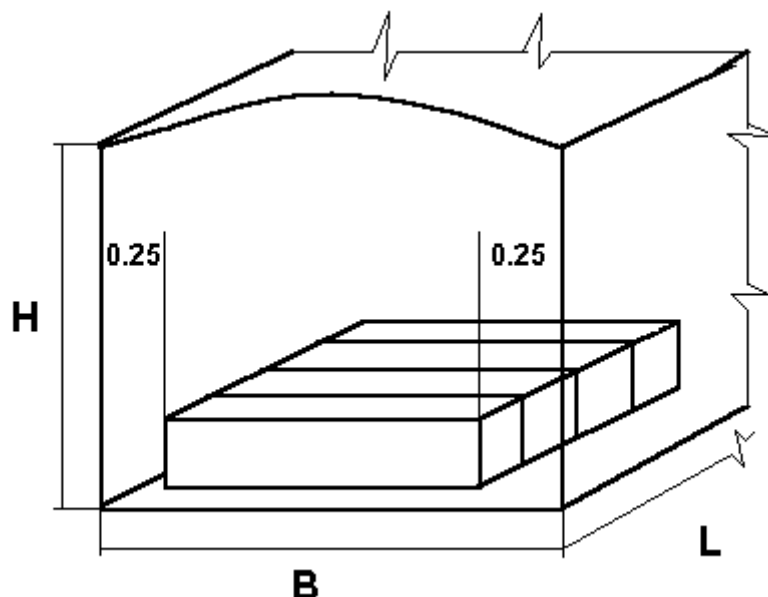
1-расм. Қиздиришнинг температурвий графиги
 I, II, III участкалар — методик зона 20 - 850° C
 IV участка — пишириш зонси 850 - 1200° C
 V участка — тутиб туриш зонаси 1200° C



2-расм. Детал эскизи
 Печдаги заготовклар сонини аниқлаймиз:

$$h = \frac{G}{g} = \frac{85000}{1248} = 68 \text{ дона.}$$

Шундай қилиб, печи эни $B = 4 + 2 \cdot 0.25 = 4.5 \text{ м}$ (заготовканинг эни плюс 0.25 м деворгача бўлган иккиланган зазор (оралиқ)). Методик зонанинг баландлигини $h_m = 1.5 \text{ м}$ деб қабул қиламиз, пишириш зонасининг баландлиги- $h_{св} = 2.2 \text{ м}$, тутиб туриш зонасининг эса- $h_m = 1.3 \text{ м}$ (3.расм).



3.расм Заготовкаларни печда жойлашиш схемаси

Девор юзасининг ривожланганлигини аниқлаймиз $w = \frac{F_{кл}}{F_M}$,

Бу ерда

$F_{кл}$ - деворнинг иссиқлик тартувчи юза майдони, m^2 ;

F_M - металлнинг иссиқлик қабул қилувчи юза майдони, m^2 .

$$F_{кл} = 2 \cdot H \cdot L_M + B \cdot L_M$$

Иккита ёнбош девор ва печ куббаси, таглик металл билан беркитилган, шунинг учун нурланиш жараёнида қатнашмайди .

$$F_M = B \cdot L_M$$

Металлнинг асосий иссиқлик қабул қилувчи юзаси (ёнбош сиртини инобатга олмаймиз)

$$F_{кл} = 2 \cdot 1.5 \cdot L_M + 4 \cdot L_M = L_M (2 \cdot 1.5 + 4) = 7L_M$$

$$F_M = 4L_M$$

$$w_M = \frac{7L_M}{4L_M} = 1.87 ;$$

$$w_{CB} = \frac{(2 \cdot 2.2 + 4.5)L_{CB}}{4L_{CB}} = 2.23 ; w_T = \frac{(2 \cdot 1.3 + 4.5)L_T}{4L_T} = 1.78$$

Самарали газ қатламининг хар бир печ зонасикуйидаги ифода билан аниқлаймиз:

$$S_{\text{ЭФ}} = \eta \frac{4V}{F}, \text{ м}$$

Бу ерда

V - зонанинг хажми, м^3 ;

F - зонанинг куббаси, деворларининг умумий майдони, м^2 ;

η - тўғриловчи коэффициент, 0.9 тенг.

Методик зона учун:

$$S_{\text{ЭФ}}^{\text{МЕТ}} = \frac{4(1.5 \cdot 4.5) L_M}{(2 \cdot 1.5 + 2 \cdot 4.5) L_M} \cdot 0.9 = 2.21 \text{ м}$$

$$V = B \cdot h_M \cdot L_M = 4.5 \cdot 1.5 \cdot L_M;$$

$$F = 2 \cdot h_M \cdot L_M + 2 \cdot B \cdot L_M = (2 \cdot h_M + 2 \cdot B) L_M.$$

Аналогик равишда

$$S_{\text{ЭФ}}^{\text{CB}} = 0.9 \frac{(4 \cdot 2.2 \cdot 4.5) L_{\text{CB}}}{(2 \cdot 2.2 + 2 \cdot 4.5) L_{\text{CB}}} = 2.65 \text{ м}$$

$$S_{\text{ЭФ}}^{\text{ТОМ}} = 0.9 \frac{(4 \cdot 1.3 \cdot 4.5) L_T}{(2 \cdot 1.3 + 2 \cdot 4.5) L_T} = 1.81 \text{ м}$$

1. Методик зонанинг 1-участкасидаги қиздириш вақтини аниқлаш.

Газларнинг қоралик даражасини аниқлаймиз $\mathcal{E}_T$ $t_{\text{г}}^{\text{җр}} = 890^\circ \text{C}$:

$$T_T = 890 + 273 = 1163^\circ \text{K}.$$

Газларнинг бу температурадаги парциал босими :

$$P_{\text{CO}_2} = 0.146 \text{ ат} = 14,3 \text{ кН/м}^2$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0.138 \text{ ат} = 13,5 \text{ кН/м}^2$$

$$\left(1 \text{ кН/м}^2 = 0,01 \text{ ат} \right)$$

$$S_{\text{ЭФ}} \cdot P_{\text{CO}_2} = 2.2 \cdot 14.3 = 31.46 \text{ кН/м}; S_{\text{ЭФ}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}} = 2.2 \cdot 13.5 = 27.9 \text{ кН/м}$$

Номограммалардан / 5 / $\varepsilon_{CO_2} = 0.15$; $\varepsilon'_{H_2O} = 0.19$ топамиз.

$$\varepsilon_{\Gamma} = \varepsilon_{CO_2} + \varepsilon'_{H_2O} \cdot \beta = 0.15 + 0.19 \cdot 1.08 = 0.355$$

Бу ерда $\beta = 1.08$

Металлнинг қоралик даражасини $\varepsilon_M = 0.8$ қабул қиламиз, газларнинг ва деворнинг металл учун келтирилган коэффициентни аниқлаймиз:

$$C_{\Gamma.K.M.} = C_o \varepsilon_M \frac{W+1-\varepsilon_{\Gamma}}{\left[\varepsilon_M + \varepsilon_{\Gamma} (1-\varepsilon_M) \right] \frac{1-\varepsilon_{\Gamma}}{\varepsilon_{\Gamma}} + W} Bm / m^2 K^4$$

$C_o = 5.7 Bm / m^2 K^4$ – Абсолют қора жисмнинг нурланиш коэффициенти

$$C_{\Gamma.K.M.} = 5.7 \cdot 0.8 \frac{1.87+1-0.355}{\left[0.8+0.355(1-0.8) \right] \frac{1-0.355}{0.355} + 1.87} = 3.22 Bm / m^2 K^4$$

