

Ўзбекистон Республикаси

Олий ва Ўрта Махсус таълим вазирлиги

Фарғона Политехника Институтини

Қўлёзма ҳуқуқида

ЎДК 621.438

РАИМДЖАНОВ МУЗАФФАРЖОН МУХТАРДЖАНОВИЧ

**“Фарғона иссиқлик манбаига қарашли тармоқда
қўлланиладиган иситкичларнинг ишлаш тартибини
такомиллаштириш ва уларнинг иссиқлик узатиш хоссаларини
тадқиқ этиш”**

5A310104- Иссиқлик энергетикаси

Магистр

Академик даражасини олиши учун ёзилган диссертация

Илмий раҳбар:

т.ф.н, доц. Умурзакова М А

ФАРҒОНА – 2014

Мундарижа

Кириш.....

I боб. Иссиқлик таъминотининг асосий принциплари

1. Иссиқлик таъминоти тизимлари турлари.....
2. Иссиқлик таъминоти схемалари. Сув иситкичлари тизимлари.....
3. Сув иситкичларидаги иссиқлик алмашинуви.....
4. Сув иситкичларининг иссиқликни бериш коэффициентини ҳисоби.....

I боб буйича хулосалар.....

II боб. Сув –сувли иситкичлардаги иссиқликни бериш жараёнларини жадаллаштириш масалалари.....

1. Ковушқок суюқликлар гидродинамикасида заррачаларни ёпишиш арти.....
2. Иссиқликни бериш тенгламаси.....
3. Гидродинамик чегаравий катлам.....
4. Иссиқликни берувчи юза буйлаб иссиқлик алмашинувлиқни ошириш усуллари.....
5. Иссиқлик алмашинуви жадаллашган сув иситкичларида иссиқлик алмашинуви эффективлигини тахлили.....
6. Иссиқлик гидравлик эффективлик мезонларини ишлаб чиқиш.....
7. Диффузор –конфузор юзали иситкичларнинг иссиқлик гидравлик эффективлигини тахлили.....

II боб буйича хулосалар.....

III боб. Иссиқлик алмашинув агрегатининг иссиқлик гидродинамик самарадорлиги мезонлари.....

1. Иссиқлик гидродинамик самарадорлиги мезонлари хақида тушунчалар.....
2. Иссиқлик алмашинув аппаратларни кўрсаткичлар буйича таккос лашнинг эталон режими.....
3. Диффузор-конфузор профилли иситкичларнинг эффективлигини ҳисоби.....

Ш боб буйича хулосалар.....

Хулосалар.....

Интернет маълумотлардан иловалар.....

Фойдаланилган адабиетлар.....

КИРИШ

Мустақиллик йилларида Ўзбекистон Республикаси катта натижаларга эришди. Тарихан қисқа муддатда иқтисодиётни бирёқлама ривожланган, асосан пахта республикадан тез суръатлар билан ўсиб хам ашъёси етказиб беришга мослашган қолоқ бораётган замонавий саноат тармоғига эга бўлган, жадал тараққий этаётган мамлакатга айланди.

Мустақиллик йилларида аҳолининг реал ялпи даромадлари жон бошига 8.2 баробар ошди, мамлакат иқтисодиётида доллар хисобида 162 миллиарддан ортиқ маблағ ўзлаштирилган бўлиб, 56 миллиард доллардан зиёди инвестициялардир.

2014 йил саноат соҳасида ривожланган технологияларда асосланган объектлар, инвестицияларни ошириш йили бўляпти. Электр энергетика соҳасида Толимаржон иссиқлик электр станциясида 450 мегаватт бўлган 2 та буғ-газ қурилмаси, Тошкент иссиқлик электр станциясида 370 мегаватт ва Навоий иссиқлик электр станциясида қуввати 450 мегаватт бўлган буғ-газ қурилмаларини қуриш бўйича ишлар бошлаб юборилган.

Энергетика соҳасига бўлган эътибор ишлаб чиқариш индустрияси, қишлоқ хужалиги, транспорт ва ҳоказо тармоқлардаги бўлган аҳамияти билан белгиланади.

Чунки замонавий техника ва технология электр ва иссиқлик энергиялар хисобига ўз вазифасини бажаради.

Сифатли ва белгиланган кўрсаткичларга эга бўлган иссиқлик ва электр энергияни ишлаб чиқарувчи иссиқлик электр станцияларнинг самарадорлиги, фойдали иш коэффициентини ошириш ҳамда технология чиқиндиларини камайтириб табиатга бўлган салбий таъсирини иложи борича бартараф қилиш мақсадга мувофиқ.

Халқимизнинг яшаш даражасини тобора усиб бораётган даврда турар жой ва ижтимоий тармоқ биноларни иссиқликда бўлган эҳтиёжи ортиб бормоқда. Иссиқлик манбалари туман қозонхоналари ёки иссиқлик электр марказлари бўлиб иссиқлик сув ва сув буғини етказиб беради.

Фарғона шахрининг А.Қодирий номидаги мавзесида жойлашган РК - №3 қозонхонаси кўп қаватли турар жойларни иссиқлик билан таъминлайди. Қозонхона учта қозон билан жамланган бўлиб, самарадорлигини ошириш учун секцияли сув иситкичлари қўлланади. Натижада қозонларнинг фойдали иш коэффициенти ортади. Лекин бажарилган тахлилга кўра совуқ сувни қиш мавсумида истиш услубини қўллаш етарли эмаслиги аниқланди.

Шу сабабдан, диссертацияда сув иситишни иситкичларнинг иссиқлик беришни ошириш билан такомиллаштириш масаласи қўйилган.

Диссертация мавзусини долзарблиги

Хар қайси қозонхона ёки иссиқлик электр марказида сув ёки буғ иситкичлар қўлланади. Шунинг учун, иситкичларнинг самарадорлигини ошириш на фақат қозонхона ва иссиқлик электр марказларининг самарадорлигини оширади, балки сарфланадиган ёқилғини тежамлайди.

Тадқиқот объекти ва предметининг белгиланиши

Тадқиқот объекти – қозонхоналарнинг сув- сувли иситкичлари. Тадқиқот предмети сифатида иситкичларнинг иссиқлик самарадорлигини ошириш масалалари белгиланган.

Тадқиқот мақсади ва вазифалари

Тадқиқот мақсади иситкичларнинг иссиқлик самарадорлиги ошириш усуллари ишлаб чиқишда оқим иссиқлик узатишга қаратилган.

Тадқиқотнинг асосий масалалари ва фаразлари

Асосий масала иситкичларнинг иссиқлик самарадорлигини ошириш бўлиб, фаразлари иссиқликни оқимдан юзага узатиш пайтидаги иссиқлик узатиш қобилиятни оширишдадир.

Тадқиқотларга қўлланилган услубларнинг қисқача тавсифи

Тадқиқотларни олиб боришда чегаравий қатлам назарияси қўлланган.

Тадқиқот натижаларининг назарий ва амалий ахамияти

Диссертацияда қўриб чиқилган назарий ечими ва амалий кўрсатмалар қозонхона агрегатининг сув иситкичнинг самарадорлигини оширади.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги

Қозонхонана агрегатининг сув иситкичларида иситиш юзаси диффузор- конфузор шаклида олинган.

Диссертация таркибининг қисқача тавсифи

Диссертация кириш қисми, уч боб, хулоса, адабиётлар рўйхати ва иловадаги интернет маълумотлардан иборат.

I- боб Иссиқлик таъминотининг асосий принциплари

1. Иссиқлик таъминоти тизимлари турлари

Иссиқлик энергияси одамзот ҳаётида катта аҳамиятга эга. Йилнинг совуқ мавсумида иссиқлик хоналарни иситиш учун ,сувни иссиқ сув таъминоти эҳтиёжи учун иситиш, вентиляция тизимида хавони иситиш ҳамда турли технологик жараёнларни кечишини таъминоти учун иссиқлик энергияси кенг қўлланилади.Буғунги кунда иссиқлик энергетикаси тизимида иссиқлик энергия ташувчиси сифатида иссиқ сув ва буғ қўлланилади. Бундай иссиқлик ташувчилар иссиқлик электр маркази ёки қозонхоналардан қувурлар орқали иситиш тизимидан чиқаётган ёки сув таъминоти тизимидан олинаётган совуқ сувга уз энергиясини беради.

Истеъмолчиларни иссиқлик билан таъминлаш қўйидаги тартибда бажарилиши лозим:

- а) иссиқлик ташувчини тайёрлаш.
- б) иссиқлик ташувчисини транспортировка қилиш.
- в) иссиқлик ташувчисининг иссиқлигини қўллаш.

Юқоридагиларга кўра иссиқлик таъминоти тизими уч қисмдан иборат:

1. Иссиқлик манбаси
2. Қувурлар тизими
3. Иситиш ускуналари иссиқликни истеъмол этаётган тизими.

Иссиқлик таъминоти тизими қўйидагиларга кўра турланади:

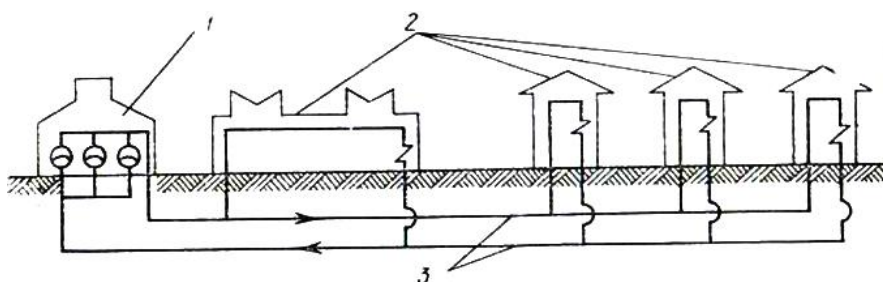
- таъсир қилиш радиуси
- иссиқлик манбаси тури буйича
- иссиқлик ташувчиси тури буйича
- иссиқлик қурувлари сони буйича.

Таъсир қилиш радиуси буйича иссиқлик таъминоти тизими иссиқликни узатиш масофаси ва истеъмолчилар сонига кўра ажралади.

Агар иссиқлик жараёнлари кечадиган буғинлар бир хонада жамланса иссиқлик таъминоти тизими маҳаллий деб аталади.Бундай тизимлар

мисолида қозонхоналар, газ ва электр иситкичлар бўлиши мумкин ва бунда иссиқликни олиш ва хоналар хавосига бериш битта қурилма орқали бажарилади ва одатда ушбу қурилмалар иситиладиган хонада жойлашади.

Иссиқлик таъминотининг марказий тизимлари иссиқлик энергияни иссиқлик электр маркази ёки туман қозонхонадан олади (1-расм). Бундай ҳолатда иссиқлик бинолар гуруҳига берилади.



1.1- расм. Марказлашган иссиқлик таъминотининг принципал схемаси.

1- иссиқлик электр маркази ёки туман қозонхонаси,

2- иситиш ва вентиляция тизими,

3- ташқи иссиқликни узатувчи қувурлар.

Иссиқлик манбаси турига кўра марказий иссиқлик таъминоти тизимлари қўйидагиларга ажралади :

а) туман иссиқлик таъминоти тизими.

б) теплофикация тизими.

Туман иссиқлик таъминоти тизими қозонхонадан иссиқлик билан таъминланса, теплофикация тизими - иссиқлик электр марказидан озикланади.

Иссиқлик ташувчисига иссиқлик энергияси туман қозонхонасида ёки иссиқлик электр марказида берилади ва босим остида ёки уз энергияси хисобига (суб буғи) қувурлар орқали саноат корхоналар , маъмурий ва аҳоли турар биноларнинг иситиш ва вентиляция тизимига келади. Иситиш ускуналар бино ичида бўлиб, иссиқлик ташувчиси иссиқликни бериб қайтиш қувурлари орқали иссиқлик манбасига қайтарилади.

Теплофикация тизимида ҳам электр, ҳам иссиқлик энергияси ишлаб чикилади.

Туман иссиқлик таъминоти тизими ва теплофикация тизимлари ухшаш элементлардан ташқил топади. Булардан ,транспорт,иситиш тизими ва бошкалар. Шунини таъкидлаш керакки теплофикация тизими иқтисодий жихатдан тежамли ва техник жихатдан мукамалдир.

Иссиқлик таъминоти тизими иссиқлик ташувчиси турига кўра: сув ва буғларга ажралади. Сув иссиқлик ташувчиси сифатида аҳоли ва маъмурий биноларда иссиқлик билан таъминлайди. Буғ эса иссиқлик ташувчиси сифатида саноат корхоналари иссиқлик таъминоти тизимида ҳамда куч ва технологик жараёнларни таъминлаш мақсадида қулланади. Лекин , охириги пайтда иссиқлик таъминоти тизимида иссиқлик ташувчиси сифатида сув турли параметрларида ишлатилади, яъни турли хароратгача иситилган сув технологик жараёнларда қулланади. Иссиқлик ташувчини бир турда ишлатилиши капитал сарфларини камайишига ҳамда иссиқлик таъминоти тизимини сифатли эксплуатация қилинишига сабабчи булади.

Марказий иссиқлик таъминоти тизимида қулланадиган иссиқлик ташувчиларига катор санитар- гигиеник, техник - иқтисодий ва эксплуатацион талаблар қўйилади. Асосий санитар-гигиеник талаби – иссиқлик ташувчиси хонанинг микроиклим шароитини ёмонлаштириши ва одамлар ҳолатига салбий таъсир қилмаслиги керак. Иссиқлик ташувчиси юқори хароратга эга бўлмаслиги керак ,чунки бу табиий чангнинг учиши ва парчаланишига олиб келиб, одам организминини заифлаштирилади. Иситиш ускуналар юзасидаги харорат 95°C дан 105°C гача аҳоли турар жой ва маъмурий биноларда ҳамда 150°C саноат корхоналари биноларида ортиб кетмаслиги керак.

Иссиқлик ташувчисига қўйиладиган техник-иқтисодий талаб иссиқлик ташувчиси узатилаётган иссиқлик тармоғи нархи иложи борича арзон, иситиш ускуналар массаси кичик ва хоналарни иситишга зарур бўлган ёқилги сарфи кам бўлиши керак.

Эксплуатацион талаблари иссиқлик ташувчиси сифатлари иссиқлик таъминоти тизимининг иссиқлик беришини марказлашган равишда ростлаш билан белгиланади.

Иссиқлик юкломани равон ростлаш усули йилнинг турли фаслида ташқи хавони хароратини ўзгаришига кўра зарурий булади.

Иссиқлик ташувчининг эксплуатацион курсаткичи иситиш-вентиляцион тизимининг хизмат қилиш муддати билан аниқланади. Бу борада иссиқлик ташувчилар учун ижобий сифатлари: нисбатан кичик харорати ва шунга кўра иситиш ускуналарининг юзаларидаги кичик харорат сувни узок масофага хароратини сезиларли узгартирмасдан узатиш; иссиқлик таъминоти тизимини иссиқлик узатишини марказлашган равишда ростлаш имкони; сувли иситиш вентиляция ва иссиқлик сув таъминоти тизимларини содда монтажи; иситиш ва вентиляцияни узок муддатда хизмат қилиши.

Буғнинг ижобий сифатлари: буғни нафакат иссиқликни истеъмолчиларини, балки куч ва технологик жараёнлар учун таъминлашга; буғ иситиш тизимларни тез иситиш ва тез совитиш хонани даврий иситиш керак булганда; кичик босимли буғ (иситиш тизими ва иссиқ сув таъминотида) кичик хажмли массага эга (тахминан 1650 маротаба сувнинг хажмий массасидан кичик), бундай холат буғ иситиш тизимларида гидростатик босимни хисобга олмасликка имкон беради ва буғни иссиқлик ташувчиси сифатида кўп қаватли биноларида қўллаш учун ишлатилиши мумкин; буғ иссиқлик таъминоти тизимида жойнинг хар қайси рельефида кулланиши мумкин; иситиш ускуналарнинг юзасини ва қувурларнинг диаметри кичик булгани учун буғ тизимларни арзонлиги; дастлабки ростлашни соддалиги; буғни транспортировка қилишда электр энергияни сарфини йўқлиги.

Буғнинг камчиликларига қўйидагилар киради: буғнинг харорати катта булгани учун иссиқликни кўпроқ йўқотилиши; буғ иситиш тизимини сув иситиш тизимига кўра эксплуатация қилиш муддати анча кичик, чунки конденсат қувурларнинг ички юзасининг коррозияси интенсиврок.

Курилиш қоида ва нормаларига кўра буғ иситиш тизимлари хаммом, кир ювиш комбинатлари, кинотеатрлар, савдо бинолари, саноат корхоналари ва цехларда қўлланилади. Аҳолии турар жойларда буғ иситиш тизимини қўллаш таъқиқланади. Биноларнинг хаво иситиш ва вентиляция тизимида хаво буғ билан иситиш рухсат этилади. Исик сув иситиш тизимида буғ совук сувни иситиш учун ишлатиш рухсат этилади.

