

XVI BOB

GIDRAVLIKJARAYONLARNI MODELLASHTIRISH

16. 1. MODELLASHTIRISHGA EHTIYOJ,UNING AMALIYOTDAGI O‘RNI VA MAQSADI

Tabiatda ro‘y berayotgan jarayonning ma‘lum bir hususiyatlarini o‘rganish uchun uni batafsil kuzatib,jarayonning ro‘y berishini xarakterlovchi parametrlarni aniqlashga to‘g‘ri keladi. Gidrotexnika amaliyotida ham garchand bu sohada yaratilgan nazariyalar yuqori darajada rivojlangan bo‘lsada, gidrotexnik inshootlarni loyihalashtirishda yoki hozirda ishlayotganlarini qayta ta‘mirlash maqsadida paydo bo‘ladigan muammolarni nazariy echimini olish imkoniyati afsuski, hozirda mavjud emas.

Buning sababini ikki tomonlama tushuntirishimiz mumkin:

- mavjud yoki quriladigan gidrotexnik inshootlar majmuasining turli konstruksiyaga va murakkablikka egaligi;
- gidrotexnik inshootlarni loyihalashtirishda yuzaga kelayotgan suyuqlik oqimi dinamikasi muammolarini ochiq o‘zanlar gidravlikasining bugungi yutuqlariga asoslanib, hal qilish imkoniyati mavjud emas.

Bu GTI majmualarini gidravlik tadqiqot qilishning ahamiyatli tomonlari nimadan iborat degan savolga quyidagi izohni berish maqsadga muvofiqdir:

- suyuqlik oqimining tirqish va naychadan siqilib napor ostida oqib chiqishi, to‘lqinlanishi, gidravlik zarb, gidravlik sakrash, suyuqlikning qattiq jism zarrachalari –nanoslar bilan o‘zaro ta‘siri, aeratsiya, kavitatsiya, suyuqlikning g‘ovakli muhitdagi naporli va naporsiz barqaror va beqaror harakatlari, qattiq jismlarning suyuqliklarda suzishi va cho‘kishi kabi turliro‘y beradigan gidravlik jarayonlar;

- suyuqlik oqimining beqaror va barqaror, tekis va notekis, sekin va keskin o'zgaruvchan, sokin, kritik yoki shovqinli, vixrli va vixrsiz, naporli va naporsiz, laminar va turbulent tartibli kabi turliharakatlarining mavjudligi;
- suyuqlik oqiminingharakatiga ta'sir qiluvchi og'irlik, bikrlilik, sirt taranglik, yopishqoqlik kabi kuchlarni bir vaqtning o'zida inobatga olish zarurati mavjudligi;
- oqim gidrodinamik xarakteristikalarini turbulent pulsatsion zo'riqlari, to'liklar, mavjlanishlar kabilarning tasodifiy xarakterga ega ekanligi.

Zamonaviy ochiq o'zanlar gidravlikasi hal qilishga ojizlik qilayotgan suyuqlik oqimi dinamikasiga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash imkoniyatini beruvchi gidravlik modellar yordamida olib boriladigan tadqiqotlarning asosiy maqsadlarini quyidagi guruhlangan ko'rinishda ifodalash mumkin:

- laminar qatlam, turbulentlik darajasi, to'liqlar, mavjlanish, aeratsiya, kavitatsiya, loyqa bosish, yuvilish, ikki fazali oqim harakati kabi jarayonlarning fizik mohiyatlarini yanada kengroq ochish;
- gidrotexnik inshootlar majmuasiga oqim tomonidan bo'ladigan gidrodinamik zo'riqlarning ta'sirini aniqlash;
- suyuqlik oqimining inshootga ta'sirini va uning o'tkazuvchanlik qobiliyatini tahlil qilib, modellar yordamida konstruksiyalar tanlab, ularni loyihalashtirish;
- inshootlarni gidravlik hisoblashlarni takomillashtirish va tekshirish.

Ular quyidagi masalalardir:

- suv o'tkazuvchi, chiqaruvchi, tushiruvchi inshootlarning o'tkazuvchanlik qobiliyatlarini aniqlashtirish;
- beflarni tutashganda gidrodinamik xarakteristika pulsatsiyalari, tezliklar, pastki bef elementlari zo'riqlarini o'rganish;
- daryo va kanallar o'zanlaridagi deformatsion jarayonlarni bashorat qilish;

- suv oʻtkazuvchi inshootlarda roʻy berayotgan aeratsiya va kavitatsiya kabi jarayonlarni tadqiqot qilish;
- filtratsion jarayonlarni oʻrganish.

