

**РЕКУПЕРАТИВ ИССИҚЛИК
АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИНИНГ
ИССИҚЛИК ВА ГИДРАВЛИК ҲИСОБИ**

Мустақил иш учун услубий қўлланма

Т о ш к е н т 2 0 0 6

Рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратларининг иссиқлик ва гидравлик ҳисоби. Мустақил иш учун услубий қўлланма. Тактаева Л.Н., Рахимджанов Р.Т., Мавжудова Ш.С., Алимова М.М. - Тошкент, ТошДТУ, 2006. - 44 б.

Услубий қўлланма “Иссиқлик энергетикаси” мутахассислиги бакалавриат талабаларига мустақил иш бажариш учун мўлжалланган. Услубий қўлланмада кўп соҳаларда ишлатиладиган иссиқлик алмашув аппаратлари, уларнинг турлари, ишлаш услублари ҳамда бир неча турдаги иссиқлик алмашув аппаратларининг иссиқлик ҳисоби, иссиқлик ҳисобида берилган иссиқлик оқимидан шу аппаратнинг юзасини аниқлаш келтирилган.

«Иссиқлик техникасининг назарий асослари» ва «Иссиқлик энергетикаси» кафедралари

Абу Райҳон Беруний номли Тошкент давлат техника университети илмий-услубий кенгаши қарорига биноан чоп этилди.

Такризчилар:

ЎзФА Энергетика ва автоматика
институтининг «Саноат энергия тежам-
корлиги» лабораторияси мудири,
т.ф.н.
ТошДТУ «Иссиқлик энергетикаси»
кафедраси доценти, т.ф.н.

А.Анарбаев

М.Хошимова

КИРИШ

Иссиқлик алмашинув аппаратлари деб, иссиқликни иссиқ ташувчидан совуқ иссиқлик ташувчига узатиб берадиган қурилмаларга айтилади. Иссиқлик алмашинув аппаратларида иссиқлик ташувчи сифатида сув буғлари, сув, ҳаво, тутун газлари ва бошқалар ишлатилади.

Иссиқлик алмашинув аппаратлари уч хил бўлади:

- 1) рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратлари;
- 2) регенератив иссиқлик алмашинув аппаратлари;
- 3) аралаш иссиқлик алмашинув аппаратлари.

Рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратларида иссиқ иссиқлик ташувчидан совуқ иссиқлик ташувчига қаттиқ сирт орқали узатилади. Уларга буғ қозонлари, иситгичлар, конденсаторлар ва бошқалар мисол бўлади.

Регенератив иссиқлик алмашинув аппаратларида иссиқлик қаттиқ сиртдан гоҳ иссиқ иссиқлик ташувчи гоҳ совуқ иссиқлик ташувчи оқиб ўтишида узатилади. Мартен ва домна печларининг ҳаво қиздиргичлари бунга мисол бўлади.

Аралаш иссиқлик алмашинув аппаратларида иссиқ ва совуқ иссиқлик ташувчининг аралашувида иссиқлик узатилади. ИЭС градирия қурилмаси, оқимли конденсаторлар мисол бўлади.

Техникада рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратлари кўп ишлатилади. Рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратлари суюқликнинг ҳаракатланишига қараб тўғри оқимли (иккала суюқлик бир тарафга йўналса), қарама-қарши оқимли (иккала суюқлик бир-бирига қарама-қарши тарафга йўналса) ва кўндаланг оқимли (бир-бирини кесиб ўтса) бўлади.

1. РЕКУПЕРАТИВ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИНИНГ ИССИҚЛИК ҲИСОБИ. ИССИҚЛИК БАЛАНСИ

Рекуператив иссиқлик алмашинув аппаратларини конструктив иссиқлик ҳисоби иссиқлик алмашинуви F юзасини, унинг асосий конструктив тавсифларини ва жамловчиларни оқилона танлашни аниқлашдан иборат. Иссиқлик ҳисоби иссиқлик баланси ва иссиқлик узатиш тенгламаларининг биргаликдаги ечимига асосланади.

Иссиқлик баланси тенгламаси иссиқ иссиқлик ташувчи билан совуқ иссиқлик ташувчиларни иссиқлик миқдорларининг тенглигини аниқлайди, бунда атроф-муҳитга йўқолган иссиқлик миқдори кам бўлгани учун ҳисобга олинмайди. Ундан иссиқлик қуввати Q ни ҳисоблаш учун ҳамда иссиқлик ташувчиларининг номаълум параметрларини аниқлаш учун фойдаланилади.

Ўзининг агрегат ҳолатини ўзгартирмайдиган иссиқлик ташувчилари бўлган иссиқлик алмашинув аппаратлари учун у қуйидагича ёзилади:

$$Q = G_1(h_1' - h_1'') = G_2(h_2'' - h_2') ; \quad (1)$$

ёки

$$G_1 c_{p1}(t_1' - t_1'') = G_2 c_{p2}(t_2'' - t_2') ;$$

конденсация ҳолати учун

$$G_1 r = G_2 c_{p2}(t_2'' - t_2') , \quad (2)$$

бунда

- Q – аппаратнинг иссиқлик унумдорлиги, кВт ;
 G_1, G_2 – иссиқлик ташувчиларнинг массавий сарфи, кг/с;
 h_1', h_1'', h_2', h_2'' – аппаратга киришдаги ва ундан чиқишдаги иссиқлик ташувчиларнинг энтальпиялари, кЖ/кг;
 t_1', t_1'', t_2', t_2'' – аппаратга киришдаги ва ундан чиқишдаги иссиқлик ташувчиларнинг ҳароратлари, °С;
 C_{p1}, C_{p2} – иссиқлик ташувчиларнинг иссиқлик сизимлари, кЖ/кг·К
 r – фазавий ўзгаришнинг иссиқлиги, кЖ/кг.

Иссиқлик узатиш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Q = k F \Delta \bar{t} , \quad (3)$$

бунда k – иссиқлик узатиш коэффициентини, кВт/м²·К;

Δt – иссиқлик ташувчиларнинг орасидаги ўртача ҳароратлар фарқи, °С ;

F – иссиқлик алмашинув юзаси, м².

Барча ҳисобларни бажариш учун технологик тизимга киритиш чизмаси ва аппаратнинг конструкцияси берилган бўлиши керак. Иссиқлик узатишни ҳисобидан аввал иссиқлик узатувчи юзанинг айрим конструктив ўлчамларини ҳисобга олиш, аниқлаш ва уни жамланишини назарда тутиш керак.

Аппаратнинг асосий конструктив ўлчамларини танлаш иссиқлик ташувчиларнинг сарфига боғлиқ равишда 2, 3, 4, 5, 6-жадваллардан олинади.

Дастлаб, қувур ва қувурлар оралиғидаги ўтиш кесимларининг юзаси f_i қуйидаги тенгламадан ҳисобланади:

$$f_i = \frac{V_i}{W_i}, \quad (4)$$

$$\text{ёки} \quad f_i = \frac{G_i}{\rho_i W_i}. \quad (5)$$

Бунда ρ_i – иссиқлик ташувчининг зичлиги, кг/м³;

W_i – иссиқлик ташувчилар оқимининг тезлиги, м/с.

Оқимларнинг тавсия этилган оптимал тезликларининг қийматлари 1-жадвалда келтирилган.

1–жадвал

Оқимларнинг тавсия этилган оптимал тезликларининг қийматлари

Иссиқлик ташувчи	Тезлик, м/с
Қовушқоқлиги кичик бўлган суюқликлар (сув, бензин, керосин)	0,5÷3
Қовушқоқ суюқликлар (мойлар, тузли эритмалар)	0,2÷1
Чанглатилган газлар $P = 1$ бар	6÷10
Тўйинган сув буғи	30÷50
Ўта қизиган сув буғи	30÷75

Ҳисобларни бажаришда иссиқлик ташувчиларнинг иссиқлик физикавий хоссалари (зичлик ρ , иссиқлик

ўтказувчанлик λ , иссиқлик сиғими c_p , динамик қовушқоқлик μ ва бошқалар) иссиқлик ташувчининг тегишли ўртача ҳарорати бўйича жадваллардан олинади.

$$\bar{t}_i = \frac{t_i^I + t_i^{II}}{2}. \quad (6)$$

2. ИССИҚЛИК ТАШУВЧИЛАРНИНГ ОРАСИДАГИ ЎРТАЧА ҲАРОРАТЛАР ФАРҚИ

Ўртача ҳароратлар фарқи қуйидаги тенгламага кўра $\Delta t_{кат}/\Delta t_{кич} < 1,5$ (ўртача ҳароратлар билан аниқланади), яъни:

$$\Delta \bar{t}_a = \frac{\Delta t_{кат} + \Delta t_{кич}}{2} \quad \text{ва агар} \quad \Delta t_{кат}/\Delta t_{кич} > 1,5 \quad \text{бўлса, ўртача}$$

логарифмик қиймат билан аниқланади:

$$\Delta t_o = \frac{\Delta t_{кат} - \Delta t_{кич}}{\ln \frac{\Delta t_{кат}}{\Delta t_{кич}}}, \quad (7)$$

бунда $\Delta t_{кат}$ – иссиқлик ташувчилар орасидаги энг катта ҳароратлар фарқи, °С;

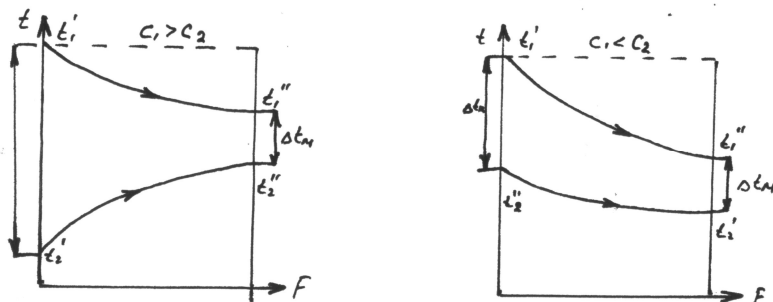
$\Delta t_{кич}$ – иссиқлик ташувчилар орасидаги энг кичик ҳароратлар фарқи, °С .

