КОНВЕКТИВТІ ЖЫЛУАЛМАСУ

1 дәріс • Конвективтік жылуалмасудың дифференциалдық теңдеулері

Жылу тасымалдаудың физикалық негіздері, шекаралық қабаттар және сақталу теңдеулері

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

Дәрістің мақсаты, нәтижелері және мазмұны

Мақсаты

Конвективтік жылуалмасу механизмдерін түсіну; жылу беру коэффициентін, сұйық қасиеттерін және шекаралық қабаттарды талдау.

Оқыту нәтижелері

Конвекция түрлерін ажыратады.

Ньютон–Рихман заңы бойынша жылу ағынын есептейді.

Шекаралық қабаттар мен сақталу теңдеулерінің мағынасын түсіндіреді.

Мазмұны

1. Конвекция түрлері мен Ньютон–Рихман заңы
2. Жылутасығыш қасиеттері
3. Гидродинамикалық және жылулық қабаттар
4. Энергия, қозғалыс және тұтастық теңдеулері

Конвективтік жылуалмасудың физикалық мәні

Конвекция

Жылудың сұйық немесе газ қозғалысымен тасымалдануы. Ол жылу өткізгіштікпен бірге жүреді.

Жылу беру

Қатты дене беті мен оны қоршаған қозғалыстағы сұйық арасындағы жылу алмасу.

Жылу ағынының нәтижелік бағыты: жоғары температурадан төмен температураға.

Мәжбүрлі және табиғи конвекция

Мәжбүрлі конвекция

Қозғалыс сыртқы әсерден туындайды:

- сорғы
- желдеткіш
- жел

Мысал: құбырдағы сорғымен айдалатын су.

Табиғи конвекция

Температурадан туындайтын тығыздық айырмасы мен көтеруші күш әсер етеді.

Мысал: жылы қабырға жанында ауаның жоғары көтерілуі.

Ньютон–Рихман заңы

$$\dot{Q} = \alpha F (t_к - t_c)$$

$\dot{Q}$ — жылу ағыны, Вт; α — жылу беру коэффициенті, Вт/(м^2·К)

$$q'' = \alpha (t_к - t_c) \quad \rightarrow \quad \alpha = q''/(t_к - t_c)$$

q'' — жылу ағынының тығыздығы, Вт/м^2

α бет геометриясына, ағыс режиміне, жылдамдыққа және сұйық қасиеттеріне тәуелді.

Жылутасығыштың негізгі физикалық қасиеттері

Жылулық қасиеттер

λ — жылу өткізгіштік, Вт/(м·К)

c_p — меншікті жылу сыйымдылығы, Дж/(кг·К)

