КОНВЕКТИВТІ ЖЫЛУАЛМАСУ

8 дәріс. Құбырлардағы сұйықтың мәжбүрлі ағу процесін сипаттау

Ағыс режимдері, гидродинамикалық және жылулық тұрақтану, көтеруші күштің әсері

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

Дәрістің мақсаты, нәтижелері және мазмұны

Мақсаты

Құбыр ішіндегі ағыс пен жылу алмасудың қалыптасуын түсіндіру, бастапқы учаскелердің ұзындығын есептеу және табиғи конвекцияның мәжбүрлі ағысқа әсерін бағалау.

Оқыту нәтижелері

Құбырдағы ағыс режимін анықтайды.

Бастапқы учаскелердің ұзындығын есептейді.

Аралас конвекцияның ағысқа әсерін бағалайды.

Мазмұны

1. Ішкі ағыс және Re саны
2. Жылдамдық профилінің қалыптасуы
3. Жылулық тұрақтану учаскесі
4. Тұтқырлы-гравитациялық режим

Құбырдағы ағыс режимдері

Негізгі анықтамалар

$Re_d = U_{орта}\, d/\nu$

$U_{орта} = \dot{V}/A$

d — құбырдың ішкі диаметрі.

Қиманың шектеулі болуы қабырға әсерін бүкіл ағысқа таратады.

Режим аралықтары

$Re \lesssim 2300$: әдетте ламинарлы.

Өтпелі аймақта ағыс кіріс жағдайына сезімтал.

Дәрісте $Re > 10^4$ дамыған турбулентті ағыс үшін практикалық шек ретінде берілген.

Өту шектері кіріс бұзылуларына, кедір-бұдырлыққа және өлшеу жағдайына тәуелді.

Гидродинамикалық бастапқы учаске

Кірістегі өзгеріс

Біркелкі кіріс профилі қабырға маңында тежеледі.

Шекаралық қабаттар қалыңдап, құбыр осіне жетеді.

Одан кейін қалыптасқан профиль пайда болады.

Ұзындықты бағалау

Ламинарлы ағыс:

$L_h/d \approx 0{,}065Re$

Турбулентті ағыс:

$L_h/d \approx 1{,}45Re^{1/4}$

Бұл — дәрістегі жуық бағалаулар.

Қалыптасқан ламинарлы ағыс: Пуазейль профилі

$$u(r) = umax[1 - (r/R)^2]$$

R = d/2. Орныққан, сығылмайтын Ньютон сұйығы, тұрақты тұтқырлық және түзу дөңгелек құбыр.

$$Uорта = umax/2$$

Жылдамдық құбыр осінде ең үлкен, қабырғада нөлге тең. Профиль x бойымен өзгермейді.

Қалыптасқан ағыс дегеніміз жылдамдықтың радиалдық профилі бойлық бағытта өзгермейді дегенді білдіреді.

Турбулентті профиль және қабырға маңы

Ағыс өзегі

Турбулентті араласу профильдің орталық бөлігін біркелкілеу етеді.

Uорта/umax жиі 0,8–0,9 шамасында болады.

Нақты қатынас Re мен кедір-бұдырлыққа тәуелді.

Жұқа тұтқыр қабат

Қабырғаға өте жақын аймақта молекулалық тасымал басым.

Жылдамдық пен температура градиенттері үлкен.

Қабат жұқа болса да, жылулық кедергіге елеулі үлес қосады.

