

13 - МАЪРУЗА. КОНВЕКТИВ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ

РЕЖА:

- 1. Асосий тушунчалар.**
- 2. Иссиқлик бериш коэффиценти конвектив иссиқлик алмашинуви дифференциал тенгламаси.**
- 3. Ўхшашлик назарияси.**
- 4. Эркин ва мажбурий ҳаракатланишда иссиқлик берилиши.**

АДАБИЁТЛАР

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 370-379 б.
2. Черняк О.В. Теплотехника ва гидравлика асослари. Тошкент, 1997 й. 169-179 б.
3. Асраев Р.А., Эфендиев А.М., Сафаров Р.Т. Иссиқлик техникаси. Бухоро 2001 й. 127-137 б.

1. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Нотекис қиздирилган суюқ, газсимон ёки сочилувчан муҳитда, муҳитнинг ҳаракатланиши ва иссиқлик ўтказувчанлиги натижасида энергиянинг иссиқлик шаклида узатилишига конвектив иссиқлик алмашинуви дейилади.

Ҳаракатланувчи муҳит ва унинг бошқа муҳит билан чегара сирти орасидаги конвектив иссиқлик алмашинуви иссиқлик бериш дейилади.

Иссиқлик бериш процесси жуда кўп омилларга боғлиқ, улардан асосийларини кўриб чиқамиз.

1. Суюқлик оқшининг вужудга келиш сабаблари. Вужудга келиш сабабларига қараб суюқликнинг ҳаракати эркин ва мажбурий ҳаракатларга бўлинади.

Эркин ҳаракатланиш нотекис қиздирилган муҳитда вужудга келади. Бунда вужудга келадиган температуралар фарқи зичликларнинг фарқ қилишига ва муҳитдаги зичлиги камроқ заррачаларнинг юқорига ҳаракат қилишига олиб келади. Бу ҳолда эркин ҳаракатланиш табиий ҳаракатланиш ёки иссиқлик конвекцияси дейилади.

Эркин ҳаракатланишнинг жадаллик билан бориши муҳитнинг физик хоссасига боғлиқ бўлади.

Суюқликнинг мажбурий ҳаракатланиши ташқи кўзғатувчилар: вентиляторлар, насослар, аралаштиргичлар ва шунга ўхшашларнинг таъсир этиши билан боғлиқ. Булар ёрдамида муҳитни катта тезликда ҳаракатлантириш ёки тезлигини кенг куламда ўзгартириш ва шу билан иссиқлик алмашинуви жадаллигини бошқариш мумкин.

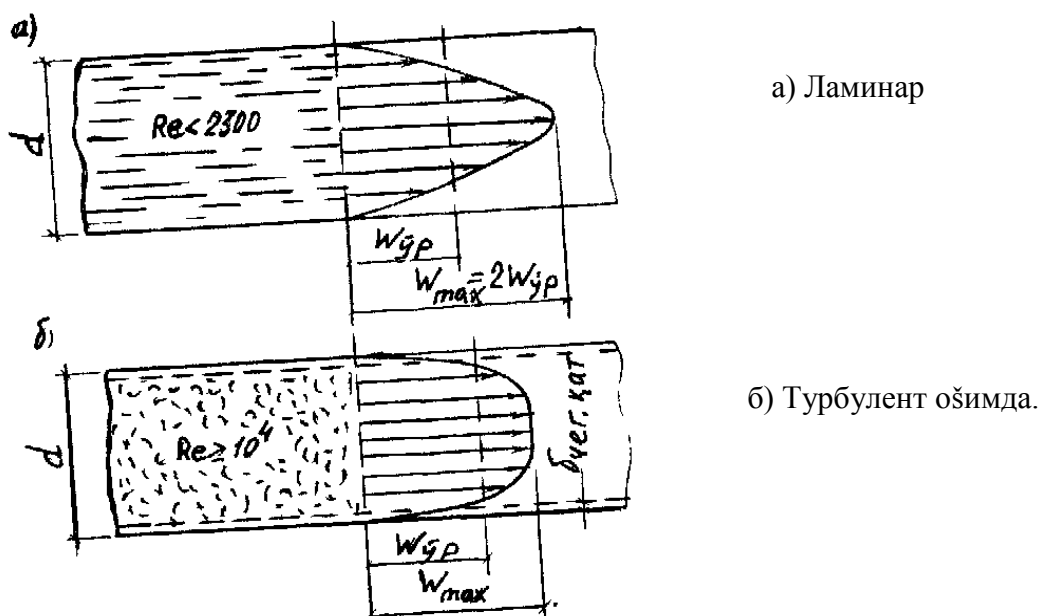
Агар мажбурий ҳаракатланиш тезлиги кичик ва суюқлик заррачалари температуралари орасида фарқ бўлса, мажбурий ҳаракатланиш билан биргаликда эркин ҳаракатланиш ҳам содир бўлади.