методик зонанинг 1 –участкасидаги иссиқлик узатиш коэффициенти :

$$\alpha'_{\Gamma} = C_{\Gamma.K.M.} \frac{\left(\frac{T_{\Gamma}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_M}{100} \right)^4}{T_{\Gamma} - T_M} Bm / m^2 K$$

Бу ерда

T_{Γ} - печ ичидаги газнинг температураси, °С

T_M - металл температураси, °С

(берилган участка учун ўртача қийматлар олинади, яъни. $t_{\Gamma} = 890^{\circ}C$, $t_M = 160^{\circ}C$)

$$\alpha'_{\text{л}} = 3.22 \frac{\left(\frac{1163}{100}\right)^4 - \left(\frac{433}{100}\right)^4}{1163 - 433} = 78.3 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

Био критерийини топамиз :

$$Bi = \alpha \cdot S / \lambda,$$

Бу ерда

S - қиздирилаётган металл қалинлиги, м ($S = 0.1$ м);

λ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини, Вт/мК;

$$t_M = 160^\circ \text{C}, \quad \lambda = 48.4 \text{ Вт/мК} / 10 /.$$

$$Bi = \frac{78.3 \cdot 0.1}{48.4} = 0.162 < 0.25$$

Биобарин ушбу участка жисм термик юпка сифатида қизийди ва қиздириш вақти Старк формуласи билан аниқланади:

$$\tau = \frac{G \cdot c}{\alpha \cdot F} \ln \frac{t_{\text{II}} - t_M^H}{t_{\text{II}} - t_M^K}, \text{ соат}$$

Бу ерда

G - металл оғрлиги, кг ($G = V \cdot \rho = 0.2 \cdot 0.2 \cdot 4 \cdot 7800 = 1248$ кг);

c - иссиқлик сифими, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} ^\circ \text{C}$, ушбу пўлат маркаси учун $c = 0.524$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} ^\circ \text{C}$

/ 10 /, лекин. $\alpha_{\text{л}} \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ билан ўлчанади, унда $c = \frac{0.524 \cdot 10^3}{3600} \text{ Вт/кг} ^\circ \text{C}$;

$$\left(\text{Вт} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \right).$$

$$\tau_M^1 = \frac{(0.2 \cdot 0.2 \cdot 4 \cdot 7800) 0.524 \cdot 10^3}{78.3 \cdot 2 \cdot 0.2 \cdot 4 \cdot 3600} \ln \frac{890 - 20}{890 - 300} = 0.55 \text{ соат}$$

Жисм қизиши кесим бўйича юпка бўлганлиги сабаб, ўртача температура методик зонанинг 1 – участкасида 300°C тенг

2. Методик зонанинг 2- участкаси учун қиздириш вақтини аниқлаш.

Печнинг ўртача температураси - $t_{\text{II}} = 1075^\circ \text{C}$; металлнинг –

$$t_M = \frac{300 + 600}{2} = 450^\circ \text{C}.$$

$$S_{\text{ЭФ}} \cdot P_{\text{CO}_2} = 31 \text{кВт/м}; S_{\text{ЭФ}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}} = 29,7 \text{кВт/м}$$

$$\varepsilon_\Gamma = 0.13 + 0.165 \cdot 1.08 = 0.31$$

$$C_{\Gamma.K.M.} = 5.7 \cdot 0.8 \frac{1.87 + 1 - 0.31}{\left[0.8 + 0.31(1 - 0.8)\right] \frac{1 - 0.31}{0.31} + 1.87} = 3.13 \text{Вт/м}^2 \text{К}^4$$

$$\alpha_\Gamma = 3.13 \frac{\left(\frac{1075 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{450 + 273}{100}\right)^4}{1075 - 450} = 151 \text{Вт/м}^2 \text{К}$$

$$\lambda = 35 \text{Вт/мК}; c = \frac{0.687 \cdot 10^3}{3600} \text{Вт/кг}^\circ \text{C}; / 10 /$$

$$Bi = \frac{151 \cdot 0.1}{35} = 0.43 > 0.25$$

Ушбу, участкада жисм термик массив сифатида қизийди.

Температура критерийсини / 5 / металл сирти учун аниқлаймиз:

$$\Theta_{\text{ПОВ.}} = \frac{t_\Pi - t_M^K}{t_\Pi - t_M^H};$$

$$\Theta_{\text{ПОВ.}} = \frac{1075 - 600}{1075 - 300} = 0,613$$

Номограммалардан Bi ва Θ_Π қийматларидан Фурье, критериясини аниқлаймиз, $F_o = 1.1 / 5 /$.

Температура ўтказувчанлик коэффициентини

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}, \text{м}^2/\text{с}$$

$$a = \frac{35}{0,687 \cdot 10^3 \cdot 7800} \cdot 3600 = 0,024 \text{м}^2/\text{с}$$

$$\tau_M^2 = \frac{F_o S^2}{a}, \text{ ч; } \tau_M^2 = \frac{1.1 \cdot 0.1^2}{0.024} = 0.505 \text{ соат}$$

Методик зонанинг 2-участкасида металлнинг ўрта кесимидаги температурасини аниқлаймиз, бунинг учун номограммадан / 5 / фойдаланиб $F_o = 1.1$ и $Bi = 0.43$, пластина марказининг температура критериясининг ўлчовсиз қийматини аниқлаймиз.

$$\Theta_{\text{ц}} = 0.67$$

Биниобарин :

$$\Theta_{\text{ц}} = \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{ц}}^K}{t_{\text{п}} - t_{\text{ц}}^H};$$

$$t_{\text{ц}}^K = t_{\text{п}} - \Theta_{\text{ц}} (t_{\text{п}} - t_{\text{ц}}^H)$$

$$t_{\text{ц}}^K = 1075 - 0.67(1075 - 300) = 555^\circ \text{C}$$

3. Методик зонанинг 3- участкаси учун қиздириш вақтини аниқлаймиз.

$$t_{\text{п}} = 1255^\circ \text{C} \quad t_M^H = 600^\circ \text{C} \quad t_{\text{ц}}^H = 555^\circ \text{C}$$

$$t_M^{CP} = \frac{850 + 600}{2} = 725^\circ \text{C} \quad t_M^K = 850^\circ \text{C}$$

Аввалги зонадагидек аналогик равишда ушбуга эга бўламиз:

$$\varepsilon_{\Gamma} = 0.12 + 0.14 \cdot 1.08 = 0.27$$

$$C_{\Gamma.K.M.} = 2.78 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}; \quad \alpha_{\text{л}} = 232 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$t_M^{CP} = \frac{850 + 600}{2} = 725^\circ \text{C} \quad \lambda = 30.2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \quad C = 0.637 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} = \frac{30.2 \cdot 3600}{0.637 \cdot 7800 \cdot 10^3} = 0.022 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

$$Bi = \frac{\alpha \cdot S}{\lambda} = \frac{232 \cdot 0.1}{30.2} = 0.77 \triangleright 0.25$$

Ушбу участкада жисм термик массив сингари қизийди.

$$\Theta_{II}^3 = \frac{1255 - 850}{1255 - 600} = 0,62; \quad F_0 = 0.7$$

$$\tau_M^3 = \frac{F_0 \cdot S^2}{a} = \frac{0.7 \cdot 0.1^2}{0.022} = 0.32 \text{с}$$

Номограмма ва $Bi=0.77$ и $F_0=0.7$ қийматларидан келиб чиқиб температурни аниқлаймиз

$$t_{II}^3 = t_H - \Theta_{II}^3 (t_H - t_{II}^H); \quad t_{II}^3 = 1255 - 0,68(1255 - 555) = 780^\circ C$$