Иссиқлик ташувчининг параметри сифатида харорат ва босим белгиланган. Босим ўрнига баъзида напор тушунчаси қўлланилади. Напор ва босим қўйидаги тенглама билан боғлиқ:

$$H = P/(\rho g) \quad (1.1)$$

бунда: H - напор [м]; P - босим [Па]; ρ -иссиқлик ташувчисининг зичлиги [кг/м³]; g -эркин тушиш тезланиши [м/с²].

Сувнинг иссиқлик имконияти:

$$Q = Gc(t_1 - t_2) \quad (1.2)$$

бунда: G - иситиш таъминоти тизими орқли ўтаётган сув миқдори [кг/с];

c -сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими ($C = 4,19 \text{ кДж} / \text{кгС}$);

t_1 –иссиқлик таъминоти тизимигача бўлган сув харорати [°С];

t_2 – иссиқлик таъминоти тизимидан кейин бўлган сув харорати [°С].

t_1 ва t_2 хароратларни иссиқлик манбасидан кейин қўйидагича олинади:

а) аҳоли турар жой ва маъмурий биноларида.

$$t_1 = 95\text{C}^0 (105\text{C}^0), t_2 = 70\text{C}^0$$

б) болалар боғчаси ва шифохоналардаги иситиш тизимларида.

$$t_1 = 85\text{C}^0, t_2 = 70\text{C}^0$$

в) қозонхона ёки иссиқлик электр марказларидан озикланадиган марказий иссиқлик таъминоти тизимида, хамда саноат корхоналарнинг биноларининг иситиш тизимида.

$$t_1 = 150\text{C}^0, t_2 = 70\text{C}^0$$

Иссиқлик таъминоти тизимида буғ турли босимда қўлланади. Агар буғ босими 0,005 дан 0,07 МПа бўлса бундайлар паст босими буғ иситиш тизими

деб аталади. Юқори босимли тизимда буғнинг босими 0,07 МПа ортик бўлади.

Технологик мақсадда буғ босими юқори бўлади. Буғнинг иссиқлик бериши Q (кВт) ва иссиқликни узатиши учун керак бўлган буғ миқдори G кўйидаги тенглама билан аниқланади;

$$Q = G_n (i - C_{кк_{нас}}) \quad (1.3)$$

бунда: G_n – буғ миқдори [кг/с]; i – қуруқ тўйинган буғ энтальпияси [кДж/кг];

$C_{кк} = 4,19 \text{ кДж} / \text{кг} \text{C}^0$ - конденсат ва сувнинг иссиқлик сифими.

Паст босимли бу- учун (1.3) тенграмаси кўйидагича ифодаланиши мумкин:

$$Q = G_n r \quad (1.4)$$

бунда r -буғ хосил бўлишнинг берккитиқча иссиқлиги ($r = 2260 \text{ кДж} / \text{кг}$);

Буғ ва конденсат миқдори учун тенглама:

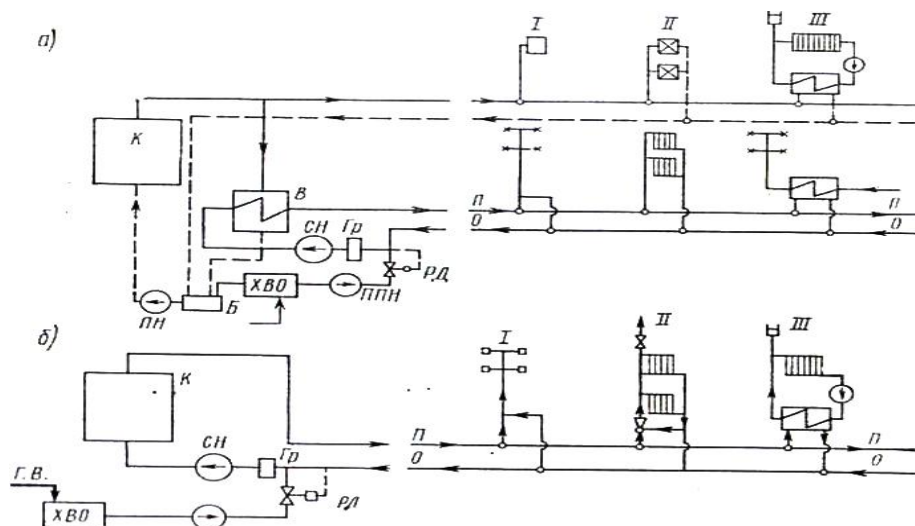
$$G = Q / (i - t_{нас} C_{кк}) \quad (1.5)$$

2. Иссиқлик таъминоти схемалари. Сув иситкичлари тизимлари

Юқорида айтиб кетилганидек, иссиқлик таъминоти тизимининг асосий элементларидан иссиқлик манбаси хисобланади, яъани қозонхона ёки иссиқлик электрмаркази. Туман иссиқлик таъминотида иссиқлик манбаси сифатида буғ еки сув иситиш қозонханалари қўлланади. Бундай иссиқлик манбаларида фақат бир турдаги энергия ишлаб чиқилади - иссиқлик энергияси. Ушбу энергияни олиш учун органик ёқилғи – кўмир, мазут, табиий газ ёндирилади. Иссиқлик энергияси истъемолчи иссиқ сув еки буғ кўринишида узатилади. 1.2- расм (а ва б),

1.2.б- расмда Кўрсатилган сув иситиш қозонхонали иссиқлик таъминоти схемаси тармоқ насослари ёрдамида иссиқ сувни узлуксиз узатишни таъминлайди. Иссиқ қувурлар орқали сув иссиқлик истъемолчиларига берилади, орқа қувурлар ёрдамида яна қозонхоналарга қайтарилади. Истъемолчилар тизимида тармоқ суви совийди ва бунда сув иссиқ энергиясини ёки водопровод сувига, ёки вентиляция ва кондиционирлаш

тизимидаги хавога беради. Тармоқдаги сувни мунтазам тозалаш ва тўлдириш учун схемада грязевик Гр ишлатилади ва ундан сув ўтаётганда аралашмалар чўкади. Бундан ташқари, қозонхонада сувни кимъевий тозалаш қурилмаси ХВО кўзда тутилган. Сувни узатиш учун ростлаш клапанлари ёрдамида РД насослар орқали амалга оширилади. ХВО тизимида сувдаги тузлар, эритилган кислород, карбонкул кислотаси олиб кетилади.



1.2- расм. Туман иссиқлик таъминоти тизими.

а- буғ қозонидан; б- сув қозонидан.

Туман иссиқлик таъминоти схемасига кўра буғ қозонхонадан иссиқлик таъминоти тизимига берилади. Шунингдек, буғ- сув иситкичи ёрдамида аҳоли турар биноларнинг иситиш тизимига берилади. Сувнинг циркуляцияси тармоқ насослари СН билан бажарилади. Иссиқ сув сифатида истъемол этилаётган иссиқ сув таъминоти тизими деб номланади. Буғ истъемолчиларидан конденсат қувурлар орқали қозонхонага келади ва конденсат бакига Б ўтади

Ушбу бакка сув иситкичларидан конденсат келади. Кейин эса, бакдан конденсат таъмиловчи насослар ПН ёрдамида қозонга узатилади ва буғлантирилади.

Буғ истъемолчилари турли саноат комплекслари I ва биноларнинг иситиш тизими II ва III кўринишида бўлиши мумкин.

Теплофикацион иссиқлик таъминотида икки турдаги энергия ишлаб чиқилади: электр ва иссиқлик энергияси. Асосий иссиқлик манбаси-иссиқлик электр марказидир. Теплофикация ўзининг иссиқлик манбаси тури билан фарқланади. Масалан, катта босимли буғ иссиқлик турбинасига келиб турбина валининг ишчи ғилдирагининг кўракчаларини ҳаракатга келтиради ва генераторнинг ротор ҳароратга келиб электр токи ишлаб чиқилади. Иш пайтида буғ кенгаяди ва унинг ишчи босими пасаяди ва турбина чиқишида буғ босими $0,003 \div 0,004$ МПа қийматигача пасаяди. Сунг паст босимли буғ конденсаторга ўтади ва сувга айланади. Бунда буғ ўз иссиқлигини беради. Конденсаторда совитиш сув сифатида бассейн, кўл ва х.к. ларнинг суви ишлатилади. Конденсатордан чиққан конденсат қозонхонага яна буғланиш учун юборилади.

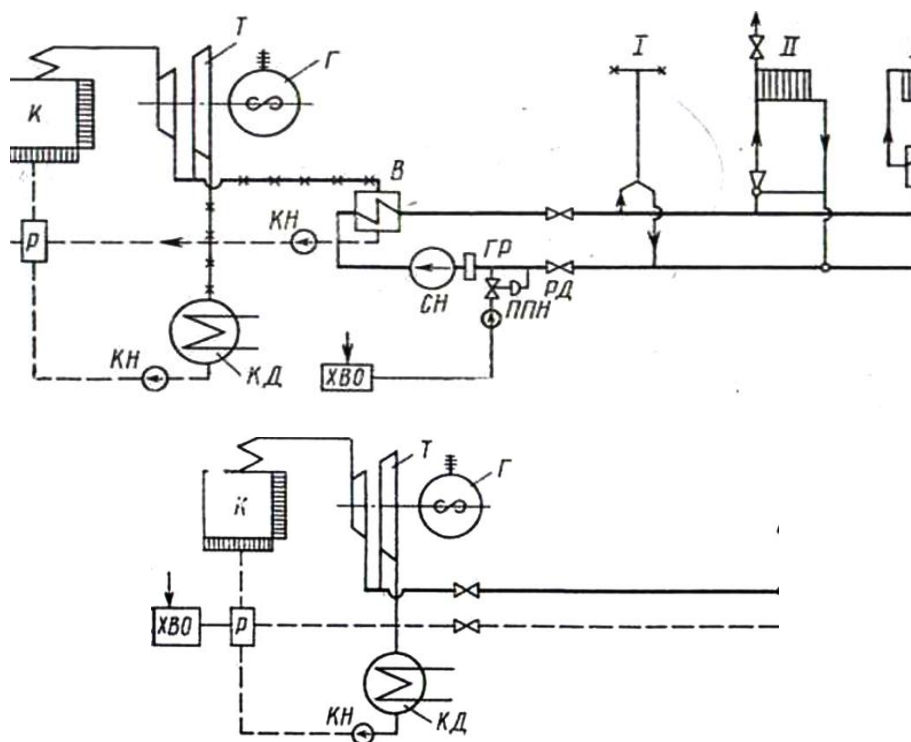
Буғнинг бир қисми туринадан олиб кетилишда унинг тўла бўлмаган ҳажми конденсаторга келади, чунки буғнинг керакли қисми $0,25 \div 0,6$ МПа босими билан истъеомолчига берилади. Буғ электр токини ишлаб чиқиши босим диапазони бошланғичдан $0,6$ МПа гача бўлганда кузатилади ва ундан кейин истъеолчиларга берилади.

Бундай буғ ишлатилган бўлиб, иссиқлик энергияни ишлаб чиқишда қўлланади. Иссиқлик энергияни ишлаб чиқишда қўлланади. Иссиқликни бундай усул билан узатилиши буғ кўринишида анча фойдали, чунки теплофикация ҳолатида буғ истъеомолчиларга электрэнергия ишлаб чиқилгандан сўнг узатилади. Уш бу схемада ёқилғи анча тежамланади.

Буғ қувурлар орқали истъеомолчиларга берилади бунда буғни ҳосил қилишнинг иссиқлиги технологик аппаратларда (I), иситиш тизимини иситиш ускуналарида (II) ва иссиқ сув таъминоти тизимида водопровод сувини иситиш тизимида (III) конденсатга айланиб, буғ конденсат қувури орқали иссиқлик электр марказига берилади.

Буғ ўзининг потенциал энергияси ҳисобига буғ қувурлари орқали ҳаракатланади, яъни буғнинг қувуридаги ишқаланиш кучларни бартораф қилишда босими пасаяди. Насослар конденсатни яна станциясига хайдайди.

Иссиқлик таъминотининг буғ тизимлари асосан саноат корхоналарда технологик эҳтиёжда, иситиш тизими ва вентиляцияда ҳамда иссиқ сув таъминотида ишлатилади.



1.3.6 –расм. Теплофикациянинг принципиал схемаси

Иссиқлик таъминотининг сув тизимларида (1.3б-расм) буғ турбинадан олинаётган кичик босимли буғ ($P = 0,06 \div 0,25$ МПа) сув иситкичларига В келади ва бунда сув иситилади, иссиқлик тармоғида ва иссиқликни истъемол этаётган тизимда циркуляцияланади. Иситкичда буғ иссиқликни бериб конденсат ҳолатига ўтади. Кейин конденсат қозонга келади. Уш бу схемада конденсат станциядан чиқиб кетмайди ва иссиқлик электр марказида қолади. Бундай ҳолат қурилмани тежамкорлигини оширади ва ёқилғини тежамлайди. Теплофикациянинг бошқа фактор орқали тежамкорлигини ошириш олинандиган буғ босимини $0,06 \div 0,25$ МПа гача тушириш билан эришилади. Ушбу буғ иссиқлик ташувчиси сифатида ахамияти кичик, чунки у кўпроқ электр энергияни ишлаб чиқаради.

Шундай қилиб хулоса қилиш мумкинки иссиқлик таъминотининг буғ тизимларида сув иситкичлари қўлланади ва иситиш тизими ва иссиқ сув таъминоти учун хизмат қилади.

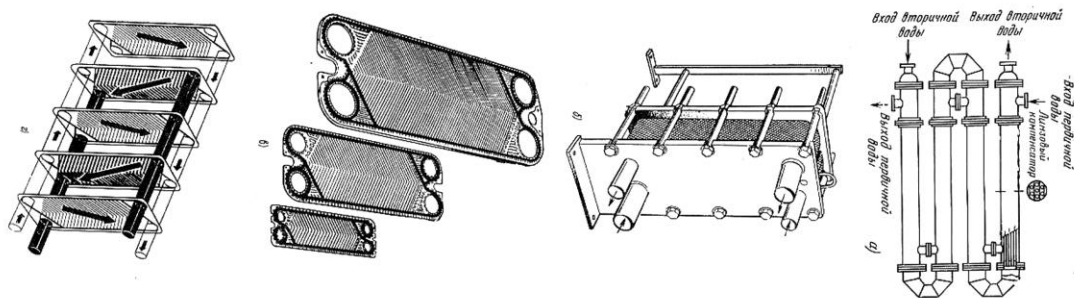
Иссиқлик энергетикасида сув иситкичлари сифатида иссиқлик алмашинув юзалари ишлатилади. Юзалар кетма-кет уланган бир неча секциядан иборат бўлади ва хар бири кожухли қувур кўринишидаги иссиқлик алмашинув аппарати бўлиб диаметри кичик бўлган қувур ва кожух билан жамланади. Секцияли иссиқлик алмашинув аппаратларда сув тенг сарфли бўлганда иссиқлик ташувчининг қувурдаги тезлиги ҳам тенг бўлади. Натижада иссиқликни узатиш коэффиценти ортади.

1.4- расмда сув- сувли иситкичларнинг конструктив тузилиши кўрсатилган. Сув- сувли иситкичлар асосан секцион иситкичлардан йиғилади ва бирламчи ҳамда иккиламчи иссиқлик ташувчиси бўйича кетма –кет бирлаштирилади. Амалда секцион иситкичлар кенг қўлланилади. Ушбу иситкичларнинг корпуслари пўлат найчалардан бажарилган, иситиш юзаси эса латундан бажарилган Л-68 найчаларидан иборат. Найчаларнинг диаметри 14 ÷ 16 мм га тенг. Қувурли панжаралар иситкичнинг корпусига пайвандланган. Иссиқ сув таъминоти учун иситкичлар линзали компенсаторсиз қилиб бажарилади. Бажарилган тадқиқотлар кўрсатишига, бундай иситкичларни иссиқ сув таъминоти учун қўллашда иситилган сув латун найчалар орқали, иситаётгани эса қувурлар аро ўтади ва харорати 150°С дан ортмайди.

Бундай шароитда қурилманинг корпусига линзали компенсаторларни ўрнатиш кераксиз, чунки найчаларнинг деворлари ва корпусдаги кучланиш рухсат этилган чегарасидан чиқиб кетмайди.

Иситиш тизимида қўлланадиган иситкичларда сув найчалардан ўтади, иситувчи сув эса қувурлар аро фазодан узатилади.

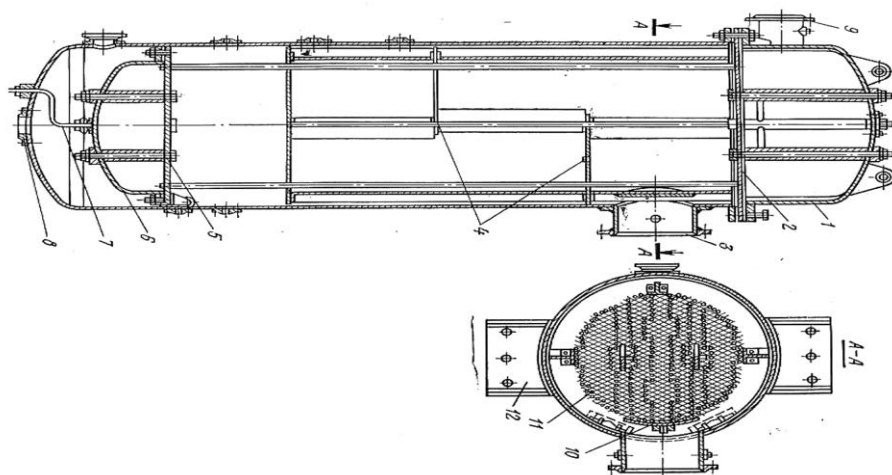
Сув- сувли иситкичларда иссиқликни узатиш коэффиценти юқори бўлиб, тахминан $1000 \div 1500 \text{ вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$ ораликда бўлади. Иссиқлик узатишни жадаллиги найчалар дастасининг бажариш сифатига ҳамда чегаравий қатламнинг гидродинамик ривожланиш хусусиятига боғлиқ.



