IV BOB. SUYUQLIK HARAKATINING TARTIBLARI VA GIDRODINAMIK O'XSHASHLIK ASOSLARI

Amalda ko'p hollarda turli quvurlar sistemasini hisoblashga to'g'ri keladi. Bunday hisoblashlar kimyo, to'qimachilik, neft sanoatida, gidrotexnika inshootlarida va boshqa ko'pgina joylarda uchraydigan turli gidromashinalarning qismlari, vodoprovodlar, issiqlik almashtirgichlar kabi sistemalar uchun qo'llaniladi. Bu sistemalarni hisoblash ularda suyuqlikning qanday tezlikda va qanday sharoitda oqishiga bog'liq. Shunga asosan suyuqliklar harakatining turli tartiblari tekshiriladi va harakat tartibiga qarab turlicha hisoblash ishlari olib boriladi.

4.1. Suyuqlik harakatining ikki tartibi. Reynolds kritik soni

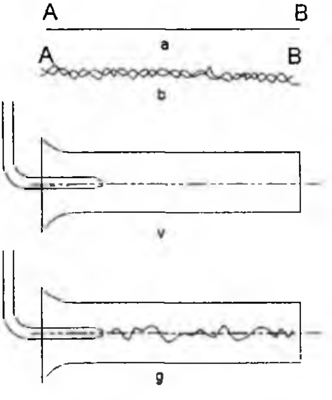
Ko'p hollarda quvurlardagi suyuqlik tekis harakatda bo'ladi, ya'ni tezlik oqim yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi. Bu holda harakatning qanday bo'lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bu holda uning ikki kesimidagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog'liq bo'ladi. Bu kuchlarning ta'sirida quvurlardagi harakat tezligi har xil bo'lishi mumkin. Tezlikning katta-kichikligiga qarab suyuqlik zarrachalari batartib yoki betartib harakat qiladi. Bu harakatlar, odatda, asosan ikki tartibli harakatga ajratiladi: laminar harakat va turbulent harakat.

Laminar harakat vaqtida suyuqlik zarrachalari qavat-qavat bo'lib joylashadi va ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o'tmaydi. Boshqacha aytganda, suyuqlik zarrachalari oqimlar harakatiga ko'ndalang yo'nalishda harakatlanmaydi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin.

Agar harakat fazosida biror A nuqta tanlab olsak, shu nuqtada albatta suyuqlikning biror zarrachasi bo'ladi. Harakat natijasida shu zarracha *A* nuqtadan siljib uning o'rnini boshqa zarracha egallaydi. Ikkinchi zarracha ham *A* nuqtada to'xtab tur-maydi va uning o'rnini uchinchi zarracha egallaydi va hokazo. Endi *A* nuqtaga birinchi kelgan zarracha harakatlanib, biror *B* nuqtaga *AB* chizigi (4.1-rasm, a) bo'yicha kelsa, uning ketidan kelgan ikkinchi zarracha ham *A* nuqtadan *B* nuqtaga *AB* chizig'i bo'yicha kelsa, uchinchi zarracha ham aniq *AB* chizig'i bo'yicha yursa va *A* nuqtaga kelgan boshqa zarrachalar ham *AB* chizig'i orqali *B* nuqtaga kelsa, bunday harakat *laminar* *harakat* deyiladi. Ba'zi vaqtda laminar harakatning bunday tartibi *parallel oqimli* yoki *tinch harakat* deb ataladi.

Laminar harakatni tajribada kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha quvurning boshlang'ich kesimiga shisha naycha orqali rangli suyuqlik keltirib qo'shib yuborsak, rang suyuqlikda aralashmasdan to'g'ri chiziq bo'yicha oqim ko'rinishida ketadi (4.1-rasm, v).

Agar suyuqlikning tezligini oshirib borsak, harakat tartibi o'zgarib boradi. Tezlik ma'lum bir chegaradan o'tganidan keyin, zarrachalar kinetik energiyasi ko'payib ketishi natijasida, ular ko'ndalang yo'nalishda ham harakat qila boshlaydi. Natijada zarrachalar o'zi harakat qilayotgan qavatdan qo'shni qavatga o'tib, energiyasining bir qismini yo'qotib, o'z qavatiga qaytib keladi. Oqim tezligi juda oshib ketsa, zarrachalar bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o'ta boshlaydi. Natijada suyuqlik harakatining tartibi buziladi. Bunday harakat turbulent harakat deyiladi.



