

7 - Маъруза. Ҳаракат тенгламалари ва тезлик тақсимоти

Режа:

1. Оқимларнинг ҳаракат режимлари.
2. Ламинар ҳаракат режимида тезлик тақсимоти.
3. Турбулент ҳаракат режимида оқим тезлигининг тақсимоти.

Таянч иборалар: *Оқимларнинг ҳаракат режимлари, ламинар, турбулент, Рейнольдс мезони, уринма зўриқиш, Ньютон гипотезаси, оқим сарфи, ўртача тезлик, турбулент диффузия коэффициенти.*

Оқимларнинг ҳаракати режимлари

Ҳаракатдаги суюқлик ёки газ оқимини ўрганишда ҳар хил қарашлар мавжуд.

Мавжуд усуллардан бири оқимни майда заррачалардан ёки жуда кичик хажмлардан иборат деб қарашдир. У ҳолда оқим заррачалари ҳаракати Ньютон қонунлари асосида ифодаланади.

Суюқлик ёки газлар ҳаракат режимларини одатда икки хилга, ламинар ва турбулент ҳаракат режимларига ажратадилар.

Суюқлик ҳаракат режимлари ҳақида Хаген, Д. Менделеевнинг илмий ишлари мавжуд. Фақат бу ходиса моҳиятини О.Рейнольдс (1885) махсус тажрибалар ўтказиб аниқ кўрсатиб берди.

Сувнинг тезлиги қандайдир критик тезликдан кичик бўлса, шиша қувурга қўйилган рангли суюқлик тўғри чизик бўлиб ҳаракат қилади. Бундай режимда суюқлик қатламлари қават- қават бўлиб ҳаракат қилади. Бундай ҳаракат режимига- ламинар ҳаракат режими дейилади. Ламинар иборасининг луғавий маъноси «қатлам» сўзини ифодалайди (*lamina*- қатлам).

Сувнинг тезлиги қандайдир критик тезликдан кичик бўлса, шиша қувурга найча орқали қўйилган рангли суюқлик заррачалари бетартиб ҳаракат қила бошлайди. Бу ҳолда тўғри чизикли ҳаракат бузилиб, қатламлараро заррачалар алмашинуви бошланади. Бундай ҳаракат режимига - турбулент ҳаракат режими дейилади. Турбулент иборасининг луғавий маъноси «бетартиб» сўзини ифодалайди (*turbulentus*- бетартиб).

Рейнольдс тажрибалари натижасида суюқликнинг ҳаракат режимини ўлчовсиз сон - Рейнольдс мезони орқали ифодалаш мумкинлигини кўрсатади.

Рейнольдс мезони (5-маърузага қаранг) цилиндрик қувурлар учун қуйидагича аниқланади:

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

Ёки ноцилиндрик қувурлар учун:

$$Re = \frac{\rho \cdot 4R}{\nu}$$

Бу ерда : ρ - ўртача тезлик; d – қувур диаметри; R – гидравлик радиус; ν - ёпишқоқликнинг кинематик коэффиценти.

$$R = \frac{\omega}{\chi};$$

Бу ерда: ω - оқим кундаланг кесим юзаси;
 χ - оқим периметри.

Рейнольдс мезони инерция кучининг ишқаланиш кучига нисбатини ифодалайди.

Рейнольдс мезонининг кичик қийматлари лиминар ҳаракат режимини ифодалаб, унинг ошиб бориши натижасида у турбулент ҳаракатга айланади.

Суюқликнинг ламинар ҳаракатдан турбулент ҳаракатга ўтиши Рейнольдс мезонининг маълум критик миқдори билан аниқланади. Масалан пўлат қувурлар учун критик Рейнольдс мезони $Re_{кр} = 2320$ га тенг, деб олинган.

Демак, оқимнинг ҳаракат режимини аниқламоқчи бўлсак, Рейнольдс мезонини критик Рейнольдс мезони билан қиёслаймиз:

Агар $Re < Re_{кр} = 2320$ қувурдаги ҳаракат режими ламинар.

Агар $Re > Re_{кр} = 2320$ қувурдаги ҳаракат режими турбулент.

Ламинар ҳаракат режимида тезлик тақсимооти

Суюқликнинг текис ҳаракатини кўрамиз. Суюқлик ҳаракати ламинар бўлганлиги учун оқим торлари бир-бирига параллел бўлган тўғри чизиқлардан иборат бўлади.

Ламинар ҳаракат режимида суюқликдаги уринма зўриқишни Ньютон гипотезаси асосида аниқласа бўлади:

$$\tau = \mu \frac{du}{dr} \quad (1)$$

бу ерда: r - кувур радиуси.

$\frac{du}{dr}$ - тезлик градиенти.