$\Delta t_{кат}$ ва $\Delta t_{кич}$ иссиқлик алмашинув юзасидаги иссиқлик ташувчилар ҳароратларининг ўзгариш графигидан иссиқлик ташувчилар сув эквивалентларининг сонли қийматлари (иссиқлик ташувчиларнинг иссиқлик сиғимларини массавий сарфларини инобатга олиб) аниқланади.

Конденсаторлар (буғ сувли иссиқлик алмашинувчилари) учун қизитиш юзалари бўйича конденсатланган буғнинг ҳарорати ўзгармайди (1- расмда бу изотерма пунктир чизиғи билан кўрсатилган).

Мураккаб йўналишли иссиқлик алмашинувчилар учун, масалан, кўндаланг оқимли аппаратларда иссиқлик ташувчилар ҳароратларининг ўртача фарқи қарама-қарши оқимлига кўра ҳисобланади, сўнг олинган натижа номограммадан аниқланади

(2- расм), дастлаб P ва R ҳисобланган қийматларига кўра тузатиш коэффициент $\epsilon_{\Delta t}$ га (7) ва (8) кўпайтирилади.



1- расм. Иссиқлик алмашинув юзасида иссиқлик ташувчиларнинг ҳароратлар ўзгариш графиги:

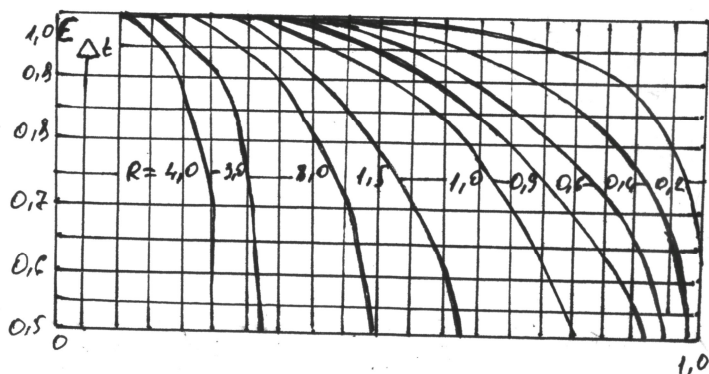
а) тўғри оқимли

б) қарама-қарши оқимли

$$\Delta t_{\text{теc}} = \Delta t_{\text{тўғ}} \epsilon_{\Delta t} \quad (8)$$

$\epsilon_{\Delta t}$ коэффициентининг қиймати иккита ёрдамчи кўрсаткичларига кўра аниқланади.

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'}; \quad R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} \quad (9)$$



2- расм. $\epsilon_{\Delta t}$ коэффициентини аниқлаш учун номограмма

3. АСОСИЙ КОНСТРУКТИВ ЎЛЧАМЛАРНИ ОЛДИНДАН АНИҚЛАШ ВА ИССИҚЛИК УЗАТИШ ЮЗАСИНИНГ ЖАМЛАНИШИ

3.1. СЕКЦИЯЛИ ИСИТГИЧ

Секцияли иситгич ҳар хил қувурли аппаратлар бўлиб, кетма-кет уланган бир неча секциядан иборат. Ҳар бир секциянинг диаметри катта эмас ва у қувурлар тўпламидан ташкил топади. Бу аппаратларнинг иссиқлик узатиш коэффициенти бошқа аппаратларникига кўра юқори бўлади.

3-расмда секцияли иситгичнинг чизмаси кўрсатилган, унинг асосий конструктив ўлчамлари 2-жадвалда келтирилган. Иссиқлик алмаштиргич $d_1/d_2 = 14/16$ мм диаметрли иккита латун қувурларидан йиғилган. Қувур тўпламидаги қувурларнинг жойлашиши нисбий оралиғи $S = 1,5 \cdot d_2$.

2- жадвал

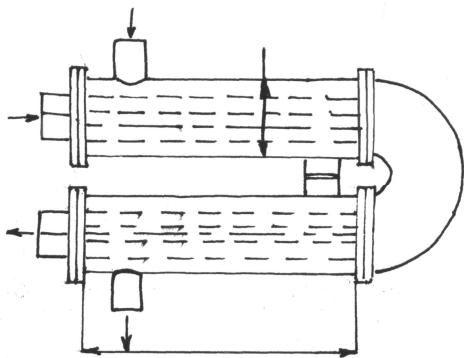
Сув-сувли иситгичларнинг асосий конструктив ўлчамлари

Иситгич (3-расм)	Корпус-нинг ички диаметри d, мм.	Қувурлар сони, n, дона	Қувур узунлиги l, мм.	Секция-нинг юзаси, F, м ²
1	83	7	4	1,32
2	100	12	4	2,25
3	150	31	4	5,84
4	203	55	4	10,35
5	252	88	4	16,60
6	309	140	4	25,40

2- жадвалда берилганларига кўра, иситгичнинг асосий конструктив ўлчамларини танлаш учун иссиқ ва совуқ иссиқлик ташувчиларнинг берилган сарфлар G_1 ва G_2 қийматлари 9-жадвал бўйича олиниб, (4) ва (5) тенгламаларидан иссиқ ва совуқ иссиқлик ташувчиларнинг оқимлари учун f_1 ва f_2 юзалар ҳисобланади.

Иситгич корпусининг ички диаметри қуйидаги тенгламага кўра аниқланади:

$$D = \sqrt{\frac{4(f_1 + f_2)}{\pi}} \quad (10)$$



3- расм. Сув-сувли иситгич

ва 2- жадвалдан стандартли ўхшаш аппарат танланади. Иссиқлик алмашиниш юзаларининг ҳақиқий қийматлари аниқланади:

а) қувурли юза учун

$$f_k = n \frac{\pi d_1^2}{4} \quad (11)$$

б) қувурлараро юза учун

$$f_{к.а} = \frac{\pi}{4} (D^2 - n d_2^2) \quad (12)$$

Сўнгра (4) ва (5) тенгламалардан оқимлар тезликларининг қийматлари w_i аниқланади.

Юқорида келтирилган иссиқлик алмашинув аппаратида қувурлараро юза учун эквивалент диаметри қуйидаги тенгламага кўра аниқланади:

$$d_{эқв} = \frac{4S_1S_2}{\pi d_2} - d_2 \quad (13)$$

бунда $S_1 = S_2 = S$ – иккита қўшни қувур орасидаги қадам, (м) деб қабул қилинади.

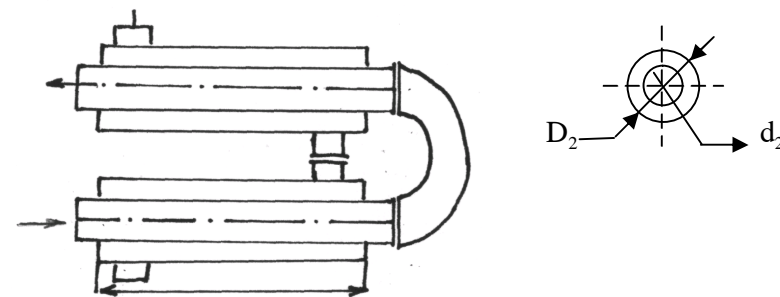
Қувур тахтасининг мустаҳкамлигини сақланиш шартига кўра S (м) танланади:

$$S = (1,3+1,5) d_2$$

3.2. «ҚУВУР ҚУВУРДА» ИСИТГИЧИ

«Қувур қувурда» иситгичи секцияли иситгичнинг бир тури бўлиб, қувур ичига қувур диаметрига нисбатан кичик диаметрли қувур жойлаштирилади.

«Қувур қувурда» иситгичининг чизмаси 4-расмда кўрсатилган, унинг асосий конструктив ўлчамлари эса 3-жадвалда берилган.



4- расм. «Қувур қувурда» иситгичи

3- жадвал.

«Қувур қувурда» турдаги иссиқлик алмашинув аппаратларининг асосий конструктив ўлчамлари

Аппарат тури	Ташқи қувурлар диаметри ва девор қалинлиги, D_2+b , мм.	Ички қувурларнинг ташқи диаметри, девор қалинлиги, d_2+b , мм	Қувур узунлиги l , мм
ТТ38	76x4	38x2,5	3000
ТТ38	76x4	38x2,5	6000
ТТ76	108x4	76x4	3000
ТТ76	108x4	76x4	6000

3-жадвалдан стандарт иссиқлик алмаштиргични танлангандан кейин, иссиқлик алмаштиргичнинг битта секцияни иссиқлик алманишув юзаси қуйидаги тенгламага кўра ҳисобланади:

иссиқ иссиқлик ташувчи учун

$$f_{1\text{секци}} = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - d_2^2), \quad \text{бунда } D_1 = D_2 - 2\delta; \quad (14)$$

совуқ иссиқлик ташувчи учун

$$f_{2\text{секци}} = \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad \text{бунда } d_1 = d_2 - 2\delta; \quad (15)$$

1-жадвалда келтирилган аппаратдаги иссиқлик ташувчиларнинг оптимал тезлигини сақлаб туриш шarti иссиқлик ташувчиларнинг оқиб ўтувчи кўндаланг кесим юзаси f (4) ва (5) ифодалардан ҳисобланади. Параллел уланган секцияларнинг сони қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Z_1 = \frac{f_1}{f_{\text{секци}}} \quad (16)$$

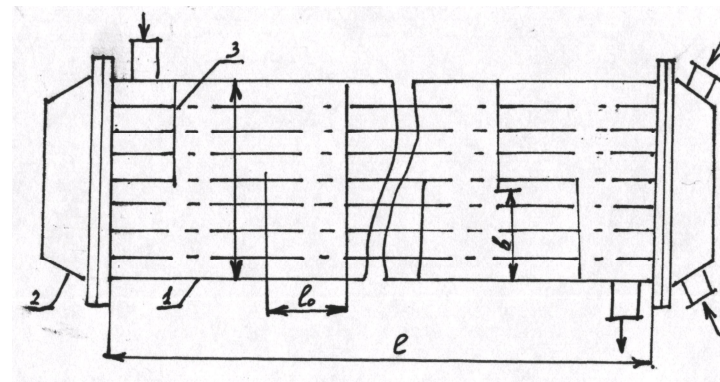
Халқали каналнинг эквивалентли диаметри:

$$d_{\text{экив}} = D_1 - d_2 \quad (17)$$

3.3. СЕГМЕНТ ТЎСИҚҚА ЭГА БЎЛГАН ҚУВУР ҚОПЛАМЛИ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИ

Қувур қопламали иссиқлик алмашинув аппарати қувурлар панжара ёрдамида маҳкамланган ва қопламалар билан чекланган қувурлар тўпламидан иборат. Қувур ва қувурлар орасидаги майдонда тўсиқлар билан бир неча йўллар ҳосил қилиш мумкин. Тўсиқлар иссиқлик ташувчининг тезлигини ва иссиқлик бериш коэффициентини орттиради. Бундай аппаратлар иссиқлик алмашинув юзаси катта бўлган ҳолларда қўлланилади. Бу аппаратларда исувчи суюқлик қувурларда, буг эса қувурлар оралиғи майдонига берилади.

