

2. КОНВЕКТИВТІК ЖЫЛУАЛМАСУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ҰҚСАСТЫҒЫ ЖӘНЕ ҮЛГІЛЕУ (жалғасы)

Қимасы бойынша сұйықтың температурасын орташалау. Түтіктің ұзындығы бойынша сұйықтың температурасын және температуралық арынды орташалау. Эмпирикалық критериялды теңдеулерді алу.

2.4. Қимасы бойынша сұйықтың температурасын орташалау. Түтіктің ұзындығы бойынша сұйықтың температурасын және температуралық арынды орташалау

Әр түрлі нүктелерде жылуалмасу болған кезде сұйық температурасы әр түрлі болады. Қабырғамен жанасатын сұйық бөлшектерінің температурасы қабырға температурасына тең болады, ал арна ортасында ағатын бөлшектердің температурасы сұйықтың салқындауына немесе қызуына байланысты көбірек немесе аз болады. Қиманың аралық нүктелерінде температура осы мәндердің арасында, ережеге сай, параболалық заң бойынша өзгереді болады.

Жылу беру коэффициентіне ұқсас жылу балансы теңдеуінен температураны орташалауды энтальпия
бойынша (қимасы бойынша) орташа мән ретінде жүргізуге болады:

$$\bar{t} = \frac{\int_0^{F_0} c_p \cdot \rho \cdot w \cdot t \cdot dF}{\int_0^{F_0} c_p \cdot \rho \cdot w \cdot dF}.$$

Энтальпия бойынша орташа температураны есептеу арқылы алу қиын, бірақ эксперименттік жолмен болады. Бұл үшін арнаға қандай да бір араластыратын құрылғыны қою қажет, одан кейін температура теңестірілетін болады.

Жылуалмасу кезінде қозғалатын сұйық ағынның қимасы бойынша ғана өзгермейді, ағынның бойымен де өзгереді. Егер жылуалмасу беті бойынша жылу ағыны тығыздығының орташа мәнін есептеу қажет болса, Ньютон-Рихман заңында есептік шаманың орташа мәндері қойылады.

Кейбір жеке шешімдерді қарастырамыз. Жылу ағынының тығыздығы тұрақты шама (электржылыту) болсын, онда қима бойынша орташа температура сызықтық заң бойынша канал бетінің бойымен өзгереді:

$$t = t' \pm \frac{q}{c_p G} F$$

және бет бойынша орташа мән мен энтальпия бойынша орташа мәнің арасында айырмашылық болмайды.

Егер жылу беру коэффициенті дәрежелік заң бойынша жылуалмасу бетінің бойымен өзгереді болса, орташа температуралық арын дәрежелік заң бойынша өзгереді.

Екінші, тәжірибеде жиі кездесетін жағдай – қабырғаның тұрақты температурасы (фазалық ауысу кезіндегі жылуалмасу). Жергілікті температуралық арын үшін $\vartheta = t - t_k$ таңбасын енгіземіз, сонда оны жылыту бетінің бойымен өзгертуді келесі түрде жазуға болады:

$$\vartheta'' = \vartheta' \exp\left(-\frac{\bar{\alpha} F_0}{c_p G}\right).$$

Осылайша, қабырғаның тұрақты температурасы кезінде температуралық арын экспоненциалды заң бойынша канал бойымен өзгереді, бұл ретте жылу берудің орташа коэффициенті жылуалмасудың бетінен функция болуы мүмкін.

Тәжірибелік есептеулер үшін келесі өрнекпен анықталатын орташалогарифмдік температуралық арын жиі қолданылады:

$$\overline{\Delta t}_l = \frac{t' - t''}{\ln \frac{t' - t_c}{t'' - t_c}}.$$

Егер шығысында және кірісінде температуралық арындардың қатысы $\frac{g''}{g'} > 0,5$ болса, онда сұйықтың орташа температурасы кіріс пен шығыстың арасындағы орташа арифметикалық мән ретінде есептелуі мүмкін және жылу беру теңдеулерде орташа арифметикалық температуралық арын пайдаланылады: $|\Delta t_a| = \left| \overline{t}_a - \overline{t}_c \right|$.

Орташа арифметикалық температуралық арын әрдайым орташалогарифмдіктен көп болады.

2.5. Эмпирикалық критериялық теңдеулерді алу.

Жоғарыда берілген формулалар жылуалмасу процестерін өлшеу нәтижелерін алғашқы өңдеу кезінде пайдаланылады.

Ұқсастық критериялы тәжірибелік деректерді өңдемес бұрын, анықталатын шама қандай өлшемдерге тәуелді екенін белгілеу қажет. Бұл үшін алдында сипатталған әдісті пайдалануға болады. Эксперименттік зерттелетін процесті сипаттай-тын дифференциалдық теңдеулер жүйесі жасалады және бір мағыналық шарты тұжырымдалады. Содан кейін математикалық сипаттама мөлшерсіз түрге келтіріледі, мысалы:

$$Nu = f(Re, Pr).$$

Берілген өлшеулер бойынша Re және Pr мәндері және оларға сәйкес Nu мәні есептеледі.