Shuning uchun bu jarayonlarni maʼlum bir masshtablarda kichiklashtirilgan modeli qurilib, undagi gidravlik jarayonlar oʻrganiladi yoki daryo va boshqa gidrotexnik inshootlardagi jarayonlar maʼlum bir differensial tenglamalar (Sen-Venan, Guk, Nave-Stoks, Reynolds tenglamalari) yordamida ifodalanib, algoritmlar, dasturlar, funksional bogʻliqliklar yordamida ularning echimini izlanadi. Bu usullar *modellash* deb yuritilib, uning oʻzi quyidagi ikki koʻrinishga ajratilgan: *fizik modellash* va *matematik (kompyuter orqali) modellash*.

Birinchi koʻrinishdagi modellash – *fizik modellash*da oʻrganilayotgan jarayon (original, tabiiy) fizikaviy xossasini saqlab qolgan holda modelda qayta tiklanadi. Masalan, daryodan toʻgʻonsiz usulda sugʻorish kanaliga kerakli miqdorda suv sarfini taʼminlash maqsadida suv oqimining harakatini oʻrganishga toʻgʻri keladi. Bu vaziyatda daryo oʻzining oʻzgarishi, deformatsion jarayonlarni oʻrganish uchun daryoning kanal bilan tutashish sohasining kichiklashtirilgan modelini qurib, bu sohadagi jarayonlarni oʻrganishga toʻgʻri keladi.

Ikkinchi koʻrinishdagi modellash – *matematik modellash* boʻlib, hozirgi davrda kompyuter orqali modellash deb yuritiladi. Bu usulda tabiiy holat roʻy berayotgan jarayonlar matematik tenglamalar sistemasi yordamida ifodalanadi va bu jarayonlarni ifodalovchi tenglamalarning echimini topib, uning yoʻnalishini oʻrganish bilan amalga oshiriladi. Boshqacha fizikaviy tarkibga ega boʻlgan, binobarin yuqorida qayd qilingan matematik bogʻliqliklar va tajribalar yordamida olingan ifodalar qaralayotgan jarayonni etarli darajada matematik tenglamalar yordamida tasvirlash (tabiiy jarayonni ifoda qiluvchi) imkonini beradi. Matematik modellashga misol qilib, daryodan toʻgʻonsiz

usulda sugʻorish kanaliga kerakli miqdorda suv sarfini taʼminlash maqsadida suv oqimi dinamikasini modellashtirishni keltirish mumkin.

Matematik modellashtirishga EHMda tuzilgan maxsus dasturlar boʻyicha bajariluvchi shunga oʻxshash jarayonlarning hisobi ham kiradi.

Darxaqiqat, bu holda koʻrilayotgan fizik jarayon boshqa bir fizikaviy tarkibga ega boʻlgan jarayonlar bilan almashinadi. Vaholanki, bu jarayon qoʻllanilayotgan dasturga muvofiq matematik tenglamalar asosida qurilgan natura modelga tegishli.

Yuqorida keltirilgan modellashtirishlarni yana ikkitakategoriyalarga ajratish mumkin.

Birinchi kategoriya – modellashtirishning faraziy koʻrinishi. Bunday modellar insoniyat tomonidan oʻylab yaratilgan. Bizning tasavvurimizda bu koʻrinishdagi modellarga quyidagilarni kiritish mumkin:

- a) biz natura – real suyuqlikni ideal suyuqlik deb faraz qilamiz;
- b) Reynolds-Bussinesk modelida suyuqlik harakatlanayotgan muhitning ixtiyoriy qoʻzgʻalmas nuqtasidagi gidrodinamik bosim oʻrtacha gidrodinamik bosim bilan almashtirilgan;
- c) Bernadskiy modeli – natura oqim maʼlum shartlarni qanoatlantiruvchi shartli faraziy oqim bilan almashtirilgan;
- d) Forxgeymer modeli – grunt suvlarini harakatini oʻrganishda qoʻllanilgan model.

