

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС

ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

5520100 – "Иссиқлик энергетикаси"

бакалавр таълим йўналиши

## БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ

Мавзу: "Қувур ичида қувур" туридаги иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқлик алмашиниш жараёнини тадқиқот қилиш

Раҳбар:

\_\_\_\_\_

(ИМЗО)

**Ибрагимов У.Х.**

Ишни бажарувчи:

\_\_\_\_\_

(ИМЗО)

**Норимов А.**

*"Ҳимояга рухсат этилди"*

Кафедра мудири:

\_\_\_\_\_ доц. И.Н. Қодиров

(ИМЗО)

*"Ҳимоя учун ДАКга юборилди"*

Факультет декани:

\_\_\_\_\_ доц. А.И. Юсупов

(ИМЗО)

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2012 йил

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2012 йил

**ҚАРШИ – 2012 йил**

## МУНДАРИЖА

<b>Кириш.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Асосий қисм.....</b>	<b>6</b>
1.1. Иссиқлик алмашинуви қурилмалари тўғрисида умумий маълумот.....	6
1.2. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини конструкцияси ва ишлаш принципи.....	35
1.3. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини ҳисоблаш тартиби.....	39
<b>2. Таҷриба ва ҳисобий қисм.....</b>	<b>54</b>
2.1. Таҷриба қурилмасининг тавсифи.....	54
2.2. Таҷриба қурилмасини ишлаш принципи, гидродинамик ва иссиқлик алмашинуви бўйича олинган тадқиқот натижалари.....	55
2.3. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини иссиқлик конструктив ҳисоби.....	59
2.4. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини иссиқлик конструктив ҳисобини Excel да бажариш.....	61
<b>3. Меҳнат хавфсизлиги ва хавфсизлик техникаси.....</b>	<b>64</b>
<b>4. Экология қисми.....</b>	<b>70</b>
<b>5. Иқтисодий қисм.....</b>	<b>78</b>
<b>Хулоса.....</b>	<b>79</b>
<b>Фойдаланилган адабиётлар.....</b>	<b>80</b>

## **Кириш.**

Бугунги кунда кўплаб ривожланган ва жаҳон иқтисодиётида етакчи ўрин тутадиган мамлакатлар тажрибаси шуни сўзсиз исботлаб бермоқдаки, рақобатдошликка эришиш ва дунё бозорларига чиқиш, биринчи навбатда иқтисодиётни изчил ислоҳ этиш, таркибий жиҳатдан ўзгартириш ва диверсификация қилишни чуқурлаштириш, юқори технологияларга асосланган янги корхона ва ишлаб чиқариш тармоқларининг жадал ривожланишини таъминлаш, фаолият кўрсатаётган қувватларни модернизация қилиш ва техник янгилаш жараёнларини тезлаштириш ҳисобидан амалга оширилиши мумкин.

Ишлаб чиқариш ҳажмини кенгайтириш ва рақобатдош маҳсулотларнинг янги турларини ўзлаштириш бўйича қабул қилинган биринчи навбатдаги чора-тадбирлар дастурига мувофиқ, 2012-2016-йилларда ҳисоб-китоблар бўйича қиймати 6 миллиард 200 миллион доллар бўлган 270 дан зиёд инвестиция лойиҳасини, шунингдек, ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик қайта жиҳозлаш бўйича тармоқ дастурларини амалга ошириш кўзда тутилмоқда.

Жорий 2012-йилда иқтисодиётимизни диверсификация қилишни давом эттиришда ўта муҳим аҳамиятга эга бўлган лойиҳаларни амалга ошириш мўлжалланмоқда. Жумладан, Сурғил кони базасида Устюрт газ-кимё комплекси, Деҳқонобод калийли ўғитлар ва Қўнғирот сода заводларининг иккинчи навбатини, синтетик суяқ ёқилғи ишлаб чиқариш заводини қуриш ишлари бошланади.

Шунингдек, Толлимаржон иссиқлик электр станциясида иккита буғ-газ қурилмаси, Ангрен иссиқлик электр станциясида янги энергоблок қуриш, автомобиль шиналари ва транспортёр тасмаси ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш, тўқимачилик корхоналари қувватларини янада кенгайтириш ва бутун технологик жараённи такомиллаштириш бўйича лойиҳаларни амалга ошириш кўзда тутилмоқда.

Ўзбекистонда ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик қайта жиҳозлаш, ишлаб чиқариш самарадорлигини янада ошириш масалаларига эътибор ҳозирги кунда айниқса, жаҳон-молиявий иқтисодий инқирозининг салбий оқибатларидан сақланиш даврида долзарб масалага айланиб бормоқда. Ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан қайта жиҳозлаш ўз-ўзидан мамлакатимизда маҳсулотлар ишлаб чиқарилиши жараёнида фойдаланиладиган барча турдаги ресурсларни оқилона ишлатишда асос бўлади.

Президентимиз Ислон каримовнинг 2011 йилда мамлакатимизни ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш яқунлари ва 2012 йилга мўлжалланган энг муҳим устивор йўналишларга бағишланган Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг мажлисидаги маърузасида қайд этилган муҳим устивор вазифалардан бири ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик қайта жиҳозлаш ва уларни жадал янгилашдан иборат экани белгилаб берилди. Маърузада 2011 йилда жалб этиладиган барча инвестицияларнинг 36,4 фоиздан ортиғи саноатни модернизация қилиш ва техноогик янгилаш дастурларини амалга оширишга йўналтириш кўзда тутилаётгани ҳамда замонавий асбоб-ускуналар харид қилиш харажатлари умумий капитал қуйилмалар ҳажмининг камида 46 фоизини ташкил этаётгани қайд этилди. Шунингдек, Муборак нефтьни қайта ишлаш заводи ва “Шўртантнефть-газ” унитар корхонасида 400 минг тонна суюлтирилган газ ва газ конденсати ишлаб чиқарадиган қурилмаларни ўрнатиш ва бошқа шу каби муҳим лойиҳаларни амалга ошириш ҳам кўзда тутилди.

Ўзбекистон энергетика тизимининг асоси умумий қуввати 10,6 млн. кВт бўлган иссиқлик электр станцияларидир (ИЭС). Бешта йирик ИЭСда қуввати 150 дан 800 МВт гача бўлган энергоблоклар ўрнатилган. Булар Толимаржон, Сирдарё, Янги Ангрен ва Тошкент ИЭС каби йирик иссиқлик электр станциялари бўлиб, 85 фоиздан ортиқроқ электр энергиясини ишлаб чиқаради.

Ҳозирги вақтда халқаро кредит институтларининг ресурсларини жалб қилган ҳолда қатор инвестиция лойиҳалари ҳаётга татбиқ этилмоқда. Қуввати 370 МВт бўлган буғ-газ қурилмаси негизида энергия ишлаб чиқариш бўйича замонавий технологияларни жалб қилган ҳолда Тошкент ИЭСни модернизациялаш ишлари бошлаб юборилди. Реконструкция ва модернизация қилиш жараёнида Навоий ИЭС, Муборак ва Тошкент ИЭМда ишлаб чиқариш ускуналарини янгилаш ҳам кўзда тутилмоқда.

Ҳозирги кунда барча ишлаб турган иссиқлик электр марказлари, иссиқлик электр станциялари ва саноат бошқа соҳаларида иссиқлик алмашинуви қурилмалари кенг қўлланилади. Ушбу иссиқлик алмашинуви қурилмаларининг ичида “қувур ичида қувур” иссиқлик алмашинуви қурилмалари кенг тарқалган.

МДХ да энергетика ва унга туташ бўлган саноат тармоқлари учун ишлаб чиқарилган иссиқлик алмашинуви қурилмаларининг 24% ини “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмалари ташкил қилади.

Ушбу битирув малакавий ишида барча соҳаларда қўлланиладиган иссиқлик алмашинуви қурилмалари тўғрисида умумий маълумотлар, “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасининг тузилиши, ишлаш принципи, қўлланилиш соҳалари, уларнинг афзалликлари ва камчиликлар, “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасининг иссиқлик ҳисобини бажариш тартиби, иссиқлик алмашинуви жараёнини тадқиқот қилишнинг тажриба қурилмасининг тузилиши, ишлаш принципи ва тажрибани бажариш тартиби, олинган тажриба натижаларини қайта ишлаш, “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини иссиқлик конструктив ҳисоби ва ушбу ҳисобни Excel дастурида бажариш тартиби келтирилган. Тажриба натижасида олинган маълумотлардан иссиқлик алмашинуви қурилмаларини ҳисоблашда ва ўқув жараёнида фойдаланиш мумкин.

## 1. АСОСИЙ ҚИСМ.

### 1.1. Иссиқлик алмашинуви қурилмалари тўғрисида умумий маълумот.

Иссиқликни иссиқ иссиқлик ташувчидан совуқ иссиқлик ташувчига узатиш учун мўлжалланган қурилмаларга иссиқлик алмашиниш қурилмалари дейилади.

Иссиқлик алмашиниш қурилмалари ишлаб чиқаришнинг барча соҳаларида, шунингдек энергетика, кимё саноати ва нефтни қайта ишлаш саноатларида кенг қўлланилади. Энергетика саноатида кенг ишлатиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмалари умумий қурилмаларнинг 75 – 80% ини, кимё саноатида 25 – 30% ни ташкил этса, нефт кимёси ва нефтни қайта ишлаш саноатларида эса бу рақам 50% га тенг, чунки кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари (буғлатиш, ректификация, қуритиш ва бошқалар) иссиқликнинг берилиши ёки узатилиши билан боғлиқдир.

Саноатда турли – туман иссиқлик алмашиниш қурилмалари ишлатилади. Иш принципига кўра иссиқлик алмашиниш қурилмалари уч турга бўлинади:

- а) рекуператив (юзали) иссиқлик алмашиниш қурилмалари;
- б) регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари;
- в) аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари.

**Рекуператив иссиқлик алмашиниш қурилмаларида** иссиқлик ташувчи агент бир – бири билан девор орқали ажратилган ва иссиқлик биринчи иссиқлик ташувчи муҳитдан иккинчисга уларни ажратувчи девор орқали узатилади. Конструкциясига кўра рекуператив иссиқлик алмашиниш қурилмалари қоплама қувурли, змеевикли, пластинали, спиралсимон ва махсус иссиқлик алмашиниш қурилмаларига бўлинади.

**Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаларида** бир иссиқлик алмашиниш юзаси галма-гал иссиқ ва совуқ иссиқлик ташувчилар билан ювилиб турса, муҳитнинг иссиқлиги ҳисобига қизийди, совуқ иссиқликташувчи билан ювилганда эса ўз иссиқлигини беради. Шундай

килиб, иссиқлик алмашиниш юзаси иссиқлик ташувчининг иссиқлигини йиғиб олади, сўнг эса иссиқликни совуқ иссиқлик ташувчига беради. Мартен ва домна печларининг ҳаво қиздиргичлари бунга мисол бўлади.

**Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаларида** иккала иссиқлик ташувчи бевосита ўзаро аралashiш пайтида иссиқлик алмашинади. Бунга иссиқлик электр станцияларининг градирня қурилмалари, скрубберлар, оқимли конденсаторлар мисол бўлади.

Иссиқлик алмашиниш қурилмалари қуйидаги белгиларга кўра турларга бўлинади:

Конструктив тузилиш бўйича – қувурдан тайёрланган қурилмалар (қоплама қувурли, «қувур ичида қувур», змеевикли ва бошқалар); иссиқлик алмашиниш юзаси листли материалдан тайёрланган қурилмалар (пластинали, спиралсимон ва бошқалар); иссиқлик алмашиниш юзасини тайёрлашда нометалл материаллар (графит, пластмасса, шиша ва ҳоқазо) дан тайёрланган қурилмалар.

Ишлатилиш мақсадига кўра – совутгичлар, иситгичлар, буғлатгичлар, конденсаторлар.

Иссиқлик ташувчи агентларнинг ҳаракат йўналишига қараб тўғри оқимли (иккала иссиқлик ташувчи бир томонга ҳаракатланса), қарама-қарши оқимли (иккала иссиқлик ташувчи қарама-қарши томонга ҳаракатланса) ва кўндаланг оқимли (иккала иссиқлик ташувчи бир-бирини кесиб ўтса) ларга бўлинади.

Иссиқлик бериш усулига кўра иссиқлик алмашиниш қурилмалари қуйидагиларга бўлинади:

1. Юзали иссиқлик алмашиниш қурилмалари, буларда иссиқлик бир муҳитлан иккинчи муҳитга ажратиб турувчи сирт (юза) орқали берилади.

2. Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари, буларда иш муҳитлар бевосита ўзаро аралашади.

МДХ да энергетика ва унга туташ бўлган саноат тармоқлари учун ишлаб чиқарилган иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг 80% ини қоплама

кувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари ташкил этади. Бундай иссиқлик алмашиниш қурилмаларини тайёрлаш осон, ишлатиш эса қулайдир. Қоплама кувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари универсал бўлиб, ундан газ, буғ ва суюқликлар ўртасида иссиқлик алмашинишни ташкил этишда, босим ҳамда ҳароратлар кенг интервалда ўзгарган пайтда ҳам фойдаланилади, бундан ташқари қопламала кувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида иссиқлик ташувчи агентлар ҳаркатиининг йўналиши турлича бўлиши мумкин.

«Кувур ичида кувур» турдаги ва пўлатдан тайёрланган змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг умумий ҳажми тахминан 18% ни, чўяндан тайёрланган намланадиган қурилмалар эса 12% ни ташкил этади.

Спиралсимон ва пластиналар ҳамда ҳаво билан совитиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг умумий улуши ҳозирча камроқ. Саноат қурилмаларида иссиқлик алмашинишнинг шарт – шароитлари ҳар хил бўлади. Иссиқлик алмашиниш қурилмалари турлича агрегат ҳолатга (буғ, газ, томчили суюқлик, эмульсия ва бошқалар) ва ҳар хил ҳарорат, босим ва физик – кимёвий хоссаларга эга бўлган иш муҳити учун ишлатилади.

Саноатда чиқариладиган иссиқлик алмашинуви қурилмалари тури, ўлчами, параметрлари ва материаллари бўйича жуда кенг номенклатурага эга. Шу сабабдан ҳар бир конкрет шароит учун ҳамма кўрсаткичлари бўйича оптимал бўлган қурилма танлаб олиш имконияти мавжуд. Иссиқлик алмашинуви қурилмаларини танлашда қуйидаги умумий қонуниятларга амал қилинса мақсадга мувофиқ бўлади.

1. Иссиқлик ташувчиларнинг босими юқори бўлса, кувурли иссиқлик алмашинуви қурилмалари ишлатилиши керак; бундай шароитда кувурларнинг ичига босими каттароқ бўлган иссиқлик ташувчи юборилади, чунки кувурларнинг диаметри қурилма қобиғининг диаметрига нисбатан кичик бўлганлиги сабабли бирмунча юқори босимга бардош бера олади;



2. Коррозияга учрайдиган иссиқлик ташувчиларни қувурли иссиқлик алмашинуви қурилмасининг қувурлари орқали берилади, чунки қувурлар коррозия таъсирида емирилганда ҳам қурилманинг қобиғи ўзгартирилмайди;

1. Коррозияга учрайдиган иссиқлик ташувчилар ишлатилганда коррозияга бардош берувчи полимер материаллар (масалан, фторпласть ва унинг сополимерлари) дан тайёрланган иссиқлик алмашинуви қурилмалари ишлатилиши керак;

4. Агар иссиқлик ташувчилардан биттаси ифлос бўлса ёки қурилма юзасига чўкма бериш хоссасига эга бўлса, бундай иссиқлик ташувчини иссиқлик алмашинуви юзасининг тозалашга қулай томонига юбориш зарур (масалан, қоплама қувурли қурилмаларда қувурларнинг ички юзаси, змеевикли қурилмаларда эса қувурларнинг ташқи юзаси).

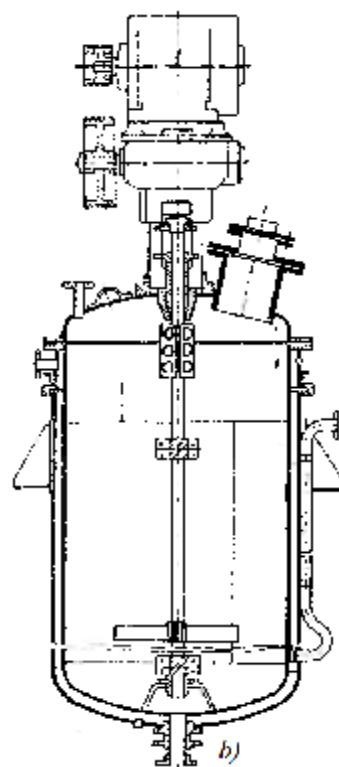
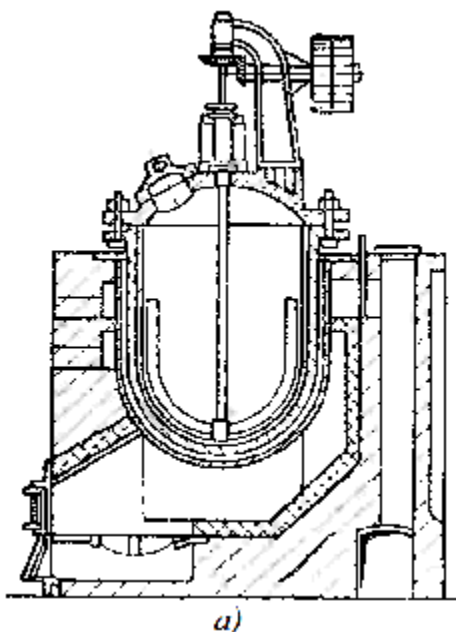
5. Иссиқлик алмашиниш шароитини яхшилаш ҳар доим иссиқлик ташувчининг тезлигига боғлиқ бўлмайди (масалан, буғни конденсацияланиш тезлиги конденсатни иссиқлик алмашиниш юзасидан узатишни тўғри ташкил этишга боғлиқ бўлади), шу сабабли ҳар бир конкрет шароит учун тегишли конструкцияга эга бўлган қурилма танлаш керак.

### **Қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари.**

Олов ёки тутун газини билан қиздирилувчи қайновчи қозонлар биринчи техник иссиқлик алмашиниш қурилмаси деб аталади. Ушбу қурилмалар икки қатламли девордан иборат ва ушбу деворларнинг орасига қиздирувчи буғ ёки иссиқ сув солинади. Бундай қурилмалар ғилофли қурилмалар деб аталади (1, а - расм). Бундай қурилмаларнинг камчилиги: иссиқлик узатиш коэффициенти кичик, қиздиришнинг нобарқарорлиги, кичик ФИК (20 – 40%) ва жараёни ростлаш қийинлиги. Олов билан қиздирилувчи (механик аралаштиргичли қурилмалар, газлар ҳароратини ростлаш учун қурилмалар) такомиллаштирилган бундай қурилмалар ҳозирги вақтда кам фойдаланилади.

Олов ва газ билан қиздирилувчи қурилмалар ўрнини буғ ва суюқлик билан қиздирилувчи қурилмалар эгаллади (1, б - расм). Ғилофли қиздириш

идишнинг ичига змеевик ўрнатиш қийин бўлган ҳолларда қўлланилади, бундай иссиқлик алмашиниш қурилмаларида кураклар ёки аралаштиргичлар мавжуд бўлади.



**1 – расм.** Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмалари.

а) олов билан қиздирилувчи; б)  
буғ билан қиздирилувчи.

Текис деворли ғилофли қурилмалар босими 5 ат дан ошмайдиган буғ ёки суyoқликларни қиздириш учун қўлланилади. Иш учун яроқли ғилофли қурилмалар шатмплаб ясалган тешикчали листлардан тайёрланади. Бундай конструкциянинг ғилофи қиздирувчи буғнинг босими 50 ат гача бўлганда рухсат этилади.

Юқори босимли (70 ат гача) иссиқлик ташувчиларни қиздириш учун мўлжалланган қурилмаларнинг корпусини таўқи юзасига змеевик пайвандланади.

**Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари.** Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари ҳозирги вақтда саноатда энг кенг тарқалган қурилмалар ҳисобланади (2 - расм). Улар қувурлар панжарасига маҳкамланган қувурлар дастаси, қоплама, қопқоқ, кичик қувурчалар,

таянчлардан ташкил топган. Ушбу қурилмалар суюқлик – суюқлик, буғ – суюқлик, газ – суюқлик, газ – газ иссиқлик ташувчилар билан ишлаш учун мўлжалланган.

Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг қопламаси (корпуси) цилиндр шаклида бўлиб, бир ёки бир нечта листлардан пайвандлаб йиғилган. Қоплама деворининг қалинлиги ишчи муҳитнинг максимал босимидан ва қурилма диаметридан аниқланади, одатда унинг қалинлиги 4 мм дан кам бўлмайди. Бундай иссиқлик алмашиниш қурилмалари қобик ичига жойлашган қувурлар тўпламидан иборат бўлиб, қувурларнинг учи тўрларга маҳкамланган бўлади. Қурилманинг юқориги ва пастки қисмларидаги қопқоқ фланец ёрдамида қувур тўрига бириктирилади. Юқориги ва пастки қопқоқларга иситилаётган ёки совитилаётган агентларни бериш учун штуцер мўлжалланган. Бундай қурилмаларда иситилувчи газ ёки суюқлик қопқоқдаги патрубкка орқали битта қувурдан кириб, ўша қувурдан чиқиб кетади. Кўпинча бу турдаги иситкичларда иситилаётган ва иссиқлик бераётган муҳит бир-бирига қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилади. Қоплама қувурли қурилмаларнинг қувурлар доскаси тўғри ёки эгилган (V – симон ёки W - симон) қувурлардан тайёрланади, қувурларнинг ташқи диаметри 12 дан 57 мм гача бўлади. Қувурли панжара қувурлар дастасини маҳкамлаш учун хизмат қилади. Қувурлан панжараси ёки қопламага пайвандланади (2, а, в - расм) ёки қоплама фланеци ва қопқоқ орасига больт ёрдамида қисилади (2, б, г - расм) ёки больтлар билан фақатгина эркин камерадаги фланец билан бириктирилади (2, е - расм).

Қувурлар панжарасининг материали Ст.4 маркали листли пўлатдан иборат бўлиб, унинг қалинлиги ҳисобий босимга боғлиқ ва 20 мм дан кам бўлмайди. Қоплама қувурли қурилмаларнинг қопқоғи одатда текис, конуссимон, айлана ва эллипссимон бўлиши мумкин. Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари қаттиқ (2, а, к - расм), юмшоқ (2, г, е, з - расм) ва ярим қаттиқ

(2, б, в, ж - расм) конструкцияли; бир ва кўп йўлли; тўғри, тескари ва кўндаланг оқимли; горизонтал, вертикал ва қияли усулда тайёрланади.

Саноат технологик қурилмаларининг қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида, буғ турбинасининг конденсаторларида, ИЭС нинг ҳаво қиздиргичларида ва иссиқлик тармоқларида одатда ички диаметри 12 мм дан 38 мм гача бўлган қувурлар қўлланилади, шунингдек қувурларнинг диаметри ошганда иссиқлик алмашини қурилмасининг ихчамлиги камаяди ва унинг металл сиғими ортади. Агар занглаш эҳтимоли бўлмаса, иссиқлик алмашинишни жадаллаштиришга олиб келувчи кичик диаметрли қувурлардан фойдаланиш мумкин. Қувурларининг диаметрлари 4 – 10 мм бўлган иссиқлик алмашиниш қурилмалари автотрактор ва авиация юритгичлари ва тизимларининг ёқилғили ва мойли контурларида қўлланилади.

Қувурлар дастасининг узунлиги 0,9 дан 5 – 6 м гача оралиқда бўлади. Қувур деворининг қалинлиги 0,5 дан 2,5 мм гача бўлади. Қурилманин иссиқлик узатиш юзаси бюир неча юз квадрат сантиметрдан бир неча квадрат метргача бўлади. 300 МВт қувватли замонавий буғ турбинаси конденсаторида умумий иссиқлик узатиш юзаси 15400 м<sup>2</sup> ли 20000 дан ортиқ қувур мавжуд.

Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари сууюқлик ва газсимон муҳит учун иситгич, конденсатор ва буғлатгич сифатида ишлатилади. Иш шароитлари: босим 6,4 МПа гача, ҳарорати -30<sup>0</sup>С дан +450<sup>0</sup>С гача. Умумий мақсадлар учун қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари углеродли ва зангламайдиған пўлатдан тайёрланади, бундай қурилмаларнинг иссиқлик алмашиниш юзаси 1 дан 2000 м<sup>2</sup> гача боради. Қобиғининг ташқи диаметри 159 – 426 мм бўлган қурилмалар стандартлаштирилган қувурлардан тайёрланади. Қобиғининг диаметри 400 мм дан катта бўлган иссиқлик алмашиниш қурилмалари углеродли ва зангламайдиған пўлат листлардан пайвандлаш йўли билан тайёрланади.

Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари қуйидаги турларда тайёрланади:

ТН – қўзғалмас қувур панжарали (қаттиқ қопқоқли ва қаттиқ маҳкамланган қувур панжарали);

ТК – қобиғида ҳарорат компенсатори билан (қаттиқ маҳкамланган қувур панжарали);

ТП – ҳаракатчан қалпоқчали (қаттиқ қопқоқли ва қаттиқ маҳкамланган қувур панжарали);

ТУ – U – симон қувурли (қаттиқ қопқоқли ва қаттиқ маҳкамланган қувур панжарали);

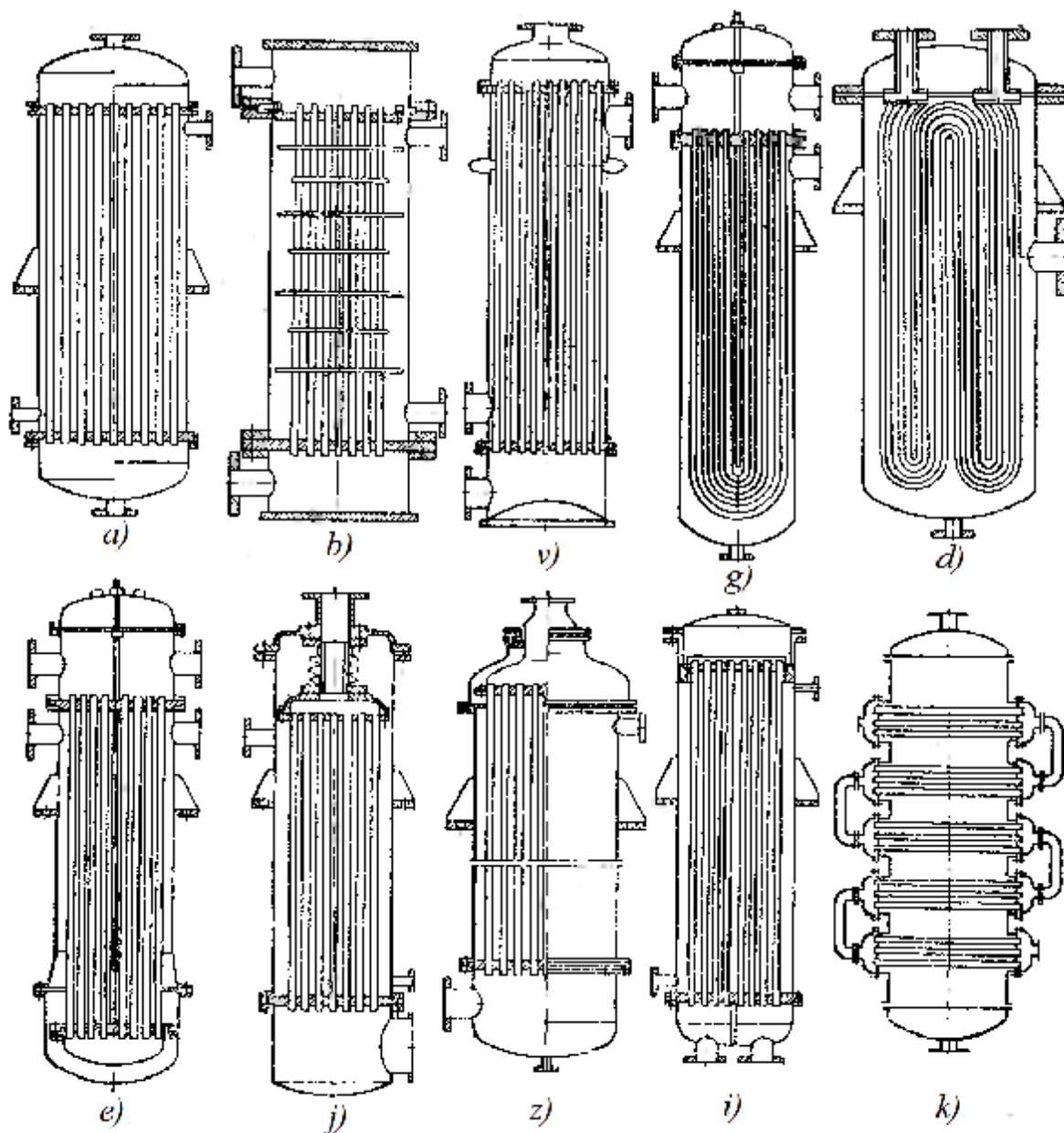
ТС – ҳаракатчан қалпоқчада сальниги билан (қаттиқ қопқоқли ва қаттиқ маҳкамланган қувур панжарали).

Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида қувурлараро бўшлиқ орасидаги ўтиш кесими қувур ичининг ўтиш кесимидан 2 – 3 марта катта бўлади. Шунинг учун иссиқлик ташувчиларнинг сарфи ва агрегат ҳолати бир хил бўлганда қувурлараро бўшлиқ юзасида иссиқлик бериш коэффициенти анча паст бўлади, бу эса қурилманинг умумий иссиқлик узатиш коэффициетини пасайтиради. Қувурлараро бўшлиқдаги тўсиқлар иссиқлик ташувчилар тезлигини ошишини таъминлайди ва иссиқлик алмашиниш самарадорлигини оширади. 2, б – расмда кўндаланг тўсиқли иссиқлик алашиниш қурилмаси тасвирланган.

Қиздирувчи ва қизиётган муҳитнинг ҳароратлари ҳар хил бўлгани учун ишлаётган қурилманинг қопламаси ва қувури ҳам ҳар хил ҳароратга эга бўлади. Қоплама ва қувур ҳароратларининг фарқи натижасида ҳосил бўлувчи кучланишни тўлдириш учун линзали компенсаторлар, U ва W – симон қувурлар, Фильд қувурлари, ювилувчи камерали иссиқлик алмашиниш қурилмалари ва сальникли зичлагичлар қўлланилади.

Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида қобиқ билан қувурлар орасидаги ҳароратнинг фарқига қараб қувур ва қобиқнинг узайиши

хар хил бўлади. Шунинг учун қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари конструкциясига кўра икки хил бўлади: 1) қўзғалмас тўрли иссиқлик алмашиниш қурилмалари; 2) компенсацияловчи қурилмали иссиқлик алмашиниш қурилмалари (бундай қурилмаларда қувурларнинг турли даражада узайишига имкон бор).



**2 – расм.** Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари.

а – қувурлар дастаси мустаҳкам маҳкамланган; б – кўндаланг тўсиқли; в – линзали компенсаторли; г – U – симон қувурли; д – W – симон қувурли; е – сузувчан камерали; ж – йўналтирувчи қувур бўйича сифонли

компенсаторли; з – штуцерда сальник билан зичланган; и – корпусда сальник билан зичланган; к – кўндаланг қувурли.

Қўзғалмас тўрли иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқлик таъсирида қувур ва қобик ҳар хил узаяди, шу сабабли бундай қурилмалар қувурлар ва қобик ўртасидаги ҳароратлар фарқи катта бўлмаганда ( $50^{\circ}\text{C}$  гача) ишлатилади.

Ҳароратлар фарқи  $50^{\circ}\text{C}$  дан катта бўлганда қувур ва қобикнинг ҳар хил узайишини йўқотиш учун линза компенсаторли, ҳаракатчан тўрли, U – симон қувурли ва бошқа турдаги қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари ишлатилади.

Линза компенсаторли қурилмалар қувур ва қурилма девори ўртасидаги босим  $6 \cdot 10^5$  Па гача бўлганда ишлатилади.

Қувурли тўрли ҳаракатланувчан иссиқлик алмашиниш қурилмалари ҳароратлар фарқи катта бўлганда ишлатилади. Бу қурилмада пастдаги қувур тўри ҳаракатчан бўлиб, бунда қувурлар тўплами қурилманинг қобиғида ҳарорат таъсирида узайганда ҳам бемалол ҳаракат қилади.

U – симон қувурли қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида иссиқлик таъсирида қувурларнинг узайиши қурилманинг конструкциясига ҳалақит бермайди. Шунинг учун уларнинг конструкцияси содда бўлиб, қувурлар тўплами битта қўзғалмас тўрга ўрнатилади. Бу қурилмаларда қувурларнинг ички юзасини тозалаш қийин ва қувурларни тўрга жойлаштириш жуда мураккабдир.

U – симон қувурли қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг иш муҳити ҳарорати  $-30^{\circ}\text{C}$  дан  $+450^{\circ}\text{C}$  гача ўзгарганда ва босимнинг қиймати  $1,6 \div 6,4$  МПа бўлганда ишлатилади.

Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида юқори иссиқлик бериш коэффициентига эришиш учун иссиқлик ташувчи агентларнинг тезлиги анча катта бўлиши керак: газлар учун  $8 - 30$  м/с, суюқликлар учун энг ками билан  $1,5$  м/с.

Агар иссиқлик алмашиниш иссиқлик ташувчиларнинг фазавий ҳолати ўзгармаганда содир бўлса, қувурлараро бўшлиқдаги иссиқлик бериш коэффициенти иссиқлик ташувчиларнинг жуда кичик қийматларида қувурларда иссиқлик бериш коэффициентидан кичик бўлади. Иссиқлик бериш коэффициентларининг бундай фарқлари газ – суюқликли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида содир бўлиши мумкин. Иссиқлик алмашинишни жадаллаштириш мақсадида иссиқлик бериш коэффициенти паст бўлган иссиқлик ташувчиларнинг тезлиги орттирилади. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг қувурларида ҳаракатланувчи иссиқлик ташувчилар бўйича икки, тўрт ва кўп йўлли қурилмаларга бўлинади. Одатда қурилмада кул ва қурум босишини камайтириш ва уни тозлашни енгиллаштириш мақсадида тутун газлари қувур бўйлаб ўтказилади; буғ ва ҳаво қувурлараро бўшлиққа йўналитирилади. Агар ҳаво чангланган бўлса, у филтёр орқали ўтказилиб олдиндан тозаланади.

Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг иссиқлик ташувчилари учун кириш ва чиқиш штуцерлари, асбобли штуцерлар (масалан манометр, сув ўлчаш шишалари, сатҳни, босимни, сарфни ростловчи ўлчагичлар), технологик штуцер, юқори қисмдан буғ ва ҳавони чиқариб юбориш учун кранлар ва штуцер, тўкиш ва ювиш кранлари бўлиши керак.

Ҳозирги вақтда бўйлама – қовурға қувурли ва кичик қовурғали кўндаланг – уймали қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари яратилган. Ушбу конструкциялар ишчи муҳитларнинг физик хусусиятлари турлича бўлганда ҳам қурилманинг юқори иссиқлик самарадорлигини таъминлайди.

Қоплама қувурли қурилмалар вертикал ва горизонтал бўлиши мумкин. Вертикал қурилмалар кенг тарқалган, шунингдек, кичик жойни эгаллайди ва иш хонасида қулай жойлашади. Монтаж ва ишлатиш осон бўлиши учун улардаги қувурлар узунлиги 5 м дан ошмайди.

Қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмалари қуйидаги афзалликларга эга: ихчам, металл кам сарф қилинади, қувурларнинг ички



қисмини тозалаш осон ( $U$  – симон қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларидан ташқари), иссиқлик алмашиниш юзаси ва унумдорлиги катта. Қоплама қувурли қурилмаларда қувурлар тўрларга развальцовка, пайвандлаш, кавшарлаш ва сальниклар ёрдамида бириктирилади.

Бу қурилмалар камчиликлардан холи эмас: гидравлик қаршилик юқори, тайёрлашда аниқлик зарурлиги, кичик ўтиш кесимларида диаметрларда фарк катталиги, дастада дойлашган қувурлар, параллел каналлар бўйича иссиқлик ташувчилар сарфини нотекис тақсимланишига олиб келади ва қурилманинг иссиқлик қуввати камаяди, иссиқлик ташувчи муҳитларнинг катта тезлик билан ўтказиш қийин, қувурларнинг ташқарисидаги бўшлиқни тозалаш ва тузатиш имкони кам, развальцовка ва пайвандлашга мойил бўлмаган материаллардан иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ясаб бўлмайди.

**Буғ суюқликли иссиқлик алмашиниш қурилмалари.** Буғ суюқликли қурилмаларда одатда буғ қувурлараро бўшлиқда конденсацияланади, суюқлик эса қувур ичидан оқиб ўтади. Ушбу қурилмаларда корпус ва қувур деворлари орасидаги ҳароратлар фарқи анча катта бўлади. Иссиқликдан узайиш фарқларини йўқотиш учун қоплама ва қувурлар орасига линзали, сальникли, сальфонли ва мембранали компенсаторлар ўрнатилади.

Буғ суюқликли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг унумдорлигини ростлаш босимларни ўзгартириш (қиздирувчи буғни дросселлаш), қизиётган иссиқлик ташувчининг сарфини ўзгартириш ва қурилмадаги конденсат сатҳини ўзгартириш ҳамда фаол иссиқлик алмашиниш юзасини камайтириш йўли билан амалга ошириш мумкин. Сўнги ҳолатда конденсат сатҳини ростлаш учун корпусда сув кўрсаткичли шиша ўрнатилиши керак.

**Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмалари.** Ботирилган змеевикли қурилмалар қувурчали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг энг эскирган усули ҳисобланади (3 - расм). Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмалари. Змеевикли (илонизи симон) иссиқлик алмашиниш қурилмаси 15÷75 мм ли қувурлардан тайёрланган спиралсимон змеевиклар суюқлик билан

тўлдирилган идишда ўрнатилади. Ботирилган змеевик қувурлардан газ ёки буғ ҳаракатланади. Цилиндрик қобикли идиш иситилиши зарур бўлган суюқлик билан тўлдирилади. Змеевиклар кўпинча 15...75 мм диаметри қувурлардан ясалади. Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг диаметри идиш ўлчамига кўра 300÷2000 мм га тенг бўлиши мумкин. Цилиндр идишнинг ҳажми катта бўлгани учун, суюқликнинг тезлиги кичик, яъни иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати паст бўлади. Иссиқлик элтгич одатда змеевик ичига юборилади. Бу турдаги қурилмалар кам миқдордаги суюқликларни иситиш учун мўлжалланган.

Суюқлик билан тўлдирилган идишнинг ҳажми катта бўлганлиги ва идиш ичидаги суюқликнинг тезлиги жуда кичик бўлганлиги учун змеевикнинг ташқи девори томонидаги буғ билан суюқлик орасидаги иссиқлик бериш коэффициентини ҳам кичик қийматга эга бўлади. Қурилманинг ҳажмини камайтириш ва суюқликнинг тезлигини ошириш учун унинг ичига станканга ўхшаш идиш туширилади.

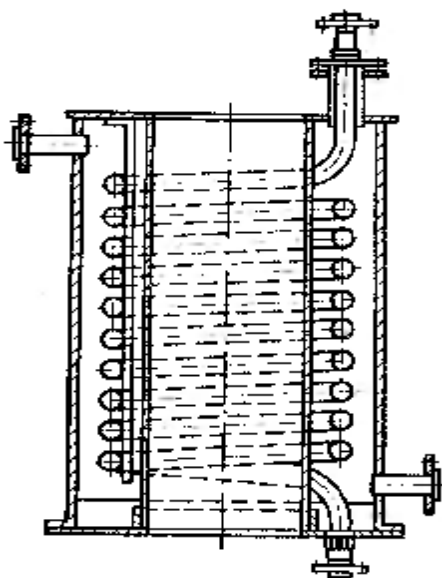
Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг афзалликлари: тузилиши содда, тайёрлаш осон, иссиқлик юзаси ҳолатини кузатиш ва тузатиш енгил, юқори босим (0,2...0,5 МПа) қўллаш мумкин, кимёвий фаол суюқликларни иситиш ҳам мумкин, иситиш юзаси 10...15 м<sup>2</sup>, суюқликнинг ҳажми катта бўлганлиги сабабли режим ўзгаришларига унча сезгир эмас.

Змеевикли қувурларда ҳаракатла-наётган буғ босими 0,2÷0,5 МПа гача бўлганда змеевикнинг узунлигининг қувур диаметрига нисбати 200÷245 бўлиши керак. Агар бу нисбатнинг миқдори катта бўлса, буғ конденсати змеевик қувурларнинг пастки қисмида йиғилиб, иссиқлик алмашиниш тезлиги камаяди ва гидравлик қаршилик ортиб кетади.

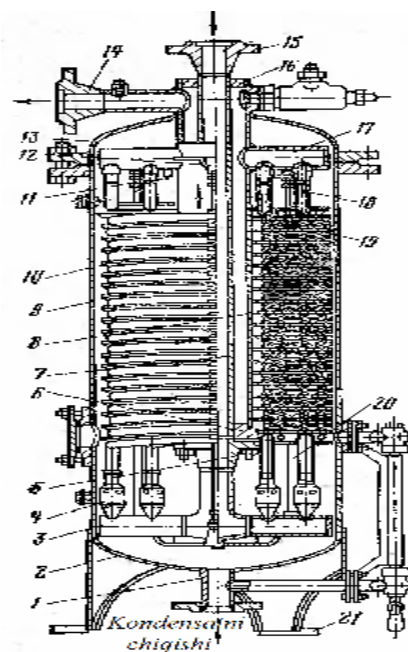
Камчиликлари: ўлчами катта, идишдаги суюқликнинг тезлиги кичик бўлганидан, змеевикнинг ташқарисидаги иссиқлик бериш коэффициенти кичик, қувурларнинг ички юзасини тозалаш қийин, змеевик пастада

конденсат йиғилади, иссиқлик алмашиниш ёмонлашади ва гидравлик қаршилиқ ортиб кетади.

**Винтли иссиқлик алмашиниш қурилмалари.** Энергетикада сувни буғ билан қиздириш учун винтли иссиқлик алмашиниш қурилмалари кенг қўлланилади (4 - расм).



**3 – расм.** Ботирилган змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг конструктив схемаси.



**4 – расм.** Винтли қиздиргич.

1 – конденсатни олиб кетиш учун кичик қувур; 2 – тағ; 3 – қуйи коллекторлар; 4 – нипелли бирикма; 5 – гардиш; 6 – туб; 7 ва 8 – концентрик қувурлар; 9 – корпус; 10 – очиб йиғиладиган винтли қувурлар; 11 – анкерли тяга; 12 – таянчлар; 13 – қоқоқ; 14 – сувни кириши учун кичик қувур; 15 – сувни чиқиши учун кичик қувур; 16 – туб; 17 – юфори коллекторлар; 18 – масофавий қувурлар; 19 – қувурларни ҳалқасимон қисгичи; 20 – масофавий қувурлар; 21 – таянчли лаплар.

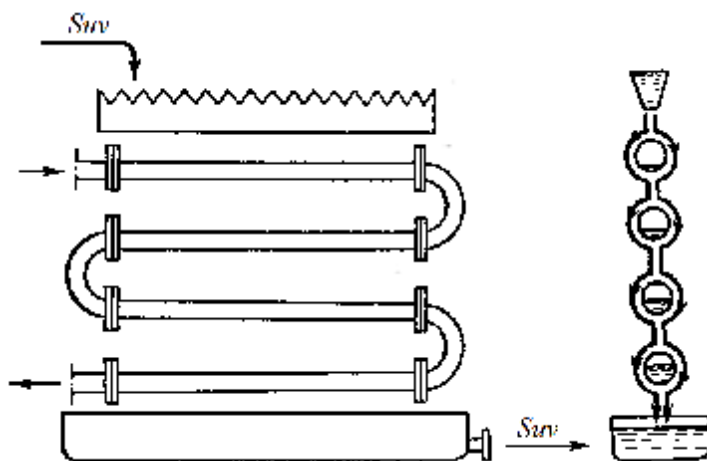
Қизиётган сув бир нечта параллел уланган змеевик бўйича кўтарилади, буғ эса винтли тўсиқлар ёрдамида ҳосил қилинган спирал каналлар бўйича тескари оқимли ҳаракат қилади. Иккали иссиқлик ташувчи ҳам катта тезлик

билан ҳаракатланади, бунинг натижасида иссиқлик алмашиниш жадаллашади.

Қиздирилаётган сув кичик қувур 15 га киритилади, қувур 7 бўйича пастки коллекторлар 3 га тушади ва змеевик орқали юқорига кўтарилади. Сув змеевикдан ўтиб коллекторлар 17 га киради ва 7 ва 8 қувурлар орасидаги кесим бўйича кичик қувур 14 орқали чиқиб кетади. Қиздирувчи буғ қопқок 13 га пайвандланган кичик қувур орқали киритилади (4 – расмда кўрсатилмаган) ва спирал каналлар бўйича юфорида пастга ҳаракатланади.

**Сачратқичли иссиқлик алмашиниш қурилмалари.** Сачратқичли иссиқлик алашиниш қурилмалари горизонтал қувурлар ва текис змеевик шаклидаги бириктирувчи калачдан йиғилади. Бириктирувчи калача махсус каркасларга маҳкамланади (5 - расм). Суғорувчи совуқ сув тарновча ёки тешикчали қувурдан юқори қувурга туширилади, сўнгра барча қувурлар бўйича тагликка (поддон) ёки ванначага (кюветка) қуйилади.

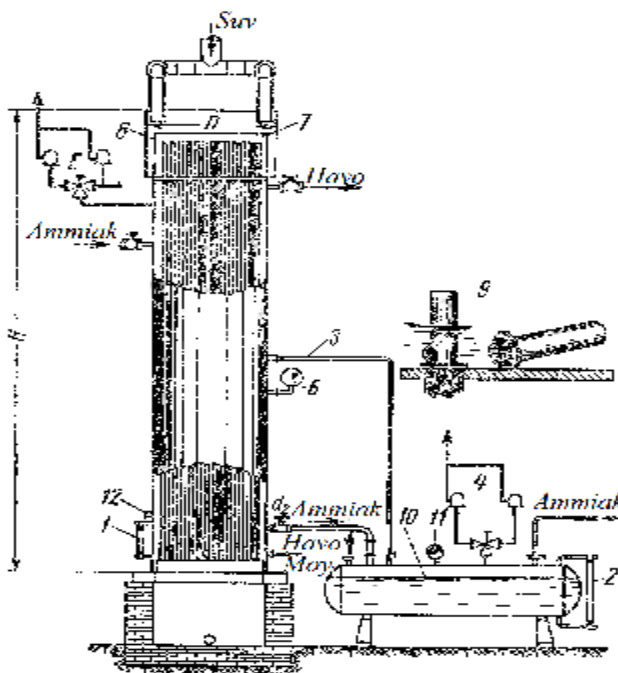
Бироз буғланишни мавжудлиги ҳисобига ундаги совитувчи сув сарфи бошқа турдаги совутгичларникига қораганда доимо кичик бўлади. Сачратқичли иссиқлик алмашиниш қурилмалари совитувчи сув сарфи ўзгаришига жуда сезгирдир, шунингдек, паст қувурни суғорилмаслиги ҳисобига сув буғланади, яъни пастки қувур иссиқлик алмашинишида деярли иштирок этмайди. Сачратқичли иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: қурилма содда, арзон, сув сарфи кам. Камчиликлари: қўпол, сув узатишни тебранишига ўта сезгир ва буғланиш ҳисобига сув йўқолади.



**5 – расм.** Сачратқичли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг конструктив схемаси.

**Горизонтал турдаги сачратқичли конденсаторлар** бир нечта қувурчали змеевиклардан ташкил топган бўлиб, змеевикларнинг ичидан конденсацияланувчи иссиқлик ташувчи оқиб ўтади. Змеевиклар ташқи томондан сув билан суғорилади. Сув пленкасимон ҳолатда змеевикнинг горизонтал қувурлари орқали градирняга узатилади ва градирняда совутилгандан сўнг қайтадан юқорида жойлашган тақсимловчи тешик қувурга юборилади. Бундай конденсаторнинг афзаллиги – оддийлиги, камчилиги эса – қўполдир.

**Юзавий турдаги пленкали конденсаторлар.** Бир қанча саноат қурилмаларида (масалан совутгич) вертикал пленкали конденсаторлар кенг қўлланилади, улардан бири 6 – расмда тасвирланган.



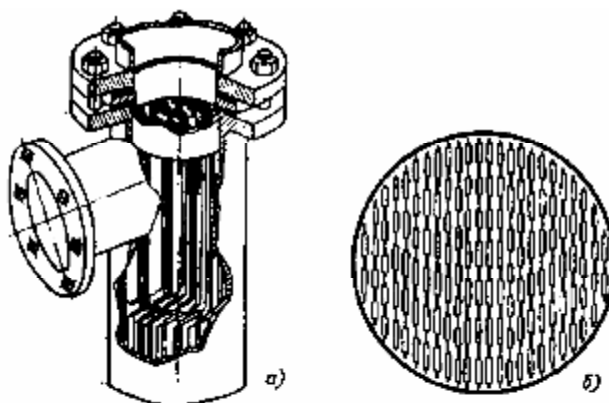
**6 – расм.** Юзавий турдаги вертикал пленкали конденсатор.

