КОНВЕКТИВТІ ЖЫЛУАЛМАСУ

3 дәріс. Конвективтік жылуалмасу процестерінің ұқсастығы және үлгілеу

Сұйық температурасын орташалау және эмпирикалық критериялық теңдеулерді алу

Құрастырған: ф.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, доцент Исатаев М.С.

Дәрістің мақсаты, нәтижелері және мазмұны

Мақсаты

Қимадағы орташа температураны энергия балансымен байланыстыру, температуралық арынды есептеу және тәжірибелік деректерден критериялық теңдеу алу әдістерін меңгеру.

Оқыту нәтижелері

Аралас орташа температураны есептейді.

Орташа логарифмдік температуралық арынды анықтайды.

Тәжірибелік деректерден критериялық тәуелділік алады.

Мазмұны

1. Қимадағы аралас орташа температура
2. Түтік бойындағы температура өзгерісі
3. Орташа логарифмдік арын
4. Эмпирикалық теңдеулерді анықтау

Қимадағы орташа температураның мағынасы

Температура өрісі

Қабырға маңындағы және ағыс өзегіндегі температуралар әртүрлі болады.

Профиль пішіні ағыс режиміне және жылулық шекаралық шартқа тәуелді.

Энергия тасымалы

Әрбір аудан элементі энергияны $\rho w c_p T$ шамасына сәйкес тасымалдайды.

Сондықтан температураны жылдамдық пен массалық шығынды ескеріп орташалайды.

Қимадағы қарапайым арифметикалық орташа энергия балансын әрдайым сақтамайды.

Аралас орташа температураны есептеу

Энтальпиялық анықтама

$h_\beta = (1/\dot{m}) \int_A \rho w\, h\, dA$

$\dot{m} = \int_A \rho w\, dA$

c_p тұрақты болғанда:

$T_\beta = \int_A \rho w T\, dA / \dot{m}$

Өлшеу тәсілі

Ағынды жылу шығыны аз араластырғышта біркелкі араластырады.

Аралас ағынның температурасы T_β мәнін береді.

Қасиеттер өзгерсе, алдымен энтальпия анықталады.

Тұрақты жылу ағыны кезіндегі баланс

$$\dot{m} c_p \, dT_\beta/dx = q'' P$$

Орныққан ағыс. P — жылу беретін периметр, $\dot{m}$ — массалық шығын. Бойлық жылуөткізгіштік еленбейді.

$$T_\beta(x) = T_{кір} + q'' P x/(\dot{m} c_p)$$

q", P, c_p және $\dot{m}$ тұрақты болса, сұйық температурасы түтік бойымен сызықты өзгереді.

Қыздыру үшін q" > 0. Салқындату кезінде жылу ағынының таңбасы теріс болады.

Қабырға температурасы тұрақты болғанда

Дифференциалдық баланс

$\Delta T = T_к - T_\beta$

$\dot{m} c_p \, dT_\beta/dx = \alpha P \Delta T$

$d(\Delta T)/dx = -\alpha P \Delta T/(\dot{m} c_p)$

$T_к$, c_p және $\dot{m}$ тұрақты.