Odatda, koʻzda tutilgan modellar toʻliq emas, ular natura modelni toʻliq namoyon qilmaydi, shuning uchun bunday modellarni baʼzida «ideal» deb yoki «ideal tana» (tabiatda shunday tana yoki jarayon mavjud emas deb tushuniladi) deb ataymiz.

U yoki boshqa ideal tana yoki jarayonlarni nazariy tajribada (amaliyotda qoʻllamasdan) oʻrganib, biz olgan natijalar natura tana (yoki jarayon)da olingan natijalarga baʼzida mos kelmaydigan natijalarni olamiz. Shuning uchun faraz qilingan modellarda nazariy yoʻl bilan (amaliyotda qoʻllamasdan) olingan

natijalarga kerakli hollarda ma'lum tuzatuvchi koeffitsientlar, masalan maxsus o'tkazilgan tajribalar asosida o'rnatilgan koeffitsientni kiritish lozim.

Ikkinchi kategoriya modellar – bular moddiy modellar bo'lib, turli-xil moddiy vositalar yordamida ko'rsatilgan konstruksiyada u yoki bu jarayonlarning haqiqatda tabiatda o'z o'rniga ega bo'lgan shu jarayonlarni o'rganish maqsadida (yoki yuqoridagilarga qo'shimcha qilib, shuni aytish mumkinki, yana matematik model degan ibora ham qo'llaniladi) qayta tiklangan (aniq masshtabda) modellar tushuniladi.

Yuqorida keltirilgan izohlarni nazarda tutib, modellashtirish jarayonini (yuqorida ko'rib chiqilgan) 16. 1-rasmدا tasvirlangan sxema orqali faraz qilish mumkin. Bu sxemadan albatta quyidagilar ko'rinadi:

1. «*Faraz qilingan model*» – chizma, so'zlar yoki ko'rsatilgan matematik belgi hamda yozuvlar yordamida tasvirlanishi mumkin.

2. «*Moddiy yoki ash'yoviy model*» laboratoriya yoki «dala sharoiti» va boshqa sharoitlarda yaratilishi mumkin.

3. *Faraz qilingan hamda moddiy modellar* ham fizik, ham matematik modellashtirishga ta'luqli bo'lishi mumkin.

Shu o'rinda ta'kidlash mumkinki, bu har ikkala usul ham o'ziga xos qulaylik va kamchiliklarga ega. Bu ikki usul ko'p hollarda birgalikda qo'llanilganda bir-birining kamchiliklarini to'ldirib, tadqiqotdan ko'zlangan maqsadni to'laqonli amalga oshirish imkonini berishi mumkin. Endi bu modellashtirishlar bilan batafsil tanishamiz.

16. 2. DARYO VA GIDROTEXNIK INSHOATLARDA RO'Y BERADIGAN JARAYONLARNI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Matematik modellashtirish deganda, ro'y berayotgan jarayonlarda tadqiqotchi uchun kerakli parametrlarni jarayonni tasvirlash uchun yozilgan tenglamalar sistemasini echish orqali aniqlash imkonini beradiga usul

tushuniladi. Matematik model asosini tashkil etuvchi tenglamalar sistemasi aniq va taqribiy echimlarga ega bo'lishi mumkin. Ular o'z navbatida *aniq* va *taqribiy matematik modellar* deb yuritiladi.

1. Agar ro'y beraetgan jarayonni matematik tenglamalar yordamida to'liq ifodalab, uni echimini olish imkoniyati mavjud bo'lsa, bunday modellarni *aniq matematik modellar* deb ataladi;

2. Agar o'rganilayotgan jarayonning murakkablik darajasi yuqori bo'lsa, uni garchand ma'lum bir matematik tenglamalar sistemasi bilan tasvirlash imkoniyati bo'lsada, u taqribiy echim bersa, bunday modellar *taqribiy matematik modellar* deyiladi. Bunday modellarning asosiy kamchiligi sifatida ularning echimlarining taqribiylik darajasini noma'lumligini e'tirof etish mumkin. Olingan echimlarning natura echimga mosligini shunga o'xshash test masalalarni hisoblab, shuni taqqoslash orqali tekshirish mumkin. Test masalalarni echish, fizik modellashtirishga nisbatan kam vaqt, kam sarf talab qilganligi sababli, bunday test masalalarning bir necha variantlarini hisoblash imkoniyatini mavjud bo'lishi ham matematik modellashtirishning qulayliklaridan biri hisoblanadi.