Печнинг методик зонасидаги металнинг тўла қизиш вақти:

$$\tau_M = \tau_M^1 + \tau_M^2 + \tau_M^3 = 0.55 + 0.505 + 0.32 = 1.375 \text{с} \text{о} \text{а} \text{т} .$$

4. Пишириш зонасида қиздириш вақтини аниқлаймиз.

$$P_{CO_2} = 14.3 \text{кН/м}^2; \quad P_{H_2O} = 13.5 \text{кН/м}^2$$

$$S_{\Phi} \cdot P_{CO_2} = 2.65 \cdot 14.3 = 37,9 \text{кН/м}; \quad S_{\Phi} \cdot P_{H_2O} = 2.65 \cdot 13.5 = 35,7 \text{кН/м}$$

$$t_{II}=1350^\circ C; \quad t_M^{CP} = \frac{1200 + 850}{2} = 1025^\circ C$$

$$(t_M^H=850^\circ C; \quad t_M^K=1200^\circ C; \quad t_{II}^H=780^\circ C)$$

$$\mathcal{E}_r = 0.12 + 0.16 \cdot 1.07 = 0.29$$

$$C_{Г.К.М.} = 3.01 \text{Вт/м}^2 \text{К}^4; \quad \alpha_{Л} = 383 \text{Вт/м}^2 \text{К}$$

$$t_M^{CP} = \frac{1200 + 850}{2} = 1025^0 C \text{ да; } \lambda = 26.7 \frac{Bm}{m^0 C}; \quad c = 0.69 \frac{kJ}{kg^0 C}$$

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} = 0.018 \frac{m^2}{c}; \quad Bi = 1.06 > 0.25$$

$$\Theta_{II}^{CB.} = \frac{1350 - 1200}{1350 - 850} = 0.3 \Rightarrow F_0 = 1.1;$$

$$\tau_{CB} = \frac{1.1 \cdot 0.1^2}{0.018} = 0.61 c$$

Температура критерийси пластина ўрта кесими учун $F_0 = 0.7$ ва $Bi=1.06$ да $\Theta_{II} = 0.5$.

$$\text{Бунда } t_{II}^{CB.} = 1350 - 0.5(1350 - 780) = 1070^0 C$$

5. Тутиб туриш вақтини аниқлаймиз.

Металлнинг ўрта кесим температураси фарқи тутиб туриш бошида

$$\Delta t_H = t_H - t_{II} = 1200 - 1070 = 130^0 C$$

Тутиб туриш охирида температура фарқи $\Delta t_K = 50^0 C$ бўлиши лозим .

$$\text{унда қиймат } \Theta_{II} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H} = 0.385 \text{ .га тенг}$$

Фурье критерийси $F_0 = 1.2$ ($Bi=1.06$).га тенг бўлади

Металлнинг ўртача температураси тутиб туриш зонасида ушбуга тенг

$$t_{CP} = \frac{\frac{t_{II} + t_{II}^H}{2} + \frac{t_{II} + t_{II}^K}{2}}{2} = \frac{\frac{1200 + 1070}{2} + \frac{1200 + 1150}{2}}{2} = 1155^{\circ}C$$

Бу температура учун $\lambda = 29,5 \frac{Bm}{m^{\circ}C}$; $c = 0,68 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} = \frac{25,9 \cdot 3600}{0,68 \cdot 10^3 \cdot 7800} = 0,02 \frac{m^2}{s}$$

Тутиб туриш вақти

$$\tau_T = \frac{1,2 \cdot 0,1^2}{0,02} = 0,6 \text{ соат}$$

Металлнинг печда бўлиш вақти

$$\tau = \tau_M + \tau_{„e} + \tau_T = 1,375 + 0,61 + 0,6 = 2,58 \text{ соат}$$

Хисоблаш сўнгида металлнинг қизишининг температура графигини тузамиз (4 -расм)

ПЕЧНИНГ АСОСИЙ ЎЛЧАМЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Печнинг $P=50$ т/соат ишлаб чиқариш қувватини таъминлаш учун, бир вақтда бўлиши керак бўлган металл миқдорини аниқлаймиз:

$$G = 50 \cdot 2,58 = 129 \text{ т}$$

Битта заготовка оғирлиги:

$$g = V \cdot \rho = 0,2 \cdot 0,2 \cdot 4 \cdot 7,8 = 1,2 \text{ т}$$

Печи ичидаги заготовкалар сони:

$$n = \frac{G}{g} = 129 / 1.2 = 107 \text{шт}$$

Заготовкаларни бир қатор жойлашишида печ узунлиги

$$L = 0.2 \cdot 107 = 21.5 \text{ м};$$

$$\text{печ эни } B = 4 + 2 \cdot 0.25 = 4.5 \text{ м};$$

$$\text{фаол таглик майдон юзаси } F_A = 21.5 \cdot 4 = 86 \text{ м}^2;$$

габарит таглик юза майдони $F_{\Gamma} = 21.5 \cdot 4.5 = 97 \text{ м}^2$. Печ баландлигини аввалги хисобдагича қолдирамиз

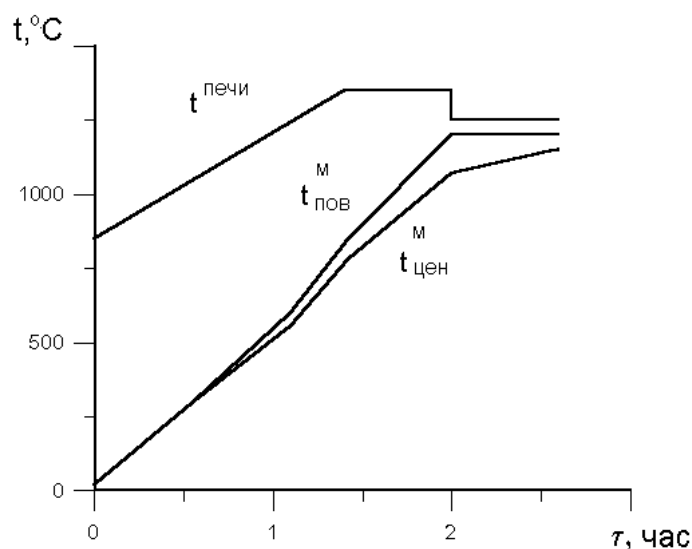
Печнинг бутун узунлигини зоналарга қизишига пропорционал равишда бўламиз:

$$\text{методик зона узунлиги } L_M = \frac{21.5}{2.58} \cdot 1.375 = 11.4 \text{ м};$$

$$\text{пишириш зонаси узунлиги } L_{CB} = \frac{21.5}{2.58} \cdot 0.61 = 5.1 \text{ м};$$

$$\text{тутиб туриш зонаси узунлиги } L_T = \frac{21.5}{2.58} \cdot 0.6 = 5 \text{ м}.$$

$$\text{габарит тагликнинг юклатилганлиги } H_{\Gamma} = \frac{50000}{97} = 515 \text{ кг/м}^2.$$



4-расм. Қиздиришнинг аниқланган графиги

3. ПЕЧНИНГ ИССИҚЛИК БАЛАНСИ

Иссиқлик балансини хисоблашдан аввал хисобланаётган печнинг эскизини чизиш, девор қалинлигини кўрсатиш ва уни қуриш учун оловбардош материалларни танлаш лозим бўлади .

Печ деворларини қурилиш мустахкамлиги талаблари ва , печнинг ишчи бўшлиқ температура инобатга олган ҳолда тикланади. Қурилиш мустамкамлиги нуктаи назаридан вертикал девор баландлиги ва печ энини, камонсимон кубба билан ёпилиганлиги, ҳамда унинг эгрилигини марказий бурчаги билан таснифланиши керак бўлади. 3-таблицада қиздириш қурилмалари учун тавсиялар берилган / 4 /.