1 ва 2 – сууқ аммиак сатҳини кўрсатқич; 3 – тенглаштирувчи қувур; 4 ва 5 – иккита сақловчи клапанли уч йўлли вентил; 6 ва 11 – манометрлар; 7 – сув қабул қилувчи бак; 8 – гардиш; 9 – қувурчали қалпоқча; 10 – ресивер; 12 – ҳаво ажратгичга улаш учун кичик қувур.

Аммиак буғлари қувурлараро бўшлиққа киритилади ва узунлиги 3 -6 м бўлган вертикал қувурларнинг ташқи юзасида конденсацияланади. Совитувчи сув баққа киритилади, таглик юқориги қувурлар панжараси ҳисобланиб, ундан совитувчи сув бир хилда қувурларга киритилади.

Ҳар бир қувурда уюрмалагич ўрнатилган бўлиб, улар қувурнинг ички юзаси бўйича сув пленкасини уюрмали ҳаракатга келтиради. Қувурнинг ичида уюрмалагич сувнинг кичик сарфларида ҳам катта тезлик ҳисобига иссиқлик алмашилини жадаллаштириш мақсадида ўрнатилади.

**Ламелли иссиқлик алмашилини қурилмалари** қоплама қувурли иссиқлик алмашилини қурилмаларига ўхшаш бўлиб, қопламага эга ва унга қувурлар дастаси маҳкамланган, қувурлар дастаси қалинлиги 1,5 – 2 мм ли листларни жуфтлаб пайвандлаш натижасида ҳосил қилинган (9 - расм). Бундай қувурларнинг ички гидравлик диаметри 7 дан 14 мм гача, узунлиги 2 – 6 м, қоплама диаметри 100 дан 1000 мм гача бўлади. Қурилмадаги ишчи босим 4,5 МПа гача етиши мумкин. Кичик босимларда қоплама цилиндрсимон шаклда эмас, балки тўғри бурчакли шаклда бўлади. Ламелли иссиқлик алмашилини қурилмалари суюқлик – суюқлик, газ – газ, буғ – суюқлик иссиқлик ташувчиларда босимнинг 1 – 4,5 МПа оралиқларда қўллаш самаралидир. Ламелли иссиқлик алмашилини қурилмалари блокли шаклда ҳам йиғилиши мумкин.



**9 – расм.** Ламелли иссиқлик алмашилини қурилмалари.

а – ламелли иссиқлик алмашилини қурилмасининг умумий кўриниши; б – ламелларни қурилма қопламасига жойлашиши.

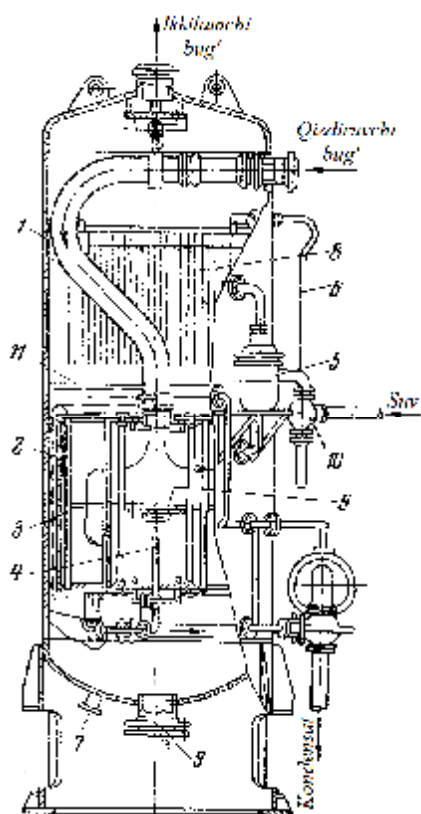
**Буғлатгич ва буғ ҳосил қилгичлар.** Буғлатгич ва буғ ҳосил қилгичлар конденсат йўқолишини камайтириш учун кенг қўлланилади. Улар табиий ва мажбурий циркуляцияли қурилмаларга бўлинади.

Табиий циркуляцияли сув буғлатгичга мисол тариқасида 10 – расмда ИСВ туридаги вертикал қурилма тасвирланган. Ушбу қурилмада табиий циркуляция, қайнатувчи қувурларда ҳосил булувчи буғ сув аралашмасининг зичлиги корпус ва қувурлар тизими орасида мавжуд ҳалқали тирқишдаги сув зичлигидан кичиклиги натижасида юзага келади. Бунда қувурларда буғ сувли аралашманинг кўтарма ҳаракати бошланади, ҳалқали тирқишда эса сувнинг тушиш ҳаракати бошланади. Қувурдан чиқаётган муҳитнинг буғ пуфакчалари буғ ҳажмига ўтиб кетади.

Тажовузкор суюқликларга буғ ва газ билан термик ишлов беришда иссиқлик алмашилиш юзаси фенолформалдигед ёки эпоксид смоласи, полимерланган пластик массалар, шиша пластиклар билан қопланиши керак. Сўнги йилларда тажовузкор муҳитларга термик ишлов бериш ўтказмайдиган графитли элементлар, фенолформалдигед смоласи ва графитпласт АТМ – 1 лардан тайёрланган иссиқлик алмашилиш қурилмаларида амалга оширилмоқда. Ушбу материалларнинг физик – механик хусусиятлари 1 – жадвалда келтирилган.

Қурилмадаги сув сатҳи пўкакли ростлагич ёрдамида таъминланади. Сувни узатиш пеноразмовик қурилма орқали амалга оширалади. Бирламчи буғ қиздирувчи камеранинг қувурлараро бўшлиғига киритилади. Иккиламчи буғдан намликни ажратиб олиш учун буғли бўшлиқнинг юқори қисмига ажратувчи қурилма ўрнатилган. ИСВ туридаги вертикал буғлатгичларда иссиқлик узатиш коэффициенти  $k=3000\div 4000 \text{ Вт/м}^2$  га етади.

Графитнинг иссиқлик ўтказувчанлиги яхши бўлганлиги учун кўмир графитли иссиқлик алмашилиш қурилмалари бошқа нометалл материали иссиқлик алмашилиш қурилмалари билан солиштирилганда анчагина ихчамдир.



**10 – расм.** ИСВ туридаги вертикал буғлатгич.

- 1 – корпус; 2 – қиздирувчи секция; 3 – тўсик;  
 4 – қиздирувчи камерадан ҳавони сўриб олиш учун қувур; 5 – таъминотни пўкакли ростлагич;  
 6 – кимёвий тозаланган сувни узатиш қувури; 7 – бўшатиш учун кўтарувчи кичик қувур; 8 – пеноразмовик қурилма; 9 – туйнук; 10 – конденсат ажратгич; 11 – сув сатҳи.

**1 - жадвал**

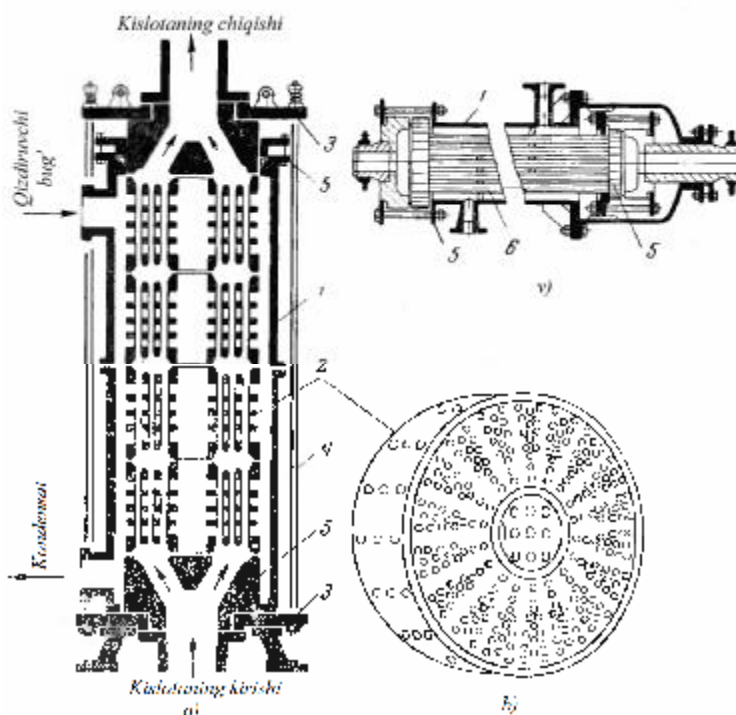
**Пропитанли графит ва графитпласт АТМ – 1 ларнинг физик – механик хусусиятлари**

Кўрсаткичларнинг номланиши	Пропитанли графит	Графит пласт АТМ - 1
Зичлик, $(\text{кг}/\text{м}^3) \cdot 10^{-3}$	1,8 – 1,85	1,80 – 1,85
Сиқишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	70 – 100	70 – 100
Иссиқбардош, $^{\circ}\text{C}$	170	130
Иссиқлик ўтказувчанлик, $\text{Вт}/(\text{с} \cdot ^{\circ}\text{C})$	93 – 116,3	35 – 40
Сув ютилиши, $\text{г}/\text{дм}^3$	0,07 – 0,15	0,01 – 0,1

Кўмир графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг конструкциялари турли хил бўлиши мумкин. Улар қоплама қувурли қилиб тайёрланиши мумкин, аммо уларнинг қопламаси пўлатдан, қувурлар дастаси, қопқоғи ва қувурлари кўмир графитдан тайёрланади (11, в - расм), агар қиздирувчи



иссиқлик ташувчи тажовузкор бўлмаса, шунингдек қурилманинг барча қисмлари углеграфитлардан иборат бўлса, масалан пластиналар, унда пластинанинг бир томонидан бир иссиқлик ташувчи, иккинчи томонидан иккинчи иссиқлик ташувчи ҳаракатланади. Одатда цилинрик ва тўғри бурчакли блоклардан тайёрланган углеграфитли иссиқлик алмашиниш қурилмалари қўлланилади.



**11 – расм.** Айлана графитли блокли, қоплама блокли иссиқлик алмашиниш қурилмаси ва қувури, қопқоғи графитли ва корпуси металл иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

а – қоплама блокли иссиқлик алмашиниш қурилмаси; б – графитли блок; в – қувурчали иссиқлик алмашиниш қурилмаси; 1 – металл қоплама; 2 – графитли блок; 3 – металл фланецлар; 4 – анкерли бирикма; 5 – графитдан тайёрланган қопқоқ; 6 – графитли қувур.

11, а – расмда графитли қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг принцинал конструкцияси келтирилган. Ушбу қурилма кислотани  $3 \cdot 10^5$  Па босимли тўйинган сув буғи билан қиздириш ёки буғлатиш учун мўлжалланган. У тўртта цилинрик блокка эга, уларнинг ҳар бирида кичик айлана тешикчалар мавжуд, майда айлана тешикчалар катта

катта вертикал тешик билан бириктирилган. Блокнинг ўзи ҳам кўп сонли кичик вертикал тешиклардан иборат. Қиздирувчи буғ металл қопламага киритилади ва кичик горизонтал тешикчаларда конденсацияланади. Конденсат блоклар ҳосил қилган катта вертикал қувур бўйича оқиб ўтади. Тажовузкор муҳит (кислота) кичик вертикал қувурлар ўтади ва қизийди. Графитдан тайёрланган иссиқлик алмашиниш қурилмасининг қопқоғи кислота билан тўқнашади.

### **Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмалари.**

Текис қувурли қувурчали қурилмаларда газлар ўртасидаги иссиқлик алмашинишни ташкил этиш учун иссиқлик узатиш коэффициентини кичиклиши ва солиштира киздириш юзасининг коэффициенти кичиклиги билан тавсифланади. Ҳозирда листли материаллардан тайёрланган иссиқлик алмашиниш қурилмалари (айниқса пластина ва спиралсимон қурилмалар) кенг қўлланилмоқда. Бундай қурилмалар қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларига нисбатан қатор афзалликларга эга. Иссиқлик чиқариш шароитида кенг қатордаги типавий ўлчамли қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмаларини тайёрлаш технологияси жиҳатидан анча қийин, чунки бундай қурилмаларда унификация коэффициенти (бир ўлчам қаторига эга бўлган тугун ва деталларнинг сонини қурилмадаги ҳамма тугун ва деталлар сонига нисбати) 0,3 га тенг. Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг унификация коэффициенти 0,9 га тенг.

Пластинали ва спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаларини тайёрлаш учун қоплама қувурли қурилмаларга нисбатан бирмунча кам металл талаб қилинади. Бундай қурилмаларни тозалаш ҳам осон. Ана шу муҳим сабабларга кўра листли материалдан тайёрланган ва умумий мақсадлар учун мўлжалланган иссиқлик алмашиниш қурилмалари истиқболли ва самарали ҳисобланади.

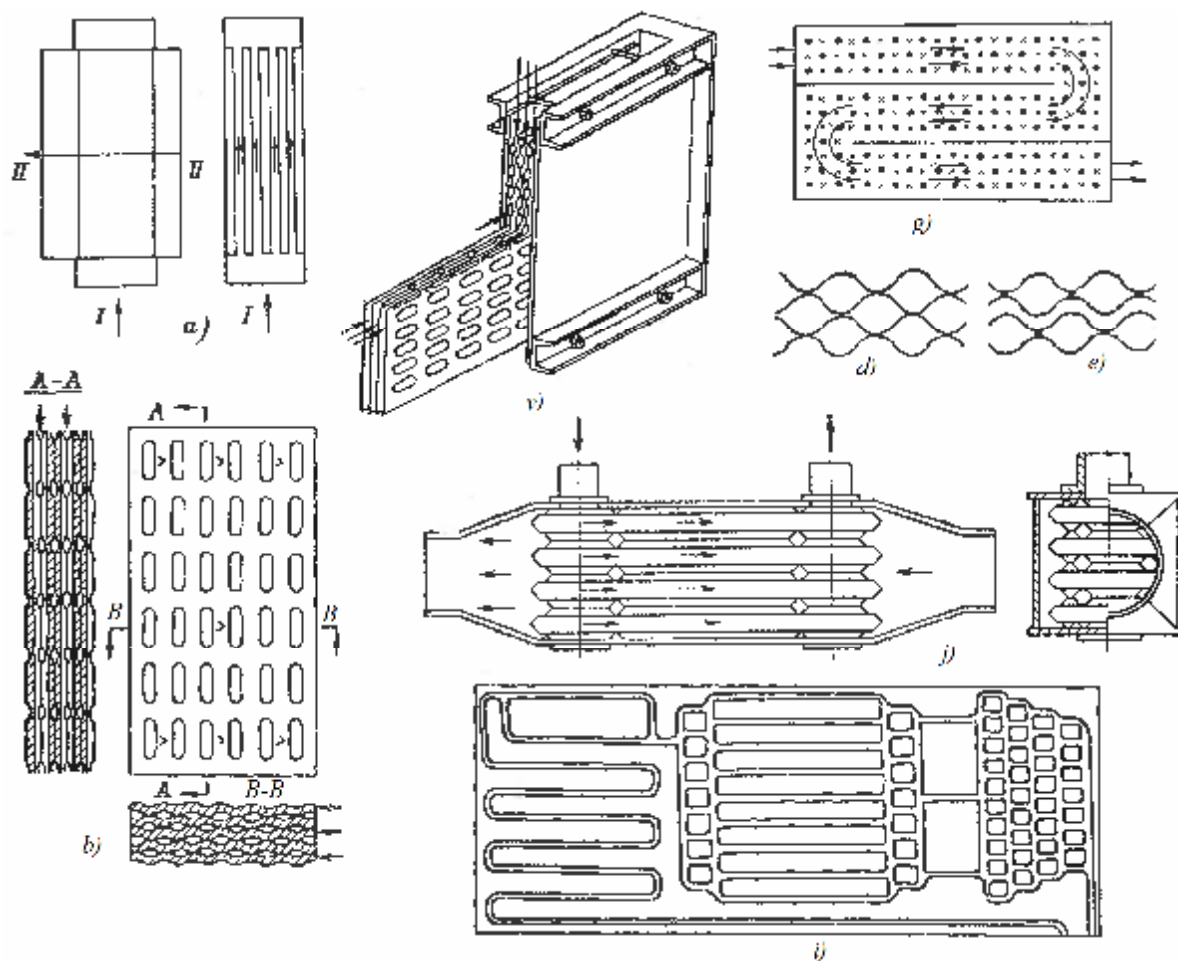
**Текис пластиналар иссиқлик алмашиниш қурилмалари** юпқа металл листлардан кўп қатламли пакетлар шаклида тайёрланади (12, а - расм).

Бундай иссиқлик алмашиниш қурилмалари жуда ихчам, уларнинг солиштирма юзаси  $200 - 300 \text{ м}^3/\text{м}^3$  га етади. Аммо пластиналарнинг зичлиги кичик ва шунинг учун улар фақатгина кичик босимларда қўлланилади, уларда иссиқлик ташувчиларни аралашиб кетишини олдини олиш учун етарлича герметикликни сақлаш қийин. Текис пластина иссиқлик алмашиниш қурилмалари ўтхона газлари билан ҳавони қиздириш учун қўлланилади.

Штампланган пластиналар иссиқлик алмашиниш қурилмалари (12, б - расм) штампланган листлардан гофрлаш усули ёрдамида тайёрланади. Улар иссиқлик ташувчиларнинг босими 15 ат ва ундан юқори босимларда ишлатилади. Ушбу қурилмалар конструктив жиҳатдан уч турга бўлинади: йиғилувчан, ярим йиғилувчан ва йиғилмайдиган пайвандланган [1]. 12, в – расмда қалинлиги 1 – 1,5 мм бўлган листи зангламайдиган пўлатдан тайёрланган пластиналар ҳаво қиздиргич тасвирланган.

С.С. Берман томонидан таклиф этилган қурилмаларнинг конструкцияларини кўриб чиқамиз [2]. Турбулентлик юқори бўлганда иссиқлик алмашиниш юзаси металл пластиналардан тайёрланади, металл пластиналарга ташқи кўриниши сфероид бўлган бўртиқлар ва чуқурчалар шахмат тартибида штампланади (12, г - расм). Расмда бўртиқлар нуқта билан чуқурлар эса крестлар билан ифодаланган. Нуқтали пайвандлагич ёрдамида бириктирилган иккита шундай пластина алоҳида элементларни ташкил этади (12, д, е - расм). Тирқишни пайвандлагич ёрдамида иккита пластина жуфтлаб пайвандланади.

Иссиқлик ташувчилари нафақат газ ва суюқликдан ташқари суюқ металлларда ишловчи қурилмалар учун пластиналар конструкцияли қурилма 12, ж – расмда тасвирланган. Алоҳида штампланган листлар жуфтлаб пайвандланади, сўнгра секцияга бириктирилади. Бунда иссиқлик ташувчиларнинг ҳаракати – тескари оқимли [2].



**12 – расм.** Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг  
принципиал конструкциялари.

а – текис пластинали; б, в, ж – штампланган пластинали; г, д, е – сфероид  
шаклидаги бўртиқ ва чуқур; и – прокатли – пайвандланган иссиқлик  
алмашиниш қурилмаси.

**Прокатли – пайвандланган иссиқлик алмашиниш қурилмаси 12, и –**  
расмда тасвирланган. Иссиқлик ташувчилардан бири оқиб ўтиши учун  
каналлар тизими иккита металл листлар орасида ҳосил қилинади, иккита  
лист бир – бири билан совуқ ёки иссиқ прокатка жараёнида пайвандланади.

Қалинлиги 3 мм бўлган дастлабки алюминий листлар нуқтали  
пайвандлагич ёрдамида пакетларга пайвандланади, сўнгра  $25 - 40 \text{ кГ/см}^2$   
босим остида совуқ билан прокатланади, бунда пакет 3 – 4 марта узаяди.  
Юмшатишдан сўнг прокатланган пакет 40 – 100 ат босим остида сув билан  
ювилади, бунда каналнинг бир учи маҳкамланади. Гидравлик синашдан сўнг

16 ат босимда канални ювиш ва қуритиш учун каналнинг маҳкамланган учи очилади.

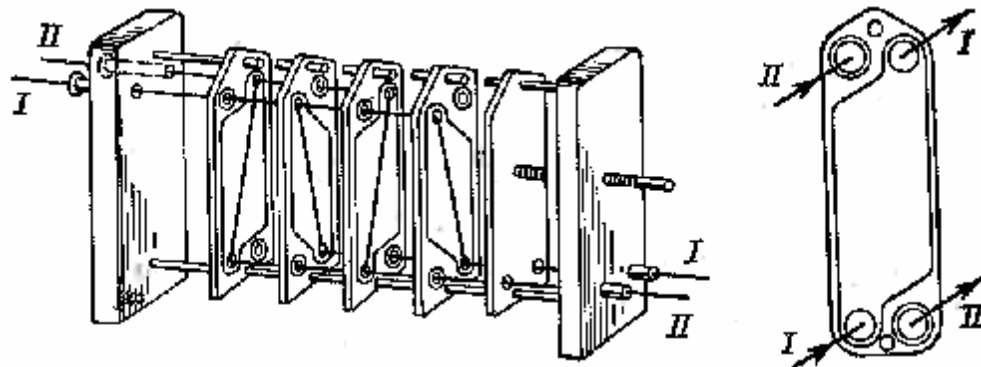
Прокатли – пайвандланган иссиқлик алмашиниш қурилмалари маиший совутгичларга буғлатгичларни тайёрлаш ва бошқа мақсадлар учун тайёрлашда қўлланилади. Улар бошқа юзавий иссиқлик алмашиниш қурилмаларига караганда арзон, содда ва осон тайёрланади. Мис ва зангламайдиган пўлатларни алюминга алмаштириш ушбу қурилмаларни янада истиқболли эканини билдиради.

**Гофрланган пластиналар иссиқлик алмашиниш қурилмалари** пластиналар орасидаги масофаси 6 – 8 мм қилиб тайёрланади (12, б, в - расм). Бундай иссиқлик алмашиниш қурилмалари техник – иқтисоди бўйича, ҳамда ишлатилиш кўрсаткичлари бўйича энг яхши қувурчали иссиқлик алмашиниш қурилмаларига караганда жуда ихчам. Аммо уларни юқори ҳарорат ва босимлар соҳасида ишлатиб бўлмайди.

**Пакетли йиғилувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари** ишлатишда қулай, тозалаш осон, ушбу қурилмалар оралиқ қистирмаси мавжуд юпқа гофрланган пластиналардан тайёрланади (13 - расм). Қистирмалар пластиналарни герметик бирикишини таъминлайди. Пластиналар учта қистирма билан герметикланади. Катта тешикчаланган қистирма биринчи иссиқлик ташувчи ҳаракатланувчи муҳитни чегаралайди; иккита кичик қистирмалар тешикларни герметиклайди, ушбу тешиклар орқали иккинчи иссиқлик ташувчи оқиб ўтади. Пластиналар орасидаги кичик тирқиш юқори ҳаракат тезлигини ва кичик гидравлик қаршиликли юқори иссиқлик узатиш коэффициентини ( $4000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ) таъминлайди.

Қовурға пластиналар иссиқлик алмашиниш қурилмалари, иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг ташқи ўлчамини ва массасини камайтириш мақсадида тайёрланади, бундай қурилмалар транспортларнинг газ турбина қурилмаларида қўлланилади. Ушбу қурилмалар конструкцияси бўйича ихчам ва юқори самарадор. Бундай қурилмаларни конструктив ифодалашни

эскизлар бўйича амалга ошириш мумкин. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг деярли ҳаммаси алюминий ёки мисдан тайёрланади. Ихчам пластиналар иссиқлик алмашиниш қурилмаларида иссиқлик ташувчиларнинг ишчи босими 2 МПа га етиши мумкин.



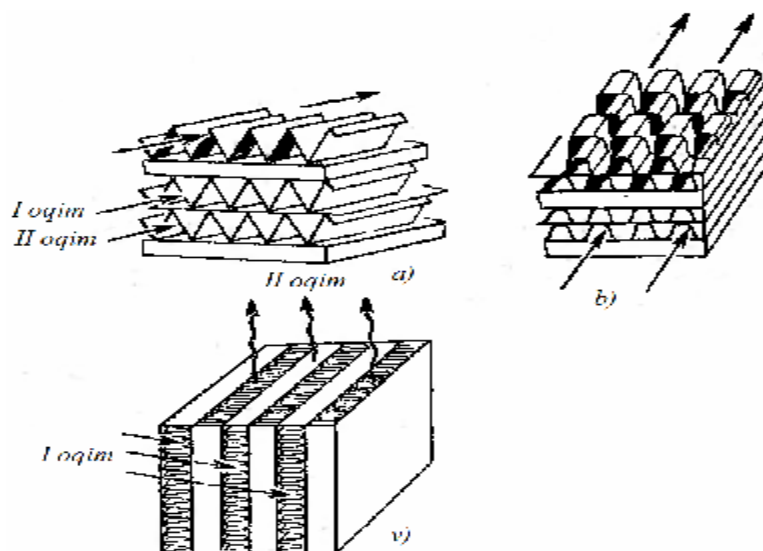
**13 – расм.** Пакетли йиғилувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Сўнгги йилларда кимё саноати эҳтиёжи учун листли, блокли ва бошқа пресланган пластиналар материаллардан қурилмалар тайёрланмоқда. Термореактив листлардан, масалан фаолитдан тайёрланган маҳсулот шаклга келтирилади, сўнгра 100 – 160<sup>0</sup>С да термик ишлов бериб тобланади [3].