$a = \lambda/(\rho c_p)$ — температура өткізгіштік, $м^2/с$

Гидродинамикалық қасиеттер

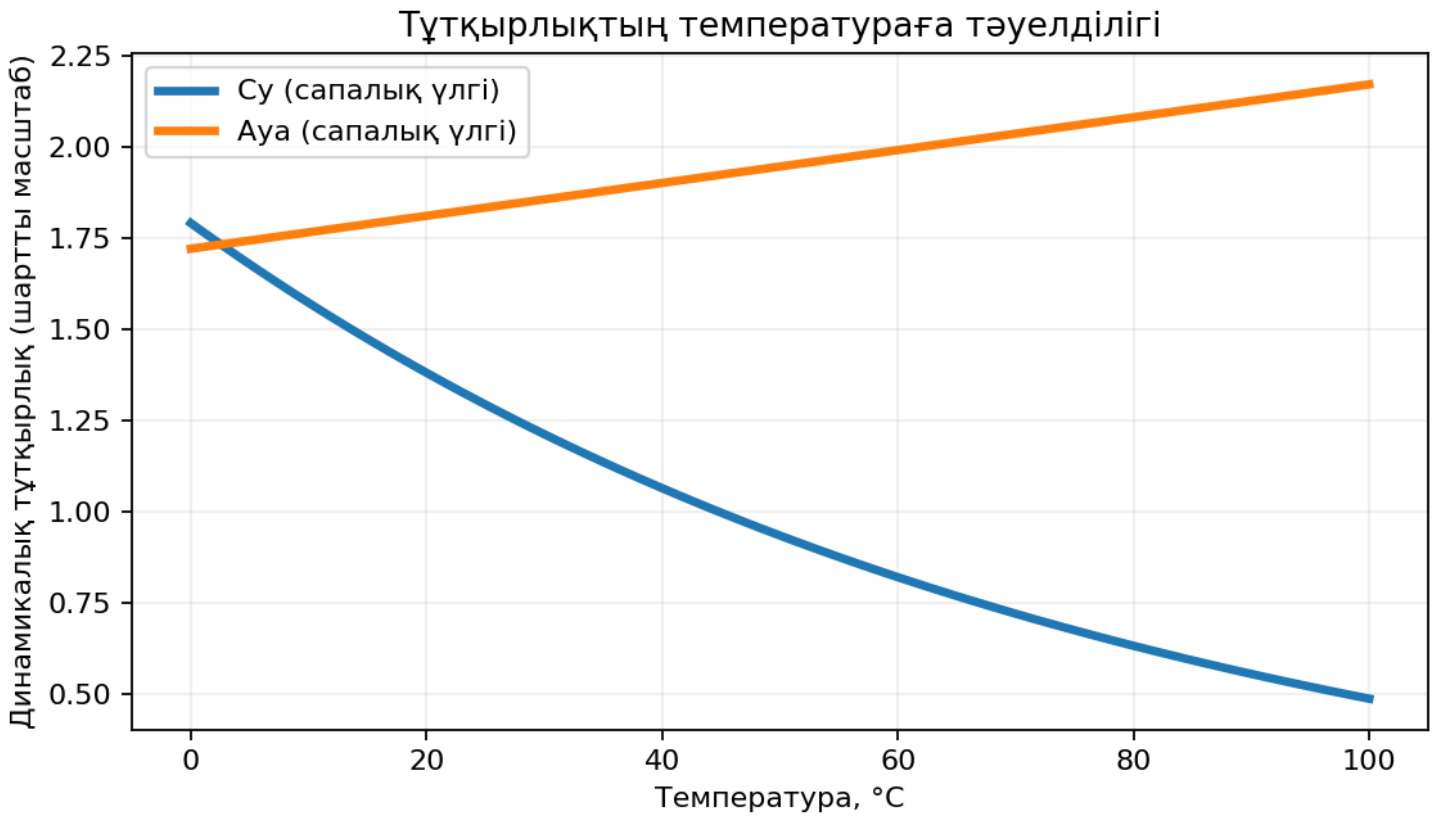
ρ — тығыздық, $кг/м^3$

μ — динамикалық тұтқырлық, Па·с

$\nu = \mu/\rho$ — кинематикалық тұтқырлық, $м^2/с$

β — көлемдік жылулық ұлғаю коэффициенті, 1/К