Сувли қувур қопламали иссиқлик алмашинув аппаратининг чизмаси 5- расмда, унинг асосий конструктив тавсифлари эса 4- жадвалда келтирилган.



5- расм. Икки йўллик қувур қопламали иссиқлик алмашинув аппарати

1- корпус; 2- оқиб ўтиш камераси; 3- тўсиқлар.

Қувур қопламали иссиқлик алмашув аппаратларининг конструктив ўлчамларини танлаш қуйидаги кетма-кетликда амалга оширилади:

иссиқлик ташувчиларнинг сарфи бўйича қувурларнинг умумий сони қуйидагича аниқланади:

$$n = \frac{4G_2}{w_2 \rho_2 \pi d_1^2}, \quad \text{бунда } d_1 = d_2 - 2\delta \quad (18)$$

Иссиқлик ташувчининг тезлиги w_2 1- жадвалдан олинади.

Ҳисобланган қувурлар сони n нинг қиймати бўйича, 4- жадвалдан иссиқлик алмашинув аппарати ва унинг конструктив ўлчамлари танланади, бу қувурлараро юзада иссиқлик ташувчиларнинг тезлигини ҳисоблашда зарурдир.

Тўсиқсиз иссиқлик алмашинув аппаратининг қувурлараро ўтиш кесимининг юзаси қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$f_k = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - nd_2^2). \quad (19)$$

Тўсиқ ўрнатилганда қувурлараро ўтиш кесимининг торайиши кузатилади. Қувурлараро ўтиш кесимининг торайишини ҳисобга олувчи коэффициент:

4- жадвал

Кувур қопламали иссиқлик алмашиниш аппарати асосий конструкторив ўлчамлари

№№	Корпуснинг ички диаметри D, мм	Кувурнинг ташки диамет- ри ва девор қалинлиги, d ₂ +б, мм	Кувур узунлиги l, мм	Тўсиқлар ора- сидаги масо- фа, t, мм	Тўсиқлар сони, n, дона	Ўтиш жойлар сони z	Кувурлар сони n
1	2	3	4	5	6	7	8
1	159	20x2	1000	100	6	1	19
2			1500		6		
3			2000		10		
4			3000		14		
5	159	25x2	1000	100	6	1	13
6			1500		10		
7			2000		14		
8			3000		26		
9	273	20x2	1000	130	4	1	61
10			1500		8		
11			2000		12		
12			3000		20		
13	273	25x2	1000	130	4	1	42
14			1500		8		
15			2000		12		
16			3000		20		
17	325	20x2	1500	180	6	1	91
18			2000		8		
19			3000		14		
20			4000		18		
21	325	25x2	1500	180	6	1	61
22			2000		8		
23			3000		14		
24			4000		18		
25	325	20x2	1500	180	6	2	80
26			2000		8		
27			3000		14		
28			4000		18		
29	325	25x2	1500	180	6	2	52
30			2000		8		
31			3000		14		
32			4000		18		

$$\varphi = \frac{1 - \frac{d_2}{s}}{1 - 0,9\left(\frac{d_2}{s}\right)^2}, \quad (20)$$

бунда $s = (1,3 \div 1,6)$, d_2 – кувурлар орасидаги қадам, м.

Бу ҳолда иссиқлик ташувчининг оқиб ўтиш йулининг эквивалентли узунлиги қуйидагича аниқланади:

$$l_{\text{эқв}} = l_c + D_1 - L/3 \text{ в}, \text{ м}, \quad (21)$$

бунда $\text{в} = (0,2 \div 0,4) D_1$ – тўсиқ ойнасининг баландлиги.

Тўсиқ ўрнатилганда кувурлараро ўтиш кесимининг келтирилган юзаси қуйидагича аниқланади:

$$f_{\text{ц}}^1 = \frac{f_{\text{мТ}} l_c \varphi}{L_{\text{эқв}}}, \quad \text{м}^2 \quad (22)$$

Кувурлараро юзадаги иссиқлик ташувчининг тезлиги

$$W_1 = \frac{G_1}{\rho_1 f_{\text{мТ}}}, \quad \text{м/с} \quad (23)$$

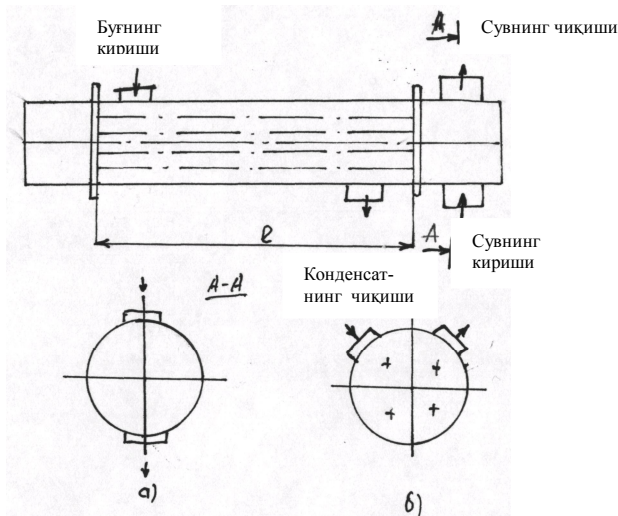
Такдим этилган усул билан ҳисобланган w қиймати, 1-жадвалда берилган оптимал тезлигидан фарқ қилиши мумкин, унда (23) тенгламадан ҳисобланган қийматдан кейинчалик фойдаланилади.

3.4. БУҒ-СУВЛИ ИСИТГИЧ

Буғ-сувли иситгич конденсат йўқолишини камайтириш ва тўлдириш учун кенг ишлатилади. Конденсатни сақлаб қолган ҳолда буғ-сувли иситгич юқори босимли иситувчи буғда кичик босимли буғ олинади.

Диаметрлари $d_1/d_2=16/20$ мм бўлган пўлат кувурлардан ташкил топган горизонтал жойлашган буғ-сувли иситгичнинг чизмаси 6- расмда келтирилган, унинг ўлчамлари эса 5-жадвалдан олинади. Сув оқиб ўтиш кесимининг юзаси бўйича иссиқлик алмашинув аппаратлари танланади, у 1-жадвалнинг

кўрсаткичлари ҳисобга олинган ҳолда (4) ва (5) тенгламаларига кўра ҳисобланади.



6- расм. Буғ-сувли иситгич
а) Икки йўллик б) Тўрт йўллик

5- жадвал

Буғ-сувли иситгичларнинг конструктив ўлчамлари

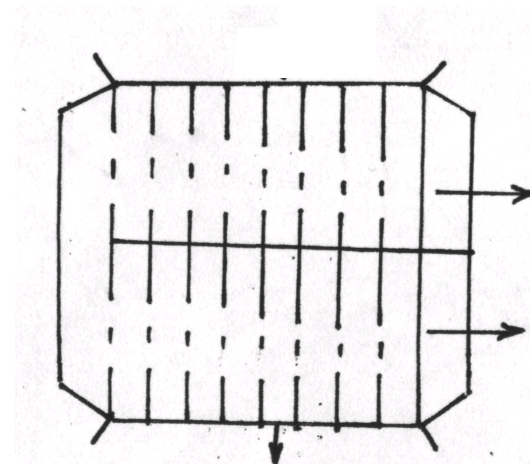
Иситгич №	Қувурлар сони ва узунлиги	Сув оқиб ўтиши кесимининг майдони, $f_2, \text{м}^2$		Корпуснинг ички диаметри $D, \text{мм}$
		4-йўлда	2-йўлда	
1	2	3	4	5
1	32x900	0,0012	0,0024	219
2	32x1200			
3	32x1600			
4	32x2000			
5	32x2400			
6	56x1200	0,0022	0,0044	265
7	56x1600			
8	56x2000			
9	56x2400			
10	172x900	0,0067	0,0134	414
11	172x1200			
12	172x1600			
13	172x2400			

3.5. ҚУВУРЛИ ҲАВО ИСИТГИЧ

Қувурли ҳаво қиздиргичда газ ва ҳаво ҳаракатланиб, у қувурлар тўпламидан ва пакетлардан иборат бўлади.

Газ ҳаво қувурли ҳаво иситгичининг чизмаси 7-расмда келтирилган, унинг конструктив ўлчамлари эса 6-жадвалда берилган.

Қувурлар пўлатдан ишланган, унинг диаметрлари $d_1/d_2=37/40 \text{ мм}$.