Umuman, gidrotexnika amaliyoti masalalarini matematik modellashtirishda *bir o'lchamli, ikki o'lchamli va o'ch o'lchamli matematik modellardan* keng foydalaniladi. Matematik modellarda qo'llaniladigan tenglamalar sistemasi mos ravishda bir, ikki va uch o'lchamda oqimning harakatini ifodalaydi. Matematik modellashtirishda hisoblash chegaraviy shartlarni vaqt davomida natura o'zgarishini inobatga olgan holda hisoblashni amalga oshirishga e'tibor qaratiladi. Agar bir o'lchamli matematik modellar uchun bu unchalik qiyin masala bo'lmasa, ikki va uch o'lchamli matematik modellar uchun bu masala ancha murakkabliklarga ega. Bu murakkablikni Gidrotexnik inshootlarni matematik modellarini yaratishda suv oqimining sarfi, sathi va boshka gidrodinamik xarakteristikalarini keskin o'zgarishi bilan izohlash mumkin. Masalan, sathni o'zgarishi ko'milish soqalari o'lchamlarini keskin

o'zgarishiga sababchi bo'lishi mumkin. Bu masalada soniy sxemalarni tuzishda ancha noqulayliklar paydo bo'lishini e'tirof etish kerak.

1. Bir o'lchamli matematik modellar sifatida suv oqimining harakatini ifodalovchi modelni quydagi ko'rinishdagi ifodalash mumkin:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(QU + \frac{1}{2} \int_{Y_L}^{Y_R} h^2 dy \right) = gi\omega - \lambda \frac{Q^2}{\omega R} + F$$

(16. 1)

$$\left. \frac{\partial \omega}{\partial t} \right|_{z_b = \text{const}} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (16. 2)$$

$$\frac{\partial \omega S}{\partial t} + \frac{\partial QS}{\partial x} = -K(S - S_H) \quad (16. 3)$$

$$\left(1 - p \frac{\partial \omega}{\partial t} \right)_{z = \text{const}} = -K(S - S_H) \quad (16. 4)$$

bunda, Q – o'zanda harakatlanayotgan ikki faza (suv+qattiq jism zarrachalari–nanoslar) oqimning sarfi; t – vaqt; $U=Q/\omega$ – oqimning o'rtacha tezligi; ω – oqimning harakatdagi kesim yuzasi; g – erkin tushish tezlanishi; Y_L, Y_R – mos ravishda o'zan chap va o'ng qirg'oqlarining suv oqimi bilan tutashgan chizig'i koordinatalari; $h = z - z_b$ – oqim chuqurligi; z – suv sathi balandligi belgisi (Ykoordinataga bog'liq emas); z_b – o'zan tubi belgisi, $i = \sin \alpha \approx \alpha$ – oqim o'qining gorizontal tekislikka nisbatan qiyaligi (α – ular o'rtasidagi burchak); λ – gidravlik ishqalanish–Darsi koeffitsienti; $R = \omega/\chi$ – gidravlik radius; χ – ho'llangan perimetr; F – o'zanning noprizmatikligini hisobga oluvchi zichlikka nisbatan birlik uzunlikka mos keluvchi solishtirma kuch; S – nanos zarrachalarining oqim tarkibidagi hajmiy miqdori; S_H – oqimning tashuvchanlik qobiliyati; K – o'zan tubidagi nanoslar va oqim o'rtasidagi almashinuv jadalligini qo'rsatuvchi koeffitsient; p – grunt g'ovakligi. T – grunt tarkibidagi bushliqliklarni shu gruntning tabiiy hajmiga nisbati.

Hozirgi davrda bunday modellarning bir necha ko‘rinishlari mavjud bo‘lib, ushbu bir o‘lchamli matematik model qo‘llanmaning mualliflaridan biri D. R. Bazarov tomonidan yaratilib, undan suv oqimining loyqalik darajasi yuqori bo‘lgan to‘yingan suv oqimi harakatlanayotgan Amudaryo daryosining o‘zun sohalarida deformatsion jarayonlarni bashorat qilishda foydalanilgan.

Dastlabki ikki (16. 1va16. 2) tenglama ixtiyoriy shaklga ega o‘zanlar (daryo)da harakatlanayotgan oqim impulsi va massasining saqlanishini ifodalovchi –beqaror harakat Sen-Venan differensial tenglamalarining soddalashtirilgan hususiy ko‘rinishidir.