2. Сууюқликнинг оқиш режими.

Сууюқликнинг ҳаракати ламинар ёки турбулент бўлиши мумкин. Ламинар оқишда сууюқлик заррачалари осойишта фақат бир-бирига параллел траектория бўйича ҳаракатланади ва уларнинг ҳаракат йўналиши умумий оқим йўналиши билан мос келади. Ламинар ҳаракатда қувурнинг кесими бўйича тезликнинг тақсимланиши парабола характерида бўлади (1-расм). Тезликнинг бу каби тақсимланиши сууюқлик заррачалари орасидаги қовушоқлик кучлари сасбабли вужудга келади.

Сууюқлик заррачаларининг энг юқори ҳаракат тезлиги қувурнинг ўқи бўйлаб содир бўлиб, у ўртача ҳаракат тезлигидан икки баробар юқори бўлади.

Турбулент оқишда сууюқлик қатламларининг узлуксиз аралашishi кузатилиб, оқим тартибсиз хаотик ҳаракатда бўлган заррачалар йиғиндисидан иборат бўлади. Турбулент оқиш режимининг қарор топиши тезликнинг қувур ўқи яқинида камайishi ва деворлари яқинида ортиши билан характерланади, шу сабабли тезлик профили 1-расмда тасвирланган кўринишни олади.



1-расм. қувур кесимида тезликларнинг тақсимланиши:

Сууюқлик заррачаларининг энг юқори ҳаракат тезлиги қувурнинг ўқи бўйлаб содир бўлиб, у ўртача ҳаракат тезлигидан 1,2-1,3 баробар юқори бўлади.

қувурга киришдаги кесимда сууюқликнинг ҳаракатланиш тезлиги ўзгармас бўлади. Лекин сууюқлик қувур бўйлаб оқа бошлаши билан деворлар яқинидаги сууюқлик зарралари деворларга ёпишади, натижада деворлар яқинида тезлик кескин пасаяди. Сууюқлик сарфи ўзгармаганлиги сабабли тезлик қувур кесимининг ўртасида тегишлича кўпаяди. Бунда қувур деворларида чегара қатлам ҳосил бўлади. Сууюқлик ҳаракатининг характериға қараб ламинар ва турбулент чегара қатламлар бўлади.

Турбулент чегара қатламда доимо қовушқоқ дейиладиган жуда юпқа қатламча бўлади, унда қовушоқлик кучлари таъсирида турбулент пульсациялар аста-секин сўнади.

Сууюқлик қувурга кирган пайтдан то барқарорлашган оқим қарор топгунга қадар чегара қатлам қалинлиги барча кесимни тўлдирганча қувур узунлиги бўйлаб аста-секин ортиб боради. Шу пайтдан бошлаб тезликнинг ўзгармас профили юзага келади ва оқим барқарорлашади.

Доиравий қувурда сууюқлик ҳаракатининг характери ўлчамсиз комплекс билан аниқланиб, Рейнольдс сони дейилади ва қуйидагича белгиланади:

$$\text{Re} = \frac{wd}{\nu} \quad (1)$$

бу ерда: w -сууюқлик ўртача ҳаракат тезлиги, м/с;

d -доиравий қувурнинг диаметри, м;

ν -сууюқликнинг кинематик қовушоқлиги, м²/с.

Доиравий бўлмаган каналларда характерли ўлчам сифатида эквивалент диаметрдан фойдаланилади:

$$d_{\text{экв}} = \frac{4F}{g}$$

бу ерда: F - канал кўндаланг кесимининг юзаси;

9 - унинг периметри.