1.4- расм. Сув- сувли иссиқлик алмашинув аппаратларининг схемалари.

а- секцияли; б- пластинкали; в-гофресимон юнка пластинкали;

г- иссиқлик ташувчиларнинг харакат схемаси.



1.5- расм. Вертикал буг- сувли теплофикацияон иситкичи.

1- тепа сув камераси; 2- тепа қувурли тахта; 3- бугни киргизувчи найча;

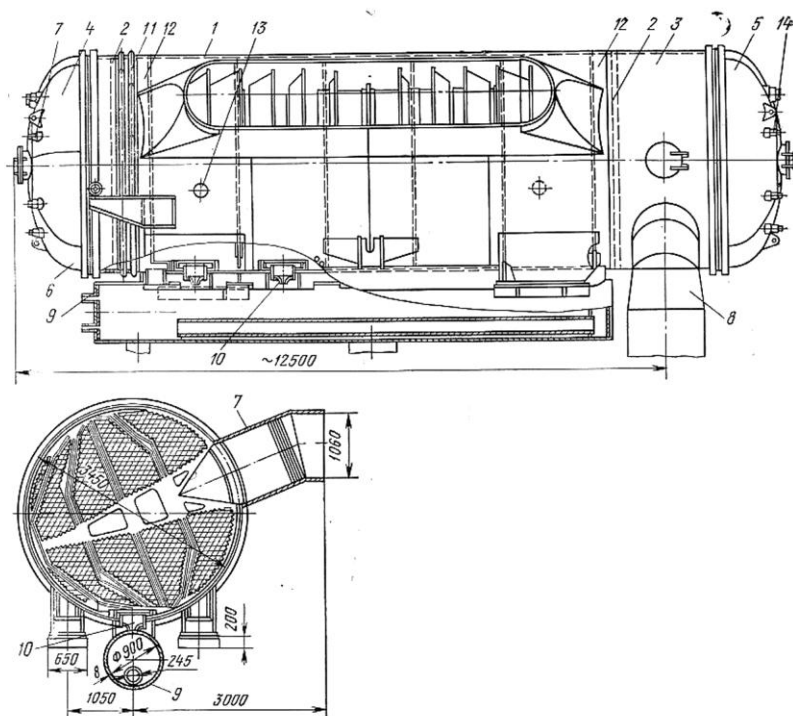
4- бугни йўналтирувчи тўсиқлар; 5- пастки қувурли тахта;

6- пастки сув камераси; 7- сув камерасидан сувни чиқариб юборувчи найча;

8- иситиш бугининг конденсатини тўқиб берувчи;

9- тармоқ сувининг найчаси; 10- буг қайтаргичнинг листи;

11-найчалар; 12- таянчлар.



1.6- расм. PSG-5000-3,5-8,1 турдаги горизонтал теплофикацион иситкич.

- 1- корпус; 2- найчали тахталар; 3- кириш сув камераси;**
4- айлантирувчи сув камераси; 5- кириш сув камерасининг қопқоғи;
6- айлантирувчи сув камерасининг қопқоғи;
7- бугни олиб келиш; 8- тармоқ сувини келтириш;
9- конденсатни йўғувчи; 10-тирқишли найча;
11- линзали компенсатор; 12- бўлим;
13- буг- хаво аралашмани олиб кетувчиси;
14- анкерли боғланиш.

Шундай қилиб, хулоса қилиш мумкинки, сув иссиқлик ташувчиси юқори иссиқлик бериш коэффициентига эга. Найчалардаги сувни турли оқим режими шароитида катта хажмдаги иссиқлик оқимини олиши мумкин. Сув харакати кичик бўлади. Бундай қонуниятлар конвектив иссиқлик алмашинуви учун олиш мумкин бўлиб, илмий адабиетларида берилган. Жумладан, мажбурий конвекция соҳасида ўхшашлик назариясида ухшаашлик сонлари Nu- Нуссельт; Re- Рейнольдс; Pr- Прандтль мезонлари сифатида келтирилган.

3. Сув иситкичлардаги иссиқлик алмашинуви.

Конвектив иссиқлик алмашинуви дегана оқувчан (суюқлик ёк газ) мухитларни хароракатланишида иссиқликни узатиш жараёни тушунилади. Ушбу жараёни иссиқликни узатишда икки механизм таъсирида кечади: конвектив узатиш ва иссиқлик ўтказувчанликда.

Конвектив иссиқлик алмашинувида мухитда иссиқликни тарқалиши оқувчан мухитни юқори харорат соҳасидан паст харорат соҳасига иссиқликни узатишида кечади ва бундан ташқари микро заррачаларни иссиқлик харакати ва кинетик энериялари билан алмашиши таъсир қилади.

Электр ўтказувчанлиги бўлмаган мухитлар учун конвектив узатишнинг интенсивлиги иссиқлик ўтказувчанлигига нисбатан юқори бўлгани сабабли ламинар оқим шароитида иссиқлик ўтказувчанлик мухит оқимининг кўндаланг йўналишида ахамиятли. Конвектив иссиқлик алмашинувидаги иссиқлик ўтказувчанлик электр ўтказувчан мухит хароратида ахамиятли (масалан суюқ металл). Бундай холатда иссиқлик ўтказувчанлик суюқликнинг харакат йўналиши томон иссиқликни узатишга сезиларли таъсир кўрсатади.

Турбулент оқимида кўндаланг равишда иссиқликни узатиш жараёнида турбулент уюрмаларни пульсацияланган узатилиши мухим ахамиятга эга. Иссиқлик ўтказувчанликни конвектив иссиқлик алмашинувликдаги иштироки натижасида мухитнинг иссиқлик- физик хусусиятларига сезиларли таъсир қилади: жумладан, иссиқлик ўтказувчанлигига, иссиқлик сиғимига ва зичлигига.

Конвектив иссиқлик алмашинувида конвектив узатиш ахамиятга эга ва бу жараёнлар суюқликнинг харакат турига боғлиқ. Бунда мухитнинг тезлиги ва харакат йўналиши оқимдаги тезликларни тақсимланишига ва харакат оқими турига (ламинар ёки турбулент) боғлиқ. Газнинг катта харакат тезлигида конвектив иссиқлик алмашинувида оқимдаги босимни тақсимланиши таъсир қилади.

Агар суюқлик харакати ташқи кўзғаткич (насос, вентилятор, компрессор ва хо ка зо) орқали ташқил этилса, харакат мажбурий ва конвекция мажбурий деб аталади.

Агар суюқлик харакати харорат майдонининг бир жинсли бўлмагани сабабли пайдо бўлса бундай харакат эркин ёки табиий конвекцияси деб номланади. Баъзи амалий холларда ҳам мажбурий, ҳам эркин конвекцияни инобатга олиш зарурати бўлади.

Конвектив иссиқлик алмашинувининг энг муқобил варианты сифатида конвектив иссиқликни бериш жараёни бўлиб, бунда икки фазани бўлиниши чегарасида кечади (қаттиқ ва суюқ, қаттиқ ва газсимон, суюқ ва газсимон). Қўйиладиган асосий масала иссиқлик оқимини фазаларни бўлиниши чегарасида, яъни кўрсатаётган иссиқлик миқдорини вақт бирлигида олъяпти ёки беръяпти.

Юқорида кўрсатилган факторлардан ташқари конвектив иссиқлик алмашинувиға таъсир қилувчи иссиқлик оқим зичлиги, жисмнинг шакли ва ўлчамига, юзанинг ғадир-будирлигига, юза хароратига ҳамда иссиқликни берувчи ёки иссиқлик қабул қилувчи мухитнинг хароратига боғлиқ.

Конвектив иссиқликни бериш учун ифода этувчи тенглама қўйидаги кўринишда бўлади:

$$q_{cm} = \alpha (T_0 - T_{cm}) \quad (1.6)$$

бунда: q_{cm} — юза устидаги иссиқлик оқимининг зичлиги [$вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$]

T_0 — мухит харорати (суюқ ва газ), [$^\circ C$]

T_{cm} — юза устидаги харорат, [$^\circ C$]

$(T_0 - T_{cm}) = \Delta T$ - харорат босими, [$^\circ C$]

α —иссиқликни бериш коэффициенти жараенни интенсивлигини белгилайди. Унинг қийматини ортиши мухит харакатини тезлиги ортган сари ва ламинар режимдан турбулент кўринишига ўтганда ўзгаради. Иссиқлик ўтказувчанлиги катта бўлган мухитлар учун α қиймати катта бўлади.

Иссиқликни бериш коэффициентлари кескин ўзгаради, агар юзада фазавий ўтиш бўлса (масалан, буғланиш ёки конденсация) ва доим иссиқликни ажралиши билан кечса. Шунингдек, иссиқликни бериш коэффициентига юзадаги массавий алмашувлик ҳам таъсир кўрсатади. Иссиқлик алмашувлик жараёнларини ҳисоблашда асосий қийинчилик α ни топишда пайдо бўлади.

Конвектив иссиқлик алмашув жараёнини замонавий таҳлил қилиш усуллари чегаравий қатлам назариясида асосланган ва керакли аниқликда ечимни беради. Кўпчилик ҳолларда иссиқлик бериш коэффициенти эксперимент орқали аниқланади. Бунда назарий ва экспериментал равишда олинган натижалар ўхшашлик назарияси асосида қайта ишлаб чиқилади ва одатда қуйидаги ўлчамсиз кўринишида келтирилади:

$$Nu = f(Re, Pr) \text{ — мажбурий конвекция учун}$$

$$Nu = f(Gr, Pr) \text{ — эркин конвекция учун}$$

$$Nu = \alpha l / \lambda \text{ -Нуссельт сони}$$

$$Re = uv / \nu \text{ — Рейнольдс сони}$$

$$Pr = \nu / a \text{ —Прандтль сони}$$

$$Gr = \frac{g\beta\Delta T}{\nu^2} \text{Грассгоф сони}$$

Нуссельт сони-иссиқлик беришни ўлчамсиз коэффициентлари. Унинг ифодасидаги L -оқимнинг тавсифий ўлчами, λ -иссиқлик ўтказувчанлигининг коэффициенти.

Рейнольдс сони оқимдаги инерция кучлари ва ички ишқаланишни нисбати билан аниқланади. Рейнольдс сони ифодасида u - мухитнинг тезлиги, ν - мухитнинг кинематик қовушқоқлиги.

Прандтль сони термодинамик жараёнларни интенсивлигини белгилайди (α - харорат ўтказувчанлик коэффициенти)

Грассгоф сони оқимдаги архимед кучи, инерция кучи ва ички ишқаланиш кучи аро нисбатини тавсифлайди (g - эркин тушиш тезланиши; β - хажмий кенгайиш коэффициенти).

Харакатланувчи суюқлик ва уни чегаралувчи юза орасидаги иссиқлик алмашинуви катта амалий ахамиятга эга. Масалан, суюқлик ва қаттиқ жисмнинг юзаси орасидаги иссиқлик алмашинуви ёки газ ва томчили суюқлик юзаси орасидаги иссиқлик алмашинуви.

Эркин конвекция харакатланувчи куч жисм юзаси билан контактда бўлган ва юзадан узоқдаги суюқликларнинг зичликлари фарқи билан белгиланади. Ушбу фарқи хисобига кўтариш (архимед) кучлари хосил бўлади. Жумладан бундай конвекция идишдаги сувга иситиш спирали чўктирилганда хосил бўлади.

Мажбурий конвекция ташқи харакатланувчи кучлар таъсирида кечади. Бунда суюқлик юқори ёки паст хароратли юзани ювишида ўзининг харорати фарқли бўлади. Суюқликнинг харорат тезлиги мажбурий конвекция шароитида эркин конвекциясига қараганда каттароқ бўлади. Шу сабабдан белгиланган харорат тушишида узатилаётган иссиқлик миқдори каттароқ бўлади.

Иссиқлик оқимини ортиши суюқликни харакатга келтиришга бўлган энергияни сарфига боғлиқ алмашинуви иссиқликни молекулар ва конвектив равишда харакатланувчи мухитнинг хар қайси нуқтасига таъсирида кечади, яъни ушбу жараёни иссиқлик оқимни зичлик вектори икки вектор йиғиндисига тенг.

Иссиқликни бериш коэффиценти иссиқлик ва динамик жараёнларнинг мураккаб функцияси кўринишида бўлиб, иссиқлик алмашинув юзанинг яқинида бўлган ривожланувчи мухитда бўлади.

Иссиқликни бериш коэффиценти факторларнинг уч гурухи билан белгиланади:

1) геометрик факторлар- конвектив иссиқлик алмашинув тизимнинг шакли; ясси пластина (юза) бўйлаб суюқлик оқими; қувурдаги оқим (ёки қувурлар аро бўйлама каналларда); қувур ва найчалар дастасини кўндаланг ювилиши.

2) гидродинамик факторлар – ламинар ва турбулент оқимлар режими. Бундаги иссиқлик алмашинув механизми кескин фарқли. Хар бир оқим режими учун миқдорий характеристикалари ўзгача.

3) мухитнинг физикавий хусусиятлари- зичлик, изобара иссиқлик сиғими, қовушқоқлик ва иссиқлик ўтказувчанлик. Иссиқликни бериш коэффициентига мураккаб таъсир кўрсатади. Тенг шароитда иссиқлик ўтказувчанлиги юқорироқ бўлган мухит учун иссиқликни бериш коэффициенти каттароқ қийматида бўлади.

Қовушқоқлик иссиқлик беришни интенсивлигига таъсир қилади. Жумладан, қовушқоқлик кичик бўлса оқимда иссиқлик беришни тезлик профили кучаяди ва жараён интенсивлашади. Гравитацион эркин конвекция алоҳида ҳолат бўлиб, суюқлик зичлигини бир жинсли бўлмаган тақсимланиши шароитида кечади. Зичликни бир жинсли бўлмаганига сабаб ҳарорат майдонини бир жинсли бўлмагани натижасидир. Бундай ҳолат иссиқлик алмашинувининг суюқликни ҳарорат тезлигига таъсири билан белгиланади.

Одатда тезликлар майдони ташқи факторлар таъсирида шаклланади ва мухит ҳаракатини ташкиллайди. Бундай ҳолатларда мажбурий конвекцияси кечади ва бунда иссиқликни бериши мажбурий конвекциясидагига кўра юқорироқ бўлади.

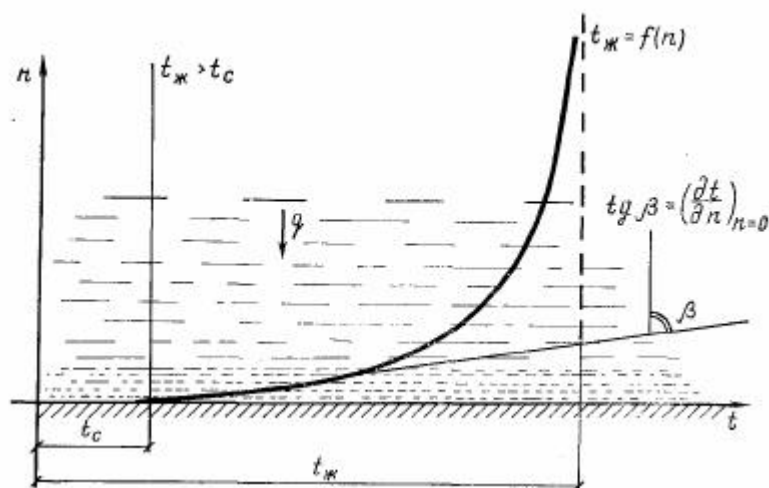
Иссиқликни бериш коэффициенти учун рақамли кўрсаткичлари кенг доирада ўзгаради:

- Эркин конвекция шароитида ҳаво учун $\alpha=5 \div 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- Сув учун $\alpha=20 \div 100 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- Мажбурий конвекция шароитда ҳаво учун $\alpha=100 \div 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- Сув учун $\alpha=50 \div 100 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- Қайновчи сув учун $\alpha=3000 \div 100000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;
- Конденсацияланувчи сув буғи учун $\alpha=5000 \div 100000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

Конвектив иссиқлик алмашинуви жараенлари техникада тез- тез учрайди, табиатда жараеннинг таркибий қисм сифатида кечиб, атроф мухитга техник қурилмалари таъсирида пайда бўлади.

Шу сабабдан иссиқликни бериш коэффицентини аниқлаш мухим хисобланади.