Keyingi (16. 3va16. 4) o‘zanning deformatsiyasini ifodalovchi tenglamalar bo‘lib, boshqa turdosh tenglamalardan keskin farq qiladi. Bu tenglamalarda S oqimning tashuvchanlik qobiliyati emas, balki o‘zan ko‘ndalang kesimi bo‘yicha real loyqalanganlikdir. Mana shu vaziyat deformatsion jarayonni hisoblash oqim sarfini o‘zgarishi toza suv hisobiga o‘zgarganda ham bajarilish imkonini beradi. Bundan tashqari bu modelni qulayligi uni hisoblashda qo‘llanilgan original shakldagi iteratsion usul hisobiga o‘zanning noprizmatikligini hisobga olish imkoniyatini mavjudligidir. Bu bir o‘lchamli modelni to‘liq tuzilishi, hisoblash algoritmi-soniy sxemalari, ishlashi, aniq ob’ektlar hisobi maxsus adabiyotlarda keltirilgan.

2. Ikki o‘lchamli matematik modellar sifatida suv oqimining harakatani ifodalovchi modelni quydagi ko‘rinishdagi ifodalash mumkin:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_j U_j}{\partial x_j} + gh \frac{\partial z}{\partial x_i} = -\lambda Q_i \frac{|U|}{2h} - gh \frac{\partial z_b}{\partial x_i} \quad (i, j = 1, 2) \quad (16. 5)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} = 0 \quad (16. 6)$$

$$(1-p) \frac{\partial z_b}{\partial x_i} + \frac{\partial q_i^{(s)}}{\partial x_i} = 0 \quad (16. 7)$$

$$q_i^{(s)} = U_i + hs + D \frac{\partial z_b}{\partial x_i} \quad (16. 8)$$

$$D = a_q h s |U| \left(1 - \frac{0,67 \alpha_w a_s |U|}{w(\alpha_b + \alpha_w |U|)/w} \right) \quad (16.9)$$

bunda Q_i –solishtirma suv sarfi vektorlari tashkil etuvchilari; U_i – oqimning chuqurlik bo‘yicha o‘rtalashtirilgan tezliklari, x_i – o‘zanning plandagi koordinatalari; z – oqim sathi balandligi belgisi; z_b – o‘zantubi belgisi; h – chuqurlik; λ – gidravlik ishqalanish–Darsi koeffitsienti; $a_q, a_s, \alpha_b, \alpha_w$ – tuzatish koeffitsientlari. Tubda surilib harakatlanayotgan nanoslar uchun: $a_q \approx 3,3, a_s \approx 0, a_w \approx 0,01, \alpha_b \approx 0,24$. Oqim tarkibidagi muallaqlashgan nanoslar uchun: $a_q \approx 3,3, a_s \approx 1,49, a_w \approx 0,04, \alpha_b \approx 0,24$; $q_i^{(s)}$ – nanoslarning solishtirma sarfi, p – o‘zan o‘tadigan grunt g‘ovakligi; D –oqimning diffuziyasini xarakterlovchi koeffitsient.