4.1. rasm. Laminar va turbulent harakatga oid chizma

Yuqorida aytganimizdek, A nuqtadan o'tayotgan zarrachalarni ko'rsak, birinchi zarracha *B* nuqtaga tekis chiziq bilan emas, qandaydir egri-bugri chiziq bo'yicha keladi. Hatto u nuqtaga aniq kelmasligi mumkin. Birinchining ketidan kelayotgan ikkinchi zarracha ham *A* dan *B* ga egri-bugri chiziq bilan keladi. Lekin bu chiziq birinchi zarracha yurgan chiziqdan farq qiladi. Uchinchi zarracha esa *A* dan *B* ga uchinchi egri-bugri chiziq bilan keladi. Shunday qilib turbulent harakatda ixtiyoriy *A* nuqtadan o'tuvchi har bir suyuqlik zarrachasi *B* nuqtaga o'ziga xos egri chiziq bilan keladi (4.1-rasm, b), ba'zi zarrachalar *B* nuqtaga kelmasligi ham mumkin. Yuqorida aytilgan usul bilan quvurda oqayotgan suyuqlik oqimining boshlang'ich kesimida rang qo'shib yuborsak, u tezlikning ma'lum bir miqdoridan boshlab egri chiziq bo'yicha ketadi (4.1-rasm, g). Tezlikni oshirishni davom ettirsak, rang suyuqlikda butunlay aralashib ketadi. Bundan ko'rinadiki, suyuqlikning parallel oqimli tartibi buziladi. Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi O. Reynolds tajribada har tomonlama tekshirgan va natijalarini 1883 yilda e'lon qilgan. Reynolds suyuqliklar harakatining muhim qonuniyatini kashf qildi. Suyuqlik harakatini tezlikning oqim o'lchamiga ko'paytmasining qovushoqlik kinematik koeffitsiyentiga nisbatidan iborat o'lchovsiz miqdor xarakterlar ekan. Bu miqdor olimning hurmatiga *Reynolds soni* deb ataladi va formulalarda *Re* bilan belgilanadi. Silindrik quvurlardagi oqim uchun Reynolds soni quyidagicha qisoblanadi:

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta d}{\nu} \tag{4.1}$$

Turli shakldagi nosilindrik quvurlar va o'zanlardagi oqimlar uchun Reynolds soni quyidagicha o'lchanadi:

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta d_{ekv}}{\nu} = \frac{4\vartheta R}{\nu} \tag{4.2}$$

bu yerda d – quvurning ichki diametri; d_{ekv} – o'zan yoki nosilindrik quvurning ekvivalent diametri: $d_{ekv} = 4R$; R – gidravlik radius.

Reynolds aniqlashicha, yuqorida aytilgan o'lchovsiz miqdorning kichik qiymatlarida laminar harakat bo'lib, uning oshib borishi natijasida u turbulent harakatga aylanadi. (4.1) dan ko'rinib turibdiki, Reynolds soni *Re* oshishi uchun yo tezlik, yoki quvur diametri ortish, yoki bo'lmasa qovushoqlik kinematik koeffitsiyenti kamayishi kerak. Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga, o'tishini Reynolds soni *Re* ning ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynolds soni kritik soni deb atalib, Re_{kr} bilan belgilanadi. Bu son silindrik quvurlar uchun Re_{kr}=2320.

Agar oqimni juda silliq quvurda, har qanday eng kuchsiz turtki va tebranishlardan holi bo'lgan sharoitda tekshirsak, Reynolds kritik soni 2320 dan ortiq, hatto bir necha marotaba ortiq bo'lishi mumkin. Lekin Reynolds soni ma'lum bir qiymatdan o'tganidan keyin harakat, qanday ehtiyot choralari ko'rilmasin, albatta turbulent bo'ladi. Bu son Reynolds yuqori kritik soni deb ataladi va $Re_{kr \cdot yu}$ – 10000ga teng bo'ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik son Reynolds quyi kritik soni $Re_{kr\,q}$ = 2320 deb ataladi. Reynolds soni $Re_{kr\,q}$ dan kichik bo'lganda barqaror laminar harakat bo'ladi, u

