

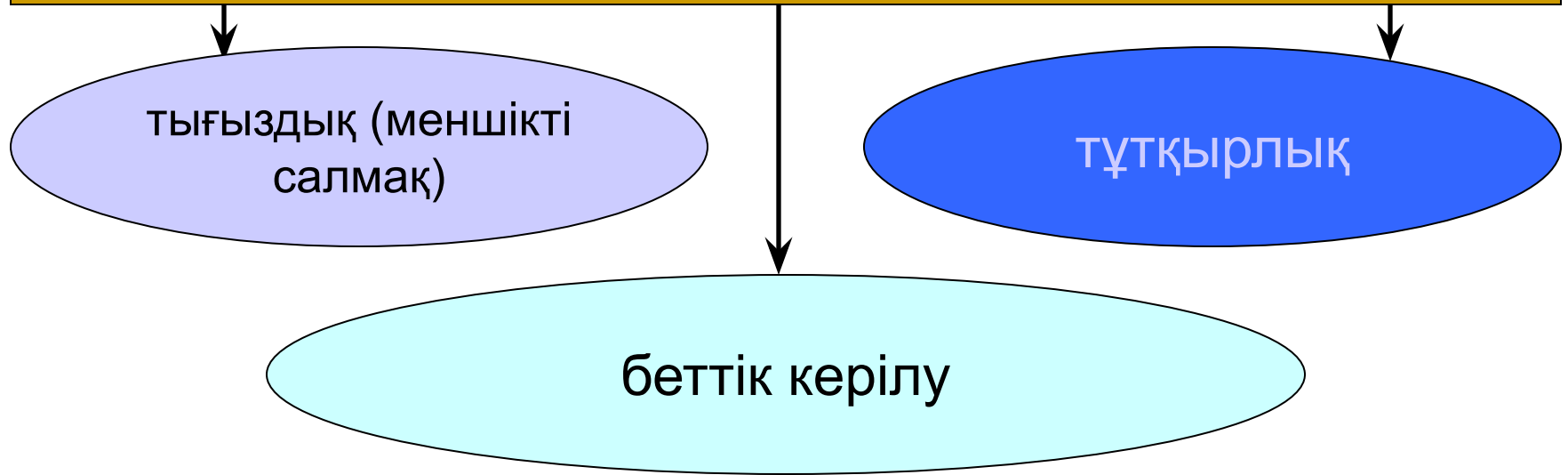
# Сұйықтар мен газдар механикасының негізгі ұғымдары

## *Дәріс жоспары*

- 1 Механиканың негізгі ұғымдары
- 2 Сұйықтың негізгі қасиеттері
- 3 Арнадағы газдар механикасының негіздері
- 4 Бернулли теңдеуі
5. Арындарды өлшеу
- 6 Құбырлар мен каналдарда газ қозғалысы кезінде энергияның жоғалуы
7. Қозғалыстағы ағын арынының жоғалымы

- *Сұйықтар мен газдар механикасы* аққыш орта қозғалысының тепе-теңдігі мен заңдылықтарын зерттейді – сұйықтар мен газдардың. Гидродинамикада *идеал және нақты (реал) сұйықтар* ұғымы бар. Идеал сұйық ұғымын, үйкеліс күші өте аз әсер ететін жағдайдағы сұйық қозғалысын жеңілдету мақсатында, 1755 ж. Эйлер ұсынды. **Идеал сұйық** – сығылмайды және бөлшектері арасында ішкі үйкеліс (тұтқырлық) болмайды. Тіршілікте барлық сұйықтар бір дәрежеде сығылады және тұтқырлы; олар **нақты** немесе **тұтқырлы сұйықтар** деп аталады. Нақты сұйықтар **тамшылы** (сұйықтың өзі) және **серпімді** (газдар) болып бөлінеді.