Печларнинг қалинлиги бўйича тавсиялар

жадвал 3

Девор элементлари	Печ ичкараси температураси ° С	Оловбардош катлам қалинлиги, мм	Иссиқлик изоляцияцион катлам қалинлиги, мм
Девор баландлиги 1 метргача	1000-1200 1200 юқори	232	232
		232	348
Девор баландлиги 1 -2метргача	гача 1200 1200 юқори	232	232
		232-348	348
Девор баландлиги 3 метргача	1000-1200	348	232
Камонсимон куббанинг эни 1 метргача Ва марказий бурчаги 60 ° С	гача 1200 1200 юқори	116	65-230
		232	65-230
Камонсимон куббанинг эни 3.5 метргача ва марказий	гача 1200 1200 юқори	232	65-230
		300	65-230

бурчаги 60 °С			
Камонсимон куббанинг эни 5 метргача ва марказий бурчаги 60 °С	гача 1200 ва юқори	300	65-230

Печнинг иш шароит ва температурасидан келиб чиқиб девор қатламлари турли материаллардан бўлиши мумкин. Печнинг ичкари температураси 1000°С гача бўлса А и Б. синфи шамот ғишдан. Юқори температураларда-А синфи шамот ғишти ёки динас ғиштидан урилган бўлиши лозим.

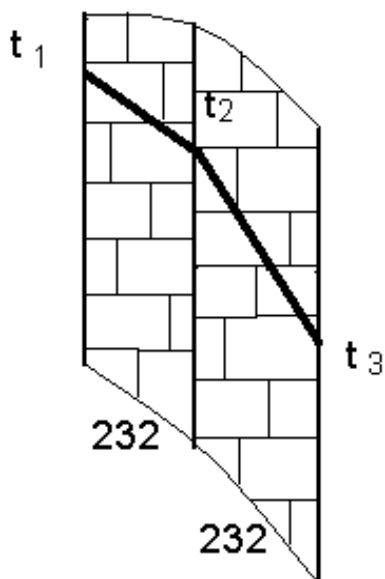
Деворларнинг иссиқлик изоляциясини айрим ҳолларда диатомит ғиштидан, вермикулит плиталаридан, минерал кигиз, асбест картонидан тайёрланиши мумкин. Печ деворларининг тайёрланишида ташқи қобик температураси 60 °С дан ошмаслигини техника хавсизлиги талаблари эканлигини ёдда тутиш керак.

Печ деворини ҳисобланишини мисол тариқасида кўриб чиқамиз:

Бошланғич маълумотлар: печ ичкарисидаги температура $t_{II} = 900^{\circ}C$; атроф муҳит температураси $t_B = 20^{\circ}C$.

/ 2 / да келтирилган услубда ҳисоб ишларини бажарамиз.

Ҳисоблаш икки қатламли оловбардош девор учун бажарилади. Биринчи қатлам Б синфи шамотидан, қалинлиги 232 мм, $\rho = 1900 \text{ кг/м}^3$, $t_{раб} = 1400^{\circ}C$, изоляцион қатлам - диатомит ғиштидан қалинлиги 232 мм, $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$, $t_{раб} = 900^{\circ}C$ (5-расм).



Хисоблашларда девор қатламларининг иссиқлик ўтказучанлиги коэффицентини температурага боғлиқ бўлгани учун хисоблаш қийин масала.

Шунинг учун уни, қатлам ўртача температураси бўйича хисоблаймиз қатлам чегарасидаги температурани аниқлаймиз :

$$t_2 = \frac{(t_{\pi} + t_B)}{2}, \text{ } ^\circ C$$

Бу ерда

t_{π} - ички қатлам температураси, $^\circ C$;

t_B - атроф муҳит температураси, $^\circ C$.

$$t_2 = \frac{(900 + 20)}{2} = 460^\circ C$$

Шамот қатламининг ўртача температураси

$$t_{ш} = \frac{(t_1 + t_2)}{2}, \text{ } ^\circ C; \quad t_{ш} = \frac{(900 + 460)}{2} = 680^\circ C$$

Диатомит қатламининг ўртача температураси:

$$t_{д} = \frac{(t_1 + t_2)}{2}, \text{ } ^\circ C; \quad t_{д} = \frac{(460 + 20)}{2} = 240^\circ C$$

Шамот ва диатомитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентини қуйидаги кўриниш орқали аниқланади (3-илова):

$$\lambda_{ш} = 1.041 + 1.512 \cdot 10^{-4} \cdot t, \text{ } \frac{Bm}{m^\circ C};$$

$$\lambda_{д} = 0.1046 + 2.33 \cdot 10^{-4} \cdot t, \text{ } \frac{Bm}{m^\circ C}$$

$$\lambda_{ш} = 1.041 + 0.0001512 \cdot 680 = 1.144 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С};$$

$$\lambda_{д} = 0.046 + 0.000233 \cdot 240 = 0.160 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$$

1 м² девор қатламидан иссиқлик ўтказучанлик орқали ўтадиган иссиқлик оқимини ушбу формула билан аниқлаймиз:

$$Q = \frac{t_{кл} - t_B}{\frac{S_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{S_{д}}{\lambda_{д}} + 1/\alpha}, \text{ Вт/м}^2$$

Бу ерда

$t_{кл}$ - печ девори температураси, $^{\circ}\text{С}$;

t_B - атроф муҳит температураси, $^{\circ}\text{С}$;

$S_{ш}, S_{д}$ - шамот ва диатомит қатлами қалинлиги, м;

$\lambda_{ш}, \lambda_{д}$ - Шамота ва диатомит иссиқлик ўтказувчанлиги коэффициентлари, $\text{Вт/м}^{\circ}\text{С}$;

α - деворнинг ҳавога иссиқлик узатиш коэффициенти, $19.8 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{С}$,

Унда $1/\alpha = 0.052 \text{ м}^{\circ}\text{С/Вт}$.

$$Q = \frac{900 - 20}{\frac{0.232}{1.144} + \frac{0.232}{0.160} + 0.052} = 516 \text{ Вт/м}^2$$

Бошқа тарафдан (1- турдаги чегарвий шартлар учун) Фурье қонуни

$$Q = \frac{\lambda}{S} (T_1 - T_2), \text{ Bm} / \text{m}^2$$

бундан

$$t_2 = t_1 - Q \frac{S}{\lambda}, \text{ } ^\circ \text{C}$$

Ушбу тенгламадан фойдаланиб оловбардош ва изоляцион қатламлар орасидаги температурани аниқлаймиз

$$t_2 = t_1 - Q \frac{S_{\text{ш}}}{\lambda_{\text{ш}}}, \text{ } ^\circ \text{C}; \quad t_2 = 900 - 516 \frac{0.232}{1.144} = 795^\circ \text{C}$$

Деворнинг ташқи температураси:

$$t_3 = 795 - 516 \frac{0.232}{0.160} \approx 47^\circ \text{C}$$

Чегаравий температуранинг (795°C) диатомитнинг (900°C) ишчи температураси доирасида эканлиги инобатга олиб, печ қобиғи температураси бундан ҳам паст бўлиши, оловбардош ва изоляцион қатлам қалинги тўғри танланганлигини англатади.

Агар печнинг ташқи температураси 60°C дан баланд чиқса ,хисобларни бошқа қалинлик учун қайтадан бажарилади.

Печнинг иссиқлик баланси.