$Re_{kr.yu}$ dan katta bo'lganda esa turbulent harakat barqarorlashgan bo'ladi. Agar Reynolds soni bu ikki miqdor o'rtasida, ya'ni $Re_{kr\,q} > Re > Re_{kr\,yu}$ bo'lsa, turbulent harakat beqaror bo'lib, bu holatni o'tkinchi tartib deyiladi. Shunday qilib, suyuqlik harakatida asosan ikki tartib laminar va turbulent tartib mavjud. Bu tushunchani yana aniqroq ifodalasak, u holda uch xil tartib mavjud bo'lib, ular Reynolds soniga bog'liq:

1) laminar tartib $Re < 2320$ da;

2) o'tkinchi tartib $2320 > Re > 10000$ da;

3) barqarorlashgan turbulent tartib $Re > 10000$ da.

Suyuqlik harakatini tekshirishda va turli gidrosistemalarni hisoblashda harakat tartibining qanday bo'lishiga qarab foydalaniladigan formulalar va miqdorlar turlicha bo'ladi. Shuning uchun turli hisoblashlarni bajarishdan oldin harakatning laminar yoki turbulent tartibda ekanligini (4.1) formula yordamida aniqlab olish zarur bo'ladi.

Suyuqliklarda ichki qarshiliklar ham harakat tartibiga qarab har xil hisoblanadi. Tajribalarning ko'rsatishicha, laminar harakat vaqtida bosimning pasayishi o'rtacha tezlikning birinchi darajasiga

$$H_{1-2} = k_L \vartheta,$$

turbulent harakatda esa uning n – darajasiga proportsional bo'ladi.

$$H_{1-2} = k_T \vartheta^n$$

bu yerda K_l, K_T – laminar va turbulent harakat uchun proportsionallik koeffitsiyentlari; n - daraja ko'rsatkichi; u 1,75 va 2 orasida o'zgaradi. Reynolds soni ortishi bilan daraja ko'rsatkichi n ortib boradi. Barqaror turbulent harakat bo'lganda $n = 2$ bo'ladi.

4.2. Gidrodinamik o'xshashlik asoslari. Gidrodinamik hodisalarni modellash

Texnikada gidravlik qurilmalarini yaratish yoki tabiatdagi biror voqeani tekshirish uchun labaratoriya sharoitida uning kuchaytirilgan modellarida tajribalar o'tkaziladi va bu tajribalar natijasiga qarab asosiy qurilma yoki hodisa haqida xulosa chiqariladi. Modellarni yasash va ularda olingan natijalarni rostakam nusxaga o'tkazish uchun model bilan rostakam hodisani bir-biri bilan bog'lovchi qonuniyatlarni bilish zarur bo'ladi. Rostakam nusxa bilan model o'rtasidagi bu qonuniyatlar o'xshashlik qonuniyatlari deb ataladi va ularni o'xshashlik va modellash nazariyasi tekshiradi.

Ikki fizik jarayon o'xshash bo'lishi uchun uning barcha parametrlari ma'lum bir munosabatda bo'lishi kerak va bu munosabatlar turli parametrlar uchun turlicha bo'ladi.

Ikki xil voqeani bir-biriga o'xshash bo'lishi uchun birinchidan uning geometrik parametrlari o'xshash bo'lishi, ikkinchidan kinematik va dinamik parametrlari o'xshash bo'lishi kerak.

Misol uchun suvning tabiatda va texnikada kuzatilayotgan harakatda kavitatsiya hodisasi mavjud bo'lsa, uning modelida geometrik va kinematik o'xshashlik bo'lishidan tashqari xuddi shunday kavitatsiya hodisasi mavjud bo'lishi kerak. Hodisalarning o'xshashligi fizik o'xshashlik, vaqt o'xshashligi chegaraviy shartlarni o'xshashligini ham o'z ichiga olish kerak. Bular ikki o'xshash hodisalar uchun bir ismli miqdorlarning nisbatlari bir xil qiymatga ega bo'lishini taqozo qiladi. Masalan, bir hodisa uchun uzunlik o'lchamlari $L_1, L_2, L_3....L_n$ bo'lsin , birinchiga o'xshash ikkinchi hodisaning uzunlik o'lchamlari esa $l_1, l_2, l_3.....l_n$ bo'lsin. U holda agar