# Сұйықтың негізгі қасиеттер



**Тығыздық** - сұйық көлемінің бір бірлігінде болатын оның массасы

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{кг/м}^3]$$

Меншікті салмақ – сұйықтың көлем бірлігінің салмағы

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad , [\text{Н/м}^3].$$

**Тұтқырлық** - сұйықтың қозғалысқа кедергі көрсету қасиеті. Сұйықтың бұл қасиеті үйкеліс күшін тудырады. Беттік бірлігіне  $F$  келтірілген сұйық ішіндегі үйкеліс күші  $T$  ішкі үйкелістің кернеуі  $\tau$  деп аталады:

$$\tau = \frac{T}{F} = \mu \frac{\Delta\omega}{\Delta n} \quad \frac{\Delta\omega}{\Delta n} \text{ - нормаль бойынша жылдамдық градиенті}$$

$\mu$  – тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті

Динамикалық тұтқырлық коэффициентінің сұйық тығыздығына қатынасы тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті деп аталады  $\nu$ :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left[ \frac{\text{м}^2}{\text{сек}} \right]$$

- **Беттік керіліс:** сұйық беттігіне жайғасқан молекулалар сұйық ішінде орналасқан молекулалар тарапынан тартылысқа түседі, соның нәтижесінде сұйық ішіне бағытталған қысым пайда болады. Бұл күштердің әрекеті сұйықтың өзінің беттігін азайтуға ұмтылуынан пайда болады; жаңа беттер пайда болу үшін белгілі бір жұмыс талап етіледі. Жаңадан пайда болатын, бетке жұмсалатын жұмысты фазалар аралық немесе **беттік керілу** деп атайды  $\sigma$ , оның өлшем бірлігі [Дж/м<sup>2</sup>] немесе [Н/м].

**Қысым:** сұйық өзі тұрған ыдыстың қабырғасы мен түбіне, және оған батырылған кез-келген дене бетіне қысым түсіреді. Тыныштықтағы сұйықтың ішкі көлеміндегі кейбір элементарлы ауданға әсер ететін және осы ауданға нормаль бойынша бағытталған күш - гидростатикалық қысым күші . Бұл күштің аудан бірлігіне қатынасы орташа гидростатикалық қысым деп аталады. Қысым сұйықтың барлық нүктесінде барлық бағыттар бойынша бірдей. Қысым мен сұйық бағанасының биіктігі арасындағы байланыс:

$p = \gamma H$ , қысымды белгілі бір сұйық бағанасының бірлігі түрінде көрсетеді (мм су бағанасы, мм сынап бағанасы). Физикалық шамаларды өлшеу жүйесіне СИ сәйкес қысымның өлшеу бірлігі 1 Па болады.

# Арнадағы газдар механикасының негіздері

Пешті пайдаланудың дұрыс жағдайын жасау үшін, пешке отын мен ауаның қажетті мөлшерін аз шығынмен беру және шыққан газдарды аластау қажет. Газдар мен қыздырылған металл арасындағы жылу алмасу қарқындылығы газдық ағын қозғалысының сипатына тәуелді. Қыздырғыш пештер оттығында пеш газдарының нөлдік немесе өте аз оң қысымы ұсталады. Теріс қысым кезінде суық ауа пешке сорылады да, ол қыздырылатын металдың сууын және тотығуын тудырады. Қысым артықша болған кезде, пеш «газданады», бұл еңбек жағдайын нашарлатады.

Гидравликаның – сұйықтар қозғалысы туралы ғылым – көп заңдары пештік газдарға қолданбалы екені теориямен, тәжірибемен белгіленді. Бұл заңдарды жақсы білу және оны орынымен қолдану пештердің және олардың негізгі бөлшектерінің мөлшерлерін анықтауға, газдың тасымалдануына жұмсалатын энергия шығынын есептеуге, металды қыздырудың жылдамдығы мен сапасына әсер етуге мүмкіндік береді. Жеке қабаттарының тығыздық айырмасы әсерінен туындайтын газ қозғалысы еркін немесе табиғи деп аталады. Сыртқы әсерден туындайтын (желдеткіштермен, жанарғылармен, бүріккіштермен және т.б.) қысымдар айырымы әрекетінен газдың қозғалуы еріксіз немесе жасанды деп аталады. Сонымен, пештегі және оның элементтеріндегі газдар қозғалысы отынды жағу шарттарын, жылудың қыздырылатын металға берілуін, жану өнімдерінің аласталуын анықтайды. Бірқатар жағдайларда технологиялық процестердің өтуі газ қозғалысының сипатына тәуелді болады.