7-расм. Қувурли иситгичнинг пакети

Ҳаво иситгичлар турининг танланиши газларнинг оқиши кесимига кўра бажарилади, у 1-жадвалда баён қилинган тезликни танлаш учун тавсияларни инобатга олган ҳолда (4) ва (5) тенгламалар орқали ҳисобланади.

Қувурли ҳаво иситгични ҳисоблашда газ ва қувур юзаси орасидаги нурланиш йўли билан иссиқлик алмашинувини инобатга олиш зарур. Бу ҳисоблаш услуги 5.4 бўлимда (33) – (40) тенгламаларида баён қилинган.

6- жадвал

Қувурли ҳаво иситгичларнинг конструктив ўлчамлари

Катталиклар номи	Ҳаво иситгичлар					
	I		II		III	
	A	B	A	B	A	B
Пакетлар сони	2	2	1	1	1	1
Йўллар сони	2	2	2	2	2	1
Ҳаво бўйича	2	2	1	1	1	1
Газ бўйича:						
Қувурлар сони, дона	378	610	508	653	1349	1312
Газлар ўтиши учун кесим, м ²	0,203	0,326	0,545	0,648	1,54	1,41
Пакетнинг узунлиги, м	1,390	1,390	1,080	1,080	1,820	1,820
Пакетнинг эни, м.	1,170	1,652	1,300	1,600	1,260	1,260

4. ИССИҚЛИК УЗАТИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИ ҲИСОБЛАШ

Қувурли иссиқлик алмашинув аппаратларида диаметрлар нисбати $d_2/d_1 < 1,4$ бўлган ҳолати учун иссиқлик узатиш коэффицентини ясси девор учун қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2} + R}, \text{ Вт/м}^2\text{К} \quad (24)$$

бунда α_1 , α_2 – иссиқ ва совуқ иссиқлик ташувчиларнинг иссиқлик бериш коэффицентини, Вт/м²·К;

δ_c – қувур деворининг қалинлиги, м;

λ_c – қувур материалининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентини, Вт/м²·К;

R – термик қаршилик, Ом/кВт.

Иссиқлик бериш сиртининг ҳар икки тарафидаги термик қаршиликлари R 7-жадвалдан олинади,

$$\lambda_{\text{пўлат}} = 50 \text{ Вт/мК}; \quad \lambda_{\text{латун}} = 100 \text{ Вт/м·К}.$$

7- жадвал

Иссиқлик алмашинув аппаратларининг қувурларидаги турли зарарли моддаларнинг термик қаршиликлари

Иссиқлик ташувчилар ва зарарли моддалар	$R \cdot 10^4$, м ² к/Вт
Сув буғлари суюқликлар:	9
ариқ суви	1,7 ÷ 3,5
айланма сув	1,8 ÷ 2,3
денгиз суви	2,1 ÷ 5,3
Органик суюқликлар	
мойлар	
қаттиқ модда кўрнишидаги зарарли моддалар	3,5
қатлам	3,3
занг	5,0
гипс	8,3
оҳак	4,2

4.1. МАЖБУРИЙ КОНВЕКЦИЯДАГИ ЎРТАЧА ИССИҚЛИК БЕРИШ КОЭФФИЦИЕНТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

Иссиқлик ташувчиларнинг мажбурий конвекциядаги иссиқлик бериш коэффицентини ҳисоби мезонли тенгламага кўра бажарилади:

Суюқлик оқимининг ҳолати ламинар ёки турбулент эканлиги Re сони билан аниқланади.

$$Re = \frac{wd_0}{\gamma} \quad (25)$$

$Re_{кр} < 2300$ - ламинар оқим ҳолати

1) Қувур бўйлаб суюқликнинг ламинар оқимида иссиқлик алмашинуви

а) қовушқоқ ҳолатида ($Ra=Gr \cdot Pr < 3 \cdot 10^5$, $Re < Re_{кр}$)

$$\overline{Nu} = 1,55 \left(\frac{1}{Pe} \frac{\ell}{d} \right)^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu_c}{\mu_{ж}} \right)^{-0,14} \quad (26)$$

б) қовушқоқ-гравитацион ҳолатида

($Re_{кр}=2300+1740 \ln(1+10^{-5}Ra)$) (27)

(26) ифода $Ra \leq 10^8$; $0,6 < Pr \leq 10$ да тўғри бўлади.

$Ra = 10^8$ да $Re_{кр}=14300$ бўлади.

$$Gr_k = \frac{1,1 \cdot 10^3}{Pr \cdot Nu_n [1 - \exp(-100X)]^3} \quad (28)$$

(3)

X – келтирилган координата

$$X = \frac{x}{Pe \cdot d}$$

$$Pe = Re \cdot Pr$$

Иссиқлик ташувчини совитишда

$$\overline{Nu} = 4,36 \left[1 + \frac{Gr \cdot Pr}{1,8 \cdot 10^4} \right]^{0,045} \quad (29)$$

(4) ифода $50 < Re < Re_{кр} \leq 4 \cdot 10^7$;

$$Gr \cdot Pr < 4 \cdot 10^7$$

$0,6 < Pr \leq 10$ да тўғри бўлади.

2) Қувур бўйлаб суюқликнинг турбулент ҳаракатида иссиқлик алмашинуви

а) М.А.Михеев ифодаси

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr_c^{0,43} \left(\frac{Pr_c}{Pr_\theta} \right)^{0,25}, \quad (30)$$

(30) ифода $10^4 < Re < 10^5$ да тўғри бўлади.

б) Б.С.Петухов ифодаси

$$Nu = \frac{\xi}{8} Re \cdot Pr \frac{1}{1 + \frac{900}{Re} + 12,7 \sqrt{\frac{\xi}{8}} (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)}, \quad (31)$$

Бу ерда $\xi=0,79 \ln \frac{Re}{8}$ - ишқаланиш коэффициенти

(31) ифода $0,5 < Pr \leq 200$ ва $4 \cdot 10^3 < Re < 10 \cdot 10^6$ да тўғри бўлади.

3) Айлана канал бўйлаб турбулент ҳаракатда иссиқлик алмашинуви

$$Nu = 0,017 Re^{0,8} Pr_c^{0,4} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0,8} \left(\frac{Pr_c}{Pr_\theta} \right)^{0,25}, \quad (32)$$

(32) ифода $1,2 \leq \frac{d_2}{d_1} \leq 14$, $0,7 < Pr_2 \leq 100$,

$d_2 = d_2 - d_1$ аниқловчи ўлчамда тўғри бўлади.

4) Қувурлар тўпламида суюқликнинг иссиқлик бериши

а) коридорли тўплам учун

$$Nu = 0,27 Re^{0,63} Pr^{0,36} \left(\frac{Pr_c}{Pr_\theta} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_s, \quad (33)$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{S_2}{d} \right)^{-0,15}$$

б) шахматли тўплам учун

$S_1/S_2 < 2$ бўлганда:

$$Nu = 0,35 \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^{0,2} Re^{0,6} Pr^{0,36} \left(\frac{Pr_c}{Pr_\theta} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_s, \quad (34)$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{S_2}{d} \right)^{\frac{1}{6}}$$

$S_1/S_2 > 2$ бўлганда:

$$Nu = 0,4 Re^{0,6} Pr^{0,36} \left(\frac{Pr_c}{Pr_\theta} \right)^{0,25}, \quad (35)$$

$$\varepsilon_s = 1,12$$

(33-35) ифодалар $10^3 < Re < 2 \cdot 10^5$ бўлганда тегишли бўлади.

5) қувурлар тўплами бўйланма оқимда турбулент оқим ҳолатида $Re_{d_{\text{эвк}}} > 4 \cdot 10^5$

$$Nu = 0,34 Re^{0,6} Pr^{0,33} \left(\frac{Pr_c}{Pr_\delta} \right)^{0,25}, \quad (36)$$

6) Қувурлар оралиғидаги бўшлиқ:
(тўсиқлар бўлганда кўндаланг оқим)
(турбулент оқим $Re > 1000$)

$$Nu = 0,24 Re^{0,6} Pr^{0,36} \left(\frac{Pr_c}{Pr_\delta} \right)^{0,25}, \quad (37)$$

7) Горизонтал қувурда конденсациясида:

$$\bar{\alpha} = 0,693 \sqrt[4]{\frac{\lambda_c^3 (\rho_c - \rho_n) g r}{\nu_c (T_{\text{туй}} - \bar{T}_\delta) d}}, \quad \text{Вт/м}^2 \text{ град.} \quad (38)$$

4.2. ИССИҚЛИК УЗАТИШ СИРТЛАРИДАГИ ҲАРОРАТЛАРНИ ҲИСОБЛАШ

Иссиқлик бериш коэффициентларини ҳисоблашда иссиқлик узатиш сиртларидаги $t_{\delta 1}$ иссиқлик ташувчилари ҳароратлари ва $t_{\delta 2}$ – совуқ иссиқлик ташувчи ҳароратини билиш керак. Одатга кўра, бу ҳароратлар номаълум $t_{\delta 1}$ ва $t_{\delta 2}$ ҳароратларини аниқлаш учун тахминий кетма-кетлик усулидан фойдаланилади. $\bar{\alpha}$ ҳисоблашдан аввал $t_{\delta 1}$ ва $t_{\delta 2}$ ҳароратларининг дастлабки қийматлари қабул қилинади. Уларнинг тахминий қийматларини аниқлашда қуйидаги тенгламалар тавсия этилади:

$$t_{\delta 1} = t_1 - 10, ^\circ C \quad (39)$$

$$t_{\delta 2} = t_2 + 10, ^\circ C \quad (40)$$

бунда \bar{t}_1 ва \bar{t}_2 - (6) тенгламага кўра ҳисобланади.

Сўнгра иссиқлик бериш коэффициентлари $\bar{\alpha}_1$ ва $\bar{\alpha}_2$ ни ҳисоблагандан кейин $t_{\delta 1}$ ва $t_{\delta 2}$ ҳароратлар қийматини аниқлаш зарур.