Агар $Re \leq 2300$ бўлса оқим ламинар, $Re \geq 10000$ да эса турбулент бўлади. Баъзи ҳолларда (канал ички юзаси силлиқ ва киришда юзага келадиган турли қўзғалишлар йўқотилганда) Рейнольдс сони Re нинг қиймати 10 000 гача бўлганда ҳам ламинар оқимни сақлаш мумкин. Бунда ҳосил қилинган ламинар оқим беқарор бўлиб, салгина қўзғалиш натижасида турбулент оқимга айланиб кетади.

Суюқликнинг оқим режими иссиқлик бериш жадаллигига таъсир қилади. Ламинар режимда иссиқликнинг узатилиши оқим йўналишига нормал бўйича асосан иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан амалга ошади. Суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлиги анча кичик бўлганлиги сабабли ламинар оқишда иссиқлик алмашилиш жадаллиги катта бўлмайди.

Турбулент оқишда иссиқлик оқим ичида иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан, шунингдек, суюқликнинг деярли барча массасининг аралашishi йўли билан тарқалади, бунда суюқликнинг қатлам ости совиқроқ қисми иштирок этмайди чунки, иссиқликнинг молекуляр узатилиши турбулент узатилишдан устун туради. Шунинг учун турбулент оқишда иссиқлик алмашилиш жадаллиги ламинар оқишдагига қараганда анча катта бўлади.

3. Суюқликнинг физикавий хоссалари.

Техникада газ ва суюқ иссиқлик ташувчилар сифатида кўп моддалар қўлланилади: ҳаво, сув, газлар, мой, нефть, спирт, симоб ва бошқалар. Бу моддаларнинг физик хусусиятларига кўра иссиқлик бериши ҳар-хил бўлади. Иссиқлик алмашинувига қуйидаги физик параметрлар таъсир этади: иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти λ , солиштирма иссиқлик сиғими c , зичлиги ρ , температура ўтказувчанлик коэффиценти $a = \lambda / \rho c$ ва динамик ковушоқлик коэффиценти μ .

Барча реал суюқликларда μ турли тезлик билан ҳаракатланаётган суюқликнинг қўшни қатламлари ёки заррачалари орасидаги ишқаланишни характерлайди. Агар μ нинг қиймати қанча катта бўлса, суюқликнинг оқувчанлиги шунча кичик бўлади. Гидродинамика ва иссиқлик узатиш

тенгламаларида динамик қовушоқликнинг суюқлик зичлигига бўлган нисбати кинематик қовушоқлик ν ҳам учрайди. $\nu = \mu / \rho$, m^2 / c

Ҳар қайси модда учун бу параметрларнинг муайян қийматлари бор ва улар температуранинг, баъзилари эса босимнинг ҳам функцияси ҳисобланади.

4. Иссиқлик берувчи сиртнинг шакли ва ўлчамлари.

Иссиқлик берувчи сиртнинг шакли, ўлчамлари ва жойлашиши (тик, ётиқ, қия) катта таъсир кўрсатади. Жисмнинг ҳар қандай оддий шаклларида (қувур, плита ва шунга ўхшашлар) кўп хил иссиқлик берувчи сиртлар ҳосил қилиш мумкин. Оддий сиртдан тортиб энг мураккаб сиртгача ҳар бир сирт иссиқлик ташувчининг ҳаракатланиши ва иссиқлик беришнинг ўзига хос шароитларини вужудга келтиради.

2. ИССИҚЛИК БЕРИШ КОЭФФИЦЕНТИ. КОНВЕКТИВ ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ ДИФФЕРАНЦИАЛ ТЕНГЛАМАСИ

Иссиқлик бериш жараёнига таъсир қиладиган омиллардан кўриниб турибдики, конвектив иссиқлик алмашинувида иссиқлик миқдорини топиш жуда қийин. Иссиқлик бериш жараёнининг жадаллиги ламинар чегара қатламининг борлиги ҳамда унинг қалинлиги билан узвий боғлиқ. Шунинг учун иссиқлик ўтказувчанлик усули билан узатилади деб муаммони Фурье қонунига кўра қуйидаги тенглик билан ифодалаш мумкин:

$$Q = -\lambda \int_F \text{grad } t_F dF \quad (2)$$

Аммо ҳисоблашларда бу тенгликни кўллаш жуда қийин чунки деворнинг температура градиенти $\text{grad } t_F$ ва унинг бутун иссиқлик алмашинуви юзаси F да ўзгаришини аниқлаш мумкин эмас.