Экспоненциалдық өзгеріс

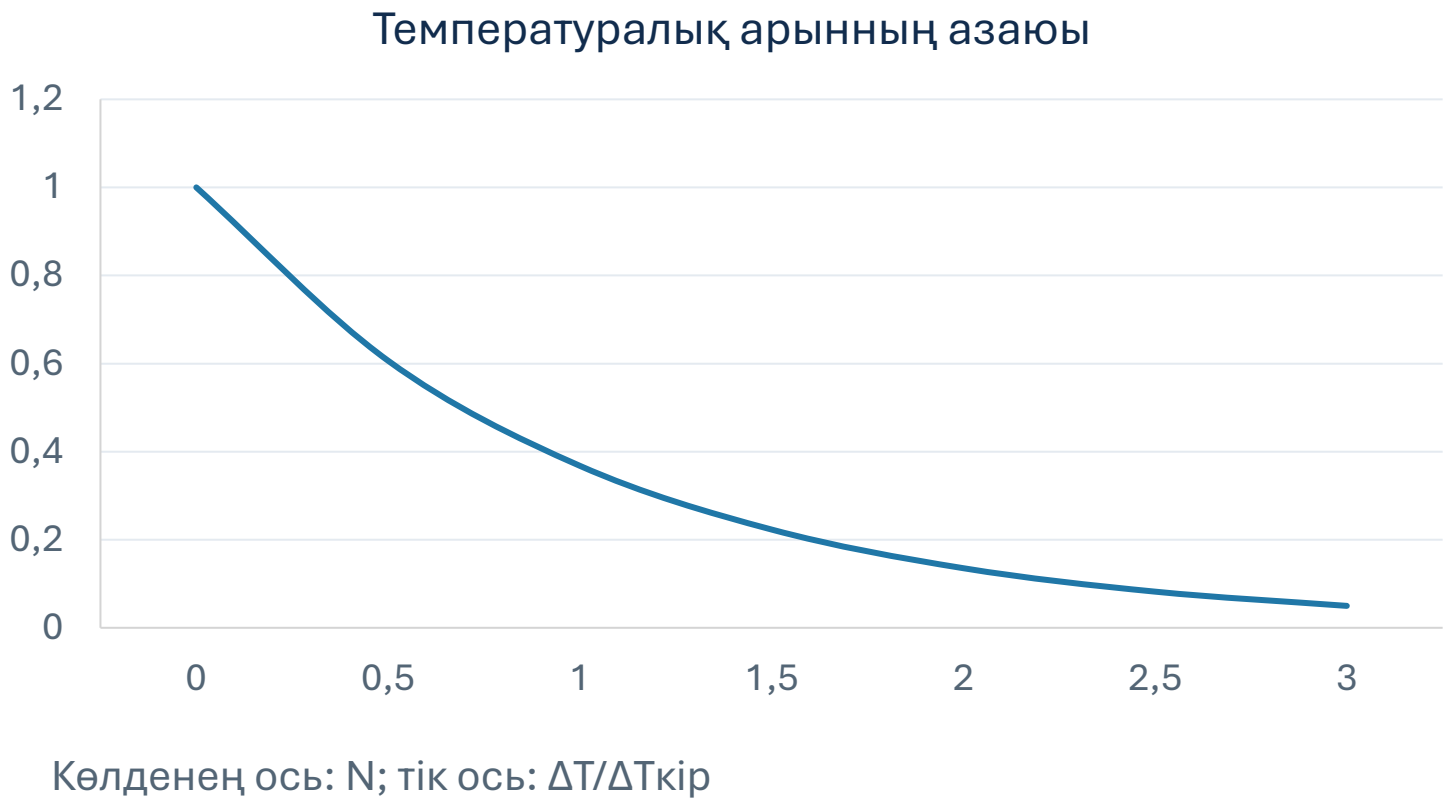
$\Delta T_{шығ}/\Delta T_{кір}$

$= \exp[-\alpha F/(\dot{m} c_p)]$

$\alpha F = \int_F \alpha \, dF$

α тұрақты болса, $\alpha = \alpha$. Сұйық температурасы $T_к$ мәніне жақындайды.

Түтік бойындағы температуралық арын



Оқу графигі тұрақты қабырға температурасы үшін есептелді. Нақты тәжірибе деректері емес.

Графиктің мағынасы

$\Delta T/\Delta T_{кір} = e^{-N}$

$N = \alpha F/(\dot{m}c_p)$

N артқан сайын арын азаяды.

ΔT нөлге біртіндеп жақындайды.

Орташа логарифмдік температуралық арын

Орташа логарифмдік арын

$$\Delta T_{лм} = (\Delta T_{кір} - \Delta T_{шығ}) / \ln(\Delta T_{кір}/\Delta T_{шығ})$$