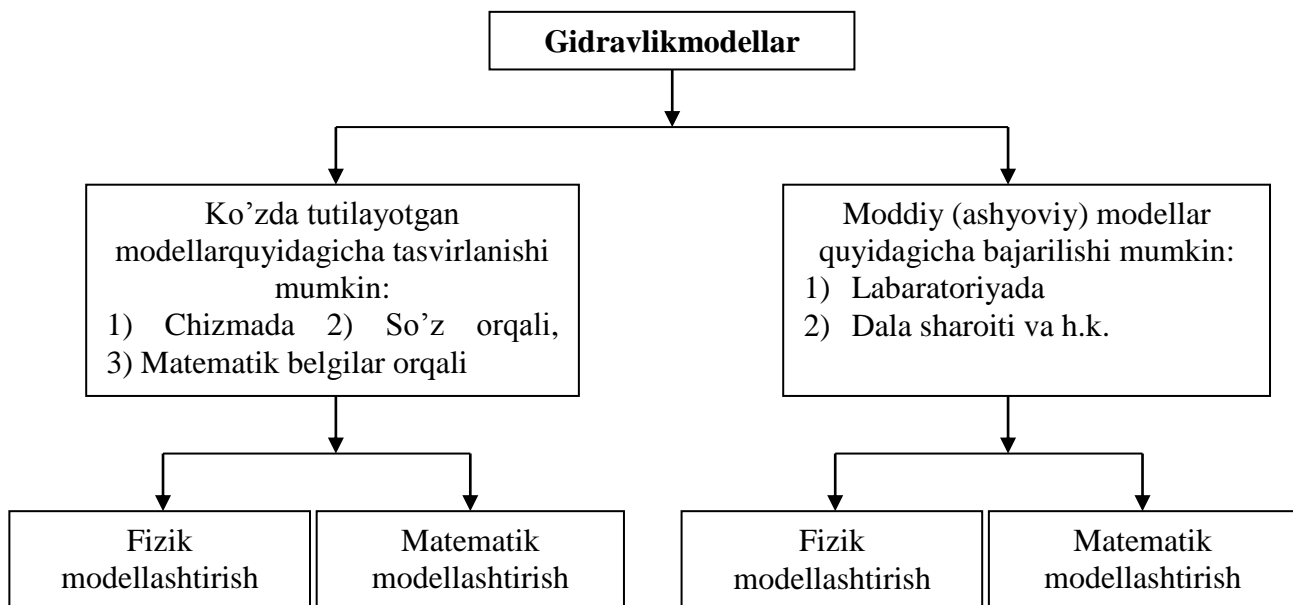
Ushbu ikki o‘lchamli matematik modelning asosini Sen-Venan tenglamalari sistemasi tashkil qilib, unda prof. D. R. Bazarov va prof. A. N. Militeevlar tomonidan taklif etilgan nazariy sxema yordamida deformatsion jarayonlarni ifodalovchi formulalar nazariy asoslanib, test va eksperiment natijalari asosida isbotlangan maxsus eksperimental ifodalardan foydalanilgan. Bu model yordamida Amudaryodan to‘g‘onsiz suv oluvchi Qarshi magistral kanali yaqinida joylashgan daryoning 5 km uzunligi sohasidagi deformatsion jarayonlarni hisoblashda foydalanilgan. Bu model o‘zan qirg‘oqlari va tubining deformatsiya (yuvilish va loyqa bosish)lanishini bir vaqtning o‘zida hisoblash imkonini berib, oqimning gidrodinamik parametrlarini o‘zgarishini yuqoridagi modellarga nisbatan to‘liqroq inobatga olish imkoniyatini beradi. Ushbu model maxsus ilmiy adabiyotlarda batafsil yoritilgan (qarang: Matematicheskaya model dlya rascheta dvuxmernix (v plane) deformatsiy rusel «Soobsheniya po prikladnoy matematike», Moskva, Iz-vo VS RAN, 1997g. , (D. R. Bazarov, A. N. Militeev)

3. Uch o'lchamli matematik modellar haqida maxsus adabiyotlarda batafsil ma'lumot beriladi. Ularning qulaylik tomoni ro'y berayotgan jarayonni to'liq namoyon etishida bo'lsada, ular yordamida aniq echim olish masalasi ancha murakkabdir. Ushbu model maxsus ilmiy adabiyotlarda batafsil yoritilgan (qarang: Trexmernaya matematicheskaya model dvijeniya nanosov v allyuvialnix ruslax. «Soobsheniya po prikladnoy matematike», Moskva, Iz-vo VS RAN, 1997g. ,(D. R. Bazarov, A. N. Militeev)

16.3. DARYO VA GIDROTEXNIK INSHOATLARDA RO'YBERADIGAN JARAYONLARNI FIZIK MODELLASHTIRISH

Respublikamiz xududida hozirgi davrga qadar juda ko'p miqdordagi Gidrotexnik inshootlar majmuasi qurilganligi bizga ma'lum. Aziz o'quvchi, shuni e'tirof etishimiz kerakki, ushbu majmualar qurilishidan oldin ularning deyarli barchalarini fizik modellari qurilib, ularda ro'y berishi mumkin bo'lgan barcha gidrodinamik jarayonlar oldindan shu modellar yordamidan o'rganilgan. Bu ishlar asosan, Toshkent shahrida joylashgan ISMITI (SANIIRI), TIQXMMI (Toshkent Irrigatsiya va Qishloq Xo'jaligini Mexanizatsiyalash Muxandislari Instituti), Sankt-Peterburg shahrida joylashgan VNIIG (Butunittifoq Gidrotexnika ilmiy-tadqiqot instituti), Moskva shahrida joylashgan VNIIGM (Butunittifoq Gidrotexnika va Melioratsiya ilmiy-tadqiqot instituti), MGUP (Moskva Tabiatni muhozafa qilish Istituti), Moskva shahrida joylashgan VODGEO (Butunitfoq Gidrotexnika va gidrogeologiya ilmiy-tadqiqot instituti) kabi ilmiy maskanlarda amalga oshirilgan. Bu fizik modellashtirishning asosini mexanik o'xshashliklarning qonuniyati tashkil qiladi.