Критерийлердің арасындағы тәуелділік әдетте дәрежелік функциялар түрінде ұсынылады, мысалы:

$$Nu = c Re^n Pr^m,$$

мұндағы c , n және m тұрақты мөлшерсіз сандар болып табылады. Мұндай түрдегі тәуелділіктер таза эмпирикалық болып табылады. Олар тәжірибемен расталған аргументті өзгерту шегінде ғана қолданылады.

Бұл тәуелділіктердің анықтаушы критерийлердің үлкен немесе кіші мәндеріне экстраполяциясы рұқсат етілмейді.

Nu критерийі тек Re критерийіне ғана тәуелді деп болжайтын болсақ (немесе тәжірибелерді жылу тасымалдағышпен жүргізген болса, Pr критерийі температураға тәуелді болмайтын тұрақты шамасы болып табылады),

$$Nu = c Re^n.$$

Соңғы теңдеуді логарифмдей отырып,

$$\lg Nu = \lg c + n \lg Re$$

немесе

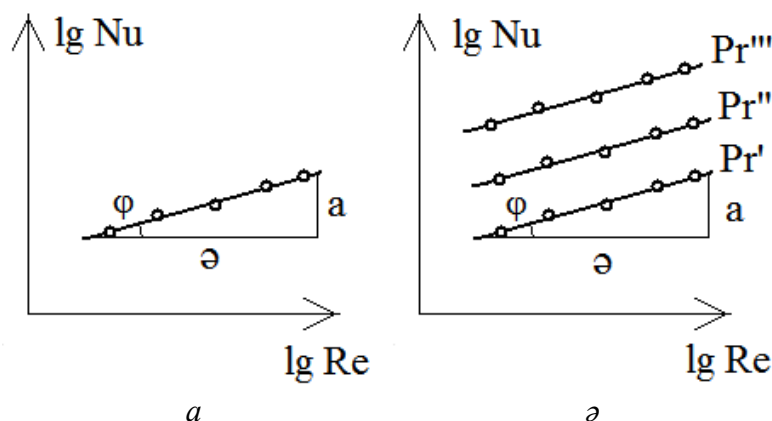
$$Y = A + nX$$

аламыз, ол түзу сызықтың теңдеуі болып табылады. Дәреже көрсеткіші n абсцисса осіне түзудің көлбеулену бұрышының тангенсін білдіреді. Осыған орай, n мәнін логарифмдік

координаттарда тәжірибелік мәліметтердің графикалық ұсыну көмегімен анықтауға болады (2.1-а сурет). Дәреже көрсеткіші:

$$n = \operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{b}.$$

$c = Nu/Re^n$ тұрақты c теңдеу арқылы анықталады, оған кез келген түзу нүктесі сәйкес болады. Дәрежелік тәуелділіктің қолданушылығын тексеру логарифмдік координаттарда барлық нүктелердің түзуге салыну фактісі болып табылады. Егер тәжірибелік нүктелер қисық бойынша орналасатын болса, онда бұл қисықты әдетте сынық сызықпен ауыстырады. Мұндай қисық мәнінің жеке учаскелері үшін c және n әр түрлі.



2.1-сурет. n мәнін логарифмдік координаттарда тәжірибелік мәліметтері

Егер бастапқы шама Nu екі аргументтің функциясы болып табылатын болса, мысалы, $Nu = f(Re, Pr)$, графикте түзулер тобы алынады; екінші аргумент параметр ретінде алынады (2.1-ә сурет). Онда түзулердің бірі бойынша Re саны кезінде көрсеткішті анықтайды, содан кейін тәжірибелік мәліметтер графикте $\lg \frac{Nu}{Re^n} = f(\lg Pr)$ тәуелділік түрінде көрсетіледі.

Соңғы графиктен Pr критерийі кезінде m дәреже көрсеткіші анықталады, содан кейін $c = Nu/(Re^n Pr^m)$ теңдеуі бойынша c коэффициентінің мәнін анықтайды. Ұқсас жолмен неғұрлым күрделі тәуелділіктерді анықтауға болады.

Соңғы уақытта формулаларды алудың жартылай эмпирикалық әдісі кеңінен пайдаланылып отыр. Мөлшерсіз айнымалылар арасындағы тәуелділік есепті аналитикалық қарастырудан тұрақты шамаларға дейін дәлдікпен алдын ала алынатын функция түрінде беріледі. Тұрақты шамалар тәжірибелік мәліметтердің көмегімен анықталады. Мұндай формулаларды алу жолы эмпирикалықпен салыстыру бойынша басым болып табылады.