1.7- расмда Совуқ девор якинида харорат майдони кўрсатилган бўлиб девор бўйлаб иссиқ сууюқлик оқади. Жисмнинг каттик юзасига бевосида яқин бўлган сууюқлик харакатсиз юпка қатламни хосил қилади. Бунга сууюқлик заррачаларнинг ёпишиш шарти сабабчи бўлади.



1.7- расм. Совуқ девор якинидаги харорат майдони.

4-Сув иситкичларнинг иссиқликни бериш коэффицентини хисоби.

Иссиқлик алмашинув аппаратида бир сууюқлик – иссиқ мухит, бошқа сууюқликка- совуқ мухит, иссиқликни беради. Иссиқлик ташувчиси сифатида иссиқлик алмашинув аппаратида томчи ва сууюқликлар қўлланади ва улардаги босим ва харорати кенг диапазонда олинади.

Ишлаш принципи бўйича аппаратлар қўйидагиларга бўлинади:

- а) регенератив иссиқлик алмашинув аппарати;
- б) аралаштирувчи иссиқлик алмашинув аппарати;
- в) рекуператив иссиқлик алмашинув аппарати.

Регенератив алмашинув аппаратларида иссиқ иссиқликни ташувчиси узининг иссиқлигини аккумуляторловчи ускунасига беради. Сунг, аккумуляторловчи ускуна иссиқлигини иккинчи суёқлик- совуқ иссиқлик ташувчисига беради, яъани битта юза хам иссиқ, хам совуқ сув билан ювилади.

Аралаштирувчи алмашинув аппаратларда иссиқликни иссиқ сувдан совуқ сувга беришда аралаштирувчи конденсаторлар қўлланади.

Рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратлари техника соҳасида кенг ривожланиб қўлланилмоқда. Бунда иссиқлик иссиқ суёқликдан совуқ суёқликка девор орқали узатилади. Кейинги таҳлилда рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратлари хақида сув юритилади.

Иссиқлик алмашинув аппаратлари турли вазифага мос бўлади: буғ қозонлари, конденсаторлар, буғ қиздиргичлари; марказий иситиш тизимининг ускунаси ва хо ка зо.

Иссиқлик алмашинув аппаратлари шакли, ўлчами ва қўлланадиган ишчи жисмлар бўйича фақланади. Бундай фарқларга қарамасдан иссиқлик бўйича хисоблар ўхшаш бўлади.

Иссиқлик алмашинув аппаратларида суёқликнинг харакати уч асосий схемалар бўйича амалга оширилади. Агар иссиқ ва совуқ иссиқлик ташувчиларнинг харорат йўналиши бир томонли бўлса унда тўғри оқимли деб номланади (1.8.а- расм). Агар иссиқлик ташувчисининг харакат йўналиши совуқ иссиқлик ташувчиси харакат йўналишига тесқари бўлса бундай харакат тесқари оқиш деб аталади ва кўриниши 1.8.б- расмда келтирилган. Агар иссиқ иссиқликни ташувчиси совуқ иссиқликни ташувчисига нисатан перпендикуляр харакатланса бундай харакат айқашиниш кўринишида бўлади. (1.8.в- расм).

Иссиқлик алмашинув аппаратлардаги оқимлар мураккаб кўришда бўлади ва йўналишлари юқорида кўрсатилган уччала схемасига кўра шаклланиши мумкин.

Ушбу аппаратлардаги иссиқлик бўйича ҳисоблар иссиқлик алмашинув юзани ҳисоблаш ва ишчи суюқликларни охириги хароратларини аниқлашга қаратилган. Иссиқлик алмашинув учун асосий ҳисобий тенгламалар стационар режимда иссиқликни узатиш ва иссиқлик балансини тенгламалари қилиб олинади.

Иссиқликни узатиш тенгламаси қўйидаги кўринишда бўлади:

$$Q = KF\Delta t$$

бунда Q — иссиқлик оқими, [Вт];

k - иссиқлик узатишнинг ўртача коэффициентини, [$вт / м^2 C^0$];

F — аппаратнинг иссиқлик алмашинув юзаси, [$м^2$];

t_1, t_2 - иссиқ ва совик оқимлар учун харорат фарқи.

Иссиқлик йўқотишлар ва фазовий ўтишлар йўқ деб олинганда иссиқлик баланси тенгламаси қўйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_{нрux} = V_1 c_1 (t_1^1 - t_2^{11}) = Q_{pacx} (t_2^{11} - t_2^1)$$

бунда G_1, G_2 - иссиқлик ташувчиларининг массавий сарфи [кг/сек];

c_1, c_2 - t_1, t_2 интервалидаги суюқликларнинг ўртача массавий иссиқлик сиғими;

t_1^1, t_2^1 - аппарат киришидаги суюқликларнинг харорат; t_1^{11}, t_2^{11} - аппарат чиқишидаги суюқликларнинг харорати.

$VC = W$, [Вт/град] - сув ёки шартли эквивалент деб аталади. Охиригини ҳисобга олиб иссиқлик баланси учун тенглама қўйидагича ифодаланиши мумкин:

$$(t_1^1 - t_1^{11}) / (t_2^{11} - t_2^1) = W_1 / W_2 \quad (1.9)$$

W_1, W_2 - иссиқлик ва совик суюқликлар учун шартли эквивалентлар.

Иссиқлик алмашинув аппаратида ишчи суюқликларни ўтиш натижасида иссиқ ва совик суюқликлар харорати ўзгаради. Бундай ўзгаришларга суюқликлар харакати схемалари ва шартли эквивалентлар қиймати таъсир кўрсатади.

1.8.а -расмда Тўғри ва тескари оқимли иссиқлик алмашинув аппаратлари учун харорати иссиқ иссиқлик ташувчисининг охириги харорати иссиқлик суюқликнинг охириги хароратидан анча юқори бўлиши мумкин. Натижада

тескари оқимли аппаратларда тенг бошланғич шароитда совуқ суюликни тўғри оқимли аппаратларга кўра юқорироқ температурагача совуқ суюликни иситади.

1.8.б-расмга кўра хароратни ўзгаришига кўра ишчи суюкликларнинг хароратлари аро фарқи хам катта бўлади, яъани харорат босими Δt га ортади. Фақатгина элементар иссиқлик алмашинув dF юзасида Δt ва k қийматларини ўзгармас деб қабул қилиш мумкин. Шу сабабдан, иссиқликни бериш тенгламасини dF - иссиқлик алмашинув юза элементиға фақат дифференциал шаклидаги тенглама ҳақлидир ва қўйдагича ифодаланади:

$$Q = KFdt \quad (1.10)$$

Ўртача иссиқликни узатиш коэффициентини ўзгармас бўлгандаги тўла юза F орқали узатилган иссиқлик қўйдаги тенгламани интеграллаш орқали аниқланади,

$$Q = KFdt = KFdt_{cp} \quad (1.11)$$

бунда dt_{cp} - тўла иситилаётган юза бўйича ўртача лагорифмик харорат босими.

Агар иситилаётган юзанинг баъзи қисмларида иссиқлик бериш коэффициентини ўзгарса уни ўртача қиймати хисобланади:

$$K_{cp} = (F_1K_1 + F_2K_2 + F_3K_3 + \dots F_nK_n) / (F_1 + F_2 + F_3 + \dots F_n) \quad (1.12)$$

Натижада $K_{cp} = const$ бўлганда тенглама кўриниши қўйдагича бўлади:

$$Q = K_{cp}dt_{cp}dF = K_{cp}dt_{cp}F \quad (1.13)$$

Агар иссиқлик ташувчиларнинг харорати чизиқли қонун бўйича ўзгарса, аппаратдаги ўртача харорат босими ўртача арифметик қийматларининг фарқиға тенг:

$$dt_{cp} = (t_1^1 + t_1^{11}) / 2 - (t_2^1 + t_2^{11}) \quad (1.14)$$

Лекин ишчи суюкликлар хароратлари эгри чизиқли қонун бўйича ўзгаради. Шунинг учун тенглама фақат тахминий бўлади ва иккала суюклик хароратларини кичик ўзгарганда қўллаш мумкин бўлади. Эгри чизиқли

конун бўйича ўзгаришда харорат қийматини dt_{cp} - ўртача арифметик харорат босими деб аташади ва аппаратлар учун қўйидагича аниқланади:

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_{\sigma} - \Delta t_{\mu}) / 2,3 \ln(\Delta t_{\sigma} / \Delta t_{\mu}) \quad (1.15)$$

Ушбу ифодани тўғри ва тескари оқимли аппаратлар учун қўллаш мумкин. Тенг шароитдаги ишлашда тўғри оқимли аппаратлар учун бўлган dt_{cp} дан каттарок бўлади. Шу сабабдан тескари оқимли аппарат ўлчами кичикроқ бўлади.

Ясси девор орқали иссиқликни узатиш деганда девор орқали иссиқ иссиқликни ташувчисидан совуқ иссиқликни ташувчисига иссиқликни бериш назарда тутилади. Девор иссиқлик ташувчиларини бўлиб туради. Иссиқликни узатиш мисоли сифатида қўйидагиларни кўриш мумкин: иситиш тизимининг элементларининг иссиқ сув иссиқлигини хона хавосига бериш; буғ қозонларида тутун газлари иссиқлигини қувурдаги сувга бериш; ички ёнар двигателнинг цилиндри девори орқали ўта қизиган иссиқлигини совитиш суяқликка берилади: хонанинг ички хавоси иссиқлигини ташқи хавога берилиши ва хо ка зо. Бунда чегараловчи девор иссиқликни ўтказувчиси бўлиб иссиқлик ўтказувчанлик билан белгиланса, девордан ташқарига бераётган иссиқлиги конвекция ва нурланиш кўринишида бўлади.

Шу сабабдан, иссиқлик алмашинуви мураккаб жараён бўлиб иссиқлик беришини таъминлайди.

Девордан атрофга берилаётган иссиқлик-конвектив иссиқлик алмашинуви билан кечади.

Ясси девордан иссиқликни узатиш масаласини кўришда бир қатламли, қалинлиги δ ва иссиқлик ўтказувчанлиги λ бўлган ясси девор учун кўриб чиқамиз.

Ньютон- Рихмон қонунига кўра қайноқ сувдан деворга берилаётган иссиқлик миқдори қўйидагича хисобланади:

$$Q = \alpha \Delta t F \quad (1.16)$$

бунда α – харорати t_1 ж қайноқ мухитдан харорати t_2 бўлган девор юзасига бўлган иссиқлик бериш коэффициенти; F – ясси деворнинг хисобий юзаси
 Девор орқали узатилган иссиқлик қўйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$Q = (\lambda / \delta)(t_1 - t_2)F \quad (1.17)$$

Деворнинг иккинчи юзасидан совуқ мухитга узатилаётган иссиқлик қўйидагича аниқланади:

$$Q = \alpha_2(t_2 - t_1)F \quad (1.18)$$

бунда α_2 – харорати t_2 ж совуқ мухитдан иккинчи юзага бўлган иссиқликни бериш коэффициенти, охирги уч тенгламани хисоблаб қўйидагини оламиз

$$Q = KF\Delta t \quad (1.19)$$

бунда $K = 1/(1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + \delta/\lambda)$

$R_0 = 1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + \delta/\lambda$ – биркатламли ясси девор орқали иссиқлик узатишни тўла термик қаршилиги

$1/\alpha_1, 1/\alpha_2$ – девор юзасининг иссиқликни узатишдаги термик қаршилиги;

δ/λ - деворнинг термик қаршилиги

Кўп қатламли ясси девор учун тўла термик қаршилиги қўйидагича аниқланади:

$$R_0 = (1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2) \quad (1.20)$$

Иссиқликни узатиш коэффициенти кўп қатламли ясси девор учун қўйидагича хисобланади:

$$K = 1/(1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2) \quad (1.21)$$

Биринчи боб бўйича хулосалар

1. Иситиш тизимидаги иссиқлик ташувчиси юқори хароратга эга бўлмаслиги керак. Чунки хонанинг микроклимати ёмонлашади, табиий чангни учиши ва парчаланишига олиб келади ва одам организми заифлашади. Жумладан, иситиш ускуналар юзасидаги харорат ахоли турар жой ва маъмурий биноларда $95^{\circ}\text{C} \div 105^{\circ}\text{C}$ гача ҳамда саноат корхоналари биноларида 150°C дан ортмаслиги керак.

2. Иссиқлик ташувчиси сифатида сувнинг ижобий сифатлари: узок масофага хароратни сезиларли ўзгармасдан узатиш; иссиқлик узатишни ростлаш имкон; тизимни содда монтажи ва узок муддатда хизмат қилиши.

Буғнинг иссиқлик ташувчиси сифатида ижобий сифатлари: кичик босимли буғни хажмий массаси сувнинг хажмий массасидан 1650 маротиба кичик диаметрида ишлатиш мумкинлиги; буғ тизимларни орзонлиги узатишда электр энергия сарфини йўқлиги.

3. Иссиқлик энергетикада сув иситкичлари иссиқлик алмашинув юзалари кўринишида ишлатилади.

Сув-сувли иситкичлар бирламчи ва иккиламчи иссиқлик узатиш коэффициенти юқори бўлиб, тахминан $1000 \div 1500 \text{ вт}/\text{м}^2\text{С}^0$ оралиғида бўлади.

4. Конвектив иссиқлик алмашинуви оқувчан мухитларни харакатланишида иссиқликни узатади ва икки механизм: конвектив узатиш ва иссиқлик ўтказувчанлик таъсирида кечади.

5. Иссиқликни бериш коэффициенти кескин ўзгаради агар юзада фазавий ўтиш бўлса (масалан буғланиш ёки конденсация).

2-боб. Сув-сувли иситкисхлардаги иссиқликни берисх жараёнларини масалалари

Фарғона шаҳри РК-3 қозонхоналарнинг сув иситкичлари сувни қозонга киришдан олдин иситиш учун қулланади ва конструкцияси 100 донна латундан бажарилган найчалардан иборат. Ҳар бир найчанинг узунлиги 2м, ички диаметри 14мм, ташқи диаметри 16мм, корпусининг диаметри 0.45га тенг. Сувни иситиш сув ҳаракатининг кичик тезликларида бажарилади. Қиш ва баҳор мавсумларида иситиш жараёни ёмонлашади, чунки ёқилғига бўлган эҳтиёж ортади ва иситкичга узатилаётган ёқилғи ҳажми кескин пасаяди. Бундай ҳолатда иситкичларнинг иш самарадорлигини ошириш зарурати ортади ва иссиқликни бериш жараёнлари билан боғлиқ бўлади. Ушбу жараёнларни жадаллаштириш усуллари танлаш учун ички иссиқлик алмашинув жараёнларини таҳлил қилиш лозим. Бунинг учун иситкич каналида гидродинамик жараёнларни ривожлантириш масалаларини кўриб чиқамиз.

1. Қовушқоқ суюқликлар гидродинамикасида заррачаларни “Ёпишиш” шартини белгилайди

Бугунги кунда қовушқоқ суюқликлар гидродинамикасида бевосита қаттиқ жисмга тегиб турган суюқлик заррачалари абсорбцияланиб сув заррачалари юзасига ёпишади деб гипотеза тахмин қилинади яъни, заррачалар тезлиги жисм тезлигига тенг бўлади (агар жисм ҳаракатсиз бўлса тезлиги нолга тенг бўлади). Бундай “ёпишган” суюқлик қатламини чексиз юпқа деб қабул қилиш керак.

Девор устидаги “ёпишган” сув заррачаларининг тезлиги нолга тенглиги ҳақидаги гипотеза кўплаб назарий ишларнинг тажриба натижаларида тасдиғини топган.

Девор устидаги суюқлик тезлиги нолга тенг қилиб газни яхлит муҳит деб ҳисоблаш мумкин бўлгунча олиниши руҳсат этилади.

Сийраклашишни ортиши сари газ ва девор аро таъсир пасаяди ва сийраклашган девор олди газ сакрашни бошлайди.

Оқимни сийраклашиш даражаси Кнудсен параметри \bar{l}/l_0 билан тавсифланади ва газ молекулаларининг ўртача эркин югуриш узунлигини l қаттиқ жисмнинг ўлсҳамига l_0 бўлган нисбати билан аниқланади. Одатда l_0 – қувурнинг ёки симнинг диаметри бўлиши мумкин. Агар $\bar{l}/l_0 > 0,001$ бўлса газ яхлит муҳит сифатида қабул қилиш мумкин эмас ва бунда “ёпишиш” шarti бажарилмайди. Кнудсен параметри қийматлари 10 дан катта бўлса газ эркин молекуляр оқим сифатида олиниши мумкин. ушбу оқимни қаттиқ жисм билан ўзаро таъсири газларнинг кинетик назарияси қонунлари асосида тавсифланади. Кнудсен параметри қийматлари 0.001 дан 10 гача тенг бўлганда сийраклашган газ тўла яхлит ҳам, тўла эркин молекуляр муҳит ҳам қилиб олиниши мумкин эмас. Кўрсатилган сонлар доирасидаги Кнудсен параметрлари учун оқимлар ва иссиқлик алмашинув ҳисоблари учун махсус услублари ишлаб чиқилади.