жуда мураккаб бўлиб, юқорида 4-гуруҳга бўлиб кўриб чиқилган омилларга боғлиқ.

Шуни таъкидлаш керакки қовушоқлик ортиши билан чегара қатлам қалинлиги ортади ва иссиқлик бериш коэффициентини камайдир. Иссиқлик ташувчи оқим тезлигининг ортиши чегара қатлам қалинлигини камайишига ва иссиқлик бериш коэффициентини ортишига сабаб бўлади.

Элементар иссиқлик алмашиниш сиртидан, суюқликнинг ламинар чегара қатлами орқали узатилаётган иссиқлик оқими Фурье қонуни бўйича, 2- формулага кўра қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dF$$

Шу иссиқлик оқими 3 - формулага кўра қуйидагича тенг:

$$dQ = \alpha \Delta t dF$$

Тенгликларни ўнг томонларини тенглаштириб, қуйидагича эга бўламиз:

$$-\lambda \frac{dt}{dn} = \alpha \Delta t \quad \text{ёки} \quad \alpha = -\frac{\lambda}{\Delta t} \cdot \frac{dt}{dn} \quad (4)$$

Тенглик (4) иссиқлик алмашинувининг дифференциал тенгламаси дейилади. У жисмнинг чегарасидаги иссиқлик бериш жараёнини тасвирлайди. Иссиқлик бериш коэффициентини α ни топиш учун температура градиентини, яъни суюқликда температурани тақсимланишини билиш керак. Аммо амалда бу тенгламани ечиш жуда кўп қийинчиликларга олиб келади.

Дифференциал тенгламалар иссиқлик бериш жараёнини умумий кўринишда характерлайди. Конвектив иссиқлик алмашинишига доир аниқ масалаларни ечишда дифференциал тенгламаларга ўхшашлик шартларини, яъни кўриб чиқилаётган масаланинг ўзига хос хусусиятининг математик таърифини қўшиш керак бўлади.

Ўхшашлик шартлари қуйидаги ўзига хос белгилари билан характерланиб, бир бутун ҳодисалардан уларни ажратиб туради. Улар қуйидагилардан иборат:

1. Жараён бораётган жойдаги, жисм ёки жисмлар системасининг ўлчами ва шаклини аниқловчи геометрик шартлар.
2. Берилган системани ташкил қилувчи жисмга хос физик шартлар.
3. Системанинг атроф - муҳит билан ўзаро таъсирини белгиловчи чегара шартлар.
4. Кўриб чиқилаётган жараённинг маълум вақтга боғлиқ хусусиятларини белгиловчи вақтинчалик шартлар (барқарор жараёнлар учун вақтинчалик шартлар керак бўлмайди).

Дифференциал тенгламалар ва ўхшашлик шартлари конкрет айрим ҳодисаларни аниқлаши мумкин. Кўпчилик ҳолларда конвектив иссиқлик алмашилишини текширишда ўрганилаётган ҳодисаларнинг қийинлигидан дифференциал тенгламалар ва ўхшашлик шартларини қаноатлантирадиган ечимини топиш жуда қийин.

Иссиқлик бериш коэффициенти тажриба йўли билан тўғрироқ аниқланиши мумкин. Аммо бу усул мураккаб ва катта иссиқлик қурилмалари учун α ни топиш қийин бўлиб, кўп куч ва маблағ талаб қилади. Бундан ташқари олинган натижалар айнан шу қурилмага тегишли бўлиб, лойихаланаётган ёки қурилаётган бошқа бу каби қурилмаларга тадбиқ қилиш аниқ натижалар бермайди.

Шунинг учун ҳозирги пайтда иссиқлик бериш коэффициентини тажриба йўли билан аниқлаш иссиқлик қурилмаларининг ўзида эмас, балки уларнинг, тажриба ўтказишга қулайроқ соддалаштирилган нусхаларида (моделларида) олиб борилади. Нусхада олинган натижалар эса шунга ўхшаш ҳодисаларга умумлаштирилиб тадбиқ қилиниши мумкин.