Иссиқликни кирим ва сарф қисмларидан иборат бўлиб, иссиқлик миқдорини етказиб бериш учун қанча ёнилғи (электр энергияси) кералигини аниқлаш учун зарур.

Иссиқлик балансининг кирим моддалари:

- Ёнилғининг кимёвий иссиқлиги (электрик печлар учун – қиздириш элементларида ажраладиган иссиқлик миқдори);
- Қиздирилган ҳаво иссиқлиги;
- Қиздирилган ёнилғи иссиқлиги;
- экзотермик реакциялар иссиқлиги.

Сарф қисми моддалари :

- Фойдали сарфланган иссиқлик металл ёки маҳсулотни қиздириш учун иссиқлик сарфи;
- Чиқиб кетаётган газларнинг иссиқлик йўқотиши;
- Печ деворлари орқали иссиқлик ўтказувчанлидан йўқотилаётган иссиқлик миқдори
- мослама ва транспорт воситаларини қизиши орқали йўқотилаётган иссиқлик миқдори ;
- “иссиқлик қисқа туташувлари” орқали иссиқлик йўқотишлари;
- Совитиш сувларига кетган иссиқлик сарфи;
- Деворнинг иссиқлик аккумуляцияси.

Иссиқлик балансининг айрим моддаларини ҳисоблаб бўлингандан сўнг уларни табицага киритилади кейин шартли ёнилғининг (электроэнергия) солиштирма сарфи аниқланиб, иссиқликдан фойдаланиш коэффиценти ҳисобланади, печ фойдали иш коэффиценти аниқланади .

Печ фойдали иш коэффиценти ($\eta_{к.п.т.}$) қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$\eta_{к.п.т.} = \frac{Q_x - \sum Q_{пот.}}{Q_x} \cdot 100\%$$

Бу ерда

Q_x - иссиқлик ташувчининг иссиқлиги, *Вт*

$Q_{пот.}$ - иссиқлик йўқотишлари, *Вт*

Замонавий печлар Ф.И.К $\eta_{\text{К.П.Т.}} = 20 \div 50 \%$,

электрик печлар учун $\eta_{\text{К.П.Т.}} \geq 70 \%$.

Печ Ф.И.К и. қуйидаги тенглама орқали аниқланади

$$\eta = \frac{Q_{\text{ПОЛ}}}{Q_x} \cdot 100, \%$$

Бу ерда

$Q_{\text{ПОЛ}}$ - Фойдали сарфланган иссиқлик- металлни қиздириш учун сарф,
 Bm Қувват(иссиқлик ёки электрик) ушбу формула орқали аниқланади:

$$N = K \frac{Q_x}{\tau}, \kappa Bm / \text{с}$$

Бу ерда

К- захира коэффиценти ,печ ишини жадаллаштиршни, тармоқдаги кучланишнинг тушиб етишини, иссиқлик изоляциясининг ёмонлашувини; кўзда тутган холда, камерали печлар учун $K=1,3 \div 5,0$; ўтказиш печлари учун $K=1, 2 \div 1,3$.

τ - қиздириш давомийлиги *соат*.

Шуни эътиборга олиш керак-ки қаршилиқ электрик печлари учун, хисобланган қувват 25-50% га оширилган бўлиши лозим, шу оширилган қувват бўйича қиздириш элементларини ҳам ошириш лозим.

4. ЁНИЛЃИНИ ЁНДИРИШ МОСЛАМАЛАРИ (ЭЛЕКТРИК ҚИЗДИРИШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ).

Ёнилғини ёндириш мосламалари ёнилгинингкимёвий энергиясини ёниш орқали исқлик энергиясига ўтказиш учун мўлжалланган. Газсимон ёнилғини ёндириш мосламалари горелкалар, суюқ ёнилғини (мазут) эса-форсункалар деб номланади. Горелка и форсункаларни ҳисоблаш ҳаво ва газ (мазут) горелкаларининг сопласининг диаметрини аниқлашга олиб келинади, стандарт аналогларидан танлаб олинади. Горелкаларни иккита вариант билан ҳисоблаш мумкин.

1 вариант.

1. Стандарт горелка танланилади, яъни ($d_{н.г.}$) ҳисоблаган диаметрға тенг бўлган горелка олинади.
2. Горелка орқали кетаётган газ сарфи аниқланади (B_r).
3. Горелкалар сони аниқланади (n).

$$n = B / B_r, \text{шт}$$

Бу ерда B - ёнилғи сарфи, $\text{м}^3/\text{с}$

2 вариант.

1. Горелкалар сони берилади (n).
2. Битта горелка орқали газ сарфини аниқланади (B_r).
3. битта горелкадан бўладиган сарф бўйича, горелка учининг диаметр аниқланади. ($d_{н.г.}$).

Аниқланган $d_{н.г.}$ бўйича горелканинг бошқа конструктив ўлчамларини маълумотномалардан олинади.

Электрик қиздириш элементларини ҳисоблаш

Электрик қаршилик қиздириш элементлари соноатдаги қиздириш қурилмалари учун металл ва нometалл материаллардан тайёрланади. Ишчи температураси 1000°C гача қурилмалар учун металл қиздирувчи элементлар, юқори температурали қурилмалар учун (ишчи температураси 1100°C дан юқори) керамик қиздириш элементлари, одатда кремний карбиди SiC , цирконий карбиди ZrC , гафний карбиди HfC ва металл W , Mo вакуумда ишлаганда қўланилади Қиздириш элементи материалига талаб юқори оловбардошлиги, юқори температураларда мустахкамлиги, чизиқли кенгайишининг коэффициентининг пастлиги, катта солиштирма электр қаршилиги, фаза ўзгаришларининг йўқлиги, материалнинг арзонлиги ва тайёрланилишининг соддалиги хисобланади. Одатда металл қиздириш элементлари сифатида «нихром», ферритли юқори хромли алюминий қўшимчали пўлатлар ($\text{Cr} \approx 25\%$) ишлатилади.

Энг яхши материаллар никель-хром композициялари - нихромлар, лекин улар хаддан ташқари қиммат.

Электрик қиздириш элементларини хисоблашда, температурасини аниқлигини оширишда катта электропечларни мустақил бошқариладиган иссиқлик зоналарига ажратиш лозим, зоналарнинг сони L печ узунлигини унинг B энига нисбати билан ёки D диаметрига нисбат билан белгилаб олиш мумкин.

Энг яхши температура тақсимланиши ушбу кўришга эга.

$$L_{\text{зоны}} = (1.0 \div 1.5) B \text{ и } L = (1.0 \div 1.5) D$$

Қувватнинг тақсимланиши:

$$1) \quad 3 \text{ зонали печлар : } 0.5 N_{\text{у,рн}} ; 0.3 N_{\text{ўр}}^p ; 0.2 N_{\text{у,рн}} ;$$

2) 2 зонали печлар: $(0.65 \div 0.75) N_{y..T}; (0.25 \div 0.35) N_{yCT}$

3) Шахтали печларда устки зона қуввати 20-40% га бошқа зоналар қувватидан кўпроқ.