Иссиқлик алмашиниш қурилмалари учун нометалл материал сифатида фторопласт – 4 кенг қўлланилади. Улардан тайёрланган қувурлар ҳарорат -20 дан +200<sup>0</sup>С гача ва босим 1,5 МПа гача бўлганда концентранган кислота, ишқор ва тузлар учун қўлланилади. Суюқликлар фторопласт – 4 билан намланмайди, бунда қувур юзасида занг ва чўкмалар ҳосил бўлмайди ва иссиқлик алмашинишнинг барқарорлиги таъминланади. Бундай қурилмалар бартибли ва ихчам металл иссиқлик алмашиниш қурилмаларига қараганда 5–10 марта енгил.

Пластиналар иссиқлик алмашиниш қурилмалари йиғилувчан ва йиғилмайдиган қилиб тайёрланади. Йиғилувчи қурилмаларда каналларнинг герметиклиги синтетик каучуклардан тайёрланган қистирмалар ёрдамида таъминланади. Уларни ишчи юзаларни иккала томонини ҳам тозалаш зарур бўлган ҳолларда қўллаш мақсадга мувофиқдир. Уларни ишчи ҳарорати -20 дан +150<sup>0</sup>С гача ва босими 2-2,5 МПа гача. Йиғилмайдиган пластиналар

иссиқлик алмашиниш қурилмалари пайвандлаб тайёрланади. Улар  $400^{\circ}\text{C}$  ҳароратгача ва 3 МПа босимгача ишлаши мумкин. Жуфтлаб пайвандланган пластиналардан ярим йиғилувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари тайёрланади. Бундай турдаги қурилмаларга блоклардан йиғилган блокли қурилмалар киради.



**14 – расм.** Ихчам иссиқлик алмашиниш қурилмалари.

а – каналларнинг учбурчакли кесими; б – каналларнинг трапецияли кесими; в – синусоидал каналли блок.

Саноат миқёсида ишлаб чиқарилаётган пластиналар иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг иссиқлик алмашиниш юзаси пластиналарнинг типавий ўлчамига кўра 2 дан 600  $\text{m}^2$  гача етади; бундай қурилмаларни босимнинг қиймати 1,6 МПа гача ва иш муҳитининг ҳарорати – 30 дан  $+ 180^{\circ}\text{C}$  гача ўзгарганда ишлатилади. Пластиналар қурилмалар суюқлик ва буғ (газ) ўртасидаги иссиқлик алмашинишни ташкил этишда совитгичлар, иситигичлар ва конденсаторлар сифатида фойдаланилади.

Пластиналар иссиқлик алмашиниш қурилмалари қалинлиги 1 мм бўлган металл листдан тайёрланади. Пластиналар қат-қат бурмаларнинг кўндаланг кесими одатда баландлиги 4-7 мм ва асоси 14-30 мм бўлган тенг томонли учбурчак кўринишига эга. Бурамалар горизонтал «арчасимон», горизонтга бурчак билан ва бошқа кўринишларда тайёрланади.

Пластиналарнинг материали – рухланган ёки емиришга чидамли пўлат, титан, алюминий, мельхиор. Қурилманинг таянчлари ва сиқувчи плиталари калинлиги 8-12 мм ли углеродли пўлатдан тайёрланади.

Юзаси 0,2-1,3 м<sup>2</sup> ли пластиналардан тайёрланган қурилмалар ( $F=3\div 600$  м<sup>2</sup>) қуйидаги режимларда ишлаши мумкин: босимнинг қиймати 0,6÷1,0 МПа, муҳит ҳароратининг ўзгариши -30<sup>0</sup>С дан +180<sup>0</sup>С гача.

Пластинали иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг афзалликлари: ихчам, гидравлик қаршиликлари кичик, шунинг учун иккала муҳитнинг ҳаракат тезлигини ошириш мумкин, бу эса иссиқлик узатиш коэффициентининг ўсишига олиб келади.

Камчиликлари: катта босимларга бардош бера олмайди, қиздиргичлар орасида қистирмаларнинг сони кўп бўлгани сабабли тегишли зичликни ҳосил қилиш қийин.

### **Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмалари.**

Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмалари (15 – расм) анча катта калинликдаги текис металл листлардан тайёрланади. Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмалари тўғри тўртбурчакли кесимга эга бўлган иккита каналдан иборат. Каналлар юпқа металл пластиналардан тузилган бўлиб, улар иссиқлик алмашилиш юзаси вазифасини бажаради. Спиралларнинг ички томонидаги учлари ажратувчи тўсиқ орқали бириктирилган. Каналлар тизими қопқоқ ёрдамида беркитилган.

Бу қурилмаларда иссиқлик алмашилиш юзаси иккита юпқа металл лист спирал билан ўраш натижасида ҳосил бўлади. Спиралнинг ички учларини пластина тўсиқ ёрдамида бирлаштирилган.

Каналлар ён томони қистирма ва текис қопқоқ ёрдамида зичлаб ёпилган. Натижада бир – биридан ажраб турувчи каналлар ҳосил бўлади ва уларда карама – қарши йўналишда суюқликлар ҳаракатлантирилади. Каналларнинг эни металл лист эни билан белгиланади. Баландлиги эса ораликни



белгиловчи бўлакчанинг ўлчами билан аниқланади. Текис қопқоқлар фланецга болтлар ёрдамида маҳкамланади.

Иссиқлик ташувчилар кириши ва чиқиши учун текис қопқоқларнинг марказида ва спиралнинг ташқи учларида штуцерлар ўрнатилади.

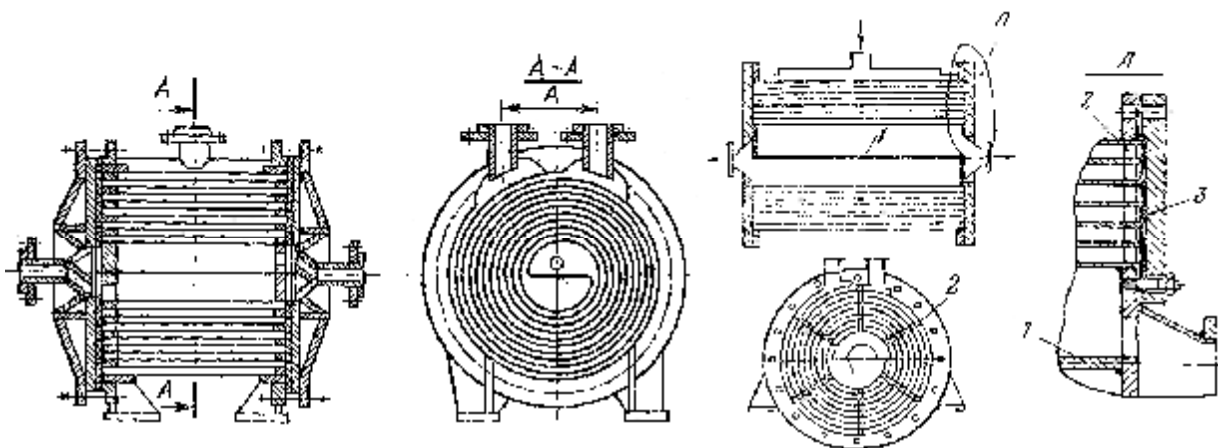
Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмасини конструктив ҳисоблаш [4] да келтирилган. Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмаси корпусининг стандарт элементлари 15 ва 30 м<sup>2</sup> иссиқлик алмашилиш юзасига эга. Баъзида корпусларни бирлаштириш йўли билан секцияли спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмалари (СИАҚ) ёки блокли спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмаси (БИАҚ) ҳосил қилинади.

15 – расмда тасвирланган спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмаси 3 – 7 мм ли иккита лист (қурилмадаги ишчи босимга боғлиқ ҳолда) махсус дастгоҳда спирал шаклида ўралади. Натижада иккита канал ҳосил бўлади ва уларнинг ҳар бири қурилма марказида ярим цилиндрсимон қисмга эга бўлади ва спиралли қисм ташқи қутига бориб тугайди. Ҳар бир марказий ярим цилиндр ва ҳар бир қути иссиқлик ташувчиларни кириши ва чиқиш учун зарур бўлган штуцерга эга. Спираллар шундай ясаладикки, листларнинг четлари бир текисликда ётади. Кейин улар дисклар орасига жойлаштирилади ва болтлар ёрдамида маҳкамланади. Яхши герметиклаш учун ва иссиқлик ташувчиларни қопқоқ ва листлар орасидан оқиб чиқишини бартараф этиш учун иссиқлик алмашилиш қурилмасининг бутун кесими бўйича резинали, паранитли ёки юмшоқ металл қистирма жойлаштирилади. Бундай конструкция қиздириш юзасини тозалаш имконини беради. Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмалари горизонтал ёки вертикал турда бўлиши мумкин.

Чет эл фирмалари ўрамли материаллардан (углеродли ва легирланган пўлатлар, никел, титан, алюминий, уларнинг қотишмалари ва ҳоказо) кенглиги 0,1 дан 1,8 м гача, қалинлиги 2 дан 8 мм гача, листлар орасидаги

масофа 5 дан 22 мм гача бўлган махсус иссиқлик алмашилиш қурилмаларини тайёрламоқда.

Бу қурилма суяқликлар ва газлар орасида иссиқлик алмашилиш учун ишлатилади. Агар, иссиқлик ташувчи таркибида каттиқ заррачалар бўлган тақдирда ҳам ушбу қурилмалардан фойдаланиш мумкин, чунки тўғри тўртбурчак шаклидаги каналга тиқилиб қолмайди.



**15 – расм.** Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмасининг принципиал конструкциялари.

1 – ажратувчи тўсик; 2 – масофавий металл ўзак; 3 – қистирмалар.

Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмалари кенглиги 0,2 дан 1,5 м гача ва қиздириш юзаси 3,2 дан 100 м<sup>2</sup> гача бўлган ўрамли пўлатлардан тайёрланади. Листлар орасидаги масофа 8 дан 12 мм гача, деворнинг қалинлиги босим 0,3 МПа гача бўлганда 2 мм, 0,6 МПа гача бўлганда 3 мм ни ташкил этади.

Саноатда иситиш юзаси 10-100 м<sup>2</sup> ли спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмалари ишлаб чиқарилади, булар иш муҳитнинг ҳарорати 20-200<sup>0</sup>С бўлганда вакуум билан ҳам, 1 МПа гача босим билан ҳам ишлаши мумкин. Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмасидан суяқлик-суяқлик, газ-суяқлик ўртасида иссиқлики алмашилишни ташкил этишда ҳамда буғлар ва буғ-газли аралашмаларни конденсациялаш мақсадида фойдаланиш мумкин.

Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмаларидан суяқлик ва газларни иситиш ёки совитиш учун фойдаланилади. Бундай иссиқлик алмашилиш

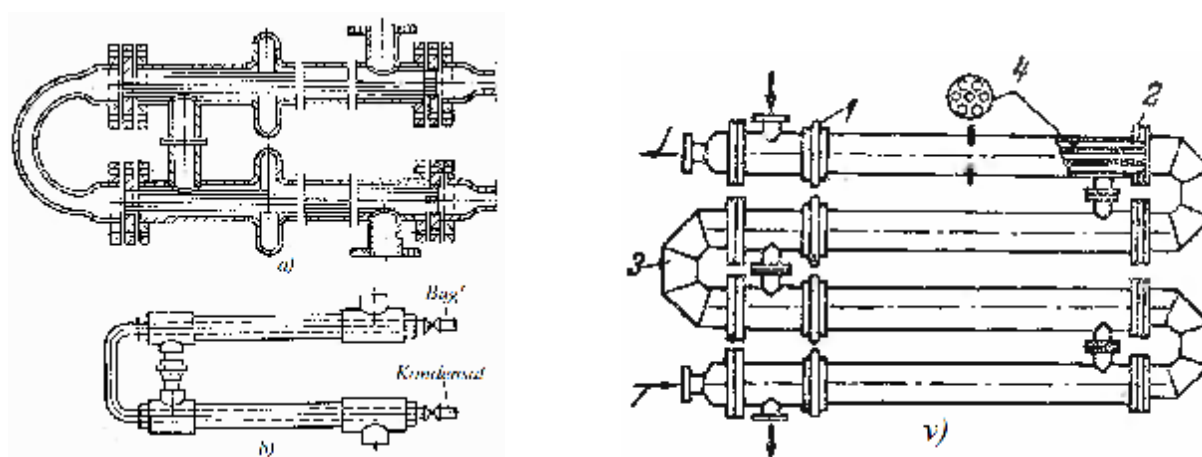
қурилмаларининг иш режими қуйидагича бўлади: ҳароратнинг ўзгариши -  $20^{\circ}\text{C}$  дан  $+200^{\circ}\text{C}$  гача, ортиқча босимнинг қиймати 1 МПа гача.

Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: тузилиши ихчам, иккала иссиқлик ташувчи муҳитларни катта тезлик билан ўтказиш мумкинлиги сабабли иссиқлик узатиш коэффиценти юқори, спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси оддий қоплама қувурли иссиқлик алмашиниш қурилмасига караганда 2 марта ихчам ва оғирлиги нисбатан кичик; гидравлик қаршилик кичик бўлганда ҳам юқори иссиқлик узатиш коэффицентига эришиш мумкин.

Камчиликлари: тайёрлаш ва тузатиш мураккаб, 0,6 МПа дан ортиқча босимда ишлаш мумкин эмас.

## 1.2. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини конструкцияси ва ишлаш принципи.

Секцияли иссиқлик алмашиниш қурилмалари турли тумандир. Улар бир нечта кетма – кет уланган секциялардан ташкил топган. Ҳар бир секция кичик қувурли қувурлардан иборат бўлиб, улар катта диаметрли қопламага жойлаштирилган. 16 – расмда иссиқлик тармоғида ўрнатилган секцияли иссиқлик алмашиниш қурилмаси келтирилган.



16 – расм. Секцияли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

а ва в – иссиқлик тармоғидаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси; б – қувур ва фитинглардан тайёрланган “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик

алмашиниш қурилмаси, 1 – линзали компенсатор; 2 – йиғилувчи қувурли панжара; 3 – тирсак (калач); 4 - қувурлар.

Унумдорлик кичик бўлганда секцияли иссиқлик алмашиниш қурилмасига кирувчи “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

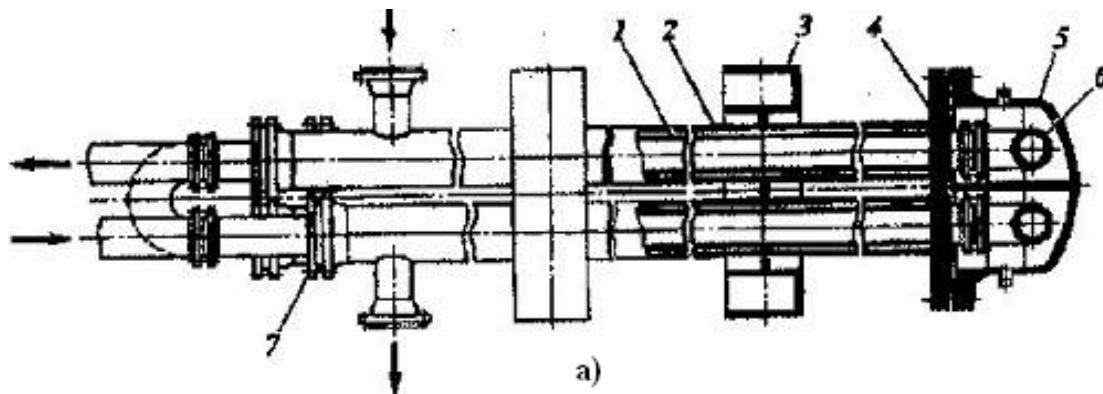
«Қувур ичида қувур» турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси кам миқдордаги иссиқлик ташувчилар таъсиридаги суюқ ва газсимон муҳитни иситиш ва совутиш мақсадида қўлланилади. Бу турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси бир нечта элементдан ташкил топган бўлади. Ҳар бир элемент катта диаметрли қувур (одатда 57...159 мм) ва концентрик жойлаштирилган ички қувур (одатда 25...159 мм) лардан ташкил топган. Ички қувурдан иссиқ иссиқлик ташувчи ҳаракатланса, қувурлараро бўшлиқдан эса совуқ иссиқлик ташувчи ҳаракатланади. Иссиқлик алмашиниш ички қувурнинг девори орқали амалга ошади.

«Қувур ичида қувур» турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси ажралувчан ва ажралмас ҳолида бир ва кўп оқимли қилиб тайёрланиши мумкин. Ажралувчан конструкцияли “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмаларида, ҳарорат ортиши билан ташқи қувурларга боғлиқ бўлмаган ҳолда, ички қувурлар узайиши мумкин (17 а, б-расм). Қурилманинг конструкцияси иссиқлик алмашиниш қувурларининг ички юзасини ифлослик ва қуйқалар мунтазам равишда механик тозалаб туриш имконини беради. Унлан ташқари, бу қурилмаларда қувурларни алмаштириш жараёнини амалга ошириш учун уларни ечиб олиш осон ва ташқи юзасини тозалаш мумкин.

Кўп оқимли иссиқлик қурилмаларидаги (17 б-расм) тақсимлаш камераси 1 оқимларни қувур 6 ларга бўлиб беради. Қувур-қобиқ 4 ва қувур 2 ларнинг тешикли панжараси орасида тақсимлаш камераси 3 жойлашган. Ушбу камера қувурлараро бўшлиқда ҳаракатланаётган муҳит учун

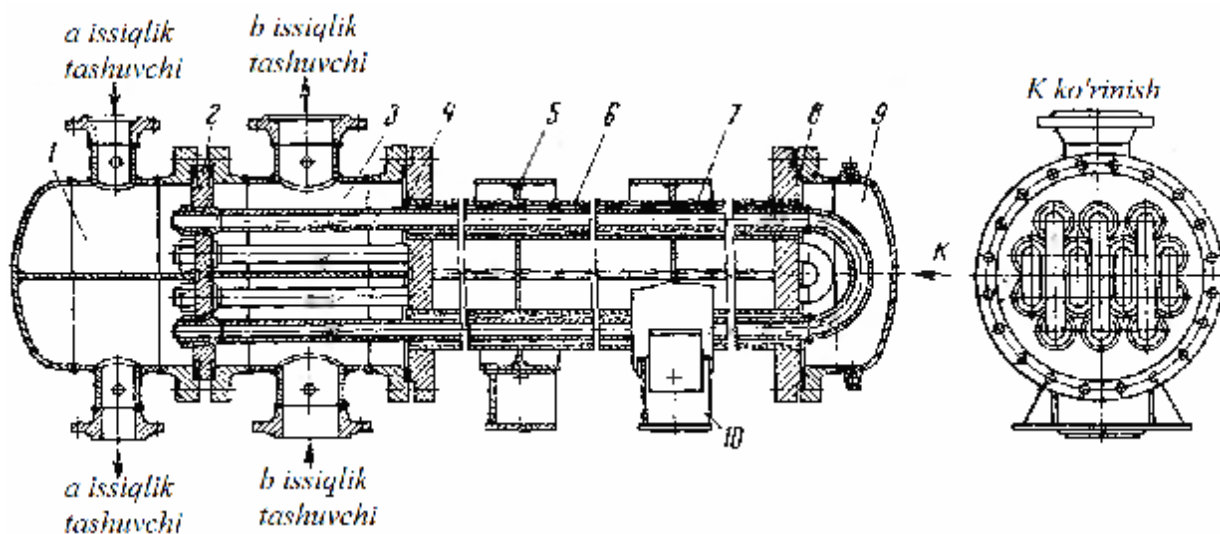
мўлжалланган. Кўп оқимли қурилмаларнинг ички ва ташқи қувурлари иккита йўлли бўлади.

Бу турдаги қурилмларда оқимларнинг ҳаракаттезлиги қоплама қувурли қурилмаларниқига қараганда анча юқори.



**17 а – расм.** Ажралувчан бир оқимли “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1-иссиқлик алмашинуви қурилмаси; 2-қувур-қоплама; 3-таянч; 4-қоплама қувурнинг тешикли панжараси; 5-бурилиш камераси; 6-қўшалок қувур



**17 б – расм.** Ажралувчан кўп оқимли “қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1 ва 3 – биринчи ва иккинчи тақсимловчи камера; 2 – иссиқлик алмашиниш қувурининг панжараси; 4 – қоплама қувурлар панжараси; 5 – таянчли гардиш; 6 – қопламали қувур; 7 – иссиқлик алмашиниш қувури; 8 – қистирма; 9 – орқа камера; 10 – таянч.

Шу сабабли иссиқлик узатиш коэффициентлари ва қувур юзасининг иссиқлик кучланиши катта бўлади. Ундан ташқари, иссиқлик алмашинувчи муҳитларни қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилишини ташкил этиш осон.

Бир ва кўп оқимли қурилмаларнинг қувурларида иссиқлик ташувчилар таркибидаги агрессив ва механик ифлосликлар камроқ ўтириб қолади. Кўпчилик ҳолларда, “қувур ичида қувур” қурилмаларининг иссиқлик кўрсаткичлари қоплама қувурвли қурилмаларникига қараганда анча юқори бўлади.

Ички қувурнинг ва қувурлараро бўшлиқнинг кўндаланг кесимлари кичик бўлганлиги сабабли кичик сарфларда ҳам иссиқлик ташувчи агентларни катта тезликлар билан ўтказиш мумкин. Шунинг учун бу иссиқлик алмашилиш қурилмасида юқори кўрсаткичли иссиқлик ўтказиш коэффициенти эришиш мумкин ва қурилманинг масса бирлигига тўғри келадиган иссиқлик миқдори қоплама қувурли қурилмаларга нисбатан юқори бўлади. Бундан ташқари, иссиқлик ташувчи агентнинг тезлиги катта бўлганлиги учун қувурларнинг юзасида ҳар хил ифлосликлар ҳосил бўлмайди.

Ушбу қурилмаларнинг қувур ва қувурлараро бўшлиғида юқори тезликларга (3,0 м/с гача) эришса бўлади. Агар, катта юзалар зарур бўлса, бир неча секциялардан батарея ҳосил қилиш осон ва мумкин. Бу турдаги қурилмаларда суюқликлар сарфи катта ва «суюқлик - суюқлик», «суюқлик - буғ» тизимларида иссиқлик алмашилиш учун қўлланилади.

Ушбу қурилмаларда ишчи муҳитнинг ҳарорати  $-40$  дан  $+450^{\circ}\text{C}$  гача, босим 2,5 – 9,0 МПа шача бўлади.

«Қувур ичида қувур» турдаги иссиқлик алмашилиш қурилмаси қуйидаги афзалликларга эга: юқори босимда ва иссиқлик ташувчи муҳитларнинг сарфи кам бўлганда ҳам ишлайди. Бундан ташқари, суюқликларнинг тезлиги катта бўлгани учун иссиқлик узатиш

коэффициентининг қиймати катта ва бу қурилмаларини тайёрлаш осон, гидравлик қаршилиги кам.

Камчиликлари: ўлчамлари катта, қувурлар ўртасидаги бўшлиқни тозалаш қийин ва иссиқлик алмашилишида қатнашмайдиган ташқи қувурларга кўп металл сарф бўлгани учун қурилма бирмунча қимматга тушади, шунингдек, ушбу қурилмалар бир йўлли қурилмалар билан солиштирилганда суюқлик йўли анча узун, бу катта гидравлик қаршилиқни ташкил этади ва насосни ишлаши учун зарур бўлган электр энергия сарфини оширади.

### **1.3. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини ҳисоблаш тартиби.**

Қурилмаларнинг иссиқлик ҳисобидан асосий мақсад, зарур иссиқлик алмашилиш юзаси  $F$  ни топишдир.  $F$  ни аниқлаш учун иссиқлик ташувчи агентларнинг сарфи, уларнинг дастлабки ва охириги ҳароратлари берилган бўлади.