Бунинг учун иссиқ оқимнинг зичлиги аниқланади:

$$q = K \bar{\Delta t}, \quad \text{Вт/м}^2$$

ва t_{c1} ва t_{c2} аниқланган қийматлари ҳисобланади.

$$t_{\delta 1} = t_1 - \frac{q}{\bar{\alpha}_1}, ^\circ C \quad (41)$$

$$t_{\delta 2} = t_2 - \frac{q}{\bar{\alpha}_2}, ^\circ C \quad (42)$$

Агарда t_{c1} ва t_{c2} ҳароратлар (41) ва (42) тенгламаларга кўра ҳисобланганда дастлабки (39) ва (40) тенгламалар бўйича $1^\circ C$ га

фарқ қилса $\bar{\alpha}_1$ ва $\bar{\alpha}_2$ ларни ҳисоби қайтарилади, бунда $t_{\delta 1}$ ва $t_{\delta 2}$ янги қиймати сифатида (41) ва (42) тенгламаларига кўра ҳисобланган қийматларини қабул қилиш мақсадга мувофиқ бўлади ва қуйидаги шартни бажарилишигача қайтарилади:

$$\left| t_{c1}^{\delta ep} - t_{c1}^{xuc} \right| < 1^\circ C \quad \text{ва} \quad \left| t_{c2}^{\delta ep} - t_{c2}^{xuc} \right| < 1^\circ C \quad . \quad (43)$$

4.3. МУРАККАБ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИДА ЎРТАЧА ИССИҚЛИК БЕРИШ КОЭФФИЦИЕНТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

Қувурли ҳаво иситгичларнинг ҳисобини бажаришда газ ва қувур юзаси орасида нурланиш йўли билан иссиқлик алмашинувини инобатга олиш зарур. Бу ҳолда газдан қувур юзасига умумий иссиқлик бериш коэффициент α_0 қуйидагига тенг:

$$\alpha_0 = \alpha_\kappa + \alpha_{нур} \quad (44)$$

бунда $\alpha_{нур}$ – нурланиш йўли билан узатилган иссиқлик улушини инобатга олади ва куйидагича аниқланади.

$$\alpha_{нур} = \frac{q_{нур}}{T_2 - T_e} \quad (45)$$

Нурланиш йўли билан берилган солиштирма иссиқлик оқими:

$$q_{нур} = \varepsilon_{келт} C_0 \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_e}{100} \right)^4 \right] . \quad (46)$$

Иссиқлик алмашинув аппаратининг келтирилган қоралик даражаси:

$$\varepsilon_{келт} = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_r (1 - \varepsilon_c)} , \quad (47)$$

\bar{t}_r даги тутун газларининг қоралик даражаси

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{H_2O} + \varepsilon_{CO_2} - \Delta\varepsilon , \quad (48)$$

\bar{t}_c даги тутун газларининг қоралик даражаси

$$\varepsilon_g = \varepsilon_{H_2O}^c + \varepsilon_{CO_2}^c - \Delta\varepsilon , \quad (49)$$

Иссиқлик алмашинувчи қувурлар деворларининг ўртача ҳарорати

$$\bar{t}_c = \frac{t_{c1} + t_{c2}}{2} \quad (50)$$

ε_{H_2O} , ε_{CO_2} , $\varepsilon_{H_2O}^c$, $\varepsilon_{CO_2}^c$ - қоралик даражаларининг қийматларини 8- ва 9- расмлардаги номограммаларга асосланиб, газнинг \bar{t}_r ва қувурлар деворларининг \bar{t}_c ҳароратларига асосланиб аниқланади. $\Delta\varepsilon$ нолга тенг деб қабул қилинган.

Номограммалардан фойдаланилганда 9- ва 10-расмларга куйидаги тенгламадан аниқланадиган нур йўлининг узунлигини билиш зарур.

$$L = 0,9 \frac{4V}{F} \quad (51)$$

бунда V – иссиқлик алмашинув аппаратининг қувурлараро юзасининг ҳажми, m^3 ;

F – иссиқлик алмашинувчи қувурлар юзасининг йиғиндиси, m^2 .

Ўртача таркибли тутун газлари учун парциал босимларни $P_{H_2O} = 0,011 \text{ МПа}$ ва $P_{CO_2} = 0,012 \text{ МПа}$ га тенг деб қабул қилиш лозим.

4.4. ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИ АСОСИЙ КОНСТРУКТИВ ЎЛЧАМЛАРИНИНГ ҲИСОБИ

Иссиқлик алмашинув F юзаси куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_n} , \quad m^2 , \quad (52)$$

бунда иссиқлик узатиш коэффициенти K , t_{c1} , t_{c2} охириги ҳароратлар ҳисобланган натижага кўра қабул қилинади (4.3-банди). Ҳосил қилинган қиймат F битта секциянинг ҳақиқий юзаси $F_{секц}$ билан солиштирилади.

$$F_{секц} = \pi \cdot \Delta_{урт} \cdot l \cdot n , \quad m^2 \quad (53)$$

Агар $F > F_{секц}$ бўлса, унда секциялар сони Z аниқланади.

$$Z = \frac{F}{F_{секц}} . \quad (54)$$

Агар аппарат битта секциядан иборат бўлса, унда унинг узунлиги куйидаги тенгламага кўра аниқланади.

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{урт} \cdot n} , \quad m \quad (55)$$

қувурнинг ўртача диаметри

$$d_{урт} = \frac{d_1 + d_2}{2}, м \quad (56)$$

Иссиқлик ташувчилар бериладиган ёки олиб кетиладиган қувурчаларнинг ўртача диаметрини қуйидаги тенгламага кўра ҳисобланади:

$$D_i = \sqrt{\frac{4G_i}{\rho_i w_i \pi}}, м^2 \quad (57)$$

бунда G_i – сарф, кг/с;
 ρ_i – зичлик, кг/м³;
 w_i – ҳисобланган қувурча орқали ўтадиган иссиқлик ташувчи оқимининг тезлиги, м/с (1-жадвал).

5. ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИНИНГ ГИДРАВЛИК ҲИСОБИ

Насос ёки вентиляторнинг қувватини аниқлаш мақсадида, энг аввал совуқ ёки исиқ иссиқлик ташувчиларни ҳаракатланиши учун зарур бўлган аппаратнинг гидравлик қаршилиги $\Delta\rho$ ни аниқлаш лозим:

$$\Delta\rho = \Sigma\Delta\rho_{ишк} + \Sigma\Delta\rho_m + \Sigma\Delta\rho_T + \Sigma\Delta\rho_{сур}, \quad (58)$$

бунда $\Sigma\Delta\rho_{ишк}$ – ишқаланишда босим йўқотишларининг йиғиндиси, Па;
 $\Sigma\Delta\rho_m$ – маҳаллий қаршилиқда босим йўқотишларининг йиғиндиси, Па;
 $\Sigma\Delta\rho_T$ – оқим тезланишида босим йўқотишларининг йиғиндиси, Па;
 $\Sigma\Delta\rho_{сур}$ – ўзининг сурилишини енгишида босим йўқотишларининг йиғиндиси, Па;

Ишқаланишда босим йўқотишлари қуйидаги тенгламага кўра ҳисобланади:

$$\Sigma\Delta P_{ишк} = \xi_{ишк} \frac{l}{d_{эКВ}} \frac{\rho\omega^2}{\eta}, Па \quad (59)$$

бунда l – каналнинг тўлиқ узунлиги, м;
 $d_{эКВ}$ – каналнинг эквивалент диаметри, м;
 $\xi_{ишк}$ – ишқаланишнинг гидравлик қаршилиқ коэффициентлари.

$l > 30d$ гача бўлган каналлар учун қовушқоқлиги изотермик бўлмаган оқимда ρ ва w каналдаги газ ёки суюқликнинг ўртача зичлиги, кг/м³ ва ўртача тезлиги м/с; ξ – ишқаланиш қаршилиқ коэффициентлари ўзгармайди.

Ишқаланиш қаршилиқ коэффициентлари оқимнинг ҳаракатланиш тартибига боғлиқ ва шунинг учун у ламинар ва турбулент оқимларида ҳар хил аниқланади.

Ламинарли изотермик бўлмаган ҳаракатланишда ($Re < 2300$)

$$\xi = \xi_{из} (\mu_c / \mu_1)^n, \quad (60)$$

бунда изотермик оқимдаги ишқаланиш қаршилиги коэффициентлари

$$\xi = \frac{1}{(1,82 \lg Re_c - 1,64)^2}, \quad (61)$$

бу ерда

$$n = c \left(Re_1 Pr_1 \frac{d}{l} \right)^{-m} \cdot \left(\frac{\mu_c}{\mu_1} \right)^{-0,062}, \quad (62)$$

$$c=2,3 \text{ ва } m=0,3 \quad 60 < Re_1 Pr_1 \frac{d}{l} < 1500 \text{ да}$$

$$c=0,535 \text{ ва } m=0,1 \quad 1500 < Re_1 Pr_1 \frac{d}{l} < 3 \cdot 10^4 \text{ да}$$

Re_1 ва Pr_1 қийматлари эквивалентли диаметр бўйича ҳисобланади ва физик параметрлар каналга киришдаги ҳароратга тегишлидир, қовушқоқлик μ_0 ва μ_1 коэффициентлари эса деворнинг ҳароратларига ва оқимнинг ҳароратига тааллуқлидир.

Турбулент изотермик бўлмаган ҳаракатланишда ξ (49) ва (50) тенгламалар орқали аниқланади, фақат $(\mu_c / \mu_1)^n$ ўрнига $(Pr_c / Pr_c)^{1/3}$ қўйилади. Бунда Pr_c суюқликнинг ўртача ҳароратига тегишлидир.