Диссертацияда яхлит муҳит кўриб чиқилади ва чексиз юпқа суюқлик қатлами учун тезлик нолга тенг деб қабул қилинади.

2. Иссиқликни бериш тенгламаси

Қаттиқ жисм юзасида ҳаракатсиз юпқа суюқ қатлам мавжуд бўлгани сабабли девордаги иссиқлик оқими зичлиги (иссиқликни бериш) Фуръе тенгламаси бўйича аниқланиши мумкин.

$$\begin{aligned}q &= -\lambda(\partial t / \partial n)_{n=0} \\q &= \alpha(t_c - t_{жс}) \\ \alpha &= -(\lambda / (t_c - t_{жс})) / (\partial e / \partial n)_{n=0}\end{aligned}\tag{2.1}$$

Бунда n -жисм юзасига бўлган нормал; t_c -девор ҳарорати; $t_{жс}$ -суюқлик ҳарорати.

Агар ҳарорат майдони аниқ бўлса q қийматини ҳисоблашда Ньютон – Рихман қонунига (2.1) мувожаат қилмасдан аниқлаш мумкин.

Аниқ ҳарорат майдони бўйича иссиқликни бериш коэффициентини

аниқлаш мумкин. (2.1) тенгламадан α учун ифода келиб чиқади ва ушбу тенглама иссиқликни бериш тенграмаси деб номланади. Жисм юзасида сууюқликнинг нисбий тезлиги нолга тенглиги шартига кўра ҳисоблар учун бўлган амалий хулосалар ҳарорат майдони ва q ҳамда α ни аниқлашни енгиллаштиради.

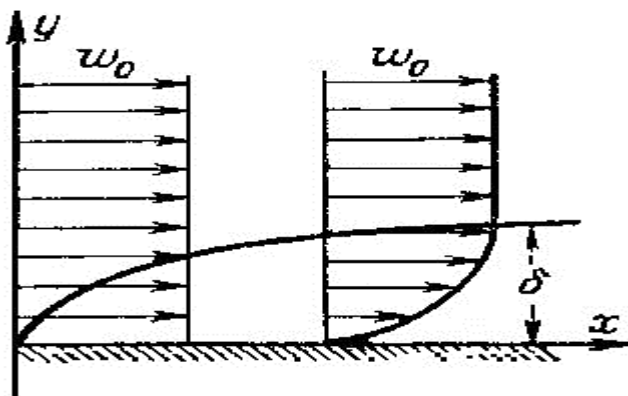
3. Гидродинамик чегаравий қатлам

Жисмнинг ясси юзасини бўйлама равишда чексиз сууюқлик оқим билан ювилишини кўриб чиқамиз. Бостириб келувчи оқимнинг тезлиги ва ҳарорати ўзгармас ва таалуқли равишда ω_0 ва t_0 га тенг

Жисм юзаси билан тегиш натижасида сууюқлик заррачалари “ёпишади”. Натижада пластина олдида юпка тўхтаб турган сууюқлик қатлами қовушқоқлик кучлари таъсирида пайдо бўлади. Бунда тезлик жисм юзасида нолдан ғалаёнсиз оқим тезлигигача (жисмдан узокда) ўзгаради.

Ушбу тўхтаб турган сууюқлик қатлами гидродинамик чегаравий қатлам номини олган.

Гидродинамик чегаравий қатлам назарияси илк бор Л. Прандтль томонидан 1904-йилда ишлаб чиқилган. Пластинанинг олди қирғоғидан x масофаси қанча катта бўлса, чегаравий қатлам қалинлиги катта бўлади. Чунки сууюқликни жисм бўйлаб ҳаракатланиши сари қовушқоқликнинг таъсири ғалаёнсиз оқим ичига киради. Чегаравий қатламнинг бундай хусусияти 2.1-расмда кўрсатилган бўлиб, турли x қийматларида тезликни тақсимои келтирилган.



2.1.-расм. Чегаравий гидродинамик қатламидаги тезликни ўзгариши

Чегаравий қатлам ичидаги суюқликнинг оқими учун $\partial\omega_x/\partial y \neq 0$ шарти ҳақли. Чегаравий қатламдан ташқари ва унинг ташқи чегарасида $\partial\omega_x/\partial y = 0$ ва $\omega_x = \omega_0$ шартлари тўғридир. “Чегаравий қатламнинг қалинлиги” ва “Чегаравий қатламнинг ташқи чегараси” тушунчалари шартли бўлиб, чегаравий қатламдан оқимга кескин ўтишни ўзи йўқ. Чегаравий қатламдаги тезлик у ортгани сари асимптотик равишда w_0 га интилади. Шунинг учун чегаравий қатлам қалинлиги δ деганда дастлаб кичик қийматидаги $\varepsilon \ll 1$ (масалан 1%га) жисмдан узоқдаги оқим тезлигидан фарқли тезлик бўлгандаги масофа тушинилади. Агар $y = \delta$ бўлса $\omega_x = (1 - \varepsilon) \omega_0$. Шундай қилиб жисм ювилаётганда суюқлик икки қисмга бўлинади: чегаравий қатлам ва ташқи оқим.

Ташқи қатламда инерция кучлари таъсир кўрсатади, қовушқоқлик кучлари эса бунда деярли пайдо бўлмайди. Чегаравий қатламда қовушқоқлик ва инерция кучлари мос бўлади. Бундай ҳолат учун OZ ўқи йўналишида чексиз ясси пластинани ювилишида стационар тезликлар майдонини ифодаловчи дифференциал тенгламалар тизимини ёзиш мумкин.

ҳаракат тенгламалари:

$$\omega_x (\partial\omega_x / \partial x) + \omega_y (\partial\omega_x / \partial y) = \nu (\partial^2\omega_x / \partial x^2 + \partial^2\omega_x / \partial y^2) - 1/\rho (\partial p / \partial x) - (2.2)$$

$$\omega_x (\partial\omega_y / \partial x) + \omega_y (\partial\omega_y / \partial y) = \nu (\partial^2\omega_y / \partial x^2 + \partial^2\omega_y / \partial y^2) - 1/\rho (\partial p / \partial y) - (2.3)$$

Яхлитлик тенгламаи :

$$\partial\omega_x / \partial x + \partial\omega_y / \partial y = 0 - (2.4)$$

Чегаравий қатлам учун юқорида келтирилган тенгламалар тизимини соддалаштириш имконини кўриб чиқамиз. Чегаравий қатлам қалинлиги кичик бўлганлиги сабабли кўндаланг таъсир қилувчи босим ўзгармайди деб қабул қилинади, яъни $\partial p / \partial y = 0$ тенг.

Ясси юзани чексиз оқим билан ювилаётганда ташқи оқим тезлиги ўзгармас ва w_0 га тенг бўлганда Бернулли тенгламасига кўра ташқи оқимда босим ҳам ўзгармайди. Унда $\partial p / \partial x = 0$ ва бундай оқим гидродинамикада “градиентсиз оқим” деб номланади. $\partial p / \partial y = 0$ шарти

чегаравий қатлам учун ва $\partial p / \partial x = 0$ шarti ташқи қатлам учун иссиқликни бераётган хулосага кўра $\partial p / \partial x$ хосиласи чегаравий қатламда нолга тенг. ω_x тезлиги нолдан ω_0 гача ўзгаради. ω_x нинг даража қийматини ω_0 қилиб баҳолаймиз.

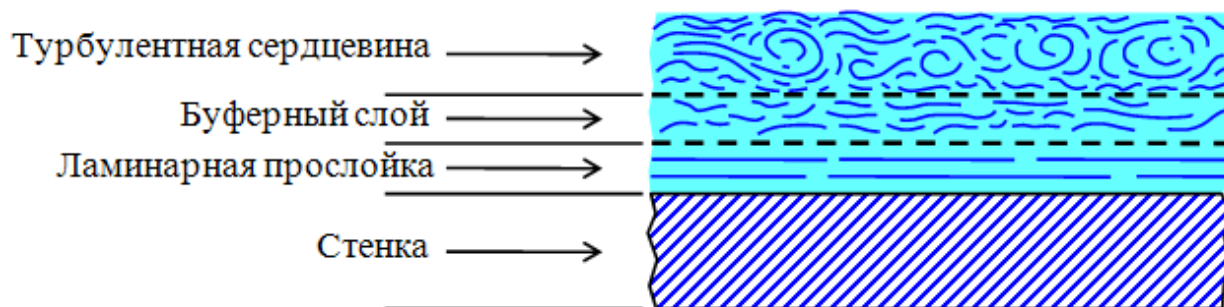
Яхлитлик тенгламасига кўра $\partial \omega_x / \partial x$ ва $\partial \omega_x / \partial y$ хосилаларнинг даражалари тенг.

4. Иссиқликни берувчи юза бўйлаб иссиқлик алмашинувликни ошириш усуллари

Замонавий корхоналарнинг ривожланиши, шунингдек коммунал-маиший секторни иссиқлик энергияни истеъмол этишини кун сайин ортиши инженер-лойиҳаловчилардан иссиқлик энергетик курилмаларни мукамаллаштиришни талаб қилади. Жумладан, иссиқлик таъминоти тизимида қўлланадиган тармоқ иситкичларни такамиллаштириш мақсадга мувофиқ.

Бажарилган таҳлилга кўра сув иситкичларининг иссиқликни бериш характеристикаларни яхшилаш натижасида иситиш тизими, иссиқ сув таъминоти ва вентиляция учун сарфланадиган иссиқлик ҳамда энергоресурсларни тежашга имкон беради.

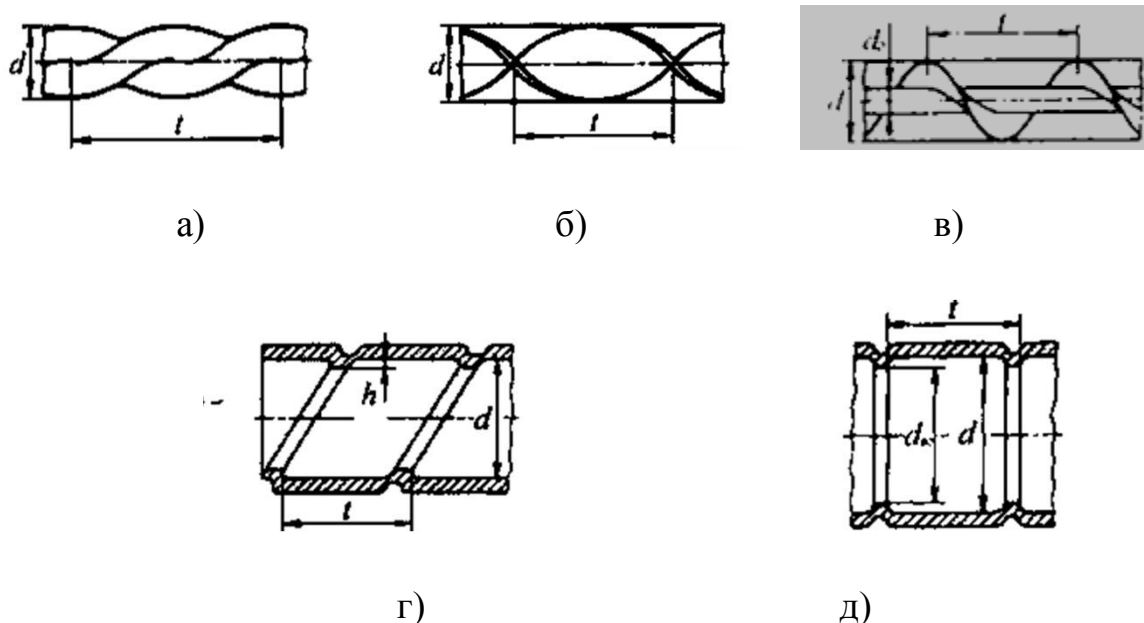
Тармоқ иситкичларни рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратлар турига таалуклигини ва иссиқликни бериш ажратувчи девор орқали амалга оширилишини ҳисобга олиб оқим учун қуйидаги схемани қабул қиламиз



2.2.расм. Тармоқ иситкичидаги иссиқлик тушувчисининг оқими схемаси

2.2. расмда кўрсатилганидек оқимнинг тузилиши иссиқлик ташувчисини қатламли ҳаракатида бўлиб: турбулент ядроси, буфер ва ламинар оралиқ қатламчадан иборат.

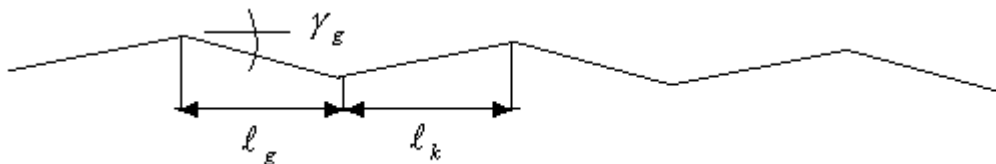
Қувурнинг деворида ҳосил бўладиган чегаравий қатламнинг гидродинамик ва иссиқлик алмашинув хусусиятларининг тахлилига кўра сув иситкичларнинг қувурларини бошланғич қисмида ламинар чегаравий қатлам шаклланади. Қатлам $Re < 2300$ бўлганда ҳам ривожланиши мумкин. Чегаравий қатлам назариясига кўра девор олди қатлам тезлиги секинлашади ва бевосита қувур деворида нолга тенг бўлади. Натижада чегаравий қатлам иссиқлик қаршилигини ҳосил қилиб тузларни деворда чўкишини сабабчиси бўлади. Шунинг учун қувурнинг девор олди қисмида майда уюрма зоналарини яратиш сув иситкичи иссиқлик беришини оширади ва тузларни чўкишини пасайтиради. Уюрма зоналарни яратишда 2.3- расмда кўрсатилган профилли юза конструкцияларини қўллаш мақсадли бўлади:



2.3-расм. Каналлардаги иссиқлик алмашинувини жадаллаштирувчи ускуналар схемалари
а-ечилган қувур, б-буралган тасма;
в-инекли уюрмалаштирувчи; г-винцимон қувур;
д-кўндаланг ариқчали қувурлар.

Юқорида кўрсатилган ҳамма каналлар девор олди қатламни бузишга имкон беради ва кичик узиладиган уюрма зоналарни яратади.

Профилли юзаларга эга бўлган каналларни бажариш масалаларини ўрганишни кўрсатишга алоҳида маблағ ва вақт сарфламасдан диффузор-конфузор турдагисини қўллаш мақсадга мувофиқ (2.4-расм)



2.4-расм. Диффузор-конфузор юзасининг схемаси.

*l_d, l_k - диффузор ва конфузор қисмларининг узунлиги;
 γ_d -диффузор қисмининг очилиш бурчаги.*

Бундай каналларни эксплуатация қилишда иссиқликни узатиш коэффициентни нуқтаи назардан юқори эффективлиги аниқланди [1-3]. Лекин, иссиқликни узатиш коэффициентини ортиши ва иссиқлик алмашинув аппаратлари деворларида туз қатлами қалинлигини юпқалашиши гидродинамик қаршиликни ортишига сабабчи бўлади чунки девор олди қисмда уюрма зонаси ҳосил бўлади. А. А. Гухманнинг [1] маълумотиға кўра иссиқлик алмашинувини жадаллашишини оширишда гидравлик қаршилигини бартараф қилишдаги қувват сарфлари иқтисодий жиҳатдан муқобил бўлиши лозим. Ушбу икки факторни бир вақтда кўриб чиқиб инобатга олиш иссиқлик алмашинувини эффектив жадаллашишига тўғри баҳо бера олади.

5. Иссиқлик алмашинуви жадаллашган сув иситкичларида иссиқлик алмашинуви эффективлигини таҳлили

А. А. Гухман таъкидлашича ясси қувур бўйлаб оқимни ҳаракатида бир вақтни ўзида иссиқлик импульсини узатиш механизми таъсир қилади. Ушбу ходиса Рейнольдс аналогияси деб номланади, назарияси эса иссиқлик алмашинувининг гидродинамик назарияси деб аталади.

Рейнольдс аналогияси иссиқлик алмашинуви ва энергия дисперсияси

аро тўғри боғлиқликни ўрнатади ва қуйидаги тенглама билан ифодаланади [1]:

$$\frac{2St}{C_f} = 1 \quad (2.5)$$

Иссиқлик ташувчиси қувурлар ва каналлар ичида ҳаракатлангандаги ҳолат учун Рейнольдс аналогияси қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$St = \frac{\xi}{8} \quad (2.6)$$

Бунда ξ – гидравлик қаршилигининг коэффиценти.