жадвал 4

Қотишмаларнинг таснифланиши

НОМИ	Қотишма маркаси	Қиздириш элементининг рухсат этилган максимал температураси $^{\circ}\text{C}$	Солиштрм а электрик қаршилиги $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$	Солиштрм а оғирлиги $\text{г} / \text{см}^3$	Ишлаб чиқариладига н тип ўлчамлари (ёки кесими), мм
Хромо- никел - Қотишма лари (нихромлар)	X20H80	1100 $^{\circ}\text{C}$	1.15	8.4	сим $\varnothing 1 \div 10 \text{мм}$
	X20H80T	1150 $^{\circ}\text{C}$	1.10	8.4	Ёки лента
	X15H60	1000 $^{\circ}\text{C}$	1.10	8.4	$a \times b$;
	XH7OЮ	1200 $^{\circ}\text{C}$	1.10	8.2	$a = 1 \div 3 \text{мм},$
	XH60ЮЗ	1150 $^{\circ}\text{C}$	1.10	8.2	$b = 8 \div 40 \text{мм}$
Хром- алюминий қотишма - лари (фехраллар)	X27Ю5Т	1300 $^{\circ}\text{C}$	1.40	7.5	сим $\varnothing 1 \div 10 \text{мм}$
	X23Ю5	1300 $^{\circ}\text{C}$	1.35	7.3	Ёки лента
	X23Ю5Т	1400 $^{\circ}\text{C}$	1.35	7.2	$a \times b$;
	X37Ю3ТЛ	1400 $^{\circ}\text{C}$	1.40	7.3	$a = 1 \div 3 \text{мм},$ $b = 8 \div 40 \text{мм}$

Хар бир зонадаги электрик қиздириш элементининг қуввати 25 кВт ошмаслиги керак. Қиздириш элементнинг ишчи температураси 50 – 200 $^{\circ}\text{C}$ печ температурасидан юқори бўлиш керак, мажбурий циркуляцияга эга бўлган печлар учун бу кўрсаткич янада юқори бўлиши мумкин.

Қиздириш элементларини ҳисоблашда унинг диаметри, узунлиги, массаси ва кесимини аниқлайдилар; Элементлар симли ва лентали бўлади.

III

симли	лентали
$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^5 \cdot P^2 \rho_t}{\pi^2 U^2 \nu}}$	$a = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 10^4 \cdot P^2 \rho_t}{m(m+1) U^2 \nu}}$
$l = \sqrt[3]{\frac{10 P U^2}{4 \pi \rho_t \nu^2}}$	$l = \sqrt[3]{\frac{2.5 P U^2 m}{(m+1)^2 \rho_t \nu^2}}$
$g = \gamma \sqrt[3]{\frac{0.63 \cdot 4 \rho_t \cdot p^5}{U^2 \nu^4}}$	$g = \gamma \sqrt[3]{\frac{0.625 \cdot m^2 \rho_t \cdot p^5}{(m+1)^4 U^2 \nu^4}}$

Бу ерда d - диаметр, мм; a - қалинлик, мм; l - узунлик, м; g - масса, кг; ν - киздириш элементининг сирт кучланганлиги, $\frac{Bm}{cm^2}$; γ - зичлиги, $\frac{kg}{m^3}$; P - куввати, кВт; U - элементдаги кучланиш, В; ρ_t - солиштирма электр қаршилиқ, $\frac{Om \cdot mm^2}{m}$

$$\text{Нихром учун } \rho_t = \rho_o (1 + \beta t) = (1.0 \div 1.2)(1 + 0.0001t);$$

m - лентанинг тамонлари нисбати (одатда $m=10$)

қиздириш элементининг сирт кучланганлиги ν температурага боғлиқ, масалан нихром учун п $t = 600^\circ \text{C}$ да $\nu = 2.6 \div 3.2 \frac{Bm}{cm^2}$; $t = 900^\circ \text{C}$ да $\nu = 1.1 \div 1.5 \frac{Bm}{cm^2}$; $t = 1100^\circ \text{C}$ да $\nu = 0.5 \div 0.7 \frac{Bm}{cm^2}$.

Элемент узунлигини l ва кесимини ҳисоблашда конструктив хусусиятлари инобатга олинади.

5. ҲАВОНИ ҚИЗДИРУВЧИ ҚУРИЛМАЛАРНИ ХИСОБЛАШ.

Термик печларнинг Ф.И.К ошириш, ёнилғи тежашда печдан чиқиб кетаётган тутун газларининг иссиқлигини рекуператорларда ҳавони қиздириш учун, ҳамда ёнилғи газини қиздириб ёндириш мосламасига узатиш билан қайтарилади. Саноатда керамик ва металл рекуператорлар қўлланилади, айниқса металл рекуператорлар кўплаб жорий этилган. Рекуператорларни ҳисоблашда трубалар, секциялар ва газ ва ҳаво юриш каналлари сони аниқланади. Рекуператорни ҳисоблашни масаласини кўриб чиқамиз / 2 /.

НАМУНА

Иккизонали методик печ рекуператорини ҳисобаймиз, печ кокс ва домна газлари аралашмасида қиздирилади, $Q_H^P = 8380 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$, ёнилғи сарфи (рекуператора ишлашида) $2160 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$; ҳавонинг қизиш температураси 300°C ; $t_o^H = 850^\circ\text{C}$; $t_B^H = 0^\circ\text{C}$; тутун газларининг таркиби 15% CO_2 , 15% H_2O ; 70% N_2 ;

Ёнилғи ёнишидаги ҳаво сарф $B_{\text{возд.}} = 4300 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$;

$$B_{\text{топл}} = 6050 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Ечим:

1. Труба устки тамонида узунлиги 880 мм игналарига эга. Ҳаво ҳаракатининг тезлиги $U_B = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, тутуннинг - $U_D = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2. Рекуператорнинг иссиқлик балансини тузамиз .

Тутун газларининг иссиқлик сифим $t=600^\circ\text{C}$ да

$$t_D^K = 600^\circ\text{C}$$

$$t_D^H = 850^\circ\text{C}$$

5. Қизиётган умумий сирт майдонини ва рекуператор ўлчамларини аниқлаймиз :

$$F = \frac{Q}{K_{\Delta} t_{CP}}, m^2$$

$$F = \frac{1720000 \cdot 10^3}{36 \cdot 605 \cdot 3600} = 22 m^2$$

узунлиги 880 мм бўлга трубанинг шартли сирт майдони ташқи игналарсиз (таблицадан аниқланади) 0.25 м² бўлади, унда рекуператор трубаларнинг сони

$$n = 22 / 0.25 = 87.5 = 88 \text{ труба}$$

Хавонинг ўтиши учун керак бўлган кесим.:

$$f_B = 4300 / 3600 \cdot 6 = 0.199 = 0.2 m^2$$

Тутуннинг ўтиши учун керак бўлган кесим.:

$$f_D = 6050 / 3600 \cdot 3.5 = 0.48 m^2$$

Хаво йўлидаги трубаларнинг тахминий сони :

$$m = 0.2 / 0.008 = 25$$

Тутун йўлидаги трубалар сони:

$$m = 0.48 / 0.06 = 8$$

Хавонинг ўтишидаги кесим юзаси 0.008 м ва тутун учун 0.060 м из таблицадан олинади /9/. Яъни, 88 та труба секциялардаги тақсимланиши, хаво учун ҳар бир секция учун 25 тадан труба тўғри келади.

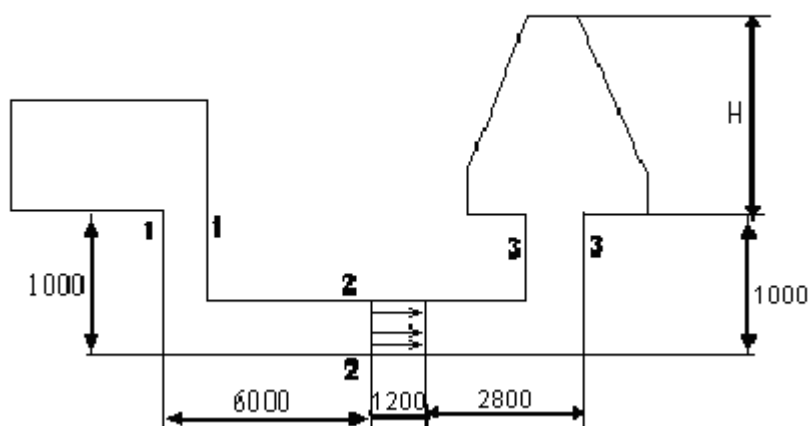
Шундай қилиб ҳисобланаётган рекуператорда $88/25 = 3.6$ секция (йўналиш канали) ҳар бирида 25 тадан труба бўлиши керак. Ҳаво 4 секциядан ҳар бирида 24 - трубадан ўтиши қабул қиламиз. Секцияда 24 труба 3 қаторда, 8 та труба бўлади..