$$\frac{L_1}{l'_1} = \frac{L_2}{l'_2} = \frac{L_3}{l'_3} = \frac{L_n}{l'n} = const \qquad (4.3.)$$

bo'lsa bu hodisalar geometrik o'xshash bo'ladi. Xususan, $l_1, l_2, ...l_n$ quvurning uzunligi, diametiri, tezlik yoki boshqa parametrni o'lchanayotgan nuqtaning koordinatalari va

hokazo bo'lishi mumkun. Yuqorida aytilgan hodisalar uchun tezlik o'lchamlari ϑ_1, ϑ_2,

ϑ_3,.... ϑ_n va $\vartheta'_1, \vartheta'_2, \vartheta'_3 ... \vartheta'_n$ bo'lsin.

Agar

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta'_1} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta'_2} = \frac{\vartheta_3}{\vartheta'_3} = \frac{\vartheta_n}{\vartheta'_n} = const \qquad (4.4.)$$

bo'lsa, bu hodisalar kinematik o'xshash bo'ladi. Xususan $\vartheta_1, \vartheta_2, ..., \vartheta_n$ o'lchash olib borilayotgan nuqtalardagi tezliklardir.

Mazkur ikki hodisa uchun:

$$\frac{t_1}{t'_1}=\frac{t_2}{t'_2}=\frac{t_3}{t'_3}=.....=\frac{t_n}{t'_n}=const \qquad (4.5.)$$

bo'lsa, ularda vaqt o'xshashligi mavjud .

Yuqorida keltirilgan (4,3), (4,4) va (4,5) nisbatlarning tenligini ifodalovchi o'zgarmas miqdorlar *o'xshashlik doimiysi* deb ataladi va uzunlik uchun α_l tezlik uchun α_V vaqt uchun at belgilar bilan belgilanadi. Shuningdek tezlanish uchun α_a zichlik uchun α_ρ qovushqoqlik uchun α_u va hokazo o'xshashlik doimiylarini kirtish mumkin. O'xshashlik nazariyasida yuqorida keltirilgan o'xshashlik doimiylari ikki o'xshash hodisa uchungina bo'lmay, bir qancha o'xshash hodisalar uchun bo'lsa, u holda ular *o'xshashlik aniqlovchisi* deyiladi. O'xshashlik aniqlovchilarning o'xshashlik doimiysidan yana bir farqi ular bir qancha turli o'lchamlar kombinatsiyasining nisbati sifatida qurilishi mumkin.

Masalan,

$$\frac{\vartheta_1 l_1 v_1}{\vartheta'_1 l'_1 v_1'}=\frac{\vartheta_2 l_2 v_2}{\vartheta'_2 l'_2 v'_2}=......=\frac{\vartheta_n l_n v_n}{\vartheta'_n l'_n v'_n}=const$$

Agar o'xshashlik aniqlovchisi oddiy o'lchamlar nisbati bilan ifodalansa, ular *simplekslar* deyiladi. Agar o'xshashlik aniqlovchisi o'lchamlar murakkab kombinatsiyalarining nisbati sifatida ifodalansa, u holda *o'xshashlik kriteriyalari* deyiladi. Misol sifatida Nyuton ikkinchi qonunini ko'ramiz. Birinchi hodisa uchun u

$$F_1=m_1\frac{d\vartheta_1}{dt_1} \qquad (4.6.)$$

Ikkinchi hodisa uchun esa

$$F_2=m_2\frac{d\vartheta_2}{dt_2} \qquad (4,7)$$

Ikkinchi hodisa uchun o'xshashlik doimiylari a_f, a_m, a_v, a_t larni kiritsak, (4.7) birinchi hodisa parametrlari orqali quyidagicha ifodalanadi.

$$\alpha_f F_1=\alpha m_1\frac{\alpha d}{\alpha t}m_1\frac{d\vartheta_1}{dt_1}$$

yoki

$$\frac{\alpha_f\alpha_t}{\alpha_m\alpha_V}F_1=m_1\frac{d\vartheta_1}{dt_1} \qquad (4,8)$$