Тұтқырлық және температура



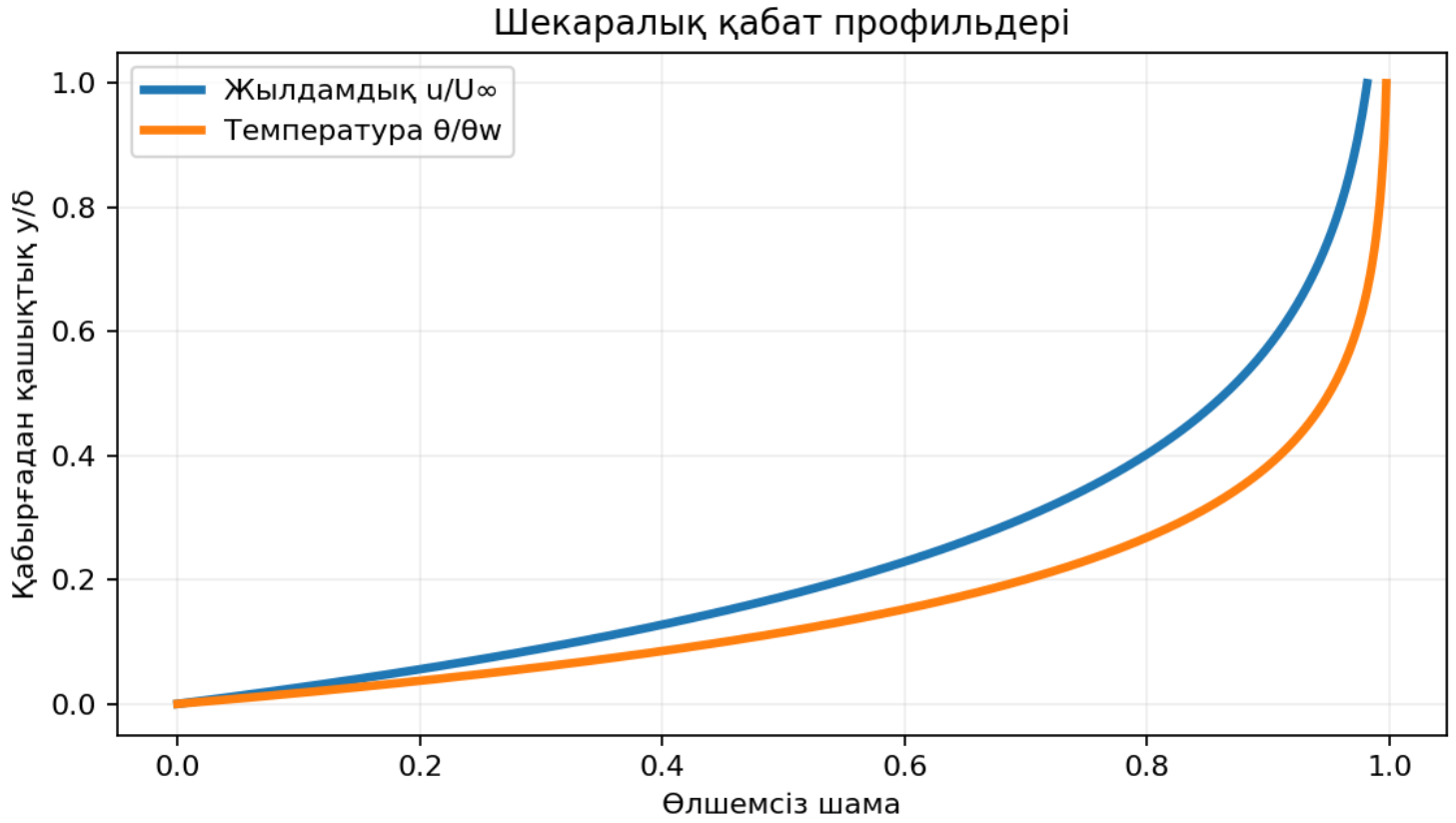
Негізгі үрдіс

Сұйықтарда температура өскен сайын μ көбіне кемиді.

Газдарда μ көбіне артады.

График — физикалық үрдісті түсіндіруге арналған иллюстрация; анықтамалық деректер емес.