6. ТУТУН ЧИҚАРИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ХИСОБЛАНИШИ

Тутун чиқариш тизими хисоблашда (тутун каналлари, труба асослари) печдан чиқаётган ёниш маҳсулотларини чиқариш учун керакли даражадаги босим, мўри трубасининг ва печ каркаси ўлчамларини аниқлаш лозим.

НАМУНА

Хисоблашларни / 4 / берилган усулда бажарамиз.



6-расм. Тутун йўли тракти.

Хаво сарфи коэффиценти ва белгиланган нуқталардаги температура кўрсаткичи.

Жадвал 6

нуқталар	1	2	3
α	1.2	1.3	1.6
$t, ^\circ\text{C}$	800	730	649

Маълум кесимларда ёниш маҳсулотлари миқдори:

$$V_o = \frac{B \cdot V_\alpha}{3600}, \text{ м}^3/\text{с}; \quad V_o = \frac{23.12 \cdot V_\alpha}{3600} = 0.0064 \cdot V_\alpha \text{ м}^3/\text{с};$$

Тутун канали, труба асосининг кўндаланг кесими юза майдони:

$$F_1 = 0.97 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = 1 \text{ м}^2.$$

Тутун газларининг белгиланган нукталардаги параметрлари

Катталиклар	Нукталар			Хисоблаш формула учун
	1	2	3	
α	1.2	1.3	1.6	
$L_0, \frac{m^3}{m^3}$	1.38	1.38	1.38	
$L_{\alpha}, \frac{m^3}{m^3}$	1.656	1.794	2.208	$L_{\alpha} = L_0 \alpha$
$V_{\alpha}, \frac{m^3}{m^3}$	2.61	2.61	2.61	
$V_D, \frac{m^3}{m^3}$	0.159	0.159	0.159	$V_D = 0.0061 V_{\alpha}$
F, m^2	0.97	1	1	
$v_0, \frac{m}{c}$	2	2.07	2.48	$v_0 = \frac{V_D}{\omega}$

Махаллий қаршиликларда босим йўқотишлари формулага асосан хисобланади [4]:

$$\Delta P = \left(\lambda_{mp} \cdot \frac{L}{d_3} \right) \cdot \left(\rho_0 \cdot \frac{\omega_0^2}{2} \right) \cdot \left(1 + \frac{T}{273} \right) \frac{H}{m};$$

$$\text{кесим 1-1} \quad \Delta P_1 = 0.5 \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{800}{273} \right) = 5.16 \frac{H}{m^2};$$

$$\text{кесим 2-2} \quad \Delta P_2 = 1 \cdot \frac{2.07^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{730}{273} \right) = 10.33 \frac{H}{m^2};$$

$$\text{кесим 3-3} \quad \Delta P_3 = 1 \cdot \frac{2.48^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{649}{273} \right) = 6.79 \frac{H}{m^2};$$

Ишқаланиш йўқотишлари:

$$\Delta P_7 = \lambda_{TP} \cdot \frac{l}{d_3} \cdot \frac{\omega_0^2}{2} \cdot \rho_0 \cdot (1 + \beta \cdot t) \frac{H}{m^2};$$

вертикал каналда: $\Delta P_7 = 0.05 \cdot \frac{3.5^2}{0.92} \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{730}{273}\right) = 4.6 \text{ } H/m^2;$

труба асосида: $\Delta P_8 = 0.05 \cdot \frac{6}{0.64} \cdot \frac{2.48^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{649}{273}\right) = 10.15 \text{ } H/m^2;$

Геометрик босимнинг вертикал каналда йўқотишлари:

$$\Delta P_9 = H \cdot g \cdot (\rho_a - \rho_v), H/m^2;$$

$$\Delta P_9 = 9.8 \cdot 2.6 \cdot \left(\frac{1.29}{1 + \frac{20}{273}} - \frac{1.31}{1 + \frac{730}{273}} \right) = 21.55 \text{ } H/m^2;$$

Рекуператор қаршилиги: $\Delta P_{10} = 30 \text{ } H/m^2;$

Тизимнинг жами қаршилиги :

$$\Delta P_{\text{сумм}} = 4 \cdot \sum \Delta P_{1-6} + \Delta P_7 + \Delta P_8 + \Delta P_9 + \Delta P_{10}, H/m^2;$$

$$\Delta P_{\text{сумм}} = 4 \cdot 22.72 + 10.15 + 21.55 + 50 + 4.6 = 171.18 \text{ } H/m^2;$$

Мўри трубасини ҳисоблаш

Печ эксплуатацияси жараёнида жамланган қаршилиқлар ёки трасса бўйлаб босим йўқотишлари, одатда, тутун каналларини чанг билан тўлиш оқибатида, турли ёриқлардан ҳаво тортиш ёки жадаллаштирилган иш ташкил этилганда. Шунинг учун тутун трубаларни ҳисоблангандан 15-20% кўроқ захира билан ишлаши лойихалаштирилади.

$$\sum \Delta P_p = 1.25 \cdot \Delta P_{\text{сумм}};$$

$$\sum \Delta P_p = 1.25 \cdot 177.18 = 221.475 \text{ } H/m^2;$$

Тутун газларининг трубадан чиқиш тезлиги

$$\omega_{0 \text{ вих}} = 2.0 \text{ м/с};$$

V_D = труба ўзанининг диаметри 0.159 бўлганида:

$$D_y = \sqrt{0.159 / 0.785 \cdot 2.0} = 0.318 \text{ м.}$$

Труба асосининг диаметри

$$D_o = D_y \cdot 1.5, \text{ м};$$

$$D_o = 0.318 \cdot 1.5 = 0.447 \text{ м.}$$

Труба баландлигини $H' = 20$ м. деб қабул қиламиз

Унда: тутун газларининг температураси киришда:

$$t_y = t_K - 1.3 \cdot H', \text{ } ^\circ \text{C};$$

$$t_y = 649 - 1.3 \cdot 20 = 623 \text{ } ^\circ \text{C};$$

Трубадаги ўртача температура :

$$t_D = \frac{t_K - t_y}{2}, \text{ } ^\circ \text{C};$$

$$t_D = \frac{649 + 623}{2} = 636 \text{ } ^\circ \text{C};$$

[4]: Формуладан трубанинг ҳақиқий баландлигини аниқлаймиз] :

$$H = \frac{\sum \Delta P_p + \zeta \cdot \frac{\omega_{oy}^2}{2} \cdot \rho_{\partial o} \cdot (1 + \beta \cdot t_y)}{g \cdot \left(\frac{\rho_{BO}}{1 + \beta \cdot t_B} - \frac{\rho_{DO}}{1 + \beta \cdot t_D} \right) - \frac{\lambda}{3 \cdot D_y} \cdot \frac{\omega_{oy}^2}{2} \cdot \rho_{yo} \cdot (1 + \beta \cdot t_D)}, \text{ м};$$