Қимадағы жылдамдық профилі

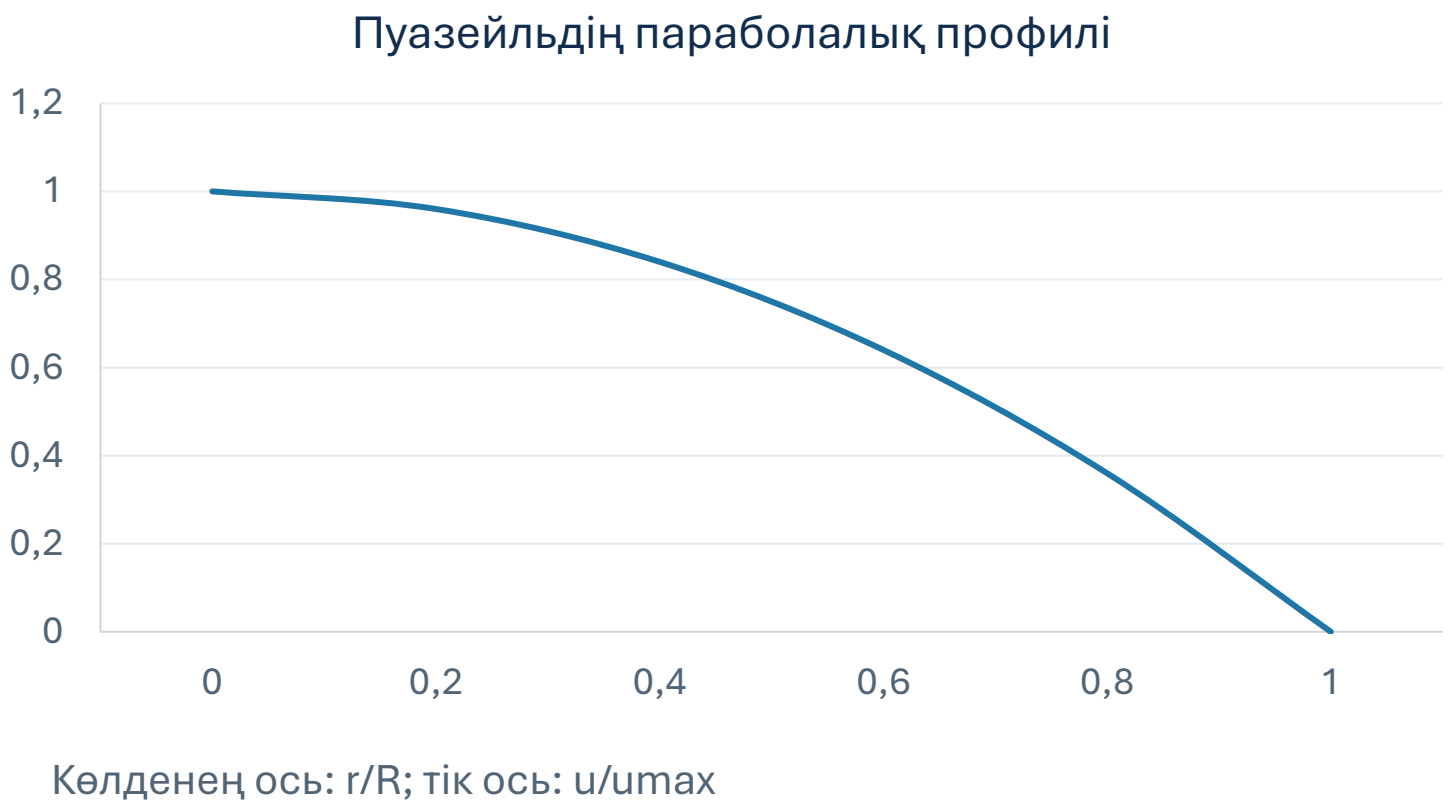

График тұрақты қасиеттері бар қалыптасқан ламинарлы ағыс үшін есептелді.

Профильді оқу

r/R = 0 — құбыр осі.

r/R = 1 — қабырға.

Ламинарлы ағыста:

$u/u_{max} = 1 - (r/R)^2$

Қабырғада u = 0.

Жылулық тұрақтану учаскесі

Қабырға температурасы тұрақты

$$Lt,T/d \approx 0,05\ RePr$$

Қабырғадағы жылу ағыны тұрақты

$$Lt,q/d \approx 0,07\ RePr$$

Ламинарлы ағыс үшін жуық ұзындықтар

Тұрақтану ұғымы

$Pe = RePr$

Жылулық қабат қиманы біртіндеп қамтиды.

Қалыптасқанда өлшемсіз температура профилі x бойымен өзгермейді.

Pr санының жылулық бастапқы учаскеге әсері



Көлденең ось: Pr; тік ось: Lt/Lh

Дәрістегі жуық формулалар бойынша есептелген оқу графигі.

Ұзындықтар қатынасы

Тқ = const үшін:

Lt/Lh ≈ (0,05/0,065)Pr

Pr артқанда жылулық тұрақтану учаскесі ұзарады.

Бағалау ламинарлы ағысқа қатысты.

Энергия балансы және қалыптасқан жылу беру

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_{шығ} - T_{кір})$$

ṁ = ρUорташA. Жылулық тұрақтанған ағыста да орташа сұйық температурасы құбыр бойымен өзгеруі мүмкін.

$$Nu_d = 3{,}66; \quad Nu_d = 4{,}36$$

Дөңгелек құбырдағы қалыптасқан ламинарлы ағыс: тиісінше Тқ = const және q"қ = const. Қасиеттер тұрақты.

Бұл тұрақты Nu мәндері бастапқы учаскеге, аралас конвекцияға немесе турбулентті ағысқа қолданылмайды.

Көтеруші күш және аралас конвекция

Режимді бағалау

$Ri = Gr/Re^2 = g\beta|\Delta T|d/U_{орта}^2$

Ri аз болса, көтеруші күш әсері әлсіз.

Ri елеулі болса, табиғи және мәжбүрлі қозғалыстар өзара әсерлеседі.

Бағыттардың әсері

Тік құбырда қозғалыстар бағыттас немесе қарсы болады.

Көлденең құбырда көлденең циркуляция тууы мүмкін.

Жылу беру өзгерісі режимге тәуелді, әрдайым күшейе бермейді.

Есептеу мысалы және өзіндік тексеру

Lh = 1,30 м; Lt,T = 10,0 м; Lt,q = 14,0 м

Оқу мысалы: Re = 1000, Pr = 10, d = 0,020 м. Lh/d = 0,065Re; Lt,T/d = 0,05RePr; Lt,q/d = 0,07RePr.

Қорытынды

Гидродинамикалық және жылулық қалыптасу ұзындықтары әртүрлі. Қасиеттердің өзгеруі мен көтеруші күш профильдерді бұрмалайды. Есептеу кезінде бастапқы учаске мен шекаралық шарттар ескеріледі.

Бақылау сұрақтары

1. Uорта қалай есептеледі?
2. Lt неліктен Pr-ға тәуелді?
3. Ri нені сипаттайды?