Бундай иссиқлик ҳисоби натижасида қуйидагилар аниқланади:

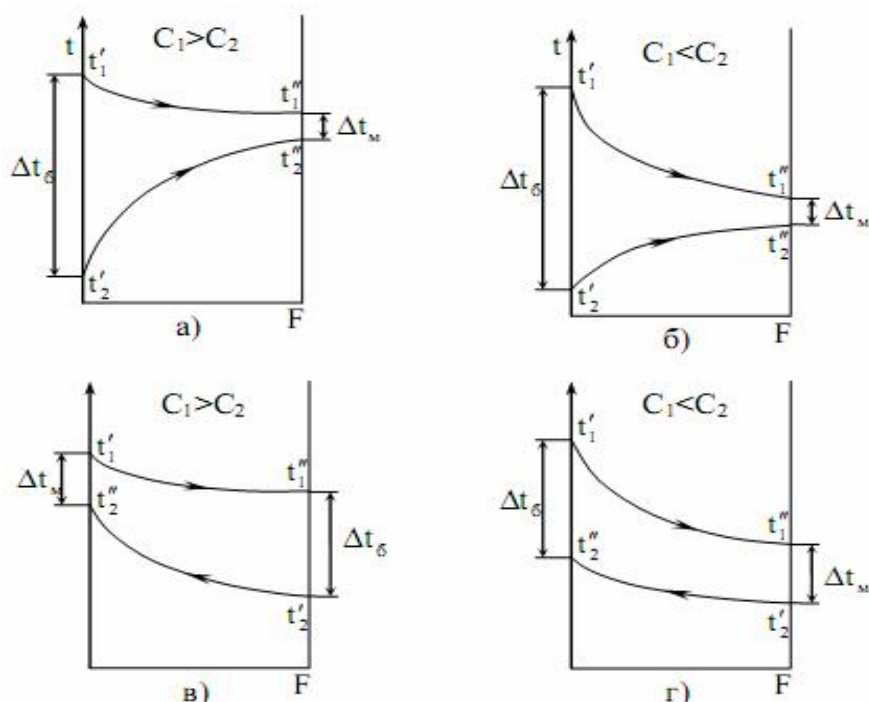
- 1) иссиқлик ташувчиларнинг ўртача ҳароратлар фарқини аниқлаш;
- 2) иссиқлик миқдори ва иссиқлик ташувчиларнинг сарфини аниқлаш;
- 3) иссиқлик бериш ва иссиқлик узатиш коэффициентини аниқлаш;
- 4) қурилмани иситиш юзасини аниқлаш.

#### **Иссиқлик ташувчиларнинг ўртача ҳароратлар фарқини аниқлаш.**

Иссиқлик ташувчиларнинг ўртача ҳароратлар фарқи иссиқлик алмашилиш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч ҳисобланади. Ушбу фарқ таъсири остида иссиқлик ҳарорати юқори муҳитдан ҳарорати паст муҳитга ўтади.

Ўзгарувчан ҳароратли жараёнларда иссиқлик ташувчиларнинг ўзаро ҳаракат йўналишига қараб иссиқлик алмашилиш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи кучи ўзгаради. Шунинг учун иссиқлик узатишнинг асосий

тенгламасидаги ўртача ҳароратлар фарқи суюқликларнинг бир – бирига нисбатан ҳаракат йўналишига ва жараёни ташкил этилишига боғлиқ бўлади.



**18-расм.** Иссиқлик ташувчиларнинг ҳароратини ўзгариши.

а ва б-тўғри оқимли; в ва г-тескари оқимли.

Иссиқлик алмашиниш юзасининг чексиз кичик элементида вақт бирлигида иссиқ иссиқлик ташувчидан совуқ иссиқлик ташувчига узатилаётган иссиқлик миқдори ушбу тенгламадан аниқланади:

$$dQ = K(t_1 - t_2) dF .$$

Иссиқлик алмашиниш натижасида иссиқ иссиқлик ташувчининг ҳарорати  $dt_1 = -dQ / (G_1 \cdot c_1)$  га пасаяди.

Совуқ иссиқлик ташувчининг ҳарорати эса  $dt_2 = dQ / (G_2 \cdot c_2)$  га кўтарилади.

Бу ерда  $G_1$  ва  $G_2$  – иссиқ ва совуқ иссиқлик ташувчиларнинг массавий сарфи;  $c_1$  ва  $c_2$  – иссиқ ва совуқ иссиқлик ташувчиларнинг иссиқлик сифимлари.

Иссиқлик ташувчиларнинг ҳароратини ўзгаришини аниқлаш учун биринчи тенгламадан иккинчисини айириш керак:

$$d(t_1 - t_2) = -dQ \left( \frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \quad (1.1)$$



Агар, иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий тенгламасининг  $dQ$  қийматини (1.1) га қўйсақ ушбу ифодага эга бўламиз:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -K \left( \frac{1}{G_1 \cdot c_1} + \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) dF \quad (1.2)$$

$F$  юзали иссиқлик алмашиниш қурилмасида вақт бирлигида иссиқ иссиқлик ташувчидан совуғига ўтган иссиқлик миқдори  $Q$ , иссиқлик баланси тенгламасидан топилади:

$$Q = G_1 \cdot c_1 (t_1' - t_1'') = G_2 \cdot c_2 (t_2'' - t_2') \quad (1.3)$$

(1.3) тенгламадаги  $G_1 \cdot c_1$  ва  $G_2 \cdot c_2$  ларнинг қийматларини (1.2) га қўйсақ, ушбу кўринишни оламиз:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -\frac{K}{Q} [(t_1' - t_1'') + (t_2'' - t_2')] dF \quad (1.4)$$

(1.4) тенгламани ўзгармас  $K$  да интегралласак:

$$Q = KF \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}} \quad (1.5)$$

ёки

$$Q = KF \frac{Dt_{max} - Dt_{min}}{\ln \frac{Dt_{max}}{Dt_{min}}} \quad (1.6)$$

(1.5), (1.6) ва иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаларини солиштириш натижасида иссиқлик ўтиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини топиш мумкин:

$$Dt_{\text{ўрт}} = \frac{Dt_{max} - Dt_{min}}{\ln \frac{Dt_{max}}{Dt_{min}}} \quad (1.7)$$

Қурилмага киришда ва ундан чиқишда иссиқлик ташувчи муҳитларнинг катта ва кичик фарқларининг нисбати  $Dt_{кам}/Dt_{қуқ} > 2$  бўлса, ўртача ҳароратлар фарқи ўртача логарифмик қиймат билан аниқланади:

$$Dt_{\text{ўрт}} = Dt_{\text{ўрт.лог}} = \frac{Dt_{max} - Dt_{min}}{\ln \frac{Dt_{max}}{Dt_{min}}} = \frac{Dt_{max} - Dt_{min}}{2,3 \lg \frac{Dt_{max}}{Dt_{min}}} \quad (1.8)$$

Курилмага киришда ва ундан чиқишда иссиқлик ташувчи мухитларнинг катта ва кичик фарқларини нисбати  $Dt_{кат}/Dt_{чик}<2$  ,бўлса, ўртача ҳароратлар фарқи ўртача арифметик қиймат билан аниқланади:

$$Dt_{\text{ўр.ариф}} = \frac{Dt_{\text{max}} + Dt_{\text{min}}}{2} \quad (1.9)$$

Ҳисоблаш ушбу формула ёрдамида амалга оширилганда хатолик 5% дан ошмайди.

Агар иссиқлик ташувчи мухитларнинг ҳаракат йўналишлари ўзаро кесишса ва аралаш бўлса, ўртача ҳароратлар фарқи қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$Dt_{\text{ўрм}} = eDt \frac{Dt_{\text{max}} - Dt_{\text{min}}}{2,3lg \frac{Dt_{\text{max}}}{Dt_{\text{min}}}} \quad (1.10)$$

бу ерда  $eDt$  – мухитларнинг ҳароратлар нисбатига боғлиқ бўлган коэффициент бўлиб, 1.2 – расмдаги тегишли графикдан аниқлаш мумкин.

Графиклардаги P ва R катталиклар Боуман формуласидан фойдаланиб аниқланиши мумкин:

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'} \quad R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} \quad (1.11)$$

### **Иссиқлик миқдори ва иссиқлик ташувчиларнинг сарфини аниқлаш.**

Иссиқлик ҳисоби иссиқлик баланси ва иссиқлик узатиш тенгламаларининг биргаликдаги ечимига асосланади.

Иссиқлик баланси тенграмаси иссиқлик иссиқлик ташувчи билан совуқ иссиқлик ташувчиларнинг иссиқлик миқдорларини тенглигини аниқлайди. Ҳарорати юқори иссиқлик ташувчидан берилаётган иссиқлик миқдори  $Q_1$  ҳарорати паст иссиқлик ташувчини иситиш учун  $Q_2$  ва маълум бир қисми курилмадан атроф – мухитга йўқотилган иссиқлик ўрнини тўлдириш учун  $Q_{\text{йўқ}}$  сарф бўлади. Одатда, иссиқлик қопламалаи курилмалар учун  $Q_{\text{йўқ}}$  миқдори фойдали иссиқлик миқдорининг 1...5% ини ташкил этади. Шунинг

учун бу турдаги қурилмаларни ҳисоблашда  $Q_{i\ddot{y}k}$  ни эътиборга олмаса ҳам бўлади. Унда, иссиқлик баланси қуйидаги тенгламадан аниқланиши мумкин:

$$Q=Q_1=Q_2 \quad (1.12)$$

бу ерда  $Q$  – қурилманинг иссиқлик юкламаси.

Иссиқлик узатиш тенгламаси:

$$Q=kFDt \quad (1.13)$$

бу ерда  $k$  – иссиқлик узатиш коэффиценти;  $F$  – иссиқлик алмашиниш юзасининг майдони;  $Dt$  – иссиқлик ташувчилар ўртасидаги ҳароратлар фарқи.

Иссиқлик ташувчиларни иситиш учун кетган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Q=xGc(t_2-t_1) \quad (1.14)$$

бунда  $x=1,02\div 1,05$  – иссиқликнинг йўқолишини ҳисобга олувчи коэффицент;  $G$  – иссиқлик ташувчининг сарфи;  $c$  – иссиқлик ташувчининг ўртача солиштирма иссиқлик сифими;  $t_1$  – иссиқлик ташувчининг бошланғич ҳарорати;  $t_2$  – иссиқлик ташувчининг охириги ҳарорати.

Иссиқлик ташувчиларнинг сарфи қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$G = \frac{Q}{c(t_2 - t_1)} = \frac{Q}{cDt} \quad (1.15)$$

Иссиқлик баланси тенгламасининг аниқ кўриниши иссиқлик алмашинишда иштирок этаётган муҳитларнинг миқдорига, уларнинг фазавий ҳолатига ва фазавий ўзгаришларига боғлиқ.

Фазавий ҳолатини ўзгартирмайдиган икки иссиқлик ташувчи учун иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$G_1c_1(t'_1 - t''_1)h = G_2c_2(t''_2 - t'_2) \quad (1.16)$$

бу ерда  $G_1$  ва  $G_2$  – сарфлар;  $c_1$  ва  $c_2$  – солиштирма иссиқлик сифимлар;  $t'_1, t''_1, t'_2, t''_2$  – мос равишда қиздирувчи ва қизувчи иссиқлик ташувчиларнинг қурилмага кириш ва ундан чиқишдаги ҳароратлари.

Агар иссиқлик ташувчилардан бири фазавий ҳолатини ўзгартирса, масалан буғни сув билан совутиш вақтида конденсацияланишида тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$G_1(h_1' - h_1'')h = G_2c_2(t_2'' - t_2') \quad (1.17)$$

бу ерда  $h_1', h_1''$  – иссиқлик алмашилиш қурилмасига кираётган ва ундан чиқаётган конденсатнинг энтальпияси.

Агар иккала иссиқлик ташувчининг ҳам фазавий ҳолати ўзгарса, масалан буғ ҳосил қигичда конденсацияланиш иссиқлик ҳисобига сувдан иккиламчи буғ олиш, у ҳолда:

$$G_1(h_1' - h_1'')h = G_2(h_2'' - h_2') \quad (1.18)$$

бу ерда  $h_2', h_2''$  – кизиётган муҳитларнинг бошланғич ва охириги энтальпияси.

**Муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгармаган жараёнлар учун иссиқлик миқдорини аниқлаш.**

Агар қурилмада совутиш жараёни руй берса, қайноқ иссиқлик ташувчи бераётган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Q = Gc(t_1 - t_2) \quad (1.19)$$

Совуқ иссиқлик ташувчининг сарфини эса қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$g = \frac{Q}{c_2(t_2 - t_1)} \quad (1.20)$$

Агар қурилмада иситиш жараёни содир бўлса, совуқ иссиқлик ташувчи қабул қилаётган иссиқлик миқдорини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$Q = gc_2(t_2 - t_1) \quad (1.21)$$

бунда  $c_2$  – совуқ иссиқлик ташувчининг ўртача иссиқлик сиғими.

Қайноқ иссиқлик ташувчининг сарфини қуйидаги ифодалан топамиз:

$$G = \frac{Q}{c_1(t_1 - t_2)} \quad (1.22)$$

бунда  $c_1$  – қайноқ иссиқлик ташувчининг ўртача иссиқлик сиғими.

**Муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгарадиган жараёнлар учун иссиқлик миқдорини аниқлаш.**

Ўта қизиган буғни совутишга сарфланаётган иссиқлик, уни олишда қиздириш учун сарфланган иссиқлик миқдорига тенг ва қуйидагича аниқланади:

$$Q_{қиз} = Gc_{\delta}(t_1 - t_{\delta}) \quad (1.23)$$

бунда  $c_{\delta}$  – тўйинган буғнинг ўртача иссиқлик сифими.

Буғни конденсацияланишига берилаётган иссиқлик миқдори суюқликнинг буғланишига сарфланаётган иссиқлик миқдорига тенг:

$$Q_{конд} = Gr \quad (1.24)$$

бу ерда  $r$  – буғланиш иссиқлиги.

Буғ конденсатини совутишга берилаётган иссиқлик қуйидагича тенг:

$$Q_{сов} = Gc_c(t_{\delta} - t_2) \quad (1.25)$$

бу ерда  $c_c$  – суюқликнинг ўртача иссиқлик сифими.

Суюқликнинг буғланиши учун зарур буғ сарфи қуйидагича аниқланади:

$$G = \frac{Q}{r} \quad (1.26)$$

Амалиётда буғ газли аралашмаларни совутиш жараёни кенг тарқалган, масалан ҳайдалган нефт маҳсулотлари, маромлаш тизимларида ва совутиш камераларидаги нам ҳаво ва ҳок. Агар бунда юза ҳарорати туйиниш нуктаси ҳароратидан паст бўлса, у ҳолда совутиш жараёни буғнинг конденсацияланиши билан кузатилади. Бундай ҳол учун иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$[L_1(h_1' - h_1'') - DG_k c_k t_k] h = G_2 c_2 (t_2'' - t_2') \quad (1.27)$$

бу ерда  $L_1$  – буғ газ аралашмаларини ташкил этувчиларнинг конденсацияланмаган сарфи (масалан, ҳаво);  $h_1', h_2''$  – буғ газ аралашмаларининг қурилмага кириш ва қурилмадан чиқишдаги энтальпияси; 1 кг конденсацияланмаган газга нисбатан олинади.

Бошқа кенг тарқалган ҳолатлардан яна бири, конденсацияланадиган буғ ва томчили суюқликларни совутиш учун фойдаланиладиган газсимон иссиқлик ташувчилар томонида иссиқлик алмашинишни жадаллаштириш мақсадида иссиқлик алмашиниш юзасини суюқлик билан суғориш ҳисобланади. Ушбу

холда суғориш учун берилаётган суюқлик буғланади ва газсимон иссиқлик ташувчи билан буғ газли аралашма ҳосил қилади. У ҳолда иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишни олади:

$$G_1 c_1 (t_1' - t_1'') h = L_2 (h_2'' - h_2') + G_3'' c_3 t_3'' - G_3' c_3 t_3' \quad (1.28)$$

ёки

$$G_1 (t_1' - t_1'') h = L_2 (h_2'' - h_2') + G_3'' c_3 t_3'' - G_3' c_3 t_3' \quad (1.29)$$

бу ерда  $G_3', G_3''$  – суғориш учун фойдаланилган, қурилмага кириш ва қурилмадан чиқишдаги суюқлик миқдори;  $c_3, t_3', t_3''$  – унинг солиштирма иссиқлик сиғими, бошланғич ва охириги ҳароратлари.

**Иссиқлик бериш ва иссиқлик узатиш коэффициентларини ҳисоблаш.**

### **Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш**

Иссиқлик бериш коэффициентларини аниқ ҳисоблаш учун формулаларни танлаш иссиқлик алмашилиш тавсифига (агрегат ҳолати ўзгармаганда, қайнаш даврида ёки конденсацияланган пайтда), танланган иссиқлик алмашилиш юзаси турига (текис, қувурли, қиррали ва ҳок.), конструкция турига (коплама қувурли, змеевикли, бурама, қувур ичида қувур ва ҳок.) ва иссиқлик ташувчи муҳитларнинг оқиш режимига боғлиқдир.

Иссиқлик бериш коэффициенти иссиқлик оқимининг ҳар бир режими учун алоҳида мезонли тенгламалар орқали ифодаланади.

1. Думалоқ кўндаланг кесимли тўғри қувур ёки каналларда иссиқлик ташувчи муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгармасдан турбулент ( $Re \geq 10000$ ) режимда оқиши пайтида ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (1.29)$$

Ушбу формулани  $Re = 10^4 - 5 \cdot 10^6$ ;  $Pr = 0,6 - 10$ ;  $L/d \geq 50$  бўлган ораликда қўллаш мумкин.

$Re$  ва  $Nu$  мезонларини ҳисоблашда аниқловчи геометрик ўлчам вазифасини эквивалент диаметр бажаради, яъни:

$$l = d_3 = \frac{4 \cdot f}{\Pi} \quad (1.30)$$

бу ерда  $f$  – оқимнинг кўндаланг кесим юзаси;  $\Pi$  – оқим кесимининг тўла периметри.

Агар қувур кесими думалоқ бўлса  $d_3=d$ . Аниқловчи ҳарорат сифатида суюқлик ёки газнинг ўртача ҳарорати олинади.  $\left(\frac{Pr}{Pr_0}\right)^{0,25}$  ифода иссиқлик оқимининг йўналишини кўрсатади. Агар девор ва суюқлик ҳароратлари ўртасидаги фарқ катта бўлмаса, бу кўпайтманинг миқдори бирга яқин бўлади.  $Pr$  мезонининг қиймати ҳисобланганда физик – кимёвий катталиклар суюқликнинг ўртача ҳарорати бўйича олинади.

$Pr_d$  мезонини ҳисоблаш учун суюқликнинг физик – кимёвий катталиклари деворнинг ҳарорати бўйича олинади.

Змеевиклар (эгилган қувурлар) учун (1.29) тенглама бўйича ҳисобланган  $\alpha$  нинг қиймати  $x$  коэффициентига кўпайтирилади:

$$a_{зм} = x a \quad (1.31)$$

бу ерда  $x = 1 + 3,54 \frac{d}{D}$ ,  $x$  – змеевикнинг нисбий эгилиш коэффициенти;  $d$  – змеевик қувурининг ички диаметри;  $D$  – змеевик айланасининг диаметри.

Газлар учун  $\frac{Pr}{Pr_0} = 1$ ;  $Pr$  нинг қиймати эса газнинг атомлари сонига боғлиқ.

Шу сабабли газлар учун (1.29) мезон тенглама анча соддалашади. Масалан, ҳаво учун (1.29) тенгламани қўйидагича ёзиш мумкин:

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (1.32)$$

Иссиқлик ташувчилар ҳалқасимон каналларда ҳаракат қилган даврида (масалан, “қувур ичида қувур” иссиқлик алмашиниш қурилмасида) иссиқлик бериш ушбу формуладан ҳисоблаб аниқланиши мумкин:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \left(\frac{D}{d_m}\right)^{0,25} \quad (1.33)$$

бу ерда  $d_t$  – ички қувурнинг ташқи диаметри, м;  $D_{и}$  – ташқи қувурнинг ички диаметри, м.

2. Ўтиш режимида ( $2300 < Re < 10000$ ) иссиқликнинг берилиши учун аниқ мезонли тенглама бўлмаганлиги сабабли қуйидаги тахминий мезонли тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$Nu = 0,008 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} \quad (1.34)$$

1. Тўғри қувур ва каналларда ламинар режимда ( $Re \leq 2300$ ) иссиқликнинг берилиши. Эркин конвекция таъсири кам ( $Gr \cdot Pr < 8 \cdot 10^5$ ) бўлганда қуйидаги ҳисоблаш тенгламаларидан фойдаланилади:

$$Nu = 1,4 \left( Re \frac{d}{L} \right)^{0,4} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (1.35)$$

ёки

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (1.36)$$

Қувурлараро бўшлиқда муҳитларнинг иссиқлик бериш коэффициенти қуйидаги тенгламалар орқали топилади.

Муҳитлар қувурлар тўплами бўйлаб ҳаракатланса:

$$Nu = C (d_s Re^{0,6} Pr^{0,23}) \quad (1.37)$$

бу ерда, кўндаланг тўсиқ мавжуд бўлмаса  $C=1,16$ , кўндаланг тўсиқлар мавжуд бўлса  $C=1,72$ .

Қувурлараро бўшлиқнинг эквивалент диаметри қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$d_s = \frac{D^2 - nd^2}{nd} \quad (1.38)$$

бу ерда  $n$  – тўпلامдаги қувурлар сони;  $D$  – қопламанинг диаметри;  $d$  – қувурнинг диаметри.

Қувурлар ўрама мажбурий ҳаракатдаги кўндаланг йўналган иссиқлик ташувчилар билан ювилиб турган шароитда иссиқлик бериш қуйидаги формулалар ёрдамида ҳисоблаш мумкин:



$Re < 1000$  бўлганда йўлаксимон ва шахматли ўрам учун:

$$Nu = 0,56 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,36} \left( \frac{Pr}{Pr_\delta} \right)^{0,25} \quad (1.39)$$

$Re > 1000$  бўлганда йўлаксимон ўрам учун:

$$Nu = 0,22 \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,36} \left( \frac{Pr}{Pr_\delta} \right)^{0,25} \quad (1.40)$$

Шахматли ўрам учун:

$$Nu = 0,4 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left( \frac{Pr}{Pr_\delta} \right)^{0,25} \quad (1.41)$$

Иссиқлик ташувчилар оқими қувурлар ўрамини ташқи томонидан ювиб ўтганда иссиқлик бериш коэффициенти ушбу формуладан ҳисоблаб топилиши мумкин:

Қувурларнинг шахматли жойлашишида:

$$Nu = 0,4 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left( \frac{Pr}{Pr_\delta} \right)^{0,25} \quad (1.42)$$

Қувурларнинг йўлаксимон жойлашишида:

$$Nu = 0,27 \cdot Re^{0,63} \cdot Pr^{0,36} \left( \frac{Pr}{Pr_\delta} \right)^{0,25} \quad (1.43)$$

(1.42) ва (1.43) тенгламалар  $Re = 200 \dots 2 \cdot 10^5$  бўлган оралиқда қўлланилиши мумкин ва аниқ натижалар беради.

Бу ҳол учун аниқловчи ҳарорат иссиқлик ташувчининг ўртача ҳарорати, аниқловчи ўрам қувурнинг ташқи диаметри.

Текис горизонтал юза бўйлаб ҳаракат пайтида иссиқлик бериш коэффициенти қуйидаги тенгламалардан ҳисоблаб топилади:

$Re < 5 \cdot 10^5$  бўлганда

$$Nu = 0,66 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,35} \left( \frac{Pr}{Pr_\delta} \right)^{0,25} \quad (1.44)$$

$Re > 5 \cdot 10^5$  бўлганда

$$Nu = 0,37 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,45} \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (1.45)$$

Аниқловчи ҳарорат иссиқлик ташувчининг ўртача ҳарорати, аниқловчи ўлчам оқим ҳаракати йўналиши бўйича юзанинг узунлиги.

Газлар учун тенглама соддалашади. Ҳаво учун (1.45) тенглама қуйидаги кўринишни эгаллайди:

$$Nu = 0,032 \cdot Re^{0,8} \quad (1.46)$$

Эркин конвекция пайтида иссиқлик бериш.

Горизонтал қувурларнинг ташқи томонида иссиқлик бериш ( $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$ ):

$$Nu = 0,5 (Gr \cdot Pr)^{0,25} \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (1.47)$$

Вертикал цилиндрсимон ва текис юзаларда иссиқлик бериш ( $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$ ):

$$Nu = 0,76 (Gr \cdot Pr)^{0,25} \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (1.48)$$

Вертикал цилиндрсимон ва текис юзалар учун ( $Gr \cdot Pr > 10^9$ ):

$$Nu = 0,15 (Gr \cdot Pr)^{0,33} \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (1.49)$$

Аниқловчи ҳарорат сифатида муҳитнинг ҳарорати ҳисобга олинади. Горизонтал қувурлар учун аниқловчи ўлчам бўлиб диаметр, вертикал юзалар учун эса баландлик олинади.

### **Агрегат ҳолатнинг ўзгаришида иссиқлик бериш**

Айрим иссиқлик алмашилиш жараёнларида иситилаётган ёки совитилаётган материаллар ўзининг агрегат ҳолатини ўзгартиради, яъни буғланиш, конденсацияланиш, суюқланиш ёки кристалланиш жараёнлари содир бўлади. Бу жараёнлар алоҳида хусусиятга эга: материалга иссиқлик келиши ёки ундан кетиши ўзгармас ҳароратда боради, иссиқлик бир фазада эмас, балки икки фазада тарқалади. Бундай жараёнларни ўрганишда агрегат

ҳолатнинг ўзгариш иссиқликгини албатта ҳисобга олиш керак. Агрегат ҳолатнинг ўзгариши билан борадиган жараёнларни ҳисоблаш учун конвектив иссиқлик белгиловчи қўшимча мезон киритилади.