Экспериментал текшириш усулининг камчилиги тажрибадан олинган натижаларни ўрганилган ҳодисалардан бошқаларига тадбиқ қилиш мумкин эмаслигида бўлса, математик (назарий) физикавий камчилиги кўп табиат

конунлари ва тажриба натижалари умумлашмасини ўз ичига оладиган, дифференциал тенгламалар ва ўхшашлик шартларини айрим конкрет ҳодисага тадбиқ қилиш мумкин эмаслигидадир.

Амалий мисолларни ечишда бу ҳар иккала усулдан алоҳида фойдаланиш яхши натижалар бермайди. Ҳозирги вақтда конвектив иссиқлик алмашинувини текшириш учун ўхшашликлар назариясидан фойдаланилади. У процессни аналитик ва экспериментал текшириш усулларини ўзида умумлаштиради.

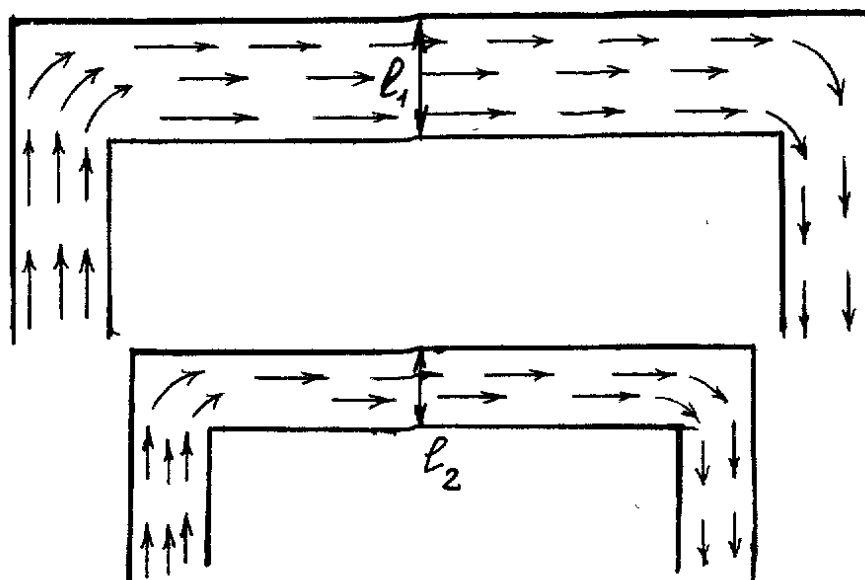
3. ЎХШАШЛИК НАЗАРИЯСИ

Ўхшашлик назарияси конкрет қурилмада олинган тажриба натижаларини бошқа шунга ўхшаш ҳодисаларга қачон тадбиқ этиш мумкинлигини, яъни процессларнинг ўхшашлигини аниқлашга имкон беради.

Ўхшашлик назарияси дифференциал тенгламалар ва ўхшашлик шартлари асосида, интеграллашларсиз, хулоса чиқаришга имкон бериб, тажрибани қуйишга ва эксперимент натижаларини ишлашга назарий асос бўлади.

Маълумки ҳар бир физик процесс, математик физика тенгламалари билан ифодаланиши мумкин. Бу тенгламаларни таҳлил қилиш натижасида, қайси омиллар изланаётган қийматга таъсир қилиши ва тенгламанинг умумий кўриниши аниқланиши мумкин.

Масалан, иккита бир-бирига ўхшаш каналда ҳар-хил суюқликлар турли тезликда ҳаракат қиляпти (3-расм).



3-расм.

Агар каналларнинг исталган мос нуқталаридаги тезликлари ва суюқликнинг физик хусусиятлари пропорционал бўлса ҳодиса гидродинамик ўхшаш бўлади:

$$\frac{l_1}{l_2} = K_l; \quad \frac{w_1}{w_2} = K_w; \quad \frac{\mu_1}{\mu_2} = K_\mu; \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = K_\rho$$

Ўзгармас K_l, K_w, K_μ, K_ρ -катталиклар ўхшашлик константалари дейилади.

Каналларда ҳаракатланаётган икки оқим иссиқлик алмашилишининг ўхшаш бўлиши учун геометрик ўхшашликдан ташқари, тезликлар майдони ва суюқликлар хусусиятлари (зичлик, қовушоклик ва бошқа) ўхшаш бўлиб, ундан ташқари температура майдонлари ҳам ўхшаш бўлиши зарур.