Гидродинамикалық және жылулық шекаралық қабат



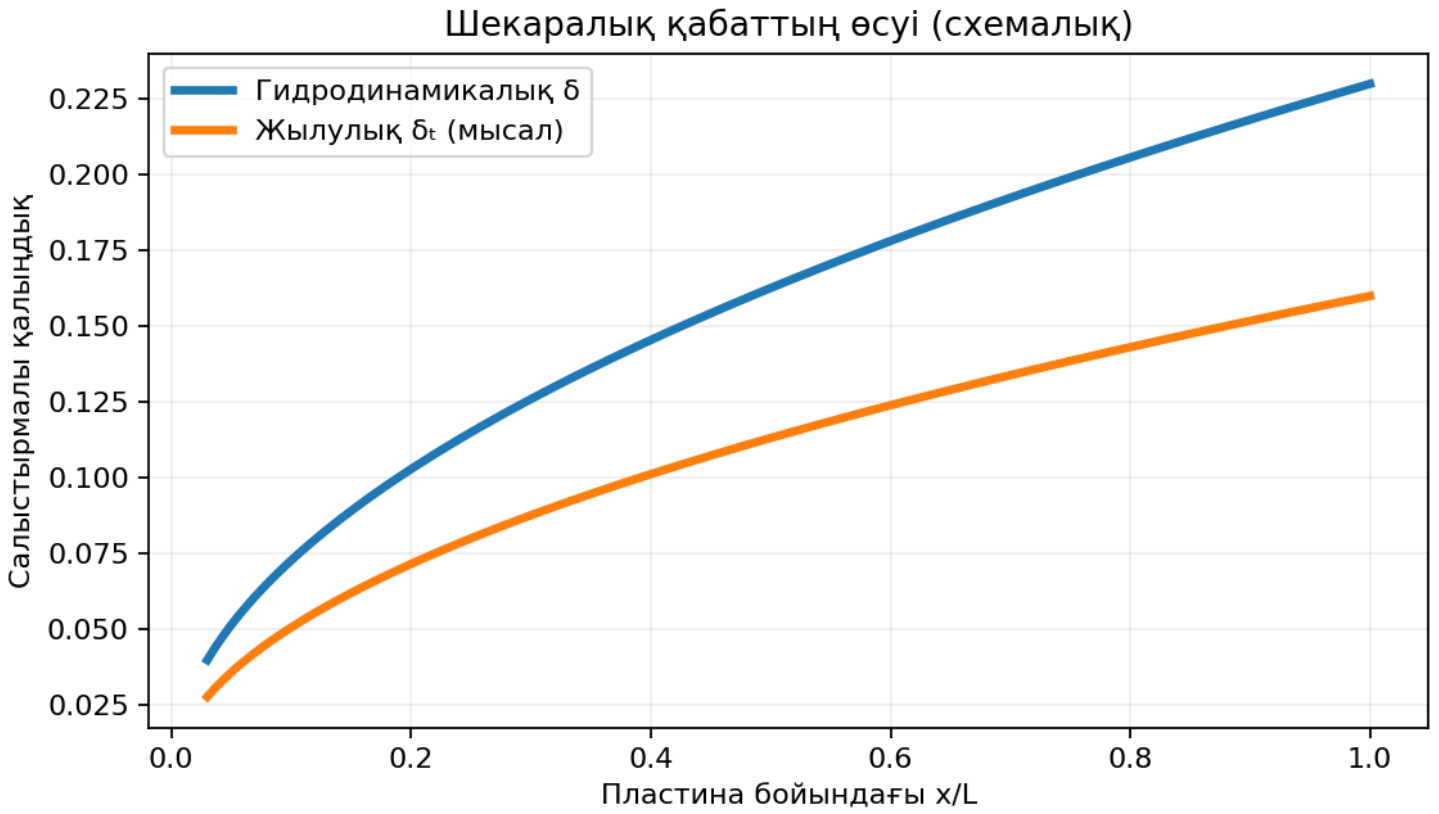
Анықтамалар

δ — жылдамдықтың қабырға маңында өзгеру аймағы.

δ_t — температураның қабырға маңында өзгеру аймағы.

Жалпы жағдайда $\delta \neq \delta_t$.

Шекаралық қабаттардың дамуы



Физикалық түсінік

Пластина бойымен x өскенде шекаралық қабат қалыңдайды.

Олардың қатынасы сұйық қасиеттеріне тәуелді.

Қабырғадағы жылу ағыны және Фурье заңы

$$q'' = -\lambda\,(\partial T/\partial n)_{\text{қабырға}}$$

Қабырға маңында жылу өткізгіштік арқылы жылу беріледі.

$$\alpha = -\lambda/(T_к - T_\infty)\cdot(\partial T/\partial n)_{\text{қабырға}}$$

Фурье және Ньютон–Рихман заңдарының байланысы.

Температура градиенті жоғарылаған сайын жылу ағынының тығыздығы артады.

Конвективтік жылуалмасудың дифференциалдық теңдеулері

Энергия және тұтастық

$$\frac{DT}{Dt} = a\nabla^2 T$$

$$\frac{DT}{Dt} = \frac{\partial T}{\partial t} + u \cdot \nabla T$$

$$\nabla \cdot u = 0$$

Қозғалыс теңдеуі

$$\frac{Du}{Dt} = -\nabla p/\rho + v\nabla^2 u + g\beta(T - T_0)\, e^g$$

Теңдеулер жүйесін шешу үшін бастапқы және шекаралық шарттар қажет.

Есептеу мысалы және қорытынды

$$\dot{Q} = \alpha F \Delta T = 40 \cdot 2 \cdot (70 - 20) = 4000 \text{ Вт}$$

Мысал үшін қабылданған мәндер: $\alpha = 40$ Вт/(м^2·К), $F = 2$ м^2, $\Delta T = 50$ К.

Қорытынды

Конвекция — қозғалыс пен жылу өткізгіштіктің бірлескен әсері. Жылу беру шекаралық қабат пен физикалық қасиеттерге тәуелді.

Бақылау сұрақтары

1. α нені сипаттайды?
2. δ мен δ_t айырмасы қандай?
3. Энергия теңдеуінің мәні неде?