$$\dot{Q} = \alpha F \Delta T_{лм}$$

$$\Delta T_a = (\Delta T_{кір} + \Delta T_{шығ})/2$$

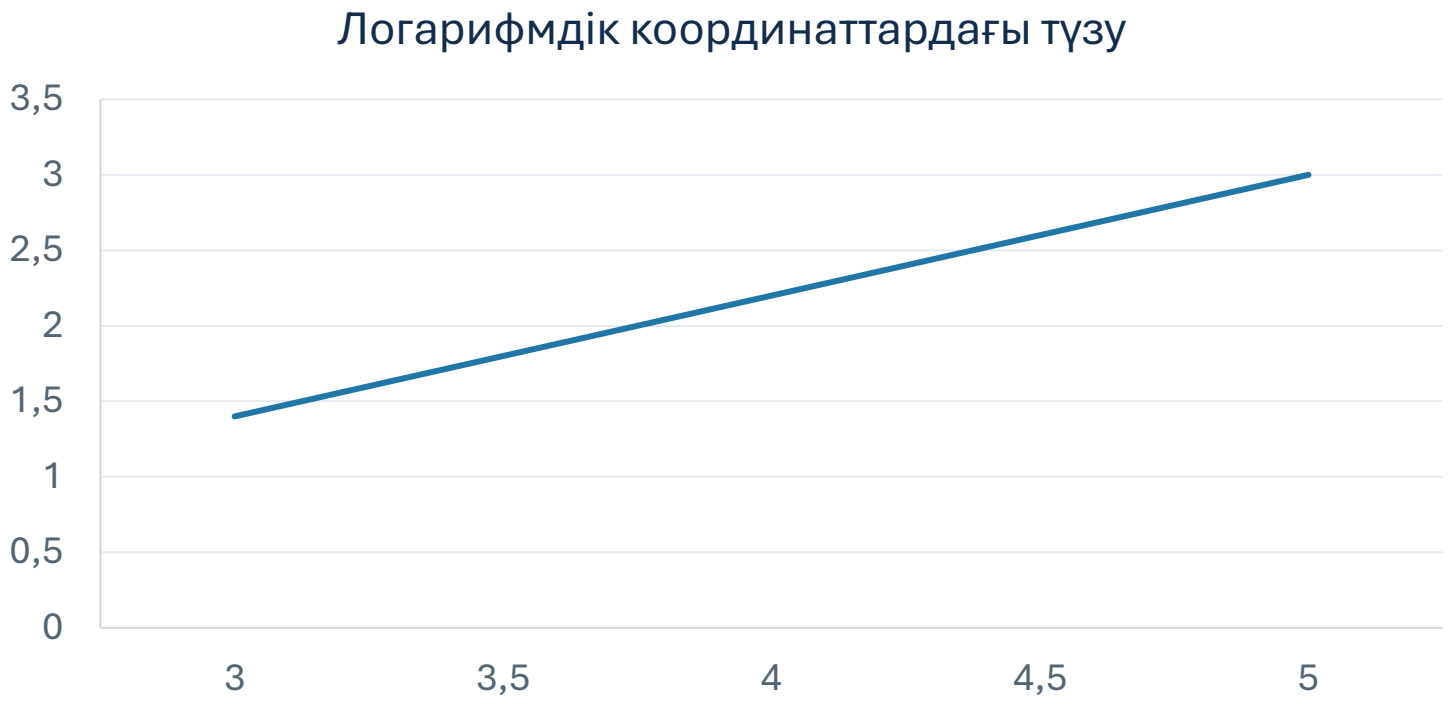
Қолданылу шарттары

ΔTкір және ΔTшығ бір таңбалы.

Тұрақты Тқ және тұрақты c_p.

ΔTкір = ΔTшығ болса, шектік мән осы арынға тең.

Эмпирикалық теңдеуді логарифмдеу



Көлденең ось: lg Re; тік ось: lg Nu

Оқу мысалы: lg Nu = −1 + 0,8 lg Re.

Коэффициенттер

Pr тұрақты болғанда:

$Nu = C^*Re^n$

$n = \Delta \lg Nu / \Delta \lg Re$

$C^* = 10^A$

Pr өзгерсе, оның әсері жеке ескеріледі.

Температуралық арынды есептеу мысалы

$$\Delta T_{лм} = (60 - 20)/\ln(60/20) = 36{,}41\ K$$

Оқу мысалы: Тқ = 100 °C, Ткір = 40 °C, Тшығ = 80 °C. Арындар: 60 K және 20 K.

$$\Delta T_a = (60 + 20)/2 = 40\ K$$

Арифметикалық орташа логарифмдік орташаға қарағанда 9,9% жоғары. Бұл жағдайда айырмашылық елеулі.

$\Delta T_a \geq \Delta T_{лм}$. Арындар жақындағанда екі орташа мәннің айырмасы азаяды.

Көп факторлы тәуелділікті анықтау

Деректерді өңдеу

$Nu = C\,Re^{n}Pr^{m}$

$\lg Nu = \lg C + n \lg Re + m \lg Pr$

Көптік регрессия C, n және m мәндерін анықтайды. Re мен Pr әсерлері ажыратылуы тиіс.

Теңдеудің жарамдылығы

Геометрия, режим және анықтаушы температура көрсетіледі.

Re және Pr зерттелген аралықтары беріледі.

Қалдықтар мен белгісіздік бағаланады. Негізсіз экстраполяция жасалмайды.

Қорытынды және өзіндік тексеру

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_{шығ} - T_{кір}) = \alpha F \Delta T_{лм}$$

Бұл байланыс тұрақты қабырға температурасы және дәрісте көрсетілген баланс шарттары үшін қолданылады.

Қорытынды

Аралас орташа температура энергия тасымалын сипаттайды.
Логарифмдік арын түтік бойындағы өзгерісті ескереді.
Критериялық теңдеу зерттелген режимде қолданылады.

Бақылау сұрақтары

1. T_{β} қалай анықталады?
2. $\Delta T_{лм}$ қашан қажет?
3. n және m қалай табылады?