Қувур учун урунма кучланиши t ни ҳисобга олиб тенглама кўриниши қуйидагича бўлади:

$$\tau = \frac{\Delta P \cdot d}{4l} \quad (2.7)$$

Босимлар фарқини Дарси-Вейсбах тенгламаси орқали аниқлаш мумкинлигини ҳисобга олиб:

$$\Delta P = \xi \frac{l}{d} \frac{\rho u^2}{2} \quad (2.8)$$

қуйидагини оламиз:

$$\tau = \xi \frac{\rho u^2}{8} \quad (2.9)$$

$$\text{бунда } \frac{\tau}{\rho u^2} = St \quad \text{ёки} \quad \frac{\tau}{\rho u^2} = \frac{Nu}{RePr} \quad (2.10)$$

юқоридаги тенгламаларни ҳисобга олиб қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{\tau}{\rho u^2} = \frac{\xi}{8} = \frac{Nu}{RePr} = St \quad \text{яъни} \quad St = \frac{\xi}{8}; \quad (2.11)$$

Агар иссиқлик алмашинув юзаси ясси шаклида эмас, балки мураккаброқ бўлса Рейнольдс аналогияси кўринишидаги иссиқлик алмашинувининг жадаллиги ва сарфланадиган қувват орасидаги нисбат бузилади. Рейнольдс аналогиясини бузилиши ҳам иссиқликни узатиши ҳам диссипация кучлар томон кечиши мумкин.

Агар Рейнольдс аналогиясини бузилиши (ёки сурилиши) иссиқликни узатиш томон сўрилса иссиқлик алмашинувининг жадаллиги ошади.

Агар Рейнольдс аналогиясини бузилиши (ёки сурилиши) диссипация кучлари томон бўлса иссиқлик алмашинувининг жадаллашишига олиб келмайди. Шундай қилиб, девор олди оқимни ғалаёнлаштиришда механик энергияси сарфидан ўзиб кетиши томон ташкил қилиниши мақсадли.

Иссиқлик алмашинув жадаллаштириши назариясига кўра девор олди оқимларини майда уярма структуралар кўринишда тасхил қилиш иссиқлик алмасхинувини жадалласхисхи эффективлигини оширади. Илмий изланишларнинг [2] муаллифлари таъкидлашича юқорида айтилган кичик масштабли узилиш зоналарида кескин уринма кучланиши τ камаяди ва бу эса иссиқлик алмашинуви сатхини сақлаб қолган ҳолда гидравлик кучланиши билан боғлиқ бўлади.

Шу сабабдан, тўғри танланган юзалар шакли ҳам иссиқлик алмашинувини жадаллаштиради, ҳам гидравлик қаршилиги нисбатан секин ортади

Иссиқлик алмашинувни эффектив жадаллаштириш иссиқлик гидравлик эффективлик муаммосини сифатли ва сонли жиҳатдан баҳолашга боғлиқ бўлади. Иссиқлик алмашинувини жадаллашиш эффективини амалга оширувчи у ёки бу шаклдаги юза базавий вариант билан таққосланиши зарур деб ҳисобланади. Саноат иссиқлик алмашинув ускуналарида қабул қилинган сингари базавий вариант сифатида ясси пластинкаликни қабул қилиш мақсадли

Жараёнларни иссиқлик алмашинувини жадаллаштириш назариясига кўра оқим турбулизаторлари $Nu / Nu_{эл} > \xi / \xi_{эл}$ ни таъминлаши зарур, бунда $Nu_{эл}$ ва $\xi_{эл}$ - ясси қувурларнинг иссиқлик алмашинуви ва гидравлик қаршилиги .

Бундай ҳолатда иссиқлик алмашинувининг жадаллашиши энергетик жиҳатдан фойдали. Дискрет ғадир-будурлик шаклида бажарилган турбулизаторлар учун муҳим деб уларни ювилиши ҳисобланади. Бу гидродинамик профилни пасайишига олиб келади ва натижада каналнинг умумий гидродинамик қаршилигини оширади.

Бугунги вақтда иссиқлик техникаси ва иссиқлик энергетикасида

жадаллаштириш юзалари учун [3] турли энергетик баҳолаш мезонлари ишлаб чиқилган. Ушбуларга кўра ясси қувурларни ўрнига “жадаллаштирилганларни” қўллаш иситиш юзаларини қисқартиради ва ҳисоблаш тенгламаларни олишга имкон беради. Ҳисобларни қуйидаги шартларга кўра бажарамиз: иссиқлик самарадорлиги, сарф, иссиқлик ташувчисини ҳайдашга бўлган сарф, қувурлар диаметри. Айтиб кетилганларни ҳисобга олиб қуйидаги тенгламаларни ифода этиш мумкин:

$$\xi \frac{\rho \omega^3}{8} \ell \pi d = \xi_{\text{эл}} \frac{\rho \omega_{\text{эл}}^3}{8} \ell_{\text{эл}} \pi d \quad (2.12)$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \omega n = \frac{\pi d_{\text{эл}}^2}{4} \omega_{\text{эл}} n_{\text{эл}} \quad (2.13)$$

$$\alpha \pi d \ell \Delta t n = \alpha_{\text{эл}} \pi d_{\text{эл}} \ell_{\text{эл}} \Delta t_{\text{эл}} n_{\text{эл}} \quad (2.14)$$

(2.3) тенгламасидан қуйидагини оламиз:

$$\frac{n_{\text{эл}}}{m} = \frac{\omega_{\text{эл}}}{\omega}$$

(2.1) тенгламасидан $\Delta t = \Delta t_{\text{эл}}$ қилиб оламиз ва қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{n}{n_{\text{эл}}} = \frac{\alpha_{\text{эл}} \ell_{\text{эл}}}{\alpha \ell} \quad (2.15)$$

(1.4) тенгламасини ҳисобга олиб қуйидагини оламиз:

$$\frac{\ell_{\text{эл}}}{\ell} = \frac{\xi_{\text{эл}}}{\xi} \frac{\omega_{\text{эл}}}{\omega}; \quad \text{ёки} \quad \frac{\ell_{\text{эл}}}{\ell} = \frac{\xi \omega^3}{\xi_{\text{эл}} \omega_{\text{эл}}^3}; \quad (2.16)$$

(2.4) тенгламасидан (2.2) ни ҳисобга олиб:

$$\frac{n}{n_{\text{эл}}} = \frac{\alpha_{\text{эл}}}{\alpha} \frac{\xi}{\xi_{\text{эл}}} \left(\frac{n_{\text{эл}}}{n} \right)^3 \quad (2.17)$$

ёки

$$\frac{n}{n_{\text{эл}}} = \left(\frac{\alpha_{\text{эл}}}{\alpha} \cdot \frac{\xi}{\xi_{\text{эл}}} \right)^{1/4} \quad \text{ёки} \quad \frac{n}{n_{\text{эл}}} = \left(\frac{Nu_{\text{эл}}}{Nu} \cdot \frac{\xi}{\xi_{\text{эл}}} \right)^{1/4} \quad (2.18)$$

(2.8) тенглама эффективлик мезони учун ёзилган бўлиб ясси қувурларга нисбатан интенсификаторларга эга бўлган қувурларнинг сонини тежамлашни белгилайди.

Тармоқ сув коллекторлар эффективлигини баҳолаб берувчи тенгламасидан (2.18) ташқари ясси ва профили қувурларнинг иссиқлик алмашинувларини таққослаш услуби орқали бажариш мумкин [2]

Ушбу усулни батафсил кўриб чиқамиз.

Эффективлик тенгламасини чиқаришда иссиқлик ташувчисини ҳайдашга сарфланадиган қувват ясси ва профили қувурлар юза майдонлари тенг ҳисобланади. Бундай ҳолатда иссиқлик алмашинув коэффициентларини таққослашда қувурлардаги оқим ривожланган ҳисобланади.

Ушбу шартларни ёзамиз:

$$N = N_{2л}; \quad F = F_{2л}; \quad d = d_{2л} \quad (2.19)$$

$$N = \Delta p v = \xi \frac{\ell}{d} \frac{\rho \omega^2}{2} \frac{\pi d^2}{4} \omega = \xi \frac{F}{8} \rho \omega^3 \quad (2.20)$$

Охиргини ҳисобга олиб қуйидагиларни ёзамиз:

$$\xi \frac{F}{8} \rho \omega^3 = \xi_{2л} \frac{F_{2л}}{8} \rho \omega_{2л}^3 \quad (2.20)$$

ёки

$$\xi \omega^3 = \xi_{2л} \omega_{2л}^3 \quad (2.21)$$

$$\xi \text{Re}^3 = \xi_{2л} \text{Re}_{2л}^3 \quad (2.22)$$

$$\text{Re}_{2л} = \left(\frac{\xi}{\xi_{2л}} \right)^{1/3} \text{Re} \quad (2.23)$$

Re сони қийматларини белгилаб $\text{Pr}_{\text{гл}}$, Nu ва $\text{Nu}_{\text{гл}}$ лар ҳисобланади. Агар

қуйидаги тенгсизлик бажарилса: $\frac{\text{Nu}}{\text{Nu}_{2л}} > 1$; турбулизаторларга эга бўлган

юзалар эффектив деб ҳисобланади.

Шундай қилиб, сув иситкичларнинг эффективлигини ошириш услубида қувурнинг девор олди қисмида чегаравий қатлам қалта узилган оқимларни ташкил этиш йўли билан амалга ошириш кўзда тутилган. Сув иситкичларнинг эффективлигини ҳисоблаш услуби тавсия этилган ва бунда иссиқлик алмашинув ҳамда гидравлик характеристикалар ҳисоби услуби берилган.

2.6. Иссиқлик гидравлик эффективлик мезонларини ишлаб чиқиш.

Тармоқ сув иситкичлари учун иссиқлик гидравлик мезонларини анализ қилишда иситкичларнинг габаритлари, иссиқлик ташувчисининг ҳайдаш учун сарфланадиган қувват ва иссиқлик қувватини олишда турбилизаторларга эга бўлган ва ясси қувурларга эга бўлганлар таққосланади. Сув иситкичларнинг хусусиятларини ҳисобга олиб эффективликнинг мезонларини ишлаб чиқамиз.

Мезонларни ишлаб чиқишда базавий иситкич сифатида – ясси юзалиси эффектив сифатида- диффузор – конфузор профилли иситкични қабул қиламиз.

Биринчи шартни кўриб чиқамиз ва иккала турдаги иситкичлар учун габарит ўлчамлари таққослаймиз. Бунда конструкцияси ўхшаш , диаметрлари эквивалент , иссиқлик ташувчисини ҳайдашга сарфлар тенг, гидравлик йўқотишлар бир хил, иссиқлик қуввати ҳам тенг. Ушбу шартларни қуйидагича ифодалаймиз:

$$Q = Q_{\text{ГЛ}} \quad (2.24)$$

$$G = G_{\text{ГЛ}} \quad (2.25)$$

$$\Delta P = \Delta P_{\text{ГЛ}} \quad (2.26)$$

Иситкич учун юқоридагиларни қуйидагича ёзиш мумкин:

Биринчи шарт учун :

$$\frac{\alpha F}{\alpha_{\text{эл}} \cdot F_{\text{эл}}} = 1 \quad (2.27)$$

Иккинчи шарт учун:

$$us = u_{\text{ГЛ}} \cdot s_{\text{ГЛ}} \quad (2.28)$$

Учинчи шарт учун:

$$\frac{\xi l u^2}{\xi_{2l} l_{2l} u_{2l}^2} = 1 \quad (2.29)$$

Биринчи мезон нисбатида кўриб чиқиладиган иситгичнинг диаметри $d=h$ деб оламиз.

Юзанинг майдони $F = a \cdot L$, бунда L -иситгичнинг юзасини узунлиги

Кўндаланг кесим юзаси: $S = a \cdot h$

Шундай қилиб қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{\alpha a l}{\alpha_{2l} a_{2l} l_{2l}} = 1 \quad (2.30)$$

$$\frac{l}{l_{2l}} = \frac{\xi u_{2l}^2}{\xi u^2} = 1 \quad (2.31)$$

$$\left(\frac{u_{2l}}{u}\right)^2 = \left(\frac{S}{S_{2l}}\right)^2 = \frac{a^2 h^2}{a_{2l}^2 h_{2l}^2} \quad (2.32)$$

(2.30) тенгламани инобатга олиб (2.32) тенгламадан қуйидагини оламиз:

$$\frac{\alpha a \xi_{2l} u_{2l}^2}{\alpha_{2l} a_{2l} \xi u^2} = 1 \quad (2.33)$$

(2.32) тенгламани инобатга олиб (2.33) тенгламадан қуйидагини оламиз:

$$\frac{\alpha a \xi_{2l} a^2 h^2}{\alpha_{2l} a_{2l} \xi^2 \alpha_{2l}^2 h_{2l}^2} = 1 \quad (2.34)$$

$$\frac{a^3}{a_{2l}^3} = \frac{\alpha_{2l}}{\alpha} \cdot \frac{\xi}{\xi_{2l}} \left(\frac{h_{2l}}{h}\right)^2 \quad (2.35)$$

Ўхшаш эквивалент диаметрлар тўғрисидаги биринчи жоизликни ҳисобга олиб қуйидагига эга бўламиз:

$$d_э = \frac{4S}{\Pi} \quad (2.36)$$

Бунда S - каналнинг кўндаланг кесим юзасининг майдони.

Π -каналнинг кўндаланг кесим юзасини периметри.

$$S = 4a \cdot h \quad (2.37)$$

$$\Pi = 2(a+h) \quad (2.38)$$

$$d_3 = \frac{4ah}{2(a+h)} \approx 2h \quad (2.39)$$

Олинган $d_3 = \text{const}$ бўлгани сабабли $h = h_{\text{гл}}$ ва (2.35) тенгламаси кўриниши қуйидагича бўлади:

$$\frac{a}{a_{2л}} = \left(\frac{\alpha_{2л}}{\alpha} \cdot \frac{\xi}{\xi_{2л}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.40)$$

Олинган (2.40) тенгламаси икки иситгич учун габаритлари бўйича таққослаш мезонидир.

Ушбу тенгламасига кўра диффузор – кондузор юзали иситгичнинг иссиқлик алмашинуви жадаллашган сари гидравлик қаршилигини пасайиши шароитида габаритларини кичик бажариши мумкин яъни эффектив иситгич каналлар сонини камайтириш орқали.

Иккинчи ҳолатда кўриб чиқилаётган иситгичлар вариантлари учун босимни йўқотиш бўйича таққослаймиз:

$$Q = Q_{\text{гл}}; \quad G = G_{\text{гл}}; \quad F = F_{\text{гл}}.$$

Иситгич орқали иссиқлик ташувчини ҳайдашда гидравлик босим йўқотишларини қуйидагича ҳисоблаш мумкун:

$$\Delta P = \xi \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho u^2}{2} \quad (2.41)$$

Ясси қувурли иситгич учун (2.41) тенгламасини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\Delta P_{2л} = \xi_{2л} \frac{l_{2л}}{d_{2л}} \cdot \frac{\rho u_{2л}^2}{2} \quad (2.42)$$

(2.41) тенгламани (2.42) га бўламиз:

$$\frac{\Delta P}{\Delta P_{2л}} = \frac{\xi}{\xi_{2л}} \cdot \frac{l}{l_{2л}} \cdot \frac{d_{2л}}{d_3} \cdot \frac{u^2}{u_{2л}^2} \quad (2.43)$$

$d_3 = d_{2л}$ деб қабул қилинса қуйидагини оламиз:

$$\frac{\Delta P}{\Delta P_{2л}} = \frac{\xi}{\xi_{2л}} \cdot \frac{l}{l_{2л}} \cdot \left(\frac{u}{u_{2л}} \right)^2 \quad (2.44)$$

(2.40) тенгламадан қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{\alpha a l}{\alpha_{z.l} a_{z.l} l_{z.l}} = 1 \quad (2.45)$$

$$\frac{l}{l_{z.l}} = \frac{\alpha_{z.l} a_{z.l}}{\alpha a} \quad (2.46)$$

(2.28) тенгламадан:

$$uS = u_{г.л} S_{г.л} \quad (2.47)$$

$$\frac{u}{u_{z.l}} = \frac{S_{z.l}}{S} = \left(\frac{a_{z.l} h_{z.l}}{ah} \right) \quad (2.48)$$

$h = h_{г.л}$ тенгликни хисобга олиб

$$\frac{u^2}{u_{z.l}^2} = \left(\frac{a_{z.l}}{a} \right)^2 \quad (2.49)$$

(2,48) ва (2,49) тенгламаларни (2,44)га қўйиб чиқиб қуйидагини оламиз:

$$\frac{\Delta P}{\Delta P_{z.l}} = \frac{(\xi / \xi_{z.l})}{(\alpha / \alpha_{z.l})} \cdot \left(\frac{a_{z.l}}{a} \right)^3 \quad (2.50)$$

(2.50) тенгламага кўра $(\xi / \xi_{z.l})$ нисбатини камайгани сари ва $(\alpha / \alpha_{z.l})$

иссиқликни бериш коэффициентлари нисбатини ортгани сари диффузор-конфузор каналли иситгичларнинг гидравлик қаршилиги камаяди. Бундан ташқари каналнинг эни базавий каналнинг энига нисбатан кичиклашса босимнинг гидравлик йўқотишларини ортишига сабабчи бўлади.

Учинчи шарт оддий нисбатга олиб келади:

$$\frac{Q}{Q_{z.l}} = \frac{\alpha}{\alpha_{z.l}} \quad (2.51)$$

Охирги ифодага кўра иссиқлик қувватини ортиши иссиқлик алмашинуви коэффициентларни ортишига пропорционал кўрсатилган.