(4.6.) bilan (4.8) lar ikki o‘xshash hodisalar uchun yozilganligi sababli ular bir xil bo‘lishi kerak. Buning uchun o‘xshashlik doimiylaridan tashkil topgan quyidagi o‘zgarmas miqdor birga teng bo‘lishi kerak.

$$C = \frac{\alpha_f \alpha_t}{\alpha_m \alpha_\vartheta} = 1$$

bundan

$$\frac{\frac{F_1}{F_2}\frac{t_1}{t_1}}{\frac{m_1}{m_2}\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}} = 1 \text{ ёки } \frac{F_1 t_1}{m_1 \vartheta_1} = \frac{F_2 t_2}{m_2 \vartheta_2}$$

Bu munosabat bir necha o‘xshash hodisalar uchun umumlashtirsak, quyidagi o‘xshashlik aniqlovchisini olamiz

$$Ne = \frac{Ft}{m\vartheta} = const$$

bunga *Nyuton mezoni* deyiladi.

Gidrodinamik o‘xshashlikni quyidagi kriterial miqdorlar aniqlaydi .

Struxal mezoni yoki *gomoxronlik mezoni*

$$Sh = \frac{l}{\vartheta t} \tag{4.9.}$$

Reynolds mezoni

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta l}{\nu} \tag{4.10}$$

Eyler mezoni

$$Eu = \frac{p}{\rho \vartheta^2} \tag{4.11}$$

Frud mezoni

$$Fr = \frac{\vartheta^2}{gl} \tag{4.12.}$$

Bu kriterial miqdorlar yuqorida keltirilgan usulni Nave-Stoks tenglamasiga qo‘llash yo‘li bilan olinadi.

Birinchi hodisa uchun Nave-Stoks tenglamalar sistemasidan birinchi tenglamani yozamiz:

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \nu\left(\frac{\partial u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 x}{\partial z^2}\right) + g\cos\alpha_x, \tag{4.13}$$

bu yerda $g\cos\alpha$ og'irlik kuchining O_x o'qidagi proyektsiyasi. Bu tenglamaga (4.7) va (4.8) lardagi kabi o'xshashlik doimiysini kiritsak, u quyidagi ko'rinishga keladi

$$\frac{\alpha_v}{\alpha t}\frac{\partial u_x}{\partial t}+\frac{\alpha_v^2}{\alpha_l}\left(u_x\frac{\partial u_x}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_x}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_x}{\partial z}\right)=-\frac{\alpha_p}{\alpha_\rho\alpha_l}\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\alpha_\nu\alpha_v}{\alpha_l^2}\nu\left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}\right)+\alpha_g g\cos\alpha_x$$

tenglamaning ikki tomoni $\frac{\alpha_v^2}{\alpha_e}$ ga bo'lsak, u quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{\alpha_e}{\alpha_t\alpha_e}\frac{\partial u_x}{\partial t}+U_x\frac{\partial u_x}{\partial x}+U_y\frac{\partial u_x}{\partial y}+U_z\frac{\partial u_x}{\partial z}=-\frac{\alpha_\rho}{\alpha_\rho\alpha_v^2}\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\alpha_\nu}{\alpha v\alpha_l}\nu\left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}\right)+\frac{\alpha_g\alpha_l}{\alpha_v^2}g\cos\alpha_x, \quad (4.14)$$

Ikki hodisa o'xshash bo'lsa, ularni ifodalovchi tenglamalar bir xil bo'ladi. Ikki hodisa o'xshashligidan (4.13) va (4.14) tenglamalar bir xil bo'lishi kerakligi kelib chiqadi. Bundan ko'rinadiki

$$1)\frac{\alpha_l}{\alpha_v\alpha_t^2}=1;\ 2)\frac{\alpha_p}{\alpha_\rho\alpha^2}=1;\ 3)\ \frac{\alpha_v}{\alpha_\upsilon\alpha_o}=1;\ 4)\frac{\alpha_g\alpha_l}{\alpha_v^2}=1.$$