Адабиётларда уринма зўриқиш учун куйидаги муносабат келтирилган:

$$\tau = \rho g \frac{r}{2} J \quad (2)$$

бу ерда : J - гидравлик нишаблик;

(1) ни (2) га тенглаштириб куйидаги ифодани оламиз:

$$\rho g \frac{r}{2} J = -\mu \frac{du}{dr}$$

$$du = -\frac{\rho g}{2\mu} r dr = -\frac{gJ}{2\gamma} r dr$$

Охирги ифодани интеграллаб:

$$\int du = -\frac{gJ}{2\mu} \int r dr$$

ёки

$$u = -\frac{gJ}{4\mu} r^2 + C$$

C - интегралаш доимийси, чегаравий шартга кўра, $r = 0$ бўлганда $u = 0$.

$$u = -\frac{gJ}{4\nu}(r_0^2 - r^2) \quad (3)$$

Демак, ламинар ҳаракат режимида тезлик парабола қонунига бўйсунди. У ҳолда тезлик эпюраси параболадир.

Охирги тенгламадан қўринадик, тезликнинг энг катта- максимум қиймати қувур ўқида, яъни $r = r_0$ бўлган нуқтада бўлади.

$$u_{\max} = \frac{gJ}{4\nu}r_0^2 \quad (4)$$

У ҳолда тезлик тақсимоти:

$$u = u_{\max} \left[1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right] \quad (5)$$

Энди (4) тенглама асосида оқимнинг қўйидаги гидравлик катталикларини аниқлаймиз:

Оқим сарфи:

$$Q = \int_0^{r_0} u d\omega = 2\pi \int_0^{r_0} ur dr$$

$$Q = \frac{\pi d J}{128\nu} d^4 \quad (6)$$

Ўртача тезлик:

$$g = \frac{Q}{\omega}$$

У ҳолда ўртача тезлик:

$$g = \frac{gJd^2}{32\nu} = \frac{gJr_0^2}{8\nu} \quad (7)$$

(4) ва (7) ифодалардан шуни хулоса қилиш мумкинки ламинар ҳаракат режимида $g = 0,5 u_{\max}$ бўлар экан.

Турбулент ҳаракат режимида оқим тезлигининг тақсимооти

Турбулент ҳаракатда суюқликнинг ҳар бир заррачаси жуда ҳам мураккаб эгри чизикли траектория бўйича ҳаракат қилади ва ҳар бир қандай икки заррачанинг траекториялари бир- бирига ўхшамайди.

Турбулент ҳаракат режимида оқимнинг ҳар бир нуқтасидаги тезлик миқдори ва йўналиши ўзгариб туради.

Бунда нуқтадаги тезлик икки хил тезликдан иборат бўлади:

$$u = \bar{u} + u^1$$

Бу ерда u – ўрталанган тезлик бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u dt$$

u^1 - тезлик пульсацияси;

Турбулент ҳаракат режимида уринма зўриқишни ифодалаш ҳозирги замон фанининг муаммоли масалаларидан ҳисобланади.

Шу боисдан оқимнинг турбулент ҳаракатини ифодалаш учун бир неча моделлар мавжуд: бўлар хақида [1, 2] адабиётда батафсал ёзилган.

Турбулент ҳаракат режимида оқим тезлигининг тақсимоотини назарий ифодалаш анча мураккаб.

Умумий кўринишда турбулент ҳаракат уринма зўриқиши қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\tau = \tau_\lambda + \tau_T = \mu \frac{du}{dy} - \mu_T \frac{du}{dy} \quad (8)$$

Бу ерда τ_λ, τ_T мос равишда ламинар ва турбулент режимидаги уринма зўриқиш; μ_T - турбулен оқим ёпишқоқлик коэффиценти ёки турбулент алмашув (диффузия) коэффиценти.

Оқимнинг турбуленлик даражаси ошиши билан (8) ифоданинг биринчи хадининг таъсири кам бўлади, у ҳолда

$$\tau = \mu_T \frac{du}{dy}; \quad (9)$$

Тажриба ва назарий изланишлар натижасида μ_T - учун қуйидаги ифода қабул қилинган:

$$\mu_T = \rho\lambda \cdot \frac{du}{dy} \quad (10)$$

Бу ерда: ρ - зичлик;

$$\lambda = x y;$$

Қувурда тезликни тақсимотини ифода этувчи тенгламани оламиз:

$$\rho x^2 y^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 = \rho u_x^2 \quad (11)$$

Охириги ифодани интеграллаб қуйидаги натижани оламиз:

$$u = \frac{u_x}{x} \ln y + C \quad (12)$$

C- интеграллаш доимийси;

(12) – тенгламага, турбулент ҳаракат режимида тезликнинг лагоририк қонуният бўйича тақсимоти дейилади. Адабиётларда тезлик тақсимотини ифодаловчи бир неча эмперик ва ярим эмперик формулалар ҳақида кенг маълумотлар мавжудлиги учун, бу ерда бу масалаларга батафсил тўғталамиз.

Назорат саволлари

1. Суюқлик ҳаракат режимлари ва унинг оқим тезлигига таъсири.
2. Оқим тезлиги тақсимотини ифодаловчи формулалар.
3. Турбулент оқим моделлари.