# Сұйық ағынының энергетикалық балансы

Сұйық ағынының энергетикалық балансы, идеал сұйықтар үшін Бернулли теңдеуі деп аталады:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g},$$

мұндағы  $z$  сұйық көлемінің ауырлық центрінің биіктігімен анықталады және сұйық күйінің потенциалдық энергиясын көрсетеді, ұзындық мөлшерлігінде болады және геометриялық арын деп аталады;

$\frac{p}{\rho g}$  сұйық қысымының потенциалдық энергиясын көрсетеді,

пьезометриялық арын деп аталады, ұзындық мөлшерлігінде болады;

$\frac{\omega^2}{2g}$  мүшесі қозғалыстағы сұйықтың меншікті кинетикалық энергиясын көрсетеді, жылдамдықты арын деп аталады және ұзындық мөлшерлігінде болады.



# Бернулли теңдеуі бойынша:

*идеал сұйықтың қозғалысы кезінде геометриялық, пьезометриялық және жылдамдықты арындардың қосындысы (толық гидродинамикалық арын) ағынның барлық көлденең қимасында тұрақты шама*

*Нақты сұйықтар үшін Бернулли теңдеуі :*

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} + h_{\Pi},$$

$$h_{\Pi} = \frac{u_2 - u_1}{g}$$

ұзындық мөлшерлігінде болады және жоғалған арын деп аталады, яғни **нақты сұйықтың қалыптасқан қозғалысы кезінде геометриялық, пьезометриялық, жылдамдықты және жоғалған арындардың қосындысы ағынның кез-келген қимасындағы әрбір нүктеде тұрақты шама болып табылады.**

# Сұйықтың ағу режимі - ламинарлық және турбуленттік болып бөлінеді.

**Ламинарлық режим** қозғалыстың төменгі жылдамдығында немесе сұйықтың мәнді тұтқырлығында байқалады, ол параллель қабаттармен бір-бірімен араласпай қозғалады. Ағыстар әртүрлі жылдамдықты болады, бірақ әрбірінің жылдамдығы тұрақты және ағын осіне бойлықты бағытталады. Бұл кезде, құбырға сұйықтың кірер жерінен бірнеше қашықтықта орнықтырылған сұйықтың орташа жылдамдығы максимал шаманың жартысына тең шорт.  $= 0,5\omega_{\text{макс}}$ .

**Турбуленттік режим** кезінде сұйықтың бөлшектері үлкен жылдамдықпен әртүрлі бағытта қозғалады, қозғалыс тәртіпсіз, хаостық күйде болады, бөлшектер осьтікте, радиалдықта бағыттарда қозғалады. Арынның әрбір нүктесінде уақыт бойында жылдамдықтың жедел өзгерістері өтеді – **жылдамдықтың соғуы**. Бірақ ламинарлық қозғалыстағы сияқты, турбуленттіктеде өте жұқа шекаралық қабатта сұйықтың қозғалысы ламинарлық сипатта болады, сондықтан қалыңдығы  $\delta$  бұл қабат **ламинарлы шекаралық қабат** деп аталады. Ағынның басқа бөлігінде жылдамдықтардың таралуы ламинарлық қозғалысқа қарағанда бірқалапты болады және шорт.  $\cong 0,85\omega_{\text{макс}}$ .

Сұйық қозғалысының режимі сұйықтың орташа жылдамдығына, құбыр диаметріне және сұйықтың кинематикалық тұтқырлығына тәуелді. Бұл шамаларды Рейнольдс критериясы біріктіреді:

$$Re = \frac{\omega d}{\nu}$$

Қозғалыстың бір түрінен екіншісіне өтуіне Рейнольдс критериясының шамасы Рейнольдс критериясының ауыспалы мәні деп аталады, және түзу құбыр үшін  $Re_{ay}$ .

Түзу құбырдағы  $Re < 2300$  кезіндегі сұйық қозғалысы тұрақты ламинарлы, ал  $Re > 2300$  кезінде қозғалыс – турбулентті, дегенмен тұрақты турбуленттік сипатқа ол  $Re > 10000$  болғанда ие болады. Рейнольдс санының  $2300 < Re < 10000$  аралығында орнықпаған турбуленттік немесе өтпелі режим айқындалады.

---

# Бақылау сұрақтары

1. Идеал және нақты сұйықтарға анықтама беріңіз.
2. Эйлердің теңдеуі қандай сұйықтар үшін қолданбалы? Оның мәні неде?
3. Ньютон теңдеуі нені көрсетеді?
4. Газдардың саңылаудан ағу ерекшелігі немен қорытындыланады?
5. Ламинарлы шекаралық қабат дегеніміз не?