Шундай қилиб ,иссиқлик гидравлик эффективлигини уч мезони олинган бўлиб, диффузор – конфузорли иситгичларни эффективлигига баҳо беради.

Ишлаб чиқилган иссиқлик гидравлик эффективлигининг мезони ва олинган конвектив иссиқлик алмашинувлик тенгламалар бўйича диффузор – конфузор юзаларга эга бўлган иситгичлар учун иссиқлик гидравлик эффективлиги баҳоланади.

7. Диффузор конфузор юзали иситгичларнинг иссиқлик гидравлик эффективлигини таҳлили.

Ишлаб чиқилган иссиқлик гидравлик эффективлигини баҳоловчи мезонлар ва диффузор-конфузор шаклдаги иссиқлик алмашинув иситгичларнинг конвектив иссиқлик алмашинуви ва гидравлик қаршилиги тенгламалари бўйича иссиқлик гидравлик хусусиятларига баҳо берилган.

Ҳисобларда қуйидагилар қабул қилинган :

Иссиқликни бериш ва гидравлик қаршилиги базавий деб олинган ясси қувурли иситкичида турбулент оқим учун бўлган тенгламалар билан ифодаланади

Бундай таққослашни олиб боришда иситгичдаги оқим каналнинг бошқа қисмида ламинар кўринишда бўлади. Лекин ,эквивалент диаметри бўйича ҳисобланган Рейнольдс сони $Re > 5 \cdot 10^3$ учун иссиқликни бериш ўтиш ружимида ривожланган турбулент оқимига мос келади. Бундан ташқари $L/d_3 > 50$ бўлгандаги ҳолатда турбулент оқими ривожланиши бошланади . Узунлиги 2м га тенг ва ундан катта бўлган иситгичларни эффективлигини аниқлаш учун ясси пластинкали юзалардаги турбулент оқим билан таққослаш керак . Бунинг учун уч мезонлар қўлланади:

Биринчи мезон:

$$\frac{a}{a_{2л}} = \left(\frac{\alpha_{2л}}{\alpha} \cdot \frac{\xi}{\xi_{2л}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Иккинчи мезон:

$$\frac{\Delta P}{\Delta P_{2л}} = \frac{(\xi / \xi_{2л})}{(\alpha / \alpha_{2л})} \cdot \left(\frac{a_{2л}}{a} \right)^3$$

Учинчи мезон:

$$\frac{Q}{Q_{2л}} = \frac{\alpha}{\alpha_{2л}}$$

Диффузор- конфузор профиллар учун эффективлик мезони учинчи бобда келтирилган.

Иккинчи боб бўйича хулосалар.

1. Қаттиқ жисмга тегиб турган суюқлик заррачалари адсорбцияланади- “ёпишади”, яни заррачалар тезлиги жисм тезлигига тенг бўлади.
2. Оқимни сийраклашиш даражаси Кнудсен параметри l/l_0 билан тавсифланади ва газ молекулаларининг ўртача эркин югириш узунлигини l қаттиқ жисмнинг l_0 бўлган нисбати билан аниқланади
3. Ясси юзани чексиз оқим билан ювилаётганда ташқи оқим тезлиги ўзгармас ва ω_0 тенг бўлганда ташқи оқимда босим ўзгармайди.
4. Сув иситгичларнинг характеристикаларини яхшилаш натижасида иссиқлик сув таъминоти , иситиш тизими ва вентиляция учун сарфланадиган иссиқлик ва энергоресурслари тежамланади.
5. Рейнольдс аналогиясини бузилиши иссиқликни узатиш томон бўлса иссиқлик алмашинувининг жадаллиги ортади. Агар диссипация кучлари томон бўлса иссиқлик алмашинуви сустлашади.
6. Ясси қувурларни ўрнига “жадаллаштирилган”лар қўлланса иситиш юзалари қисқаради.

3- боб. Иссиқлик алмашинув агрегатининг иссиқлик гидродинамик самарадорлиги мезони.

1. Иссиқлик гидродинамик самарадорлиги мезонлари хақида тушунчалар.

Иссиқлик алмашинув агрегатининг иссиқлик гидродинамик самарадорлиги мезонларини аниқловчи услубиет М.В Кирпичёвнинг фундаментал асосларида тузилган. Иссиқлик алмашинув агрегатининг энергетик самарадорлиги ундаги узатилган иссиқликни Q гидравлик қаршилиқни бартараф қилишга сарфланган энергияга – N бўлган нисбат билан тавсифланади:

$$E_o = \frac{Q}{N} \quad (3.1)$$

Ушбу E_o қиймати қанча катта бўлса, шунча иссиқлик алмашинув аппаратининг конструкцияси мукамал ва иссиқлик алмашинуви жараени жадал бўлади. Лекин, нисбатан содда (3.1) ифода амалда қўлланмаган. Чунки ифоданинг асосий камчилиги коэффициентнинг E_o ишчи мухит тезлигига; иссиқликни бериш коэффициенти; хароратлар диапозони ва бошқаларга нисатан ўзгариши бир сонли эгалигида.

Ишчи мухитнинг тезлиги ортганда E_o қиймати камаяди, чунки энергосарфлар тезликка нисбатан куб пропорциясига тенг бўлади.

Замонавий иссиқликлик алмашинув агрегатларида иссиқлик беришнинг энг катта термик қаршилиги девор олди қисмида кузатилади. Иссиқлик узатишни жадаллиги чегаравий қатламни юпқалаштирилганда ёки бузилганда кечади.

Лекин бундий жадаллик гидравлик қаршилиқни ортиши ва уни бартараф қилишга сарф қилинадиган энерго сарфлар ортади. Ясси тўғри шаклдаги юзалардаги иссиқлик алмашинувини суюқликни тезлиги орттирилганда кузатилади ва бир вақтнинг ўзида гидравлик қаршилиги Рейнольдс аналогиясига кўра ортади.

Мураккаб эгрисимон шакли юзаларда Рейнольдс аналогияси бузилади. Жумладан, гофре шаклдаги юзаларни суюқлик билан ювилишида тезликни ортиши натижасида иссиқликни бериш ва гидравлик қаршилиги аро бўлган боғланиш ўзгаради. Ясси шаклдаги юзаларга қараганда мураккаб шаклдаги юзаларда энергияни кичик сарфларида иссиқликни бериш кескин ортишига сабабчи бўлади. Каналлардаги иссиқлик алмашинув юза шаклини жадаллаштирувчи таъсири ижобийлиги қачонки шакл чегаравий қатламда суюқликнинг заррачаларини кучли янгиллашинув юзанинг бундай мураккаб шакл иссиқлик энергетик сифатларини яхшилайдди.

Жадаллашиш эффективлигини қўйидаги боғланиш билан ҳисобга олиш мумкин:

$$E = \frac{\alpha}{N_o^m} \quad (3.2)$$

бунда α - иссиқликни бериш коэффиценти.

N_o -гидравлик қаршилиқларга бардош бериш учун сарфланадиган энерго-сарфларнинг солиштирма қийматининг “ m ” даражасидаги қиймати. Энергосарфлар N_o ва m даражаси кўрсаткичи ҳар бир юза шаклига эксперимент орқали аниқланади.

E коэффиценти ўзгармас сон бўлиб, аниқ шаклидаги иссиқлик алмашинув юзаси учун иссиқлик энергетик эффективлигини белгилайди.

Ушбу коэффициент каналларнинг ички параметрларини оптимизациялаш сатхини ифодалайди.

2. Иссиқлик алмашинув аппаратларни кўрсаткичлар бўйича таққослашнинг режими.

Ташқи параметрларнинг таъсирини йўқотиш учун коэффициентни ҳисоби бир хил ташқи параметрлар ёки тенг таққослаш шароитида бажариш керак.

Иссиқлик алмашинув аппаратларини таққослашни эталон режими қабул қилинган ва қўйидаги кўринишда:

- Ишчи мухитлар (ёndoш коналларидаги иситилаётган ва совутилатган сув), сув хусусиятлари ўртача 50 °C да қабул қилинган.
- Ишчи мухитлар сарфи ҳар қандай ҳажмда, лекин иккала мухит учун тенг бўлиши керак.

Иссиқлик алмашинув агрегатининг эффективлик бирлиги сонини ҳисоби E_m солиширма кўрсаткичларига олиб борилади: иссиқликни бериш юзаси майдони бирлигига $F = 1 \text{ м}^2$; ҳарорат босимининг ўртача бирлигига Δt ; гидравлик қаршилигига бардош бериш учун сарфланадиган энергия бирлигига ($N_o = 1 \text{ Вт/м}^2$). Солиштирма кўрсаткичлар турли ташқи параметрлар шароитида ҳамма ўлчамдаги иссиқлик алмашинув аппаратлари учун таққослаш натижаларни қўллаш имконини беради. Иссиқлик алмашинув аппаратининг ички параметрлари билан (3.2) боғланишни янада чуқурроқ ўрганишда қўплаб ўзгарувчиларни боғловчи гидродинамика ва иссиқликни бериш тенгламалари биргаликда ҳисобланади.

Гидродинамика тенгламаси:

$$\Delta P = \xi \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} \quad (3.3)$$

бунда

$$\xi = \frac{A}{Re^B} \quad (3.4)$$

Иссиқликни бериш тенгламаси:

$$N_u = C \cdot Re^n \cdot Pr^{0,43} \quad (3.5)$$

бунда ΔP - босимнинг йўқотилиши [Па];

ξ - каналнинг нисбий узунлиги бирлиги учун умумий гидравлик қаршилиги коэффициентлари;

L - канал узунлиги [м];

d - каналнинг диаметри [м];

ρ - ишчи мухитнинг зичлиги [кг/м³];

ω - каналдаги мухит тезлиги [м/с];

A - мураккаб шаклдаги каналларда оқим гидродинамикасига таъсир қилувчи ички параметрларни тавсифловчи коэффициент;

Re - Рейнольдс сони;

Pr - Прандтль сони;

C, n, p - тажрибавий қийматлар бўйича аниқланадиган ўзгармас қийматлар.

(3.3) ва (3.5) тенгламаларни биргаликда ечимини чиқариш қуйидагини беради:

$$\alpha = C \cdot \lambda \cdot Pr^{0,43} \cdot \frac{2F_K}{f_K \cdot L \cdot A \cdot \rho} \cdot \frac{n}{1-\rho} \cdot \frac{d^{\frac{4n+p-2}{2-p}}}{v^{\frac{2n}{2-p}}} \cdot N_o^{\frac{n}{2-p}} \quad (3.6)$$

бунда: α - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари, [Вт/м² °К];

v - кинематик қовушқоқлик [м²/сек];

F_K - иссиқлик алмашинув аппаратининг юзаси [м²];

f_K - битта каналнинг юза майдони [м²].

(3.6) ва (3.2) тенгламаларни солиштириб қўйидагига эга бўламиз:

$$\alpha = C \cdot \lambda \cdot Pr^{0,43} \cdot \frac{2F_K}{f_K \cdot L \cdot A \cdot \rho} \cdot \frac{n}{2-\rho} \cdot \frac{d^{\frac{4n+p-2}{2-p}}}{v^{\frac{2n}{2-p}}} = E \quad (3.7)$$

$$N_o^{\frac{n}{2-p}} = N_o^m$$

Эталон режимида (сув- суюқлик сифатида бўлганда) турли конструкцияли иссиқлик алмашинув юзалар таққосланганда (3.7) тенгламаси эффективлик бирлик сони учун қўйидаги кўринишда бўлади:

$$E_{nd} = 1,11 \cdot C \cdot \left(\frac{0,002 \cdot F_K}{f_K \cdot L \cdot A} \right)^{-\rho} \cdot \frac{d^{-\rho}}{(0,556 \cdot 10^{-6})^{\frac{2n}{2-p}}} \quad (3.8)$$

(3.8) тенгламадан келиб чиқиб эталон режимда эффективлик сони (E_m) ишчи мухит сарфи, каналдаги тезлиги ва хароратларнинг ўзгаришига боғлиқ бўлмайди. Иссиқлик алмашинув юзанинг шакли ва ўлчамини тавсифловчилардан (3.5) тенгламасидан C ва (3.4) тенгламасида A кийматлари ҳисобланади. Шунингдек, каналнинг диаметри d , F_k / f_k - нисбати ва узунлиги L , ҳамда “ n ” ва “ ρ ” даражалари ҳам таъсир кўрсатади.

Аниқ конструкцияли аппарат учун эффективлик сони қанча катта бўлса, иссиқлик алмашинув юзаси иссиқли энергетик сифати ва иссиқлик алмашинув аппарати эффективлиги шунча юқори бўлади.

Олинган натижалар айниқса пластинкали иссиқлик алмашинуви аппаратларнинг мураккаб юзаларини таққослаш учун қўлланилади, чунки бунда шакл ва ўлчамни танглаш имкони кенгдир.

Пластинкали иссиқлик алмашинуви аппаратларида юзалар шакли ясси-найчали кўринишидан тасма- оқимлиларгача (икки ўлчамли турбулизация) ва замонавий- панжарали- оқимли (оқимни уч ўлчамли турбулизация) ларгача модернизацияланган.

Замонавий иссиқлик алмашинув аппаратларида панжарали- оқимли шаклли иссиқлик алмашинуви (ёлка тури) (3.8) тенглама соддарок кўринишида бўлади.

$$E_{nd} = 20520 \cdot C \cdot d^{0,0618} \cdot \left(\frac{F_k}{f_k \cdot L \cdot A} \right) \quad (3.9)$$

(3.8) ва (3.9) тенгламалар ишчи мухитнинг турбулент оқимиға ҳақли бўлиб, мухитнинг агрегат ҳолати иссиқликни бериш пайтида ўзгармас деб ҳисобланади. Рейнольдс сонининг замонавий пластинкали иссиқлик алмашинув аппаратларида $Re_k = 50 \div 200$ доираида узгаради.

Иссиқлик алмашинув аппаратларни эталон шартлари бўйича таққослашда $N_o = 1 \frac{Вт}{м^2}$ тенгламага кўра эффективликнинг бирлик сони иссиқлик бериш жадаллигига тенг:

$$K_n = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} - \frac{1}{\alpha_2}^{-1} = \frac{1}{E_{na}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} - \frac{1}{E_{na}}^{-1} \quad (3.11)$$

Конструкцияси тайёр бўлган пластинкали иссиқлик алмашинув аппаратларни эталон режимда эффективлик баҳосини беришда иссиқлик бериш коэффициентини (иссиқлик жараёнини солиштирма жадаллиги)

$$K_{\eta} = \frac{1}{E_{na}} + \frac{1}{E_{na}}^{-1} = \frac{E_{na}}{2} = E_{\eta K} \quad (3.12)$$

Иссиқлик алмашинув юзаси тоза бўлганда юпқа металлдан бажарилган деворнинг термик қаршилигини ҳисобга олмаслик мумкин. Унда (3.10) ифодани ҳисобга олиб қўйидагига эга бўламиз:

$$E_{\eta K} = \frac{E_{na}}{2} = 10260 \cdot c \cdot d^{0,0618} \left(\frac{F_K}{f_K \cdot L \cdot A} \right)^{0,25645} \quad (3.13)$$

Эталон шароитда турли конструкцияга эга бўлган иссиқлик алмашинув агрегатларини таққослаш бўйича бажарилган ҳисоблар натижаси жадвалда келтирилган. Иссиқлик алмашинув аппарати учун эффектив бирлиги иссиқлик энергетик эффективлик коэффициенти E_{η} орқали ифодаланиб, агрегатларнинг сони ва сифатли баҳолаш миқдори деб ҳисобланади.

Иссиқлик алмашинув пластинкали агрегатларнинг эффективлигининг бирлик сони.