Шундай қилиб, физик процесслар ўхшаш бўлиши учун: биринчидан улар моҳиятига кўра бир хил бўлиб, бир хил математик тенглик билан ифодаланиши, иккинчидан процесслар геометрик ўхшаш қурилмаларда бориши, учинчидан физик параметрлар майдони (тезлик, майдони ва бошқа) ўхшаш бўлиши керак.

Тезлик майдони, температура майдони ёки бошқа майдонлар тенглама кўринишида ёзилиши мумкин:

$$t = f(x, \tau, \alpha, \lambda, t_0, t_{амм}, \delta) \quad (5)$$

Ўзгарувчиларнинг кўп бўлганлиги бу тенгламани аналитик очишни қийинлаштиради. Барча ўзгарувчиларни бирлаштириб, ўлчамсиз катталикларга ўтиш натижасида процесснинг математикавий баёни ўлчамсиз ҳолга келади.

Бунда масштаблар, шунингдек, масалага кировчи физикавий константалар ўхшашлик сонлари ёки критерийлари дейиладиган ўлчамсиз комплекслар ҳолида бирлаштирилади. Энг кўп ишлатиладиган ўхшашлик сонларини кўриб чиқамиз.

Нуссельт сони, қаттиқ жисм билан суюқлик чегарасидаги иссиқлик алмашинувини характерлайди:

$$Nu = \frac{\alpha l_0}{\lambda} \quad (6)$$

бу ерда: α -иссиқлик бериш коэффиценти;

l_0 -жисмнинг аниқловчи чизигий ўлчами;

λ -суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти.

Рейнольдс сони, инерция кучлари билан қовушоқлик нисбатини характерлайди:

$$Re = \frac{wl_0}{\nu} \quad (7)$$

бу ерда: w -суюқликнинг ўртача тезлиги;

ν -суюқликнинг кинематик қовушоқлиги.

Эйлер сони, босим кучлари билан инерция кучларининг нисбатини характерлайди:

$$Eu = \frac{P}{\rho w^2} = \frac{\Delta F}{\rho w^2} \quad (8)$$

бу ерда: P - босим

Пекле сони, иссиқликнинг конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан тарқалиш нисбатини характерлайди:

$$Pe = \frac{wl_0}{a} \quad (9)$$

бу ерда: a - суюқликнинг температура ўтказувчанлик коэффициентини.

Грасгоф сони, зичликларнинг фарқи туфайли суюқликда пайдо бўладиган кўтариш кучларининг қовушоқлик кучларига нисбатини характерлайди:

$$Gr = \frac{g \beta \Delta t l_0^3}{\nu^2} \quad (10)$$

бу ерда: g - эркин тушиш тезланиши;

Δt - девор ва суюқлик орасидаги температуралар фарқи;

β - суюқлик ҳажмий кенгайишининг температуравий коэффициентини (газлар учун $\beta = 1/T$)

Прандтл сони, суюқликнинг физикавий хоссаларини характерлайди:

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad (11)$$

Аниқланадиган ва аниқловчи ўхшашлик сонлари орасидаги боғлиқлик ўхшашлик тенгламаси ёки критериал тенглама дейилади. Иссиқлик аппаратларида иссиқлик бериш коэффициенти α ва гидравлик қаршилик ΔP изланадиган қийматлар ҳисобланади.

Nu сониданомалум иссиқлик бериш коэффициенти α , Эйлер сонидан гидравлик қаршилик ΔP мавжуд. Шунинг учун Nu ва Ei сони аниқланадиган, Pr , Gr ва Re сонлари аниқловчи ҳисобланади.

Конвектив иссиқлик алмашилинида ўхшашлик тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Nu = f_1(Re \cdot Gr \cdot Pr) \quad (12)$$

$$Nu = f_2(Re \cdot Gr \cdot Pr) \quad (13)$$

Суюқлик мажбурий ҳаракатда бўлганда бу тенгликлар содалашади:

$$Nu = f(Re \cdot Pr) \quad (14)$$

Суюқлик эркин ҳаракат қилганда:

$$Nu = f(Gr \cdot Pr) \quad (15)$$

Сууюқликлар учун иссиқлик бериш коэффициентини α девор қиздирилганда ва совитилганда ҳар хил қийматга эга бўлиши тажрибаларда аниқланган. Шунинг учун иссиқлик оқими йўналиши қуйидаги қиймат билан ҳисобга олинади:

$$\left(\frac{Pr_{\text{сууқ}}}{Pr_{\text{дег}}}\right)^{0,25}$$

У ҳолда конвектив иссиқлик алмашиниши учун умумийлаштирилган ўхшашлик тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади.

$$Nu = c Re^n \cdot Gr^6 \cdot Pr^m \left(\frac{Pr_{\text{сууқ}}}{Pr_{\text{дег}}}\right)^{0,25} \quad (16)$$

Ўхшашлик сонлари орасидаги миқдорий боғланиш эксперимент натижалари асосида топилади.