Қувурлар тўпламининг кўндаланг ювилишида ҳаракатланиш тартиби турбулентли деб қабул қилинган ва бу ҳолда қувурларнинг шахматли тўплами учун:

$$\frac{S_1}{d} < \frac{S_2}{d} \text{ да } \xi = (4 \div 6,6 \cdot n) Re^{-0,28} \cdot Z; \quad (63)$$

$$\frac{S_1}{d} > \frac{S_2}{d} \text{ да } \xi = (5 \div 3,4 \cdot n) Re^{-0,23} \cdot Z; \quad (64)$$

Йўлакчи тўпламлар учун:

$$\xi = (6 \div 9n) \left(\frac{S_2}{d} \right)^{-0,23} Re^{-0,26} \cdot Z; \quad (65)$$

бунда: n - оқим йўналиши бўйича тўпламлардаги қаторлар сони;
 Z - қувурлараро юзадаги йўллар сони.

Маҳаллий қаршиликда босим йўқотишлари қуйидаги тенгламага кўра ҳисобланади.

$$\Delta P_{\max} = \sum \xi_{\max} \frac{\rho W^2}{2} \cdot n \cdot a, \quad (66)$$

бунда ξ_{\max} - маҳаллий қаршилик коэффициентлари.

Маҳаллий қаршилик коэффициентлари қиймати ξ_{\max} 10-жадвалда келтирилган.

Каналларнинг доимий кесимида иссиқлик ташувчининг ҳажми ўзгариши туфайли, оқимнинг тезланиши билан келиб чиққан босим йўқотишлари қуйидаги тенглама орқали ҳисобланади.

$$\Delta P_y = \rho_2 W_2^2 - \rho_1 W_1^2, \quad \text{Па} \quad (67)$$

бунда $W_1 \rho_1$, $W_2 \rho_2$ - оқимнинг кириш ва чиқиш кесимларидаги иссиқлик ташувчиларнинг тезликлари ва зичликлари

Томчили суюқликлар учун ΔP_y кичик ва уни инобатга олмасам бўлади.

Ўзининг сўрилишини енгишда босим йўқотишлари аппарат атроф-муҳит билан алоқаси бор ҳоллардагина ҳисобга олинади. Берилган топшириқларда ΔP_y йўқ

(47) тенглама ёрдамида аппаратнинг тўлиқ гидравлик қаршилиги аниқлангандан кейин, ҳар қандай иссиқлик ташувчининг ҳаракатланишдаги зарур бўлган насос ва вентиляторларнинг қуввати ҳисобланади:

$$N_i = \frac{V_i \Delta P}{\eta_i} = \frac{G_i \Delta P}{\rho_i r_i} 10^{-3}, \quad \text{кВт}, \quad (68)$$

бунда: V_i - иссиқлик ташувчининг ҳажмий сарфи, м³/с;

G_i - иссиқлик ташувчининг массавий сарфи, кг/с;

ΔP - гидравлик қаршилиги, Па;

ρ_i - керакли иссиқлик ташувчининг зичлиги, кг/м³;

$\eta_i = 0,6 + 0,7$ - насос ёки вентиляторнинг ФИКи.

6. ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВ АППАРАТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ УЧУН БОШЛАНГИЧ МАЪЛУМОТЛАР ВАРИАНТИ

9-жадвал

6.1. Секцияли иситгичлар

Вариант №	Иссиқлик ташувчилар		Иссиқлик ташувчиларнинг сарфи, кг/с		Иссиқлик ташувчиларнинг ҳароратлари		
	Иссиқ	Совуқ	Иссиқ	Совуқ	$t_1', ^\circ C$	$t_1'', ^\circ C$	$t_2', ^\circ C$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сув	Сув	1,6	1,3	160	100	20
2	Сув	Сув	1,8	5,2	180	80	40
3	АМТ-300 мойи	Сув	3,5	1,7	110	60	10
4	Трансформатор мойи	Сув	4,5	6,6	115	40	15
5	Сув	Сув	6,0	7,3	180	100	
6	Сув	Сув	0,95	1,2	130	60	10
7	МС-20 мойи	Сув	2,0	2,4	130	55	15
8	Трансформатор мойи	Сув	1,5	3,3	120	45	15
9	Сув	Сув	3,3	5,3	140	90	35
10	АМТ-300 мойи		4,0	5,0	140	65	10

6.2. Қувур-қувурда

Вариант №	Иссиқлик ташувчилар		Иссиқлик ташувчиларнинг сарфи, G, кг/с		Иссиқлик ташувчиларнинг ҳароратлари		
	Иссиқ	Совуқ	Иссиқ	Совуқ	$t_1', ^\circ C$	$t_2', ^\circ C$	$t_2'', ^\circ C$
1	2	3	4	5	6	7	8
11	Сув	Сув	1,1	0,8	185	25	95
12	Трансформатор мойи	Сув	2,8	1,4	140	10	90

1	2	3	4	5	6	7	8
13	АМТ-300 мойи	Сув	2,3	1,0	125	40	95
		Сув	2,5	2,4	145	20	65
14	Сув	Сув	0,8	1,2	160	30	80
15	Сув	Сув	3,3	0,9	115	20	85
16	Трансформатор мойи	Сув	2,0	2,9	130	20	65
17	Мой МС-20 мойи						

6.3. Қувур қопламали иссиқлик алмашинув аппарати (сегментли тўсиқлар билан)

Вариант №	Иссиқлик ташувчилар		Иссиқлик ташувчиларнинг сарфи, G, кг/с		Иссиқлик ташувчиларнинг ҳарорати		
	Иссиқ	Совуқ	Иссиқ	Совуқ	$t_1', ^\circ C$	$t_2', ^\circ C$	$t_2'', ^\circ C$
18	Сув	Сув	4,5	3,5	140	5	90
19	Трансформатор мойи	Сув	2,5	3,0	150	20	75
20	Сув	АМТ-300 мойи	0,5	1,0	130	5	65
21	Сув	Сув	5,0	3,5	120	15	80
22	Сув	Сув	2,0	4,5	110	20	75
23	МС-20 мойи	Сув	2,8	1,9	140	15	80
24	Сув	Сув	4,7	3,9	160	25	95
25	Сув	Сув	4,6	5,2	150	10	85

6.4. Буғ-сувли иситгич

Вариант №	Совуқ сувнинг сарфи, G_2 , кг/с	Буғнинг босими P, МПа	Сувнинг ҳарорати	
			Киришдаги $t_2', ^\circ C$	Чиқишдаги $t_2'', ^\circ C$
26	3	0,15	20	75
27	4	0,2	10	85
28	5	0,25	20	80
29	6	0,3	10	85
30	7	0,35	15	90
31	4,5	0,4	5	80
32	5,5	0,45	5	90
33	6,5	0,5	10	85

6.5. Қувурли ҳаво иситгич

Вариант №	Ўтхона газларининг сарфи $V, м^3/с$	Ҳаво сарфи $V_2, м^3/с$	ҳароратлар $^\circ C$		
			$t_1', ^\circ C$	$t_1'', ^\circ C$	$t_2', ^\circ C$
34	4500	3000	650	300	5
35	6000	3500	550	270	10
36	3000	4000	900	350	15
37	4000	4500	950	450	20
38	7000	5000	700	400	25
39	8000	5500	850	430	30
40	5500	6000	750	320	5

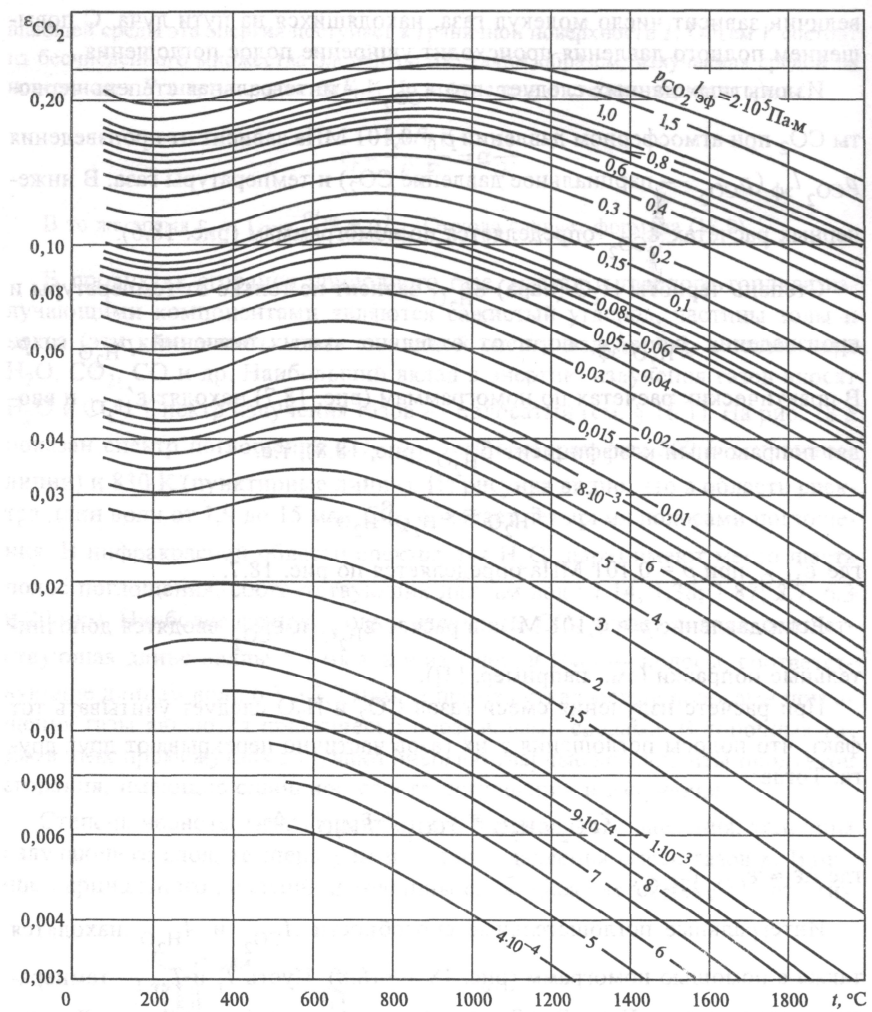
6.6. Вариантлар

Рейтинг дафтарчасининг охириги икки рақами	00 61 97	01 41 80	02 42 92	03 44 94	04 43	05 22	06 35 45	07 47	08 23 74	09 48 68
Вариант номери	24	1	11	18	2	26	12	3	34	19
Рейтинг дафтарчасининг охириги икки рақами	10 49 96	11 50 76	12 64 83	13 52	14 57	15 36 54	16 55 84	17 39	18 60 78	19 58 86
Вариант номери	4	13	28	5	20	14	6	32	7	15