Агрегат ҳолатининг ўзгариши билан борадиган жараёнлар ичида буғнинг конденсацияланиши ва суюқликларнинг қайнашида иссиқлик бериш кенг ишлатилади.

Буғнинг конденсацияланишида иссиқлик бериш коэффиценти қуйидаги умумий тенглама ёрдамида аниқланади:

$$Nu = f( Ga, Pr, K ) \quad (1.50)$$

бу ерда  $Ga = \frac{gl^3 r^2}{m^2}$  – Галилей мезони;  $Pr = \frac{cm}{l}$  – Прандтл мезони;

$K = \frac{r}{cDt}$  – конденсацияланиш мезони.

Галилей мезони оқимдаги оғирлик кучи ва ишқаланиш кучининг нисбатини белгилайди. Конденсацияланиш мезони эса агрегат ҳолатнинг ўзгаришини ифодалайди.

Ушбу ҳолатда конденсацияланиш пайтидаги иссиқлик бериш коэффиценти қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$a = C \sqrt[4]{\frac{l^3 r^2 gr}{mDt}} \quad (1.51)$$

Тўйинган буғнинг вертикал деворда конденсацияланиши ва конденсатни ламинар режимда юпқа қатламда оқиб тушиш ҳолати учун (1.51) формуладаги  $C$  коэффицентининг қиймати 2,04 эканлиги аниқланди. Аниқловчи ўлчам бўлиб, вертикал девор баландлиги  $H$  хизмат қилади. Унда иссиқлик бериш коэффиценти  $\alpha$  ни қуйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$a = 2,04 \sqrt[4]{\frac{l^3 r^2 gr}{mDtH}} \quad (1.52)$$

бу ерда  $r$  – конденсацияланиш иссиқлиги;  $\rho$  – конденсат зичлиги;  $\lambda$  – конденсат иссиқлик ўтказувчанлиги;  $\mu$  – конденсатнинг динамик

ковушқоқлик коэффициенти;  $\Delta t$  – тўйинган буғ ва девор ҳароратлари ўртасидаги фарқ;  $H$  – вертикал қувур ёки девор баландлиги.

Агар, буғ горизонтал қувурда конденсацияланса, (1.52) формула ушбу кўринишда ёзилади:

$$a = 0,72 \sqrt[4]{\frac{I^3 r^2 gr}{m Dr D}} \quad (1.53)$$

бу ерда  $D$  – қувурнинг ташқи диаметри.

Агар буғ қувур ўрамида конденсацияланса, ўртача иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаш учун ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$a = 0,728 e_t \sqrt[4]{\frac{I^3 r^2 gr}{m Dr D}} \quad (1.54)$$

бу ерда  $e_t$  - қувурларнинг жойлаштирилиши (йўлакли ёки шахматли) га боғлиқ коэффициент, у қуйидагига тенг:

$$e_t = \left[ \left( \frac{I_g}{I} \right)^3 \frac{m}{m_g} \right]^{0,125} \quad (1.55)$$

(1.55) даги  $\lambda_g$  ва  $\mu_g$  лар конденсат тегиб турган девор ҳароратида ҳисобланади.

Муҳандислик ҳисобларида  $e_t = 0,55 \dots 0,68$  деб қабул қилиш мумкин.

Суюқлик қайнаши пайтида иссиқлик бериш жуда мураккаб жараёнدير. Амалиётда кенг тарқалган ва учрайдиган қайнаш тури – пуфакчали қайнаш жараёнидир. Ушбу режимдаги иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланса бўлади:

$$Nu = 125 Re^{0,66} Pr^{0,33} \quad (1.56)$$

бу ерда  $Nu = \frac{al}{l}$ ,  $Re = \frac{wl}{m}$ ,  $l$  – чизикли ўлчам бўлиб, пуфакча радиусининг функцияси,  $w$  – буғ фазаси ҳаракатининг ўртача тезлиги.

Одатда пуфакчлар диаметри 2...3 мм бўлади ва уни ушбу формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$d_0 = 0,02 \left[ \frac{s}{g(r - r_0)} \right]^{0,5} \quad (1.57)$$

Охирги мезонли тенгламадан эркин ва мажбурий конвекция пайтида пуфакчали қайнаш жараёнида  $\alpha$  ни ҳисоблаш учун қуйидаги тенглама келтириб чиқарилган.

$$a = b \cdot \sqrt[3]{\frac{l^2 \cdot q^2}{n s T_{\text{кай}}}} \quad (1.58)$$

бу ерда  $b = 0,075 + 0,75(\rho_0/\rho - \rho_0)^{0,66}$  – ўлчамсиз катталиқ;  $\nu$  - суюқликнинг кинематик қовушқоқлиги;  $\sigma$  - сиртий таранглик коэффициентлари.

Эркин конвекция пайтида пуфакчали қайнаш шароитида  $\alpha$  ни аниқлаш учун қуйидаги тенглама таклиф этилган:

$$a = 7,77 \cdot 10^{-2} \left( \frac{r_0}{r - r_0} \right)^{0,033} \left( \frac{r}{s} \right)^{0,033} - \frac{l^{0,75} \cdot q^{0,7}}{m^{0,45} \cdot c^{0,12} \cdot T_{\text{тўй}}^{0,37}} \quad (1.59)$$

бу ерда  $\sigma$  - суюқлик ва буғни ажратиш турувчи чегарадаги сиртий таранглик;  $q$  – солиштирма иссиқлик юклама;  $\mu$  - суюқликнинг динамик қовушқоқлиги;  $c$  – суюқликнинг солиштира иссиқлик сифими;  $T_{\text{тўй}}$  – тўйиниш ҳарорати.

1.1 – жадвалда энг кўп учрайдиган иссиқлик алмашиниш жараёнларининг тахминий иссиқлик бериш коэффициентлари келтирилган.

1.1-жадвал.

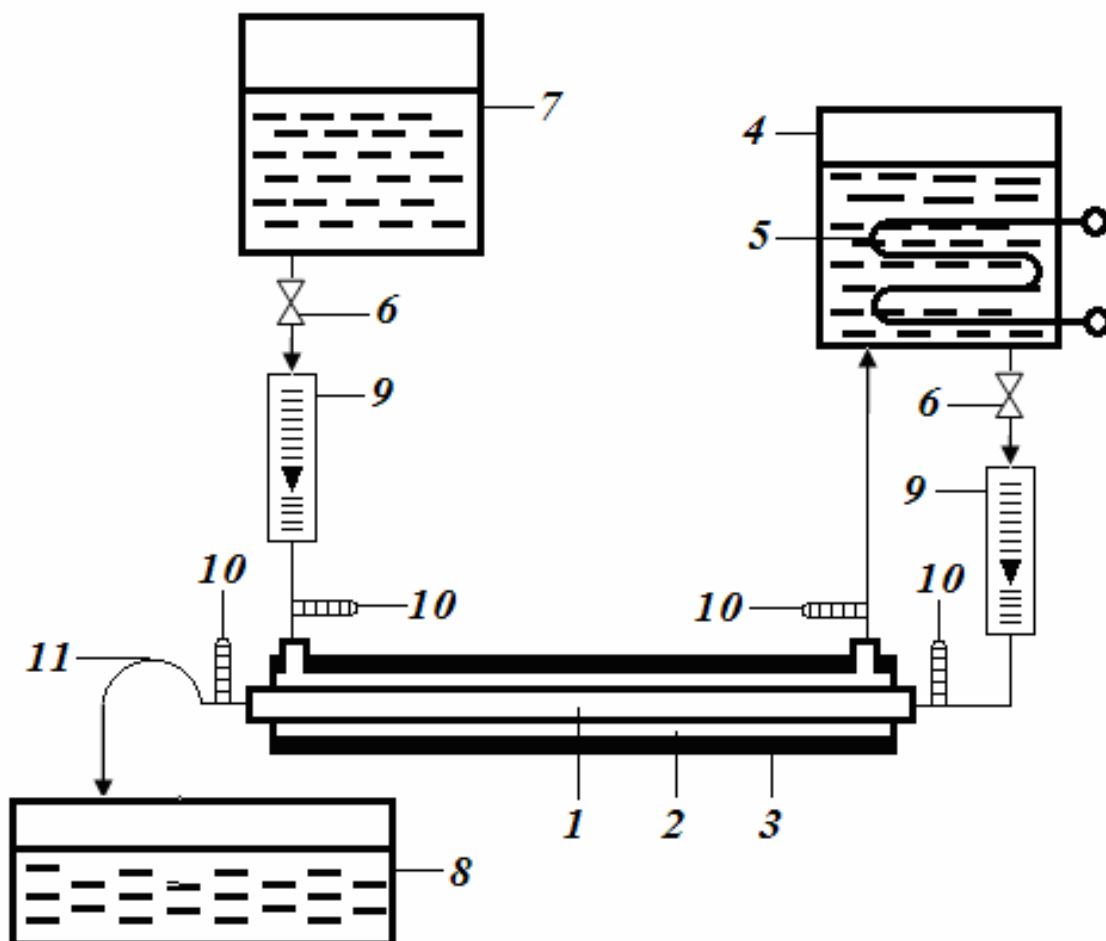
№	Иссиқлик алмашиниш жараёни	Иссиқлик бериш коэффициентлари, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
1.	Газларни иситиш ва совутиш (атмосфера осимида)	10...50
2.	Органик суюқликларни иситиш ва совутиш	50...1500
1.	Сувни иситиш ва совутиш	200...10000
	Сувнинг қайнаши	500...10000
5.	Сув буғларининг конденсацияланиши	4000...15000
6.	Органик суюқлик буғларининг конденсацияланиши	500...2000

## 2. ТАЖРИБА ВА ҲИСОБИЙ ҚИСМ.

### 2.1. Тажриба қурилмасининг тавсифи.

Иссиқлик алмашинуви қурилмаси қувурининг иссиқлик бериш коэффициентини аниқлашнинг тажриба қурилмасини принципаал схемаси

2.1 – расмда келтирилган.



2.1 – расм. Тажриба қурилмасининг принципаал схемаси.

Тажриба қурилмаси асосан қуйидаги элементлардан ташкил топган:

- 1 – иссиқлик алмашинуви қурилмасининг ички қувири ( $d_2/d_1=22/20$  мм);
- 2 - иссиқлик алмашинуви қурилмасининг ташқи қувири ( $D_2/D_1=44/40$  мм);
- 3 – иссиқлик изоляция қатлами;
- 4 – иссиқ сув учун идиш ( $V=24$  л);
- 5 – терморостловчи қувурчали электр қиздиргич ( $P=1$  кВт);
- 6 – ростловчи вентиллар;
- 7 – совуқ сув учун идиш ( $V=20$  л);

8 - совиган сувни йиғиш учун идиш ( $V=30$  л);

9 – сув сарфини ўлчовчи ротамертлар (РС-5);

10 – сув ҳароратини ўлчовчи термометрлар;

11 – гидравлик затвор.

### Иссиқлик алмашинуви қурилмасининг параметрлари.

№	Параметрлар	Белгиланиши	Қиймати
1.	Иссиқлик алмашинуви қурилмаси ички қувурининг узунлиги	$l$ , м	0,8
2.	Иссиқлик алмашинуви қурилмаси ташқи қувурининг узунлиги	$L$ , м	0,7
3.	Иссиқлик алмашинуви қурилмаси ички қувурининг диаметри	$d_2/d_1$ , м	0,022/0,02
4.	Иссиқлик алмашинуви қурилмаси ташқи қувурининг диаметри	$D_2/D_1$ , м	0,044/0,04
5.	Қувур материали ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффиенти	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	57

### 2.2. Тажриба қурилмасини ишлаш принципи, гидродинамик ва иссиқлик алмашинуви бўйича олинган тадқиқот натижалари.

Тажриба қурилмаси қуйидаги тартибда ишлайди. Совуқ сув иссиқ сув учун мўлжалланган идиш 4 да электр қиздиргич 5 ёрдамида керакли ҳароратгача қиздирилади. Қиздирилган сувни идишдан чиқариш вентил 6 ёрдамида амалга оширилади. Вентилдан ўтган сув, сув сарфини ўлчовчи ротамерт 9 орқали иссиқлик алмашинуви қурилмасининг ички қувури 1 га киритилади. Қиздирилиши керак бўлган сув, совуқ сув учун мўлжалланган идиш 7 дан вентил 6 ёрдамида чиқарилади ва сув сарфини ўлчовчи ротамерт 9 орқали иссиқлик алмашинуви қурилмасининг ички ва ташқи қувури орасидаги бўшлиққа киритилади. Иссиқ сувнинг иссиқлиги ҳисобига қизиган сув зичликлар фарқи ҳисобига иссиқ сув учун мўлжалланган идишга юборилади.

Совуқ ва иссиқ сувларнинг сарфи вентил 6 ёрдамида ростланади. Ўзининг иссиқлигини совуқ сувга берган иссиқ сув, қурилмада ишлатиб бўлинган сувни йиғиш учун мўлжалланган идиш 8 га юборилади. Иссиқ ва совуқ сувнинг иссиқлик алмашинуви қурилмасининг қувурига кириши ва чиқишидаги ҳароратлари термометрлар 10 ёрдамида ўлчанади. Иссиқ ва совуқ сувнинг иссиқлик алмашинуви қурилмасининг қувурига кириши ва чиқишидаги сарфлари ротаметрлар 8 орқали ўлчанади. Тажриба ўтказилгандан сўнг олинган натижалар махсус жадвалга қайд этиб қўйилади.

Гидродинамик тадқиқотларни ўтказиш учун қуйидаги маълумотлар берилган:

-тажриба қурилмасини ички диаметри -  $d=20$  мм.

-тажриба қурилмасини кесими

$$S_{\text{ёоооёёаӈ}} = \frac{pd_{\text{ёӈ}}^2 n}{4m} = \frac{3,14 \cdot (0,02)^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

-сувнинг ўртача ҳарорати,  $t_{cp} = 23^{\circ}\text{C}$ .

- $t_{cp} = 23^{\circ}\text{C}$  бўлганда сувнинг иссиқлик физик хусусиятлари:  $\lambda=0,6$  Вт/(м·с),  $\nu=1,006 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с,  $\rho=988,1$  кг/м<sup>3</sup>.

Тадқиқот тажриба қурилмасида тўққиз турдаги турбулизаторлар ёрдамида олиб борилган. Олинган тажриба натижалари жадвал кўринишида ва  $x=f(Re)$  график шаклида келтирилган. Гидравлик қаршилик коэффицентини ҳисоблаш учун қуйидаги формулалардан фойдаланилган:

-сувнинг тезлиги:

$$w = \frac{G}{S}$$

бу ерда  $G$ —сув сарфи, кг/сек;  $S$ —қувурнинг кўндаланг кесими, м<sup>2</sup>.

-Рейнольдс сони:

$$Re = \frac{wd}{\nu}$$



бу ерда  $w$ –сувнинг тезлиги, м/сек;  $d$ –кувурнинг ички диаметри, м;  $v$ –сувнинг белгиланган ҳароратдаги кинематик қовушқоқлиги, м<sup>2</sup>/сек.

-гидравлик қаршилик коэффиценти:

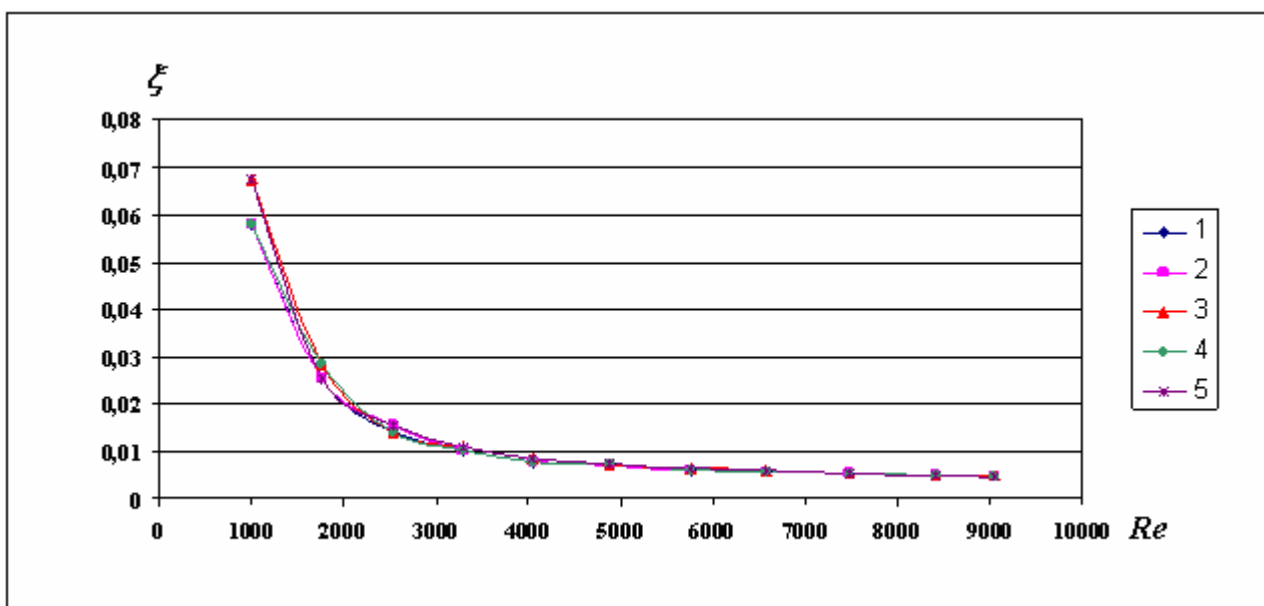
$$\chi = 2g \frac{\Delta h}{w^2} \cdot \frac{d}{l}$$

бу ерда  $\Delta h$ –босим йўқотилиши, Па;  $l$ –кувур узунлиги, м;  $g$ –эркин тушиш тезланиши, м<sup>2</sup>/сек.

Қуйида гидравлик қаршилик коэффицентлари тажриба натижалари жадвал шаклида келтирилган ва  $\chi=f(Re)$  график кўринишида ифодаланган.

№	Re	$\chi_1$	$\chi_2$	$\chi_3$	$\chi_4$	$\chi_5$
1	1013,03	0,057771094	0,057771094	0,067399609	0,05777109	0,06739961
2	1772,8	0,025152041	0,025152041	0,028296046	0,02829605	0,02515204
3	2532,58	0,013865063	0,015405625	0,013865063	0,01386506	0,01540563
4	3292,35	0,01002733	0,01002733	0,010938905	0,01002733	0,01093891
5	4052,12	0,007823169	0,007823169	0,008424951	0,00782317	0,00842495
6	4875,21	0,007483252	0,007067516	0,007067516	0,00748325	0,00748325
7	5761,61	0,005953146	0,005953146	0,006250803	0,00595315	0,0062508
8	6584,7	0,005697347	0,005697347	0,00592524	0,00569735	0,00592524
9	7471,1	0,005133733	0,005133733	0,005310758	0,00513373	0,00531076
10	8420,81	0,004737781	0,004877127	0,004877127	0,00487713	0,00473778
11	9053,96	0,004821556	0,004701017	0,004821556	0,00470102	0,00470102

### Гидравлик қаршиликни тадқиқот натижалари



Иссиқлик алмашинуви бўйича тадқиқотларни бажариш учун қуйидаги маълумотлар берилган:

-тажриба қувурининг диаметри,  $d=20$  мм;

-тажриба қувурининг кесими

$$S_{\text{ёоооёеаӈ}} = \frac{pd_{\text{ё}}^2 n}{4m} = \frac{3,14 \cdot (0,02)^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

бу ерда  $n$ –қувурлар сони,  $n=1$ ,  $m$ –йўллар сони,  $m=1$ .

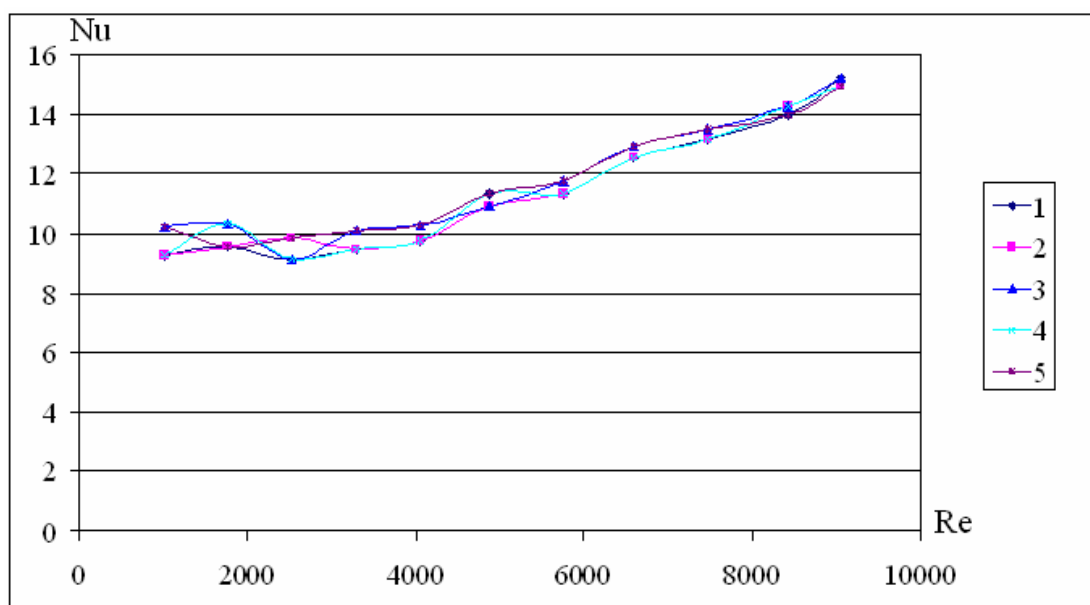
-сувнинг ўртача ҳарорати,  $t_{\text{ўр}}=50^{\circ}\text{C}$ .

- $t_{\text{ўр}}=50^{\circ}\text{C}$  бўлганда сувнинг иссиқлик физик хусусиятлари:  $\lambda=0,65$  Вт/(м·с),  $\nu=0,556 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с,  $\text{Pr}=3,54$ ,  $\rho=988,1$  кг/м<sup>3</sup>.

Олинган тажриба натижалари жадвал кўринишида ва  $Nu=f(Re)$  график шаклида келтирилган.