4. ЭРКИН ВА МАЖБУРИЙ ҲАРАКАТЛАНИШДА ИССИҚЛИК БЕРИЛИШИ

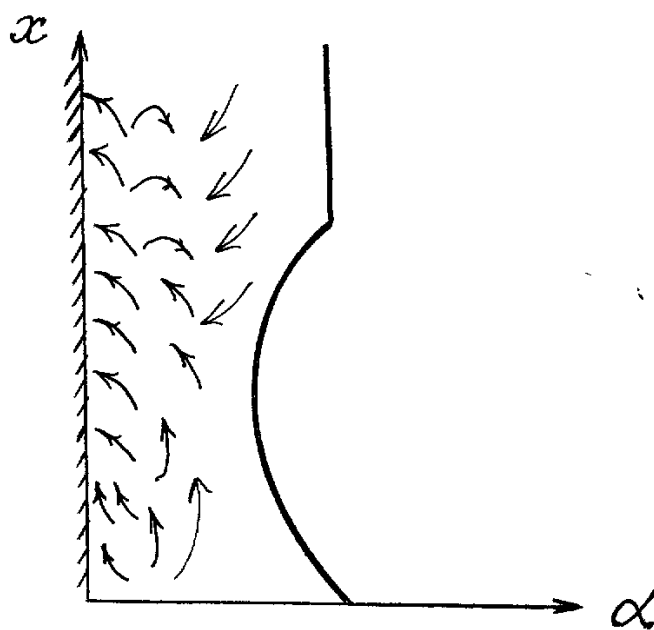
Эркин ҳаракатланишда иссиқлик алмашинуви процесси кўпчилик иссиқлик қурилмаларида кузатилади. Масалан, хона ҳавоси печь ёки иситиш асбоби ёрдамида эркин конвекция йўли билан иситилади. Буғ қозонларида сувни қиздириш ҳам шу усулда амалга оширилади.

Эркин ҳаракатланиш фақат иссиқлик алмашинуви бўлгандагина вужудга келиши ва давом этиши мумкин. Бунда иссиқлик алмашинуви қанчалик кучли бўлса, муҳит ҳам шунчалик тез ҳаракат қилади.

Эркин конвекция йўли билан иссиқлик алмашинувида қизиган зарралар юқоридан тушаётган совик зарраларга қарши, яъни пастдан юқорига томон ҳаракат қилади. Бунда мураккаб ҳаракат вужудга келиб кўтариловчи ва тушувчи оқимлар тўқнашади. 4-расмда ҳавонинг қизиган вертикал девор атрофида ҳаракатланиши кўрсатилган.

Деворнинг пастки қисмида иссиқлик ташувчининг девор сиртига бевосита тегиб турган юпқа қатлами кичикроқ тезлик билан юқорига кўтарилиб, ламинар оқим ҳосил қилади. Шундан кейин ҳаракатланиш давомида иссиқлик ташувчининг зарраларини илаштириб кетиши ҳисобига ҳаракатланувчи қатлам қалинлиги аста-секин ортиб боради. Бунда тезлик ортади, ламинар оқиш режими бўзилади, лекин ҳали турбулент оқиш режимига ўтмаган бўлади. Бундай оқиш режими оралик режим дейилади. Оралик оқим барқарор бўлмайди, у турбулент оқиш билан алмашинади, қувурнинг юқори қисмининг ҳаммасида оқиш режими турбулент бўлади.

Иссиқлик ташувчининг ҳаракатланиш характери ўзгаришига қараб, иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати ҳам 4-расмда кўрсатилгандек ўзгаради.



4- расм.