№	Пластина тури	иссиқлик алмашинув юзанинг майдони [м ²]	Ишлаб чиқарган	эффективликнинг бирлик сони		солиштирма эффективлик	Илова
1.	НО,1м	0,1	Анкор-Теплоэнерго	7628	3814	1,98	
2.	М6	0,14	Альфа-Лаваль	6924	3462	1,79	
3.	НО,1S	0,1	Анкор-Теплоэнерго	6750	3375	1,75	
4.	СВ-26	0,03	Альфа-Лаваль	6744	3372	1,74	
5.	СВ-51(Н)	0,05	Альфа-Лаваль	6486	3243	1,68	
6.	РС0,25	0,25	Анкор-Теплоэнерго	6400	3200	1,66	
7.	СВ-300	0,28	Альфа-Лаваль	6332	3166	1,64	

8.	CB-22	0,038	Альфа-Лаваль	6135	3067	1,59	
9.	V-20CH	0,2	Vicarb (Франция)	6121	3060	1,59	
10.	CB-14	0,014	Альфа-Лаваль	5444	2728	1,41	
11.	M10	0,22	Альфа-Лаваль	5440	2720	1,41	
12.	P0,6p	0,6	Павлоградхиммаш	5338	2705	1,40	
13.	CB-76	0,1	Альфа-Лаваль	5316	2658	1,38	
14.	P0,05	0,05	Анкор- Теплоэнерго	5300	2650	1,37	
15.	P0,3p	0,3	Павлоградхиммаш	4534	2265	1,17	
16.	P1,3p	1,3	Павлоградхиммаш	4520	2260	1,17	
17.	PCO,1	0,1	Термоблок-Минск	4488	2244	1,16	
18.	M3	0,03	Альфа-Лаваль	4460	2230	1,16	
19.	H1,0M	1,0	Павлоградхиммаш	4400	2200	1,14	
20.	PC0,5p	0,5	Павлоградхиммаш	3860	1930	1,0	Эталон E1
21.	P0,54	0,54	Китай	3770	1885	0,98	
22.	P0,3	0,3	Павлоградхиммаш	3577	1788	0,93	
23.	0,5П	0,5	Павлоградхиммаш	3552	1776	0,92	
24.	H1,4	1,4	Павлоградхиммаш	3465	1732	0,89	
25.	PC0,53	0,53	Павлоградхиммаш	3236	1618	0,84	
26.	PC0,35	0,35	Павлоградхиммаш	3160	15820	0,82	
27.	P0,6T	0,6	Павлоградхиммаш	2066	1033	0,54	
28.	Труба латунная 14/16	-	-	1174	587	0,30	

3. Диффузор – конфузор профилли иситкичларнинг эффективлигини хисоби

Ушбу бобда олинган эффективлик мезонларига кўра хисоблар олиб борилади:

$$\frac{a}{a_{\text{эл}}} = \left(\frac{\alpha_{\text{эл}}}{\alpha} \cdot \frac{\xi}{\xi_{\text{эл}}} \right)^{\frac{1}{3}}; \quad \frac{\Delta P}{\Delta P_{\text{эл}}} = \frac{(\xi / \xi_{\text{эл}})}{(\alpha / \alpha_{\text{эл}})} \cdot \left(\frac{a_{\text{эл}}}{a} \right)^3; \quad \frac{Q}{Q_{\text{эл}}} = \frac{\alpha}{\alpha_{\text{эл}}} \quad (3.1)$$

Диффузор- конфузор шаклдаги каналли иситкичларни иссиқлик гидравлик тахлили конвектив иссиқлик алмашинуви ва гидравлик қаршилиги тенгламалар орқали бажарилади.

Хисобларда иссиқликни бериш ва гидравлик қаршилиги базавий ясси пластинкали иситкичдаги мухит оқими харакати қўйидагилар билан тавсифланади:

$$Nu=0,018 Re^{0,8} \quad (3.2)$$

$$\xi = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (3.3)$$

3-жадвалда кўрсатилган икки иситкич учун турли Рейнольдс сонида Re диффузор конфузор юзаларнинг кўрсатилган ўлчамларига кўра уч мезонлар хисоби келтирилган.

$$l_g/l_k=5:1, d_s=0,046$$

$$\gamma_g=8^0 \text{ бўлганда } N_4=0,043 Re^{0,76} \quad \xi=0,25 Re^{-0,2}$$

$$\gamma_g=16^0 \text{ бўлганда } N_4=0,076 Re^{0,733} \quad \xi=0,58 Re^{-0,21}$$

$$\gamma_g=20^0 \text{ бўлганда } N_4=0,092 Re^{0,726} \quad \xi=0,52 Re^{-0,17}$$

3-жадвалдаги кўрсатилган қийматларнинг кўрсатишича диффузорнинг очилиш бурчаги $\gamma_g=8^0$ бўлганда базавий ясси коналларига кўра диффузор-конфузор каналар габарит ўлчамида эффективлиг кузатилади. Очилиш бурчаги $\gamma_g=16^0$ бўлганда габаритдаги эффективлик Рейнольдс сони $Re=10^3 \div 2 \cdot 10^3$, $\gamma_g=20^0$ бўлганда эса $Re=10^3$ тенг бўлганда кузатилиши мумкин. 3- жадвалдаги ларни тахлилини кўрсатишича қувват бўйича эффективлиги диффузор- конфузор юзаларнинг очилиш бурчаги $\gamma_g=8^0$ бўлганда Рейнальдс сонининг хамма диопазонида кузатилади. Очилиш бурчаги $\gamma_g=16^0$ бўлганда қувват бўйича эффективлик Рейнольдс сонининг $Re=10^3 \div 2 \cdot 10^3$ диапазолида кузатилади. Очилиш бурчаги $\gamma_g=20^0$ бўлганда қувват бўйича эффективлик Рейнольдс сонининг хамма диапазолида кузатилади.

Иссиқликни узатиш бўйича эффективлик исткич каналлини диффузорининг хамма очилиши бурчагида кузатилади.

Юқорида кўрсатилган биринчи, иккинчи ва учунчи критерийлар асосида хисоблар бажарилган ва 3-жадвалга киритилган.

$$\gamma_g = 8^0$$

3- жадвал

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
$a/a_{гЛ}$	0,866	0,880	0,913	0,920	0,950	0,980

$$\gamma_g = 16^0$$

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
$a/a_{гЛ}$	0,972	0,996	1,037	1,057	1,084	1,122

$$\gamma_g = 20^0$$

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
$a/a_{гЛ}$	0,972	0,010	1,069	1,095	1,135	1,190

$$\gamma_g = 8^0$$

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
$\Delta P/\Delta P_{гЛ}$	0,614	0,653	0,719	0,722	0,805	0,874

$$\gamma_g = 16^0$$

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
$\Delta P/\Delta P_{гЛ}$	0,865	0,928	1,035	1,089	1,167	1,280

$$\gamma_g = 20$$

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
$\Delta P/\Delta P_{гЛ}$	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322	0,322

$$\gamma_g = 8^0$$

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
----	--------	----------------	----------------	--------	----------------	----------------

Q/Q _{гн}	1,811	1,762	1,686	1,652	1,606	1,549
-------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

$$\gamma_g=16^0$$

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
Q/Q _{гн}	2,657	2,542	2,357	2,272	2,174	2,048

$$\gamma_g=20$$

Re	10^3	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
Q/Q _{гн}	3,060	2,910	2,689	2,585	2,456	2,295

Учинчи боб бўйича хулосалар

1. Иссиқлик алмашинув агрегатининг энергетик самарадорлиги ундаги узатилган иссиқликни жадаллик қаршилигини бартараф қилишга сарфланган энергияга бўлган нисбати билан тавсифланади.
2. Иссиқлик алмашинув аппаратларни таққослаш эталони қўйидагича: ишчи мухитлар (ёndoш каналлардаги иситилаётган ва совитилаётган сув), сув хусусиятлари ўртача 50 қилиб қабул қилинган; ишчи мухитлар сарфи ҳар қандай ҳажмда иккала мухит учун тенг бўлиши керак.
3. Замонавий иссиқлик алмашинув агрегатларида иссиқлик беришнинг энг катта термик қаршилиги девор олди қисмида кузатилади.
4. Иссиқлик узатишни жадаллиги чегаравий қатламни юпқалаштирилганда ёки бузилганда эришилади.
5. Каналлардаги иссиқлик алмашинув юза шаклини жадаллаштирувчи таъсири чегаравий қатламда суюқликнинг заррачалари кучли янгилиниш бўлганда намоён бўлади.

Хулоса

Мазкур диссертация “Фарғона иссиқлик манбаига қарашли тармоқда қўлланиладиган иситкичларининг ишлаш тартибини такомиллаштириш ва унинг иссиқлик узатиш хоссаларини тадқиқ этиш” мавзусида – ёзилган бўлиб, қозонхоналардаги муҳим муаммоларни ўрганиб чуқур таҳлил қилиш ва баҳолашга қаратилган.

Диссертациянинг биринчи бобида иссиқлик таъминотининг асосий принциплари ёритилган. Бунда иссиқлик таъминоти тизимлари турлари ва схемалар турлари ҳамда сув иситкичлари тизимлари ҳақида батафсил-таҳлилий маълумотлар берилган. Жумладан, сифатли ва белгиланган кўрсаткичларига эга бўлган иссиқлик ва электр энергияни ишлаб чиқарувчи станцияларнинг самарадорлиги, фойдали иш коэффициентини ошириш факторларидан бири- сув захирасидаги сувни дастлабки хароратини ошириш ҳамда иссиқлик ташувчисидан иссиқликни олувчи юзани геометрик шаклини ўзгартириш билан эришса бўлади.

Бугунги кунда иссиқлик ташувчиси сифатида турли параметрли сув ишлатилади ва иссиқлик ташувчисини бир турда ишлатилиши тармоқни йиғиш ва созлашдаги капитал сарфларни камайишига ҳамда иссиқлик таъминоти тизимини сифатли эксплуатация қилишга сабабчи бўлади.

Иссиқлик таъминоти тизимида қўлланиладиган иссиқлик ташувчиларига қатор санитар- гигиеник, техник иқтисодий ва эксплуатацион талаблар қўйилади. Ушбу талабларга сув жавоб бериши қуйидаги сифатлари яъни нисбатан кичик харорати, ускуналарнинг юзасини шунга кўра кичик харорати, сувни узоқ масофага хароратни сезиларли ўзгармасдан узатиш, иссиқлик узатишни марказлашган равишда ростлаш имкони, сувли истиш вентиляция ва иссиқ сув таъминоти тизимларини содда монтажи ва узоқ хизмат муддати билан белгиланади.

Иссиқлик энергетикада сув иситкичлари сифатида иссиқлик алмашинув юзалари ишлатилади. Юзалар кетма- кет уланган бир неча

секциядан иборат бўлади. Сув- сувли иситкичлар бирламчи ва иккиламчи иссиқлик ташувчиси бўйича кетма-кет бирлаштирилади.

Сув иситкичларидаги иссиқлик алмашинуви конвектив иссиқлик алмашинуви кўринишда кечади. Иссиқлик алмашинуви кўринишда кечади. Бунда иссиқликни тарқалиши оқувчан мухит орқали юқори харорат соҳасида паст харорат соҳасига узатиш билан кечади.

Иссиқликни бериш коэффициенти факторларнинг уч гуруҳи билан белгиланади:

Геометрик факторлар, гидродинамик факторлар, мухитнинг физикавий хусусиятлари.

Ушбу бобда ясси девордан иссиқликни узатиш масаласини кўришда бир қатламли, қалинлиги δ ва иссиқлик ўтказувчанлиги λ бўлган ҳолат учун тахлили бажарилган. Ньютон-Рихман қонунига кўра қайноқ сувдан деворга берилаётган иссиқлик миқдори ҳисоби берилган.

Диссертациянинг иккинчи бобида сув- сувли иситкичларидаги иссиқликни бериш жараёнларини жадаллаштириш масалалари ўрганилган ва чуқур таҳлил қилинган. Ушбу маълумотлар Фарғона шаҳри РК-3 қозонхоналарнинг сув иситкичлари сувни қозонга киришдан олдин истиш учун қўлланиши ҳақидагилар билан тахлили бажарилган.

Қиш ва баҳор мавсумида ёқилғидаги бўлган этиёх ортгани сари иситкичга узатилаётган ёқилғи ҳажми пасаяди. Бундай ҳолат учун иситкичларни самарадорлигини ошириш учун керакли усулдан фойдаланиш кўрсатилади.

Иссиқликни бериш жараёнини жадаллаштириш услубини тўғри танлаш учун иситкич каналлардаги гидро динамикаси ўрганилиши зарур.

Маълумки, қаттиқ жисмга тегиб турган суюқлик заррачалари адсорбцияланади, яъни “ёпишади”. Натижада чегаравий қатлам ҳосил бўлади ва иссиқлик алмашинув жараёнини сушлаштиради.

Гидродинамик чегаравий қатламни бузиш оқибатида иссиқликни иссиқлик ташувчисидан истъемолчига узатиш жараёни жадаллашади.

Бунинг учун девор шаклини геометрик кўриниши гофре, илонсимон, диффузор- конфузор ва бошқа бўлиши мумкин.

Уш бу бобда иссиқликни берувчи юза бўйлаб иссиқлик алмашувликни ошириш усуллари ўрганилди. Жумладан, оқимдаги уюрма зоналари хосил қилиш натижасида иссиқликни бериш оширилади. Бундай уюрма зоналарни яратишда профилли юза конструкцияларни кўллаш мақсадли деб топилди: Бундайлардан эшилган қувир, буралган тасма, шнекли уюрмалаштирувчи, винтсимон қувир, кўндаланг ариқчали қувир.

Мазкур бобда иссиқлик алмашинуви жадаллашган сув иситкичларида иссиқлик алмашинув эффективлиги тахлил қилинди. Бундан гидравлик эффективлик мезонлари ишлаб чиқилди ташқари.

Диссертациянинг учинчи бобида иссиқлик алмашинув агрегатининг иссиқлик гидродинамик самарадорлиги мезони ўрганиб чиқилди. Ушбу мезонлари аниқловчи услубиёт М.В.Кирпичёв томонидан фундаментал асосларида тузилган бўлиб, иссиқлик алмашинув агрегатининг энергетик самарадорлиги, ундаги узатилган иссиқликни Q гидравлик қаршилиқни бартараф қилишга сарфланган энергияга N бўлган нисбати билан аниқланади.

Бобда иссиқлик гидродинамик мезонларига таъсир қилувчи кўрсаткичлар тўғрисида маълумотлар берилган.

Учинчи бобнинг яқунловчи бўлимида диффузо- конфузор профилли иситкичларнинг эффективлиги хисоби бажарилган. Бунда диффузор- конфузор шаклдаги каналга эга бўлган иситкичларни иссиқлик гидравлик тахлилини бажаришда иссиқлик алмашинуви ва гидравлик қаршилиги тенгламалари орқали ўрганилган. Олинган натижаларга кўра иссиқликни узатиш бўйича эффективлик иситкич каналлини диффузорининг ҳамма очилиш бурчагида кузатилади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РУЙХАТИ.

1. **Ислом Каримов** 2014 йил юқори ўсиш суръатлари билан ривожланиш, барча мавжуд имкониятларни сафарбар этиш, ўзини оқлаган ислохотлар стратегиясини изчил давом эттириши йўли бўлади. Тошкент- "Ўзбекистон"- 2014- 64 б.
2. **Ислом Каримов** Амалга ошираётган ислохотларимизни янада чуқурлаштириши ва фуқаролик жамияти қуриши- ёруз келажакимизнинг асосий омилдир. Тошкент- "Ўзбекистон"- 2013- 48 б.
3. *Ислохотларни изчил давом эттириши йўлида* (Ўзбекистон Республикаси Президенти Ислом Каримовнинг мамлакатимизни 2013 йилда ижтимоий-иқтисодий ривожланиши яқунлари ва 2014 йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг муҳим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Маҳкамасининг мажлисидаги маърузаси тарғиботи бўйича услубий қўлланма) " Фарғона " нашриети- 2014- 55 б.
4. **Лариков Н. Н.** *Теплотехника.* Учебник для ВТУЗ ов М., Стройиздат 1985- 432 с.
5. **Кириллин В. А. Сигёв В. В, Шейндлин А. Е.** *Технический термодинамика.* Дарслик- Т. "Ўқитувчи", 1980- 440 б.
6. **Нурматов Ж ва бошқалар.** *Иссиқлик техникаси.* Олий ўқув юртлири талабалари учун ўқув қўлланма- Т. "Ўқитувчи", 1998- 552 б.
7. **Волков Э. П. Ведяев В. А., Обрезков В. И.** *Энергетические установки электростанций.* - М. Энергоатомиздат, - 1983.
8. **Алимбоев А. У.** *Саноат ва иситиш қозонхоналари.* Ўқув қўлланма.- . "Ўқитувчи", 1998- 127 б.
9. **Шоисломов А. Ш. Топливо И Основы горения.** Т. Таш ГТУ, 1998- 150 с.
10. **Алимбоев А. У.** *Иссиқлик таъминоти ва иссиқлик тармоқлари .* Ўқув қўлланма. Т 1997- 139 б.
11. **Мадалиев Э. У.** *Иссиқлик техникаси.* Дарслик. Фарғона 2002-287 б
12. **Аббасов Е. С. Умурзақова М. А.** *Иссиқлик энергетик қурилмалари .* Ўқув қўлланма. Фарғона- 2002- 207 б.

- 13. Kreith F, Black W.** *Basic HEAT TRANSFER*. London, 1980- 512 p.
- 14. Алексеев Г. Н.** *Общая теплотехника*. Учебное пособие. – М. Высшая школа. 1980- 552 с.
- 15. Белинский С. Я, Липов Ю. М.** *Энергетические установки электростанций*. - М. Энергоиздат. 1974.
- 16. Стырикович М. А. , Катковская К. Я, Серов Е. П.** *Парогенераторы электростанций* М. Энергия. 1966- 382 с.
- 17. Левин А.П.** *Принципы рационального сжигания газа*. Ленинград: “Недра” Ленинградское отделение, 1997 г. 245- с.
- 18. Ахмедов Р.Б.** *Дутьевые горелочные устройства*. М “ Недра”, 1970 г, 264 с.
- 19. Иванов Ю. В.** *Газогорелочные устройства* М., “Недра” 1972 г, 376 с.
- 20. Щукин А. А.** *Промышленные печи и газовое хозяйство заводов*. Москва , “Энергия” 1973 г, 223 с.
- 21. Кудинов В.А, Карташов Э. М.** *Техническая термодинамика* М., “Высшая школа”, 2000 г , 261 с.