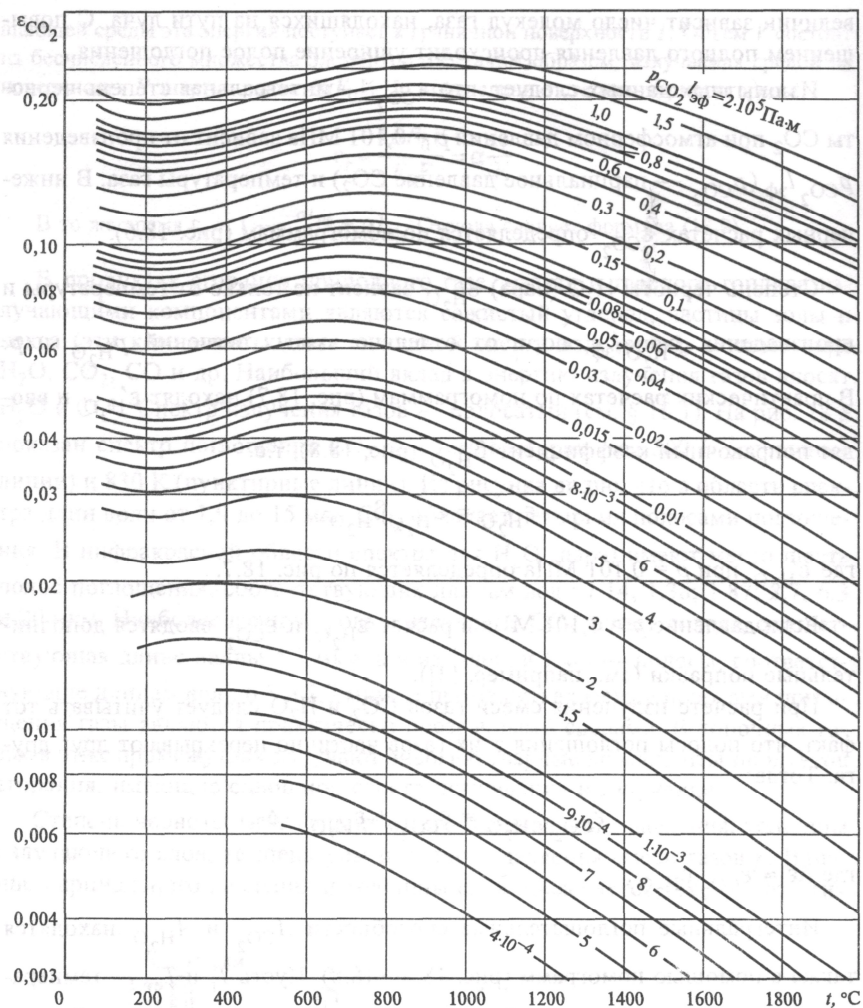
Рейтинг дафтарчасининг охириги икки рақами	20 73	21 32 63	24 30 77	26 71 89	27 87	25 62 95	28 99	29 66 81	31 40 69	33 46
Вариант номери	21	8	22	40	10	16	33	17	29	35

Рей- тинг дафтар- часи- нинг охирги икки рақами	34 53	37 98	38 82	51 67	56 91	59 93	65 72	70 90	75 88	79 85
Ва- риант номери	27	39	23	25	38	31	36	39	30	37

Вариант талаба рейтинг дафтарчасининг охирги иккита рақамига тўғри келади.

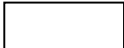
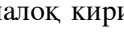


8-расм. ε_{CO_2} учун ҳароратга боғлиқ қоралиқ даражаси



9-расм. ε_{H_2O}' учун ҳароратга боғлиқ қоралик даражаси

Маҳаллий қаршилик коэффициентлари

№/№	Участканинг тавсифи	ξ қиймати
1.	Кириш ва чиқиш камераларида зарба ва бурилиш	1,5
2.	Оралиқ камерасидан биринчи секциядан иккинчисига 180° га бурилиш	2,5
3.	Секцияли конструкцияларда U-симон қувур орқали биринчи секциядан иккинчисига 180° га бурилиш	2,0
4.	Ишчи оқимига 90° бурчак остида қувурлараро майдонига кириш	1,5
5.	U-симон қувурчада 180° га бурилиш	0,5
6.	Қувурлараро оқим учун биринчи секциядан иккинчисига 180° га бурилиш	1,5
7.	Қувурлараро оқим учун биринчи секциядан иккинчисига ўтиш	2,5 0,5-1,0
8.	Қувурчаларни қувватлайдиган тўсиқларни олиб ўтиш	1,0
9.	90° бурчак остида қувурлараро майдондан чиқиш	0,5
10.	Катта ҳажмли идишдан қувурга кириш: а) ўткир кириш четлари орқали →  б) думалоқ киришда → 	0,5-0,25 1,0
11.	Катта ҳажмли идишга қувурдан чиқиш	$\xi = \left(1 - \frac{f_1}{f}\right)^2$
12.	Бирданига кенгайиш	
13.	Бирданига торайиш	
14.	90° га кескин бурилиш (U симон қувур)	
15.	90° га раvon бурилиш	

11-жадвал

Курук ҳавонинг иссиқлик-физик хусусиятлари
($P = 760 \text{ мм.с.м.уст.} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$)

$t, ^\circ \text{C}$	ρ $\text{кг} / \text{м}^3$	c_p $\frac{\text{кЖ}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$	$\lambda \cdot 10^{-2}$ $\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})}$	$a \cdot 10^6$ $\text{м} / \text{с}$	$\mu \cdot 10^6$ $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\gamma \cdot 10^6$ $\text{м}^2 / \text{с}$	P_r
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	6,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698
60	1,060	1,005	2,90	26,2	20,1	18,97	0,696
70	1,029	1,009	2,96	28,6	20,6	20,02	0,694
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
90	0,972	1,009	3,13	31,9	21,5	22,10	0,690
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	23,45	0,686
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,680
250	0,674	1,038	4,27	61,0	27,4	40,61	0,677
300	0,615	1,047	4,60	71,6	29,7	48,33	0,674
350	0,566	1,059	4,91	81,9	31,4	55,46	0,676
400	0,524	1,068	5,21	93,1	33,0	63,09	0,678
500	0,456	1,093	5,74	115,3	36,2	79,38	0,687
600	0,404	1,114	6,22	138,3	39,1	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,71	163,4	41,8	115,4	0,706
800	0,329	1,156	7,18	188,8	44,3	134,8	0,713

12- жадвал

Атмосфера босимида тугун газларнинг иссиқлик
физикавий хусусиятлари (парциал босим
 $P_{\text{CO}_2} = 0,013 \text{ МПа}, P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,011 \text{ МПа}$)

$t, ^\circ \text{C}$	ρ $\text{кг} / \text{м}^3$	c_p $\frac{\text{кЖ}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$	$\lambda \cdot 10^{-2}$ $\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})}$	$a \cdot 10^6$ $\text{м} / \text{с}$	$\mu \cdot 10^6$ $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\gamma \cdot 10^6$ $\text{м}^2 / \text{с}$	P_r
0	1,295	1,042	2,28	16,9	15,8	12,20	0,72
100	0,950	1,068	3,13	30,8	20,4	21,54	0,69
200	0,748	1,097	4,01	48,9	24,5	32,80	0,67
300	0,617	1,122	4,84	69,9	28,2	45,81	0,65
400	0,525	1,151	5,70	94,3	31,7	60,38	0,64
500	0,457	1,185	6,56	121,1	34,8	76,30	0,63
600	0,405	1,214	7,42	150,9	37,9	93,61	0,62
700	0,363	1,239	8,27	183,8	40,7	112,1	0,61
800	0,330	1,264	9,15	219,7	43,4	131,8	0,60
900	0,301	1,290	10,0	258,0	45,9	152,5	0,59
100	0,275	1,306	10,90	303,4	48,4	174,3	0,58
110	0,257	1,323	11,75	345,5	50,7	197,1	0,57
120	0,240	1,340	12,62	392,4	53,0	221,0	0,56

13- жадвал

АМТ мойининг иссиқлик-физик хусусиятлари

$t, ^\circ \text{C}$	P МПа	ρ $\text{кг} / \text{м}^3$	$\lambda \cdot 10^{-2}$ $\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})}$	h_1^1 $\text{кЖ} / \text{кг}$	c_p $\frac{\text{кЖ}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$	$\gamma \cdot 10^6$ $\text{м}^2 / \text{с}$	P_r
20	2	959	0,120	31,2	1,6	159	2030
40	-	948	0,119	64,0	1,68	44,6	596
60	-	937	0,117	96,5	1,73	16,8	233
80	-	925	0,115	134,5	1,81	8,46	123
100	-	913	0,114	170,0	1,87	5,17	77,6
120	-	901	0,112	208,2	1,97	4,44	53,8
140	0,9	889	0,111	248,0	2,01	2,47	39,7
160	1,8	879	0,108	288,0	2,08	1,77	29,8
180	1,8	863	0,106	330,0	2,14	1,31	22,9
200	2,8	849	0,104	374,0	2,22	1,09	19,9
220	4,2	835	0,102	418,0	2,28	0,91	16,5
240	6,5	822	0,100	462,0	2,34	0,77	15,0