Табиий конвекцияда умумий ўхшашлик тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n \left(\frac{Pr_{суюк}}{Pr_{дев}} \right)^{0,25} \quad (17)$$

С ва П константлар аргумент $(GrPr)$ нинг ўзгариш интервалига боғлиқ.

(17) - формуладан Nu сонининг қийматини аниқлаб ва уни (16)

- формулага қўйиб, иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш мумкин:

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{l_0} \quad (18)$$

Кўп ўтказилган тажрибалар натижаларини умумлаштириб, қуйидаги эмперик ўхшашлик тенгламалари олинган:

ётиқ қувур учун: $10^3 \leq Gr \cdot Pr < 10^8$

$$Nu = 0,5(Gr \cdot Pr)^{0,25} \left(\frac{Pr_{сууо}}{Pr_{дев}} \right)^{0,25} \quad (19)$$

тик юзалар учун:

а) ламинар режимда:

$$Nu = 0,75(Gr \cdot Pr)^{0,25} \left(\frac{Pr_{суоқ}}{Pr_{дев}} \right)^{0,25} \quad (20)$$

б) турбулент режимда: $Gr \cdot Pr > 10^9$

$$Nu = 0,15(Gr \cdot Pr)^{0,33} \left(\frac{Pr_{суоқ}}{Pr_{дев}} \right)^{0,25} \quad (21)$$

Бу тенгликлар суоқлик учун $Pr \geq 0,7$ бўлганда, барча физикавий константлар суоқликнинг ўртача температурасида олинганда, аниқловчи ўлчам ётиқ қувур учун диаметр ва тик юза учун баландлик бўлганда ўринли бўлади.

Мажбурий ҳаракатланишда иссиқлик берилиши жадаллиги, асосан муҳитнинг ҳаракатланиш тезлигига боғлиқ бўлиб, сони катталашганда суоқлик билан девор орасида иссиқлик алмашинуви кучаяди.

Тўғри қувурларда суоқликнинг мажбурий ламинар ҳаракатланишида иссиқлик алмашинувини ҳисоблаш учун М.А.Михеев формуласи қўлланилади.

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} Pr^{0,43} (Gr \cdot Pr)^{0,1} \left(\frac{Pr_{\text{суюк}}}{Pr_{\text{дев}}} \right)^{0,25} \quad (22)$$

Бу формула $\frac{l}{d} > 50$ бўлганда иссиқлик бериш коэффицентининг ўртача қийматини топишга имкон беради. У ҳар қандай суюқлик учун ўринли бўлиб, эркин конвекция ва иссиқлик оқими йўналиши таъсирини ҳам тўлиқ ҳисобга олади. Ҳаво ва икки атомли газлар учун Прандтл сони амалда температурага боғлиқ бўлмайди, шунинг учун $\frac{Pr_{\text{суюк}}}{Pr_{\text{дев}}} = 1$ бўлади.

Турбулент оқиш режимида $Re > 10^4$ ва $\frac{l}{d} > 50$ бўлганда, қувурлардаги иссиқлик берилишини ҳисоблаш учун М.А.Михеев томонидан таклиф этилган қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$Nu = 0,0215 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr_{\text{суюк}}}{Pr_{\text{дев}}} \right)^{0,25} \quad (23)$$

Ҳаво учун бу формула ($Pr = 0.7$ бўлганда) соддалашади.

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \quad (24)$$

СИНОВ САВОЛЛАРИ:

1. Иссиқлик бериш.
2. Иссиқлик бериш коэффициенти.
3. Иссиқлик бериш жараёнига таъсир этувчи асосий омиллар.
4. Ўхшашлик сонлари.
5. Ўхшашлик тенгламалари.
6. Ўхшашлик назарияси.
7. Конвектив иссиқлик алмашинуви дифференциал тенгламаси.
8. Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш.
9. Эркин ҳаракатланишда иссиқлик берилиши.
10. Мажбурий ҳаракатланишда иссиқлик берилиши.

ТАЯНЧ ИБОРАЛАР

Конвектив иссиқлик алмашинуви, иссиқлик бериш коэффициенти, эркин ҳаракатланиш, ламинар оқим, турбулент оқим, Рейнольдс сони, температура ўтказувчанлик коэффициенти, динамик қовушоқлик коэффициенти, чегара қатлам, ўхшашлик назарияси, Нуссельт сони, Грасгоф сони, Прандтл сони, ўхшашлик тенгламаси.