Бу ерда

ζ - трубадан чиқиб кетаётган тутун газларининг маҳаллий қаршилиги коэффициенти газларнинг трубадан атмосферага чиқиши 1.06;

λ - газларнинг труба деворига ишқаланиш коэффициенти - 0.05;

ρ_{BO} ва ρ_{DO} - ҳаво ва газларнинг келтирилган зичлиги, кг/м^3 ;

Унда трубанинг хақиқий баландлиги:

$$H = \frac{221.475 - 1.06 \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{623}{273}\right)}{9.8 \cdot \left(\frac{1.29}{1 + \frac{20}{273}} - \frac{1.31}{1 + \frac{636}{273}}\right) - \frac{0.05}{3 \cdot 0.318} \cdot \frac{2^2}{2} \cdot 1.31 \cdot \left(1 + \frac{636}{273}\right)} = 28 \text{ м.}$$

ЁНУВЧИ ВА ҚИЗДИРУВЧИ ГАЗЛАРНИНГ ЭНТАЛЬПИЯЛАРИ

$$(i' = C_o' \cdot t, \frac{\text{ккал}}{\text{нм}^3})$$

t, C	CO ₂	SO ₂	H ₂ S	H ₂ O	H ₂	CO	N ₂ (атмосф.)	O ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	Курук хаво	d=1 да ёнишмахсулотлари тақрибий кўрсаткичлар
500	237.50	247.0	199.5	189.85	155.85	160.35	158.55	166.95	255.60	341.95	160.35	174.71
600	292.50	303.0	244.8	231.42	187.44	194.52	192.06	203.04	324.00	433.62	194.41	212.56
700	349.16	359.8	291.9	274.40	219.38	299.37	226.31	239.82	397.39	529.97	229.18	251.39
800	407.20	416.8	340.8	318.72	251.60	264.88	261.20	277.04	476.56	632.08	264.48	291.04
900	466.29	476.1	390.6	364.50	284.31	300.87	296.55	314.82	559.44	737.64	300.42	331.35
1000	526.30	534.0	442.0	411.50	317.40	337.40	332.40	352.90	644.70	847.20	336.70	372.30
1100	587.18	594.0	495.0	459.80	351.01	374.33	368.72	391.27	732.05	960.41	373.45	413.86
1200	648.84	652.8	547.2	509.28	384.96	411.60	405.36	430.08	820.56	1075.56	410.64	455.93
1300	710.97	—	—	559.78	419.51	449.15	442.52	469.04	—	—	448.11	499.64
1400	773.64	—	—	611.24	454.44	487.06	479.78	508.34	—	—	485.80	541.41
1500	836.70	—	—	663.75	489.90	525.15	517.35	547.95	—	—	523.80	584.69
1600	900.16	—	—	716.96	525.60	563.52	555.20	587.68	—	—	562.08	628.30
1700	964.07	—	—	771.29	561.68	601.97	593.30	627.81	—	—	600.44	672.28
1800	1028.16	—	—	826.02	598.32	640.62	631.44	668.16	—	—	639.18	716.36
1900	1092.50	—	—	881.41	635.17	679.44	669.75	708.70	—	—	677.92	760.67
2000	1157.00	—	—	937.60	672.40	718.40	708.20	749.60	—	—	717.00	805.20
2100	1221.78	—	—	994.35	709.80	757.47	746.97	790.44	—	—	756.00	850.05
2200	1286.56	—	—	1051.38	747.56	796.62	785.62	831.82	—	—	795.30	894.85
2300	1351.48	—	—	1109.06	785.68	835.82	824.55	873.31	—	—	834.67	939.04
2400	1416.48	—	—	1167.36	823.92	875.28	863.52	915.12	—	—	874.32	985.15
2500	1481.50	—	—	1225.75	862.75	914.75	902.50	957.00	—	—	913.75	1030.37

**ОЛОВБАРДОШ ВА ИССИҚЛИКИЗОЛЯЦИН МАТЕРИАЛЛАРНИНГ
ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИК КОЭФФИЦИЕНТИ**

Материаллар	зичлиги $\rho, \text{кг/м}^3$	Қўлланишининг чегаравий температураси $t, ^\circ\text{C}$	Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$
Шамот	1900-2150	1350-1400	$1.041+1.512t \cdot 10^{-4}$
Динас	1900-2100	1700	$1.581+3.84t \cdot 10^{-4}$
Магнезит	2600-2800	1650-1700	$7.21-4.19t \cdot 10^{-3}$
Енгил шамот	1300	1300	$0.5+1.63t \cdot 10^{-4}$
Пеношамот	600	1300	$0.1046+1.45t \cdot 10^{-4}$
Шамот ультра енгил	300	1100	$0.0582+1.745t \cdot 10^{-4}$
Диатомит	500	900	$0.1046+2.33t \cdot 10^{-4}$
Пенодиатомит	400	900	$0.0778+3.14t \cdot 10^{-4}$
Вермикулит плиталари	350-400	700	$0.0814+1.51t \cdot 10^{-4}$

ХУЛОСА

Қиздириш қурилмалари фанидан курс ишини бажариш талабаларда қиздириш қурилмаларининг ҳисоблаш орқали қиздиришдаги энергия ва массанинг қиздирилаётган жисимга ўтишининг назарий асосларини сингдиришда-энергиянинг турлари ва уларнинг бирини иккинчисига ўтишидаги юз бераётган жараёнларнинг бориши ҳақида тушунчаларни амалий ҳисоблашлар билан бирга ҳисоблаш малакаларига эга бўладилар.

Металлга иссиқлик ўтишида иссиқлик узатилишининг, иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва нурланиш оқимларидан фойдаланиш ва уларнинг қиздириш жараёнидаги роли ва ўрнини ўрганиб, келгусида лойихалашларда қиздириш қурилма турларини танлаш, уларнинг вақт ва температура режимларини танлашда зарур бўлган малакавий билимларни мустаҳкамлаб оладилар. “Қиздириш қурилмалари” фани бўйича курс иши бажарилишида талабалар саноатда қўлланаётган металлургия ва термик печлар ҳақида амалий тассавурга эга бўладилар.

Фойдаланиладиган асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар рўйхати

1. Материаловедение: Учебник для вузов. / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 3-е изд., – М.: Из-во МГТУ Н.Э. Баумана, 2002.-648 с.
2. Расчет нагревательных и термических печей. Справочник. Под. Ред. Тымчака В.М. и др. М.: Металлургия, 1983 – 480 с.
3. Термическая обработка в машиностроении. Справочник Ю.М. Лахтин, А.Г. Рахштад М.: Машиностроение, 1982 – 496 с.
4. Механизация и автоматизация в термических печах. Соколов К.Н. М.: Свердловск.: Машгиз 1986 -295 с.
5. «Қиздириш қурилмалари» маърузалар матни. Бердиев Д.М., ТошДТУ, 2008 й.
6. «Қиздириш қурилмалари» фанидан амалий ва лаборатория ишларини мустақил бажариш учун услубий қўўланма. Бердиев Д.М., Шокиров Ш. ТошДТУ, 2008 й.

Қўшимча адабиётлар

1. [Теплотехнические расчеты металлургических печей. Телегина А.С. М.:Металлургия. 1982-380 с.](#)
2. Технология термических обработки металлов и проектирование термических цехов. Учебник для вузов. Соколов К.Н., Коротич И.К. М.:Металлургия. 1988-384 с.
3. Металлургические печи. Кривандин В.А., Марков Б.А.. М.:Металлургия, 1967-604 с.

Электрон ресурслар

1. [www. Ziynet.uz](http://www.Ziynet.uz)
2. www. Referat.uz