14- жадвал

Тўйиниш чизиғидаги буғнинг
иссиқлик-физик хусусиятлари

$P, \text{МПа}$	$t_{\text{б}}^0, \text{с}$	$r, \text{кЖ} / \text{кг}$
0,15	111,4	2226
0,2	120,2	2202
0,25	127,4	2182
0,3	133,5	2164
0,35	138,9	2148
0,4	143,6	2133
0,45	147,9	2121
0,5	151,8	2109

15- жадвал

Трансформатор мойниниғ ҳароратга боғлиқ
иссиқлик-физик хусусиятлари

$t, \text{°C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$C_p, \text{кДж/ (кгК)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/ (мК)}$	$\mu \cdot 10^6, \text{Па с}$	$\gamma \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$a \cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta \cdot 10^4, \text{К}^{-1}$	P_r
0	892,5	1,549	0,1123	629,8	70,5	8,14	6,80	866
10	886,4	1,620	0,1115	335,5	37,9	7,83	6,85	484
20	880,3	1,666	0,1106	198,2	22,5	7,56	6,90	298
30	874,2	1,729	0,1098	128,5	14,7	7,28	6,95	202
40	868,2	1,788	0,1090	89,4	10,3	7,03	7,00	146
50	862,1	1,846	0,1082	65,3	7,58	6,80	7,05	111
60	856,0	1,905	0,1072	49,5	5,78	6,58	7,10	87,8
70	850,0	1,964	0,1064	38,6	4,54	6,36	7,15	71,3
80	843,9	1,026	0,1056	30,8	3,66	6,17	7,20	59,3
90	837,8	1,085	0,1047	25,4	3,03	6,00	7,25	50,5
100	831,8	1,144	0,1038	21,3	2,56	5,83	7,30	43,9
110	825,7	1,202	0,1030	18,1	2,20	5,67	7,35	38,8
120	819,6	1,261	0,1022	15,7	1,92	5,50	7,40	34,9

16-жадвал

МС-20 мойниниғ ҳароратга боғлиқ
иссиқлик-физик хусусиятлари

$t, \text{°C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$C_p, \text{кЖ/ (кг К)}$	$C_p, \text{кЖ/ (кг К)}$	$\mu \cdot 10^4, \text{Н}_a \text{с}$	$\mu \cdot 10^4, \text{Н}_a \text{с}$	$\alpha \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta \cdot 10^4, \text{К}^{-1}$	P_r
0	903,6	1,980	0,135	-	-	7,58	6,24	-
10	897,9	2,010	0,135	-	-	7,44	6,31	-
20	892,3	2,043	0,134	10026	1125	7,30	6,35	15400
30	866,6	2,072	0,132	4670	526	7,19	6,38	7310
40	881,0	2,106	0,131	2433	276	7,08	6,42	3890
50	875,3	2,135	0,130	1334	153	7,00	6,46	2180
60	869,6	2,165	0,129	798,5	91,9	6,86	6,51	1340
70	864,0	2,198	0,129	498,3	58,4	6,75	6,55	865
80	858,3	2,227	0,127	336,5	39,2	6,67	6,60	588
90	852,7	2,261	0,126	234,4	27,5	6,56	6,64	420
100	847,0	2,290	0,126	171,7	20,3	6,44	6,69	315
110	841,3	2,320	0,124	132,4	15,7	6,36	6,73	247
120	835,7	2,353	0,123	101,0	12,1	6,25	6,77	193
130	830,0	2,382	0,122	79,76	9,61	6,17	6,82	156
140	824,4	2,420	0,121	61,80	7,50	6,08	6,87	123
150	818,7	2,445	0,120	53,17	6,50	6,00	6,92	108

Тўйиниш чизигидаги сувнинг иссиқлик-физик хусусиятлари

t, °C	$\rho \cdot 10^{-5}$, Па	ρ , кг/м ³	h' , кДж/кг	C_p , кДж/ (кгК)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/мК	$a \cdot 10^8$, м ² /с	$\mu \cdot 10^5$, Па с	$\gamma \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, К ⁻¹	$\sigma \cdot 10^4$, Н/м	Pr
0	1,013	999,9	0	4,212	55,1	13,1	1788	1,789	-0,63	756,4	13,67
10	1,013	999,7	42,04	4,191	57,4	13,7	1306	1,306	+0,7	741,6	9,52
20	1,013	998,2	63,91	4,183	59,9	14,3	1004	1,006	1,82	726,9	7,02
30	1,013	995,7	125,7	4,174	61,8	14,9	801,5	0,805	3,21	712,2	5,42
40	1,013	992,2	167,5	4,174	63,5	15,3	653,3	0,659	3,87	696,5	4,31
50	1,013	988,1	209,3	4,174	64,8	15,7	549,4	0,556	4,49	676,9	3,54
60	1,013	983,2	251,1	4,179	65,9	16,0	469,9	0,478	5,11	662,2	2,98
70	1,013	977,8	293	4,187	66,8	16,3	406,1	0,415	5,70	643,5	2,55
80	1,013	971,8	335,0	4,195	67,4	16,6	355,1	0,365	6,32	625,9	2,21
90	1,013	965,3	377,0	4,208	68,0	16,8	314,9	0,326	6,95	607,2	1,95
100	1,013	958,4	419,1	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	7,52	588,6	1,75
110	1,43	951,0	461,4	4,233	68,5	17,0	259,0	0,272	8,08	569,0	1,60
120	1,98	943,1	503,7	4,250	68,6	17,0	237,4	0,252	6,64	548,4	1,47
130	2,70	934,8	546,4	4,266	68,6	17,2	217,8	0,233	9,19	528,8	1,36
140	3,61	926,1	589,1	4,287	68,5	17,2	201,1	0,217	9,72	507,2	1,26
150	4,76	917,0	632,2	4,313	68,4	17,3	186,4	0,203	10,3	486,6	1,17
160	6,18	907,4	675,4	4,346	68,3	17,3	173,6	0,191	10,7	466,0	1,10
170	7,92	897,3	719,3	4,380	67,9	17,3	162,8	0,181	11,3	443,4	1,05
180	10,03	886,9	763,3	4,417	67,4	17,2	153,0	0,173	11,9	422,8	1,00
190	12,55	876,0	807,8	4,459	67,0	17,1	144,2	0,165	12,6	400,2	0,96
200	15,55	863,0	852,5	4,505	66,3	17,0	136,4	0,158	13,3	376,7	0,93
210	19,08	852,8	897,7	4,555	65,5	16,9	130,5	0,153	14,1	354,1	0,91
220	23,20	840,3	943,7	4,614	64,5	16,6	124,6	0,148	14,8	331,6	0,89
230	27,98	827,3	990,2	4,681	63,7	16,4	119,7	0,145	15,9	310,0	0,88
240	33,48	813,48	1037,5	4,756	62,8	16,2	114,8	0,141	16,8	285,5	0,87
250	39,78	799,0	1085,7	4,844	61,8	15,9	109,9	0,137	18,1	261,9	0,86

Адабиётлар

1. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий /Под общ.ред. - Б.Н.Голубкова.- М.: Энергия, 1972.
2. Теплотехника. /Под ред. В.Н.Луканина. - М.: Высшая школа, 2000.
3. В.П.Исаченко, В.А.Осипова, А.С.Сукомел. Теплопередача. - М.: Энергия, 1975.
4. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. – М.: Машиностроение –1, 2002.
5. Баскаков А.П. Теплотехника. – М.:Энергоатомиздат , 1999
6. Гурович Б.М., Тактаева Л.Н., Воробьев А.Н. Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативных теплообменных аппаратов.- Ташкент, 1992.
7. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. – М.: МЭИ, 2001.
8. http://dhes.ime.mrsu.ru/studies/tot/tot_lit.htm
9. http://rbip.bookchamber.ru/description.aspx?product_no=854
10. <http://energy-mgn.nm.ru/progr36.htm>

МУНДАРИЖА

Кириш	
1. Рекуператив иссиқлик алмашинув аппарат-ларининг иссиқлик ҳисоби. Иссиқлик баланси	4
2. Иссиқлик ташувчиларнинг орасидаги ўртача ҳароратлар фарқи	6
3. Асосий конструктив ўлчамларни олдиндан аниқлаш ва иссиқлик узатиш юзасининг жамланиши	8
3.1. Секцияли иситгич	8
3.2. «Қувур қувурда» иситгичи	10
3.3. Сегмент тўсиққа эга бўлган қувур қопламли иссиқлик алмашинув аппаратлари	11
3.4. Буғ-сувли исигич	14
3.5. Қувурли ҳаво иситгич	16
4. Иссиқлик узатиш коэффициентини ҳисоблаш	17
4.1. Мажбурий конвекциядаги ўртача иссиқлик бериш коэффициентларини ҳисоблаш	18
4.2. Иссиқлик узатиш сиртларидаги ҳароратларни ҳисоблаш	21
4.3. Мураккаб иссиқлик алмашинувида ўртача иссиқлик бериш коэффициентларини ҳисоблаш	22
4.4. Иссиқлик алмашинув аппаратлари асосий конструктив ўлчамларининг ҳисоби	24
5. Иссиқлик алмашинув аппаратларининг гидравлик ҳисоби	25
6. Иссиқлик алмашинув аппаратларини ҳисоблаш учун бошланғич маълумотлар варианты	29
6.1. Секцияли иситгич	29
6.2. «Қувур қувурда»	29
6.3. Қувур қопламли иссиқлик алмашинув аппаратлари (сегмент тўсиқлар билан)	30
6.4. Буғ-сувли исигич	31
6.5. Қувурли ҳаво иситгич	31
6.6. Вариантлар	32
Иловалар	36
Адабиётлар	42

Муҳаррир: М.М.Ботирбекова

Босишга рухсат этилди . Бичими , 1-сон қоғоз.
Тезкор босма усулида босилди. Шартли босма тобоғи . Нашр-
ҳисоб тобоғи. Адади 100. Буюртма №
Абу Райҳон Беруний номи Тошкент давлат техника
университети. 700095. Тошкент, Университет кўчаси, 2.
Тошкент давлат техника университети.