<i>№</i>	<i>Re</i>	<i>Nu</i> <sub>1</sub>	<i>Nu</i> <sub>2</sub>	<i>Nu</i> <sub>3</sub>	<i>Nu</i> <sub>4</sub>	<i>Nu</i> <sub>5</sub>
<b>1</b>	1013,03	9,29054	9,29054	10,2124	9,29054	10,2124
<b>2</b>	1772,8	9,57154	9,57154	10,3395	10,3395	9,57154
<b>3</b>	2532,58	9,14692	9,83576	9,14692	9,14692	9,83577
<b>4</b>	3292,35	9,47172	9,47172	10,0745	9,47172	10,0745
<b>5</b>	4052,12	9,75117	9,75117	10,2892	9,75117	10,2892
<b>6</b>	4875,21	11,3584	10,8932	10,8932	11,3584	11,3584
<b>7</b>	5761,61	11,3412	11,3412	11,7596	11,3412	11,7596
<b>8</b>	6584,7	12,544	12,544	12,9162	12,544	12,9162
<b>9</b>	7471,1	13,1629	13,1629	13,5029	13,1629	13,5029
<b>10</b>	8420,81	13,963	14,2729	14,2729	14,2729	13,9629
<b>11</b>	9053,96	15,2135	14,9244	15,2135	14,9244	14,9244

**Иссиқлик алмашинувини тадқиқот натижалари**



**2.3. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини  
иссиқлик конструктив ҳисоби.**

№	Катталикларнинг номланиши	Белгиланиши ва ўлчов бирлиги	Ҳисоблаш формуласи	Ҳисоблаш натижаси
<i>Тажриба натижалари</i>				
1.	Сувнинг сарфи: - иссиқ сув - совуқ сув	$G_1$ , кг/сек $G_2$ , кг/сек	2.1 – жадвалдан олинади	0,5 0,5
2.	Иссиқ сувнинг ҳарорати: - бошланғич - охири	$t_1'$ , °C $t_1''$ , °C	2.1 – жадвалдан олинади	90 50
3.	Совуқ сувнинг ҳарорати: - бошланғич - охири	$t_2'$ , °C $t_2''$ , °C	2.1 – жадвалдан олинади	20 60
<i>Ҳисоблаш натижалари</i>				
1.	Иссиқлик ташувчиларнинг ўртача ҳарорати.	$Dt_1$ , °C $Dt_2$ , °C	$Dt_1 = 0,5(t_1' + t_1'')$ $Dt_2 = 0,5(t_2' + t_2'')$	70 40
2.	Иссиқлик ташувчиларнинг ушбу ҳароратлардаги иссиқлик физик хусусиятлари аниқланади.	$r_1$ , кг/м <sup>3</sup> ; $n_1$ , м <sup>2</sup> /с; $I_1$ , Вт/(м·°C); Pr <sub>1</sub> $r_2$ , кг/м <sup>3</sup> ; $n_2$ , м <sup>2</sup> /с; $I_2$ , Вт/(м·°C); Pr <sub>2</sub>	И.1 дан олинади	988,1 0,556·10 <sup>-6</sup> 0,63 3,54 992,2 0,659·10 <sup>-6</sup> 0,63 4,31
3.	Иссиқ сувнинг ҳаракат тезлиги	$w_1$ , м/сек	$w_1 = \frac{4G_1}{r_1 p d_1^2}$	1,61
4.	Совуқ сувнинг ҳаракат тезлиги	$w_2$ , м/сек	$w_2 = \frac{4G_1}{r_2 p (D^2 - d_2^2)}$	0,53
5.	Иссиқ сув оқими учун Рейнольдс сонини аниқлаймиз.	Re <sub>1</sub>	$Re_1 = \frac{w_1 d_1}{n_1}$	57968
Иссиқ сувнинг оқим режими-турбулент				

6.	Иссиқ сув оқими учун Нуссельт сони	$Nu_1$	$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \left( \frac{Pr_1}{Pr_a} \right)^{0,25}$	230,3
7.	Қувур деворининг ҳарорати	$t_{\partial 1}, ^\circ\text{C}$	$t_{\partial 1} = 0,5(\Delta t_1 + \Delta t_2)$	55
8.	Ушбу ҳароратда девор учун Прандитл сони	$Pr_\partial$	И.1 дан олинади	3,26
9.	Иссиқ сувдан қувур деворига иссиқлик бериш коэффициенти	$a_1, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$a_1 = \frac{Nu_1 I_1}{d_1}$	7256
10.	Совуқ сув оқими учун Рейнольдс сони	$Re_2$	$Re_2 = \frac{w_2 d_y}{\nu_2}$	10553
11.	Бу ерда эквивалент диаметр	$d_3, \text{м}$	$d_y = D - d_2$	0,013
Совуқ сув оқимини ҳаракат режими-турбулент				
12.	Совуқ сув оқими учун Нуссельт сони	$Nu$	$Nu = 0,17 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,4} \left( \frac{Pr_2}{Pr_a} \right)^{0,25} \left( \frac{D}{d_2} \right)^{0,18}$	79,1
13.	Қувур деворидан совитувчи сувга иссиқлик бериш коэффициенти	$a_2, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$a_2 = \frac{Nu_2 I_2}{d_y}$	3834
16.	Иссиқлик узатиш коэффициенти аниқланади.	$k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$k = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{d_\partial}{I_\partial} + \frac{1}{a_2}}$	2453
14.	Ушбу кўрилаётган ҳол учун		$\frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} = \frac{90 - 50}{60 - 20} = 1 < 1,5$	
15.	Қурилмада ўртача ҳароратлар фарқи	$\Delta t_{\text{ўрт}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{\partial\partial\partial} = \Delta t_1 - \Delta t_2$	30
16.	Иссиқлик оқими зичлиги.	$q, \text{Вт}$	$q = k D t_{\text{ўрт}}$	73607
	Иссиқлик миқдори	$Q, \text{Вт}$	$Q = G_1 c_1 (t_1' - t_1'')$	83800
17.	Қиздириш юзаси майдони.	$F, \text{м}^2$	$F = Q / q$	2,2
18.	Секциялар сони	$n, \text{дона}$	$n = F / p d_1 l$	11
19.	Қувур девори юзасининг ҳароратлари.	$t_{\partial 1}, ^\circ\text{C}$	$t_{\partial 1} = D t_1 - \frac{q}{a_1}$	57
		$t_{\partial 2}, ^\circ\text{C}$	$t_{\partial 2} = \Delta t_2 + \frac{q}{a_2}$	54
20.	Ушбу ҳароратларда Прандтль	$Pr_{\partial 1}$	И.1 дан олинади	3,37

сон	$Pr_{d2}$		3,2	
21.	Оқим кесими бўйича суюқликнинг физик хусусиятларини ўзгаришига тузатма қуйидагича	$\left(\frac{Pr_{c1}}{Pr_{a1}}\right)^{0,25}$	$\left(\frac{Pr_{c1}}{Pr_{a1}}\right)^{0,25} = \left(\frac{3,54}{3,37}\right)^{0,25}$	1,12
		$\left(\frac{Pr_{c2}}{Pr_{a2}}\right)^{0,25}$	$\left(\frac{Pr_{c2}}{Pr_{a2}}\right)^{0,25} = \left(\frac{4,31}{3,2}\right)^{0,25}$	1,077
22.	Ҳисоблашда қабул қилиган қиймат бўйича	$\left(\frac{Pr_{c1}}{Pr_{a1}}\right)^{0,25}$	$\left(\frac{Pr_{c1}}{Pr_{a1}}\right)^{0,25} = \left(\frac{3,54}{3,26}\right)^{0,25}$	1,02
		$\left(\frac{Pr_{c2}}{Pr_{a2}}\right)^{0,25}$	$\left(\frac{Pr_{c2}}{Pr_{a2}}\right)^{0,25} = \left(\frac{4,31}{3,26}\right)^{0,25}$	1,072
23.	Ҳисоблаш хатолиги	$\Delta_1, \%$	$\frac{1,12 - 1,02}{1,12}$	0,88
		$\Delta_2, \%$	$\frac{1,077 - 1,072}{1,077}$	0,46
Ҳисоблаш тўғри бажарилган				

Ҳисобланган “қувур ичида қувур” иссиқлик алмашинуви қурилмасининг иссиқлик алмашиниш юзаси  $F=2,2 \text{ м}^2$  ва секциялари сонини  $n=11$  деб қабул қилиш мумкин.

#### 2.4. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини иссиқлик конструктив ҳисобини Excel да бажариш.

“Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини иссиқлик конструктив ҳисобини Excel дастурида бажариш учун махсус дастур ишлаб чиқилган. Ушбу дастурда дастлаб тажриба қурилмасидан олинган тажриба натижалари киритилади, сўнгра ҳисоблаш автоматик тарзда дастур томонидан алмалга оширилади. Қуйида дастурнинг кўриниши келтирилган.

Microsoft Excel - Битирув малакавий иши					
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка					
Arial Cyr 11 Ж К Ч					
J10 fx					
A	B	C	D	E	
1	<b>Иссиқлик конструктив ҳисоб</b>				
2					
3					
4	№	Катталықларның номланғыш	Белгілағыш ва ўлчов бірлігі	Ҳисоблаш формуласи	Ҳисоблаш нәтижәси
5	<i>Тәҗриба нәтижәләри</i>				
6		Сувның сарфи:			
7	1.	иссиқ сув	$G_1, \text{кг/сек}$	2.1 – җадвалдан олинади	0,5
8		совуқ сув	$G_2, \text{кг/сек}$		0,5
9		Иссиқ сувның ҳарорати			
10	2.	бошланғыч	$t_1', ^\circ\text{C}$	2.1 – җадвалдан олинади	90
11		охирги	$t_1'', ^\circ\text{C}$		50
12		Совуқ сувның ҳарорати			
13	3.	бошланғыч	$t_2', ^\circ\text{C}$	2.1 – җадвалдан олинади	20
14		охирги	$t_2'', ^\circ\text{C}$		60
15	<i>Ҳисоблаш нәтижәләри</i>				
16	4.	Иссиқлик ташувчиларның ўртача ҳарорати.	$\Delta t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_1 = 0,5(t_1' + t_1'')$	70
17			$\Delta t_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_2 = 0,5(t_2' + t_2'')$	40
18	5.	Иссиқлик ташувчиларның ушбу ҳароратлардаги иссиқлик физик хусусиятләри аниқланади.	$\rho_1, \text{кг/м}^3$	И.1 дан олинади	988,1
19			$\nu_1 \times 10^6, \text{м}^2/\text{с}$		0,000000556
20			$\lambda_1 \times 10^2, \text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$		0,63
21			$R_{r1}$		3,54
22			$\rho_2, \text{кг/м}^3$		992,2
23			$\nu_2 \times 10^6, \text{м}^2/\text{с}$		0,000000659
24			$\lambda_2 \times 10^2, \text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$		0,63
25	$R_{r2}$	4,31			
26	6.	Иссиқ ва совуқ сувның ҳаракат тезликләри аниқланади.	$w_1, \text{м/сек}$	$w_1 = \frac{4 G_1}{\pi \rho_1 d_1^2}, w_2 = \frac{4 G_2}{\pi \rho_2 (D_2^2 - d_2^2)}$	1,611533942
27			$w_2, \text{м/сек}$		0,534958237
Лист1 / Лист2 / Лист3 /					
Готово					

Microsoft Excel - Битирув малакавий иши				
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка				
Arial Cyr 11 Ж К Ч				
J10 fx				
A	B	C	D	E
28	7. Иссиқ сув оқими учун Рейнольдс сони	$Re_1$	$Re_1 = \frac{w_1 d_1}{\nu_1}$	57968,84683
29	Иссиқ сувнинг оқим режими-турбулент			
30	8. Иссиқ сув оқими учун Нуссельт сони	$Nu_1$	$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \left( \frac{Pr_1}{Pr_s} \right)^{0,25}$	230,3589059
31	9. Қувур деворининг ҳарорати	$t_{ov}, ^\circ C$	$t_{ov} = (\Delta t_1 + \Delta t_2)$	55
32	10. Ушбу ҳароратда девор учун Прандтл сони	$Pr_s$	И.1 дан олинанди	3,26
33	11. Иссиқ сувдан қувур деворига иссиқлик бериш коэффициентлари	$\alpha_1, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \lambda}{d_1}$	7256,305535
34	12. Сувуқ сув оқими учун Рейнольдс сони	$Re_2$	$Re_2 = \frac{w_2 d_2}{\nu_2}$	10553,04564
35	Сувуқ сув оқимини ҳаракат режими-турбулент			
36	14. Сувуқ сув оқими учун Нуссельт сони	$Nu$	$Nu = 0,021 Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \left( \frac{Pr_2}{Pr_s} \right)^{0,25} \left( \frac{D}{d} \right)^{0,125}$	79,11286109
37	15. Иссиқлик бериш коэффициентлари аниқланади.	$\alpha_2, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \lambda_2}{d_2}$	3833,93096
38	16. Иссиқлик узатиш коэффициентлари аниқланади.	$k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_0}{\lambda_0} + \frac{1}{\alpha_2}}$	2453,574393
39	17. Ушбу қўрилайётган ҳол учун		$\frac{t_1' - t_1''}{t_2' - t_2''} = \frac{90 - 50}{60 - 20} = 1 < 1,5$	
40	18. Қурилмада ўртача ҳароратлар фарқи	$\Delta t_{\text{урт}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{\text{урт}} = \Delta t_1 - \Delta t_2$	30
41	19. Иссиқлик оқими зичлиги.	$q, \text{Вт}$	$q = k \Delta t_{\text{урт}}$	73607,23178
42	20. Қиздириш юзаси майдони.	$F, \text{м}^2$	$F = Q/q$	1,138475092
43	21. Иссиқлик миқдори	$Q, \text{Вт}$	$Q = G c_1 (t_1' - t_1'')$	83800
44	22. Секциялар сони	$n, \text{дона}$	$n = F/\pi d_1^2$	9,064292137
Лист1 / Лист2 / Лист3 /				
Готово				

### **3. Мехнат хавфсизлиги ва хавфсизлик техникаси.**

#### **Машина ва аппаратларнинг хавфсиз ишлашни таъминлаш.**

Тўқимачилик саноатида технологик жараёнларнинг жадаллашиши, машина қисмларининг иш тезликлари, машина ва дастгоҳларнинг иш унумдорлигининг ошиши, уларнинг хавфсизлигини ошишини ҳам тақозо қилади.

Машина ва дастгоҳларнинг хавфсизлигини таъминлаш уларни лойиҳалаш жараёнидан бошлаб амалга оширилади. Бирорта янги машина ёки дастгоҳ хавфсизлиги таъминланмаган бўлса, фойдаланишга рухсат берилмайди.

Амалдаги Давлат стандарти ускуналарнинг хавфсизлик иш принципи, конструкциясининг хавфсиз схемасини танлаш, уларнинг конструкциясида механизация, автоматлаштириш, масофадан (дистанцион) бошқариш воситаларини қўллаш, эргономик талабларни бажариш, хавфсизлик техникаси ва ёнғинга қарши тадбирлар, уларни ўрнатиш, фойдаланиш, созлаш, сақлаш ва транспортировкаш техник ҳужжатларга киритилишини талаб қилади.

Машина ва дастгоҳлар керакли ҳимояловчи ва сақловчи мосламалар билан таъминланиши керак. Булар қуйидагиларга бўлинади:

- тўсувчи мосламалар. Булар машина ва ускуналарнинг ҳаракатидаги ёки хавфли механизм қисмларини кишининг беҳосдан тегиб кетишидан тўсади. Бунга қайишли узатиш, шестернялар, электр токи остидаги қисмлар киради;

- блокировка қилувчи мосламалар. Буларда тўсқич электродвигател билан занжир орқали бирлаштирилган бўлиб, тўсқич очилган вақтда машина тўхтайд;

- тормозловчи мосламалар. Машина ўчирилгандан сўнг унинг тезда тўхташи хавфсизлик жиҳатидан катта аҳамиятга эга;

- сигнал берувчи мосламалар. Машина ва дастгоҳларда ишлаш жараёнида хавф туғилганда товушли ёки ёруғлик сигналлари берилади;



- ишчиларга хавфли ва зарарли ишлаб чиқариш омиллари таъсирини камайтирувчи ёки олдини олувчи ҳимоя воситалари.

### **Жароҳатловчи омиллар ва хавфли зоналар.**

Ишлаб чиқаришда жароҳатланиш ходисалари қуйидаги омиллар мавжуд бўлганда бўлиши мумкин: электр токи, машина ва дастгоҳларнинг ҳаракатланувчи қисмлари, қайишлар, барабанлар, шкивлар, тишли иш шестернялари ва бошқалар, иссиқ юзалар, мато туқини қуйдириш машинаси, зарарли кимёвий моддалар, матоларни пардозлашда ишлатиладиган кислота, ишқор ва бошқа ўювчи моддаларнинг беҳосдан тушиб кетиши, юқоридаги иш жойларида тўсиқсиз ишлаш.

Киши ҳаётига, соғлиғига доимий ёки вақти – вақти билан хавф туғдирувчи жой хавфли зона деб аталади. Бундай зоналар корхоналарда талайгинадир. Машина ва дастгоҳларнинг ҳар қандай айланувчи қисми хавфлидир.

### **Саноатда шовқин ва титрашдан сақланиш.**

Турли баландликдаги ва частотадаги товушларнинг тартибсиз равишда қўшилиб эшитилиши шовқин деб аталади. Товуш физик ҳолат сифатида ҳавода, сувда ва бошқа таранг муҳитдан келиб чиқадиган тўлқинсимон ҳаракатлардан иборатдир. У товуш чиқарадиган жисмларнинг тебраниши натижасида ҳосил бўлади ва бизнинг эшитиш органимиз томонидан қабул қилинади.

Шовқин касбий касалликка олиб келиши мумкин. У бошни айлантириб, миёда оғриқ турғизади ва қулоқ шанғиб, асаб системасига ҳам ёмон таъсир қилади. Айниқса фикрни тўплаб, ақлий иш билан шуғулланишга имкон бермайди, бутун диққат – эътиборни бериб ишлаш лозим бўлса, иш қобилятини (10-60% га) пасайтириб юбориши мумкин. Узоқ вақт мобайнида шовқиннинг одамга сезилмас даражада таъсир қилиши асаб системасини ишдан чиқишига олиб келиши мумкин. Айниқса қаттиқ ва кучли товушлар, шунингдек тўхтовсиз равишда бир хилда чиқиб турадиган товушлар одамга ёмон таъсир қилади.

Шовқин таъсирида турли аъзолар ва системаларнинг, масалан ҳазм қилиш (ошқозон шираси секрециясининг ўзгариши) қон айланиши (қон босимининг кўтарилиши) ва шунга ўхшашларнинг нормал фаолияти бузилади.

Шовқинлар келиб чиқиши бўйича асосан уч хил бўлади:

1. Саноат шовқини;
2. Транспорт шовқини;
3. Маиший шовқинлар.

Шу билан бирга газ ва суюқликларнинг ҳаракати натижада ҳам шовқин чиқиши мумкин. Бундай шовқинлар аэродинамик шовқинлар деб аталади. Саноати корхоналари ҳам шовқиндан мустасно эмасдир. Шовқин даражаси юқори бўлган цехларда ишловчи ишчиларда касбий касаллик “ шовқин касаллиги” учраб туради. Шу билан бирга айрим иш жойларининг сурункали титраши натижасида “титраш касаллиги” ҳам учраб туради.

### **Сигнал ранглари ва хавфсизлик белгилари.**

Кейинги йилларда ишлаб чиқаришда хавфсизликни таъминлаш мақсадида сигнал ранглари ва хавфсизлик белгилари кенг тарқалмоқда. Хавфсизликни таъминлаш мақсадида асосан тўрт хил ранг қабул қилинган бўлиб, улар куйидагиларни белгилайди:

- Қизил – “Тўхташ”, “Таъқиқланган”, “Хавфли”;
- Сарик – “Диққат”, “Хавф-хатар эҳтимоли бор”;
- Яшил – “Хавфсиз”, “Рухсат этилган”, “Йўл очиқ”;
- Кўк – бошқа хабарлар.

Булардан ташқари оқ ранг – чегараловчи чизикларни белгилашда ва цехнинг қоронғироқ бурчакларини бўяшда ишлатилади. Қизил ранг билан машина ускуналарининг хавфли қисмлари, тўсиқларнинг ички юзалари, тўхтатиш тугмалари ҳамда ўчириш воситаларини бўяш мақсадга мувофиқдир. Сарик рангга транспорт воситалари (электрокарлар, юк кўтариш кранлари ва ҳ.к.), қурилиш конструкцияларининг хавфли қисмлари

бўялади. Яшил ранг билан хавфсизликни таъминлаш воситалари ёрдамчи эшиклар, аптечкалар ва ҳоказоларни бўяшда фойдаланилади.

Қабул қилинган хавфсизлик белгилари қуйидагилардир:

- Таъқиқловчи – доира шаклида қизил рангга бўялган. Доиранинг ўртасида қора ранг билан таъқиқловчи объектнинг рамзий расми тасвирланган;

- Огоҳлантирувчи – тенг томонли сариқ рангга бўялган учбурчак шаклида бўлиб, ўртасида огоҳлантирувчи объект рамзи қора рангда тасвирланган (электр токи ва радиацион хавф бўлганда рамз қизил рангда тасвирланади);

- Кўрсатувчи – кўк рангга бўялган тўғри тўртбурчак шаклида бўлиб, ўртасида қора рангда кўрсатувчи объект рамзи тасвирланади. Тиббиёт хоналари ва ёнғин хавфи белгилари қизил рангда тасвирланади.

- Буюрувчи – яшил рангга бўялган тўғри тўртбурчак шаклида бўлиб, ўртасида қора рангда буюрилувчи объект рамзи тасвирланади.

#### **Иш жойини ташкил қилиш.**

Ҳозирги пайтда янги технологик жараён, янги машина ва ускуналар албатта “Маҳсулот сифати ва эргономик кўрсаткичлар”да белгиланган талабларга жавоб бериши керак. Иш жойида нарсаларнинг жойлаштирилиши, уларнинг шакли, ранги ва бошқа қатор омиллар нотўғри жойлаштирилса ишчини чарчатади, тўғри жойлаштирилганда эса аксинча, иш унумдорлигини оширади.

Бунда иш жойларини ташкил қилиш ҳам катта аҳамият касб этади: асбоблар тугмаларининг жойлаштирилиши, ранги машинанинг баландлиги ва бошқа ишлаб чиқариш шароитлари шулар жумласидандир. Булар шундай жойлаштирилиши лозимки, ишчи ортиқча ҳаракатсиз, ўзини зўриқтирмасдан улардан осонлик билан фойдалансин.

Иш жойининг баландлиги ҳам муҳим аҳамият касб этади. Одатда у 1000–1600 мм оралиқда олингани мақсадга мувофиқдир. Бундан ташқари кўзнинг имконият доирасини ҳам ҳисобга олиш керак.

### **Босим остида ишлайдиган ускуналарнинг хавфсизлик шартлари.**

Саноат корхоналарида босим остида ишлайдиган, аппарат, идиш ва қувурлар кўп ишлатилади. Булар кўпинча портлаш хавфини туғдириши мумкин. Бундай портлашларга занглаш натижасида ускуна деворларининг емирилиши ва механик пишиқлигининг йўқолиши, айрим қисмларининг кизиби кетиши, бирор қаттиқ жисмнинг урилиши сабаб бўлиши мумкин. Бундан ташқари портловчи ва ёнувчи моддаларга учқун таъсир қилиши натижасида ҳам портлаш содир бўлиши мумкин. Бунда ёниш тезлиги секундига юзлаб метрни ташкил қилади.

Босим остида ишлайдиган идишлар қайта таъмирланиб қавшарланган бўлса, бир жойдан иккинчи жойга кўчирилганда ёки унинг хавфсиз ишлашига жавобгар шахснинг талаби билан муддатидан илгари техник кўрик ўтказилади. Гидравлик синов эса ҳар саккиз йилда бир марта ўтказилади. Иш ҳарорати  $200^{\circ}\text{C}$  гача бўлган идишларнинг гидравлик синови, уларга сув ёки захарсиз ва портламайдиган бошқа суюқлик билан қўшимча босим бериш орқали ўтказилади. Қўшимча босим идишнинг иш босимига боғлиқ бўлиб, куйма идишлардан ташқари барча идишлар учун иш босимидан 25-50 фоиз катта бўлади. Шундай босим остида (деворларининг қалинлиги 50 мм гача бўлган идишларда) 10 минут ушлаб турилади ва бирор сезиларли ўзгариш бўлмаса, яъни чоклардан ажралиш, суюқлик томиши, ташқи деворларининг терлаши, қолдиқ деформациялар кўринмаса идишлар гидравлик синовдан ўтган ҳисобланади.

Босим остида ишлайдиган ускуналар нормал технологик режимда ва хавфсиз ишлашини таъминлаш учун қуйидаги назорат-ўлчов асбоблари ва эҳтиёт ускуналари билан таъминланган бўлиши керак: улардаги суюқлик ёки газнинг босимини ўлчаш учун ва доимо назорат қилиб туриш учун манометр, ҳароратни назорат қилиб туриш учун термометр, босим ошиб кетган тақдирда портлашни олдини олиш учун сақлагич, идишда бир вақтнинг ўзида газ ва суюқлик бўлган тақдирда суюқликнинг кўп ёки озлигини

кўрсатувчи асбоб, идиш ичидаги моддани бутунлай чиқариб ташлаш имконини берувчи мослама, агар идиш ичида конденсат тўпланса, уни чиқариб ташлаш имконини берувчи мослама.

Қувурларнинг ишончлилигини таъминлаш учун уларнинг иссиқдан узайишини ҳисобга олиш керак. Бунинг учун уларнинг бурилган жойлари равон ва силлиқ қилиб ясалади ҳамда конденсатор ҳалқалари ва шунга ўхшаш элементлар киритилади. Иссиқлик деформацияларини бир текис тақсимлаш мақсадида, уларни айрим участкаларга бўлиб чиқиб, иссиқдан узайишга имкон қолдириб, охириги нуқталарини таянчларга мустаҳкамланади.

### **Ёнғинга қарши ишларни ташкил қилиш.**

Ёнғинлар халқ хўжалигига катта моддий зарар келтирадилар. Ёнғин бир неча минут ёки соат ичида жуда катта миқдордага халқ бойликларини ёндириб, кулга айлантиради. Ёнғин вақтида ажралиб чиқадиган тутун, карбанат ангидрид ва бошқа зарарли ҳид ва газлар кўп миқдорда атмосферага кўтарилиб, нафас олиш учун зарур бўлган ҳавонинг таркибини бузади. Бундан ташқари, ёнғиндан кўриладиган зарарларнинг энг ёмони шуки, унда кўплаб кишилар жароҳатланади ва ҳатто ўлиши ҳам мумкин. Буларнинг ҳаммаси, ёнғинга қарши кураш тадбирларини, бу вақтда пайдо бўладиган ишларни хавфсиз бажариш усуллари ва меҳнат муҳофазаси билан биргаликда ўрганишга мажбур қилади.

Ёнғин чиқишининг олдини олишда, ўт ўчиришда асосий масъулият кишилар зиммасига тушишини ва уларнинг ёнғинни ўчириш техникасининг барча талабларини тўлиқ бажаришларига боғлиқ эканлигини унутмаслигимиз керак. Саноат корхоналарида бу тартибли равишда ёнғин техникаси ҳақидаги низом, ёнғин хавфсизлиги қоидалари, йўриқнома ва бошқа ҳужжатлар асосида олиб борилиши керак.