Birinchi kombinatsiyadagi o'xshashlik doimiylarini o'z o'rniga qo'ysak

$$\frac{\frac{l_1}{l_2}}{\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}\frac{t_1}{t_2}}=1,\ \text{ya'ni}\ \frac{l_1}{\vartheta_2 t_1}=\frac{l_2}{\vartheta_2 t_2}$$

Gidrodinamik o'xshash voqealar uchun Struxal mezoni bir xil bo'lishi kerak:

$$Sh=\frac{l}{\vartheta t}=const$$

Ikki kombinatsiyadan
$$\frac{\frac{p_1}{p_2}}{\frac{\rho_1}{\rho_2}\frac{\vartheta_1^2}{\vartheta_2^2}}=1;\ \frac{p_1}{\rho_1\vartheta_1^2}=\frac{p_2}{\rho_2\vartheta_2^2}$$

Demak, gidrodinamik o'xshash voqealar uchun Eyler mezoni bir xil bo'lishi kerak:

$$Eu=\frac{p}{\rho\vartheta^2}=const$$

Uchinchi kombinatsiyadan

$$\frac{\frac{\nu_1}{\nu_2}}{\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}\frac{l_1}{l_2}}=1;\ \frac{\vartheta_1 l_1}{\nu_1}=\frac{\vartheta_2 l_2}{\nu_2}$$

O'xshash voqealar uchun yuqoridagilardan tashqari Reynolds mezoni ham bir xil bo'lishi kerak:

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta l}{\nu} = const$$

To'rtinchi kombinatsiyadan

$$\frac{\frac{g_1}{g_2}\frac{l_1}{l_2}}{\frac{\vartheta_1^2}{\vartheta_2^2}} = 1; \quad \frac{\vartheta_1^2}{g_1 l_1} = \frac{\vartheta_2^2}{g_2 l_2}$$

Gidrodinamik hodisalar o'xshash bo'lishi Frud mezonining ham bir xil bo'lishini taqozo qiladi:

$$Fr = \frac{\vartheta^2}{gl} = const$$

Yuqorida ko'rib o'tilganlardan gidrodinamik o'xshashlik to'rtta tenglikni bajarilishi bilan ta'minlanadi. Bundan kelib chiqadiki, bu kriterial miqdorlar o'rtasida qandaydir munosabat mavjud bo'lib u

$$\varphi_1(Sh, Eu, \mathrm{Re}, Fr) = 0 \qquad (4.15)$$

ko'rinishda ifodalanadi.

Agar harakat barqaror bo'lsa u holda (4.15) ning o'rniga

$$\varphi_2(Eu, \mathrm{Re}, Fr) = 0 \qquad (4.16)$$

munosabatdan foydalamiz.

(4.15) va (4.16) munosabatlar kriterial tenglamalar deb ataladi va Nave - Stoks tenglamasini yechib bo'lmaydigan hollarda ulardan foydalaniladi. Bu munosabatlarning Nave-Stoks tenglamasidan farqi shundaki, ular kriterial miqdorlar o'rtasidagi bog'lanishni noaniq ko'rinishda ifodalaydi. Nave-Stoks teglamasi esa harakat parametrlari orasidagi bog'lanishni aniqlangan ko'rinishda beradi, lekin ko'p hollarda bu tenglamani yechish qiyin, ba'zan esa yechish mumkin emas.

Kriterial tenglamalardan foydalanish uchun tekshirilayotgan voqeaning modelini laboratoriya sharoitida yaratib, unda tajriba o'tkazamiz. Tajribadan olingan natijalarni esa (4.15) yoki (4.16) tenglamani aniqlangan ko'rinishga keltirish uchun foydalanamiz. Ko'p hollarda (4.16) tenglamani ham soddalashtirib, og'irlik kuchi harakatga kam ta'sir etadigan hollarga

$$\varphi_3(Eu, \mathrm{Re}) = 0 \qquad (4.17)$$

ko'rinishida qo'llaymiz. Oxirgi tenglama yuqori bosim ostida bo'ladigan hodisalar uchun yaqin keladi.

IV bob bo'yicha nazorat savollari

1.Suyuqlik harakatinig tartiblari.

2. Suyuqlikning barqaror harakati uchun uzilmaslik tenglamasi

3.Laminar harakat tartibining xususiyatlari.

4.Reynolds soni.

5.Turbulent harakat tartibining xususiyatlari.