#### 4. Экология қисми.

Атмосфера хавосининг таркиби ва сифати масаласи, пировард натижада инсон учун хаёт-мамот масаласидир. Чунки инсон хаётини етарли микдордаги кислородли, соф хавосиз тасаввур этиб булмайди. Инсон кунига уртача хисобда 9 кг хаво билан нафас олади, 1,24 кг овкат истемол килади, 2 литр сув ичади. Бирок юкорида таъкидлаганимиздек, инсон хаёти хавонинг микдори билангина эмас, балки сифати билан хам чамбарчас богликдир. Атмосфера хавосининг ифлосланиши инсоннинг соглигига, иш кобилиятига ва хаётига бевосита салбий таъсир курсатади. Масалан, инсон уртача умр (70 й.) довомида 600 минг куб метр хавони нафас олиш жараёнида упкаси оркали утказади. Бу хавонинг зарарли моддалар билан кисман ифлосланиши хам инсон соглигига путур етказади.

Бундан ташкари, фауна ва флоранинг биологик махсулдорлиги, экинлар хосилдорлиги умуман табиий ландшафтларнинг иктисодий имкониятлари хам бевосита ёки билвосита атмосфера хавосининг таркиби ва сифатига боглик.

Атмосферанинг ифлосланиши-хаводаги турли аралашмалар-хар хил газлар, сув буглари, каттик ва суюк заррачалар хатто радиоактив чангларга боглик булиб, улар атмосферанинг сифатини бузади, табиий купдан-куп салбий окибатларга олиб келади. Атмосферанинг ифлосланиш манбалари иккига булинади. Булар-хавонинг табиий ва сунъий (антропоген, асосан техноген) ифлосланишидан иборат. Атмосферанинг табиий ифлосланиши вулканлар отилганда хосил булган курум ва газлар, табиий ёнгинлардан ажралиб чиккан тутун, денгиз суви мавжланганда хавога ажралиб чикувчи туз заррачалари, туманлар, чанг-кум, усимлик чанглари, микроорганизмлар хамда космик чанг хисобига руй беради. Булар атмосфера хавосидаги мухим сифат узгаришларига олиб келмайди, факат айрим кучли вулкан отилишларидан сунг турли хил чанг тузон атмосферада анча вакт туриб колиб, хавонинг жиддий ифлосланишига олиб келиши мумкин. Бунда нихоятда катта микдордаги заррачалар хавода муаллак туриб колиб, ер юзасига етиб келадиган куёш энергияси микдorigа жиддий таъсир

курсатиши, аникроги вулкан отилган жойдаги тугри радиация микдорини бир неча ой доводида 10-20 % гача камайтириши мумкин.

Бирок хозирги вақтда атмосферанинг холатига табиий ифлосланишга караганда сунъий ифлосланиш анча катта салбий таъсир курсатмокда ва бунинг устига бу таъсир тобора ортиб хавфли тус олмокда.

Чунки инсон ишлаб чиқариш фаолиятининг хозирги тараккиёти атмосферага зарарли моддаларни тобора куплаб чиқариб ташлаш билан бирликда довом этмокда. Натижада хар йили атмосферага миллиард тонналаб хар-хил моддалар кушилмокда. Факат чангни микдори хозирги вақтда барча (табиий ва антропоген) манбалардан йилига урта хисобда 2 млрд. тоннадан ортик хосил булади (Л.А.Алибеков, С.А.Нишонов, 1983, 60 б.). Нихоят куп микдордаги захарли ва зарарли бу моддалар: аэрозол, чанглар (чанг, тутун, микроб, усимлик чанглари), газсимон моддалар ва сув буглари (углерод оксиди (CO), олтингугурт гази (SO<sub>2</sub>), азот оксиди (NO), водород сульфид (H<sub>2</sub>S), углеводлар, органик моддалар, сульфидлар, нитратлар, кургошин (Pb), темир(Fe), фтор бирикмалари, хидли моддалар ва бошкалар), радиоактив модалар, пестицидлардан иборатдир. Бу барча химиявий моддалар захарли булиб, уларнинг купчилиги атмосферада узгариб туради. Куёш нурунинг таъсири остида ва озон экранининг иштирокида анча баландда биз хали яхши билмайдиган хилма-хил химиявий реакциялар вужудга келиб яна хам зарарлирок янги бирикмалар пайдо булмокда.

Атмосферага чиқарилган ифлослантирувчи моддалар 1990 йилда умумий микдори (турт хил асосий чиқиндилар) дунё буйича 401 млн.т., Россияда 26,2 млн.т., Узбекистонда 1,85 млн.т. ни ташкил этди.

Инсониятни кундалик фаолияти натижасида атмосферада олтингугурт газлари ва азот оксидларининг микдори кундан кунга купайиб бормокда. Бу газларни бошка газлардан фарқи шундаки, буларнинг купайиши натижасида ернинг кислоталиги ортиб бормокда. Масалан, SO<sub>2</sub> нинг узидан атмосферага

хар йили 150 млн. тонна ташланмокда. Бу газнинг атмосферага чиқишида иссиқлик электр станциялари муҳим аҳамият касб этади.

1.2. жадвал

**Атмосферага чиқарилаётган асосий моддаларнинг умумий миқдори**

Моддалар, млн. т.	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	Кат- тик модда- лар	Жами
Жами дунё бўйича	99	68	177	57	401
Россияда (фақат кучмас манбалардан)	9,2	3	7,6	6,4	26,2
%	9,2	4,4	4,3	11,2	6,5
Россияда (жами манбалардан) %	12	5,8	5,6	12,2	13,2
Ўзбекистонда (жами манбалардан)	0,36	0,20	1,15	0,14	1,85

Атмосферага бутун ажралаётган SO<sub>2</sub> нинг 50% ни шу станциялар бермокда. Рангли металлургия 15%, кора металлургия 9%, иситиш тизимлари 9%, машинасозлик саноати 6% ни бермокда. Саноат худудлари хавосида SO<sub>2</sub> нинг миқдори шаҳар чеккаларидаги ва айниқса денгиз, океан хавосидагидан бир неча бор ортиқ. Бу газларни яна бошқа хусусияти ҳам борки, улар атмосферада 10-15 кунлаб туриши ва шамол натижасида бир худуддан иккинчи худудга бемалол утиши мумкин. Шу сабабли ҳам саноати кучли ривожланган Англия, Германия, Италия ва бошқа катор мамалакатлардан саноати унча тараккий этмаган мамлакатларга хаво орқали утиб, хавосини ва ерини шу газлар билан ва уларни бирикмалари билан ифлослантормокда. Ўзбекистон Республикаси Табиатни муҳофаза қилиш кумитасининг маълумотига қура (2002 й.) мақлакатимизда умумий ифлослантйривчи моддаларнинг 51,9 % ни углерод оксиди, 16,0 % ни олтингугурт оксиди, 17,9



% ни углеводородлар, 8,9 % ни азот оксидлари, 6,1 % ни каттик моддалар ва 0,2 % ни бошка зарарли моддалар ташкил этган.

Бу газлар атмосферада сув ва буг билан бирикиб, шу оксидларнинг кислоталарини хосил килади ( $H_2SO_4$ ,  $H_2SO_3$ ). Бу кислоталар уз навбатида Европадаги кимматли ёдгорликларнинг емирилишига сабаб булмокда. Кейинги йилларда инсониятнинг табиатга салбий таъсири ва биосферада илгари унинг таркибига кирмаган куплаб чикиндиларни чиқариши туфайли бир неча миллион йиллаб сакланиб келган мувозанат бузилмокда. Натижада куёшдан ультрабинафша нурлар ергача етиб келмокда ва унинг таъсирида ер атмосферасида озон микдори ортиб бормокда. Озоннинг узи эса фотохимиявий смогнинг хосил булишида асосий факторлардан бири булиб келмокда. Озоннинг ер атмосферасида хосил булишига кейинги йилларда атмосферага куплаб ташланаётган азот оксидлари хам «ёрдам бермокда» Аммо саноатнинг ривожланиши хар хил органик моддаларнинг энергия олиш максидида ёкилиши ва айникса автотранспортлар учун углеводородларни куплаб ёкилиши ва уларнинг ёниш камерасида кислород билан кушилиб ёниши оркали куплаб азот оксидлари хосил булади. Бу оксидлар атмосфера кислороди билан янада оксидланиб, уз навбатида озоннинг куплаб хосил булишига олиб келади. Олимларнинг кузатишлари шуни курсатдики, озоннинг хосил булиши азот оксидлари ёрдамида куёшдан келаётган нурларнинг тулкин узунлиги унча киска булмаган такдирда хам булиши мумкинлиги аникланади. Яна шу нарса маълум булдики, озоннинг хосил булишида азот оксидларидан ташкари углеводородлар, айникса туйинмаган углеводородлар жумладан пентан ( $C_5H_{12}$ ) ва гексанлар ( $C_6H_{14}$ ) хам катта роль уйнаши маълум булди. Бу газларнинг асосий манбаи саноат чикиндилари ва автомобиллардан ажралаётган газлар булиши мумкин.

Ажралаётган углеводородлар концентрацияси азот оксидларига нисбатан канча катта булса, озоннинг хосил булиши шунча тезлашади. Бу ерда шуни таъкидлаш керакки, азот оксидлари иссиклик электр станцияларининг ва

автомобилнинг ёниш камерасидан тезда чикиб кетганлиги сабабли азот (IV)-оксидгача ( $\text{NO}_2$ ) оксидлана олмайди. Аммо азот оксиди кузгалган ҳолатда қолади. Кузгалган ҳолатдаги азот (II) оксид ( $\text{NO}$ ) куёш нури таъсирида маълум энергияни ютиб, азот (IV) оксидгача ( $\text{NO}_2$ ) оксидланиши маълум.

Азот(IV) оксид эса уз навбатида куёш нури таъсирида кузгалган ҳолатга келиши ва атмосферадаги бирорта модда молекуласи билан химиявий реакцияга кириши ва уз энергиясини бериб,  $\text{NO}$  оксидини ва атомар кислородни ёки озонни ҳосил қилиш мумкин.

Бу ерда яна шуни таъкидлаш мумкинки, азот (II) оксид озон молекуласи таъсирида жуда осонгина азот (IV) оксидгача оксидланади.

Агар бордию шу жараён булмаганида жуда тез вақт ичида озон микдори ер атмосферасида ортиб кетган булар эди. Атмосфера хавосининг захарланишида  $\text{CO}$  ва  $\text{NO}_2$  асосий роль уйнайди. Шу сабабли, атмосфера хавоси текширилганда, асосан шу газлар концентрацияси ҳисобга олинади.

АҚШда атмосферанинг фотохимиявий захарланишини 3 та категорияга бўлиб урганилади ва шу асосда тревога берилади. Агар  $\text{CO}$  нинг концентрацияси  $100 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$   $6 \text{ мг/м}^3$ , фотооксидантлар  $1 \text{ мг/м}^3$  бўлса, **1-даражали захарланиш**; агар  $\text{CO}$  нинг концентрацияси  $200 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$   $10 \text{ мг/м}^3$  фотооксидантлар  $2 \text{ мг/м}^3$  бўлса, **2-даражали захарланиш**; агар бордию  $\text{CO}$  нинг концентрацияси  $300 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$   $20 \text{ мг/м}^3$  фотооксидантлар  $3 \text{ мг/м}^3$  бўлса, **3-даражали захарланиш** булади.

Азот оксид атмосферада озон қаватининг емирилишида катализатор ролини уйнайди, деб юкорида айтилди. Азот оксиднинг ҳосил бўлишининг ердаги бактериялар фаолияти туфайли ҳосил буладиган  $\text{N}_2\text{O}$  асосий манба ролини уйнайди.  $\text{N}_2\text{O}$  молекуласини анча мустанкам тузилган бўлиб, тропосферани ҳамма қисмига деярли бир хил тарқалган. Унинг молекуласи мустанкамлиги туфайли секин-аста диффузия туфайли стратосферага кириб бориши ва у ерда кузгалган кислород атоми билан, азот оксиди ҳосил қилади ёки узи эркин азотгача тикланиши мумкин.

## **Атмосфера хавосини ифлосланишидан муҳофиза килиш тадбирлари.**

Атмосфера уз-узини табиий тозалаш жараёнига эга. Улардаги ёгинлар ифлос моддаларни, хавони ювади, шамоллар хаводаги ифлосланувчи моддаларни учириб, бир жойда туплашига йул куймайди, тупрокка ёки сув юзасига тушган ифлос моддалар эса реакцияга кирази ва окибатда нейтраллашиб қолади.

Лекин саноат айниқса ёкилги саноати тараккий этган, транспорт ривожланган, кишлок хужалиги машиналашган ва химиялашган, ахолининг купайиб урбанизация жараёни кучаётган бизнинг асримизда атмосферанинг сунъий ифлосланиши табиий тозаланишига нисбатан устунлик килмоқда. Шу сабабли атмосфера уз узини табиий тозалайди, деб хотиржам утириш катта салбий окибатларни чиқариши мумкин. Шунинг учун атмосферанинг сунъий ифлосланишидан тозалаш йулларини жорий этиш, унинг олдини олиш бугунги куннинг асосий вазифасидир. Буларга бир неча чора тадбирлар мавжуд, уларнинг энг мухимлари куйидагилардир:

1. Тутун чиқарувчи дудбуронларни баландрок куриш, атмосфера ифлосланишининг олдини олишнинг энг кадимий йулларидан биридир;

-бунинг натижасида ифлос чанг ва газлар кенг майдонга ёйилиб, унинг концентрацияси камаёди. Мисол баландлиги 100 м булган дудбурондан чиқаётган чанг ва газлар радиуси 20 км булган минтакага таркалса, баландлиги 250 м булган дудбурондан чиққан чанг, газлар радиуси 75 км минтакага таркалади.

2. Печларга кумир, торф, корамой ёкишнинг урнига электр энергиядан, газлардан фойдаланилса-атмосферага чанг, курум, тутун ва захарли газлар кам чиқарилади. Республикамиз олимларининг маълумотига кура, кумир билан ишловчи корхоналар газга утказилса, хавога чиқариладиган олтингугурт гази микдори 10000 марта, углерод оксид микдори 2000 марта, азот оксидлари микдори 5 марта камаёди.

3. Саноат корхоналарида зарарли моддаларни тозаловчи ускуналар куриш. Бунда атмосферани куплаб ифлословчи чанг, курум, тутун ва захарли моддаларни атмосферага чикаришдан олдин зарарли таъсирини йукотадиган тозалаш ускуналари ясаб, ушлаб колишга ва улардан кайта фойдаланишга эришиш зарур.

Республикамизда атмосферани ифлословчи 1000 дан ортик йирик ва урта корхоналар бор. Уларда хавонинг тозалигини саклашга каратилган чора тадбирлар замон талабига жавоб бермайди. Натижада уша корхоналарда йилига 4,5 млн.т. каттик ва газсимон зарарли моддаларни 35% атмосферага чикиб уни ифлослантормокда. Кимё корхоналари йилига атмосферага 120 минг.т. углеводород, 40-50 минг.т. углерод оксиди, чанг 20-25 минг.т. олтингугурт гази, азот газларни чикариб Чирчик, Фаргона, Кукон, Самарканд, Навоий, Тошкент шаҳарлари хавосини ифлослантормокда.

Ўзбекистон Республикасидаги кора ва рангли металлургия корхоналарида (Олмалик, Бекобод) тозаловчи ускуналарининг самарали ишламаслиги натижасида йилига атмосферага 220 минг.т. ифлос моддалар чикарилмокда. Унинг 90% олтингугурт газидир. Вазифа-шу корхоналарнинг ишлаш жараёнида янги замонавий техника билан жихозланган тозаловчи ускуналар куришдир. Натижада, жумхуриятимиз хавоси мусаффо булади ва ушлаб колинган моддалардан халк хужалигида кайта фойдаланиш туфайли жуда катта фойда олиш мумкин.

4. Атмосфера хавосини тоза саклашнинг мухим бир йули бу саноат корхоналарида, коммунал-хужаликда ишлаб чикариш технологиясини узгартириш, чикиндисиз технология жорий этишдир. Мисол: кабелни синтетик коплама билан урайдиган янги технологияга утиш оркали одам организмига зарарли булган кургошиннинг атмосферага чикиши йукотилди.

Олмалик кимё заводида мис ишлаб чикаришда янги технологияни куллаш атмосферанинг ифлосланишини кескин камайтирди ва йилига 30 минг.т. олтингугурт гази ушлаб колиняпти.

5. Шахарлар хавосининг ифлосланишини камайтиришда ер ости термал сувларидан фойдаланиш яхши натижалар беряпти (Камчаткада, Курил оролларида, Кавказда, Марказий Осиёда, Кизляр ва Избербош шахарларида иссик сув харорати 90дан ортиқроқдир). Бундай сувлар шахардаги маиший коммунал хужалик ва саноат корхоналарини иситиш мумкин.

6. Атмосфера хавосини тоза саклашда автотранспорт газларини, дудларини камайтириш жуда муҳимдир. Автотранспорт атмосферага ута захарли газ чиқаради. Газларни камайтириш учун бензин урнига газ ва электромобилларга утсак атмосфера анча тоза сакланади. Мисол: Тошкент шаҳрида 1978 йилдан бери бензин урнига ёппасига қуюклаштирилган пропан-бутан ёкилгиси ишлатилади.

7. Шахар ва кишлоклар хавосини соғломлаштиришда атмосферани ифлосланишдан саклашда ишончли усул- яшил усимликлар ифлос хавони филтрлайди, барглари чангни ушлаб қолади, хаво хароратини пасайтиради, карбонат ангидридни ютиб, кислородни ишлаб (фотосинтез орқали) беради. Маълумки, дарахтлар, буталар, утлар шахар ичидаги чангнинг 80% ни, сульфат ангидриднинг 60% ни ушлаб қолади. Буйи 25 метрли битта 80-100 ёшли бук дарахти бир соатда 2 кг карбонат ангидридни ютиб, 2 кг кислород ишлаб беради. 1 гектар карагайзор 32 т. чангни ушлаб қолади. Яшил усимликлар атмосфера хавосини тоза саклашдан ташқари, инсонларга психологик таъсир этиб уларга эстетик завқ беради. Хозирги вақтда Марказий Осиё ва Козогистон шахарлари ичида яшил усимликлар майдонининг катталиги жихатидан Бишкек, Олмаота шахарлари олдинги уриндадир. Олмаотада хар бир кишига 100 м<sup>2</sup> яшил усимлик (кукаламзор) тугри келса, Москвада 25 м<sup>2</sup>, Омскда 8,9 м<sup>2</sup>, Киевда 18,7 м<sup>2</sup>, Бакуда 9,5 м<sup>2</sup>, Нью-Йоркда 8,6 м<sup>2</sup>, Лондонда 7,5 м<sup>2</sup> ва Парижда 6м<sup>2</sup> тугри келади.

## 5. Иқтисодий қисм.

Иссиқлик алмашинуви қурилмасини техникавий – иқтисодий ҳисобидан асосий мақсад иссиқлик алмашиниш қурилмасини техникавий – иқтисодий томондан асослашдан иборат.

Одатда бундай ҳисоблашлар бир неча вариантлар бўйича бажарилади. Танланган вариантларни баҳолаш қуйидаги энг мақбул белгиларнинг бирортаси бўйича олиб борилади: фойдали иш коэффициентини, 1 м<sup>2</sup> юзага сарфланадиган энергия миқдори, энг мақбулликнинг техник – иқтисодий мезони ва бошқалар.

Қуйида иссиқлик алмашинуви қурилмасининг иқтисодий ҳисоби келтирилган. Ҳисоблаш юқорида келтирилган иссиқлик конструктив ҳисобини давомидида сифатида амалга оширилади.

Иссиқлик алмашинуви қурилмасининг умумий массаси

$$M_{\text{ИАК}} = 1430 \text{ кг [Д]}$$

Иссиқлик алмашинуви қурилмаси қувурларининг массаси

$$M_{\text{ёоа}} = p d_{\text{ёоо}} d_{\text{ёоа}} L n r_{\text{ёоа}} = 695 \text{ ёа}$$

Қувурлар массасининг улуши

$$c = (M_{\text{қув}} / M_{\text{ИАК}}) \cdot 100 = 48,65\%$$

Иссиқлик алмашинуви қурилмасининг нархи

$$N_{\text{ёАё}} = M_{\text{ёАё}} \cdot S_{\text{ёоа}} = 429000 \text{ ёи}$$

Иссиқ сувни ҳайдаш учун насос қуввати

$$N_1 = \frac{\Delta P_1 \cdot G_1}{h r_1 \cdot 1000} = 46,82 \text{ Ао}$$

Совуқ сувни ҳайдаш учун насос қуввати

$$N_2 = \frac{\Delta P_2 \cdot G_2}{h r_2 \cdot 1000} = 72,41 \text{ Ао}$$

Келтирилган ҳаражатлар

$$K_{\text{ооо}} = 0,3 \cdot N_{\text{ёАё}} + (N_1 + N_2) \cdot S_{\text{ёоо}} \cdot t = 216457 \text{ ёи}$$

### **Битирув малакавий иши бўйича хулоса.**

Ушбу малакавий ишини бажариш натижасида қуйидаги хулоса қилинди:

1. Энергетика ва бошқа саноатларда ишлатиладиган иссиқлик алмашинуви қурилмалари тўғрисида умумий маълумотлар келтирилди.

2. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини тузилиши, конструкциялари ва ишлаш принциплари, қўлланилиш соҳалари, ушбу қурилмаларнинг афзалликлар ва камчиликлари тўлиқ кўриб чиқилди.

3. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини ҳисоблаш усуллари тўлиқ баён қилинди.

4. Битирув малакавий ишининг ҳисоб ва тажриба қисмида тажриба ишлари амалга оширилган тажриба қурилмасининг тузилиши, ишлаш принципи, тажрибани амалга ошириш тартиблари келтирилди.

5. Гидродинамик ва иссиқлик алмашинуви жараёнлари бўйича тадқиқот ишлари амалга оширилди ва натижалар олинди, олинган натижалар жадвал шаклида ва график кўринишида келтирилди.

6. “Қувур ичида қувур” туридаги иссиқлик алмашинуви қурилмасини иссиқлик конструктив ҳисоби бажарилди, ушбу иссиқлик конструктив ҳисобини Excel дастурида бажарилди ва малакавий битирув иши якунланди.

### **Фойдаланилган адабиётлар.**

1. Каримов И.А. Асосий вазифамиз-ватанимиз тараққиёти ва халқимиз фаравонлигини янада юксалтиришдир. –Т.: Ўзбекистон, 2010.
2. Каримов И.А. Жаҳон молиявий – иқтисодий инқирози, уни ўзбекистон шароитида баргараф этиш йўллари ва чоралари – Т.: Ўзбекистон, 2009. –48 б.
3. Каримов И.А. “Ўзбекистон XXI аср бўсағасида: хавфсизликка таҳдид, барқарорлик шартлари ва тараққиёт кафолатлари”. – Т.: “Ўзбекистон”, 1997.- 110 б.
4. Бакластов А.М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. М., «Энергия», 1970.
5. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен, МЭИ, 2001 г.
6. Бакластов А.М. и др. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок. М.: Энергоиздат, 1981. -336 с.
7. Бакластов А.М. и др. Промышленные тепломассообменные процессы и установки. М.: Энергоатомиздат, 1986. -328 с.
8. Юсупбеков Н. Р. Ва бошқалар. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалари. Т.: Шарқ, 2003. -644 б.
9. Салимов З. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Т.: Ўзбекистон, 1994. -366 б.
10. Исаченко В.П. и др. Теплопередачи. М.: Энергия, 1975. 485 с.
11. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1976. 464 с.
12. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М.: Энергия 1972. 320 с.
13. Раҳмонов Т.З., Салимов З.С., Эргашева Д.К. Кимёвий ишлаб чиқаришнинг асосий жараёнлари ва усқуналари фанидан курс лойиҳасини бажариш бўйича услубий қўлланма. Т., 2005. 42 б.



14. Юсупбеков Н.Р., Нурмухаммедов Ҳ.С., Исматуллаев П.Р., Зокиров С.Г., Маннонов У.В. Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жарён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. Т., 2000. 231 б.
15. Монтаж и эксплуатация теплотехнического оборудования. Под ред. В.А. Горбенко. М.: Изд-во. МЭИ. 2002.
16. Расчет тепломассообмена в промышленных установках, системах и сооружениях. Под ред. А.Л. Ефимова. М.: Изд-во МЭИ 2001.
17. Ю.Г. Назмеев, В.М. Лавыгин. Теплообменные аппараты ТЭС. М.: Изд-во МЭИ 2002.
18. Л.И. Архипов, В.А. Горбенко, А.Л. Ефимов, А.Г. Илларионов. Сборник задач по тепломассообменным процессам, аппаратам и установкам. М.: Изд-во. МЭИ 1998.
19. <http://www.abok.ru>
20. <http://www.03-ts.ru>
21. <http://www.twirpx.com>