Endi «moddiy fizik modellashtirish» bilan batafsil tanishamiz. Bu jarayonni quyidagi sxema ko'rinishda ifodalash mumkin: (16. 1-rasm).



16. 1-rasm. Gidravlik modellar

16. 1-rasm.

Ko'pgina gidravlik formulalar moddiy modellar yordamida o'tkazilgan tajribalar asosida olinganini biz yuqorida ko'rib chiqdik. Bunday modellar orqali o'tkazilgan tajribalar, faqatu yoki bu tajribaviy (eksperimental) hisobiy bog'liqlikni yoki boshqa umumiy nazariy fikrlarni tekshirish uchungina olib borilmaydi. Ko'p hollarda, zamonaviy sharoitda matematik-fizik modellashtirishda aniq inshootga ta'luqli bo'lgan loyixaviy ma'lumotlarni tuzatishga to'g'ri keladi. SHunday murakkab gidrotexnik inshootlar mavjudki, bu inshootlar, odatda nazariy hisob-kitobga umuman to'g'ri kelmaydi. Masalan, suv olish inshootlari, gidrouzellar va boshqalar. Bunday inshootlarni

loyixalashda ko‘pincha «laboratoriya sharoitida loyixalash» usuliga murojaat qilinadi.

Shuni ta’kidlash kerakki, laboratoriya sharoitida quriladigan ob’ekt modeli qancha katta masshtabda bo‘lsa, shuncha aniq jarayonni o‘rganish imkoniyati mavjud bo‘ladi.

Bunda laboratoriya sharoitida ko‘rilayotgan inshootning modeli yaratiladi; bu model orqali suv o‘tkazilib, turli ko‘rsatkichlari (bosim, tezlik va h.k.) o‘lchanadi; model uchun olingan bunday ko‘rsatkichlar natura inshootga ko‘chiriladi.

Bunday ishni bajarishda juda ko‘p savollar tug‘ilishi tabiiy. Laboratoriyada inshootning modeli qanday qurilishi kerak (unga qanday o‘lchamlar berilishi, o‘zan modelining devori qanday, g‘adir-budurligi qanday o‘lchamga ega bo‘lishi kerak)? Agar modeldagi inshoot natura inshootdan bir necha barobar kichik bo‘lsa, tezlik va Q sarfga modelda qanday qiymatlar berish kerak? SHu yo‘l bilan modelda olingan natijalar natura inshootga qanday holda ko‘chiriladi va x. k. Barcha ushbu savollar bilan fizik modellashtirish nazariyasi (aniqroq aytganda, moddiy fizik modellashtirish) shug‘ullanadi.

Suyuqlik mexanikasiga ta’luqli ushbu modellashtirish asosini fizik kattaliklar ta’limotiga tayanuvchi “o‘xshashlik nazariyasi” tashkil etadi. Shuni nazarda tutib, eng avvalo to‘liqharakatlanadigan muxitlarni o‘zida mujassam qilgan ikki mexanik (gidravlik) sistema (modellar va tabiiy, natura inshoot yoki ob’ektlar)ning mexanik o‘xshashliklarini ko‘rib chiqish lozim.

16. 4. SUV O‘TKAZGICH YOKI TUSHIRGICHLARNI MODELLASHTIRISH

Gidrotexnik inshootlarni modellashtirishda uning ishlash prinsipiga qarab modellashtirishda ayrim jihatlar inobatga olinishi kerak. Masalan, *suv o‘tkazgich yoki tushirgichlarni modellashtirishda* oqimning harakatida og‘irlik

kuchlari asosiy o‘rin tutadi. Shu sababli, tanlanayotgan masshtabda asosan Frud sonlari o‘xshashligi sharti qanoatlantirilishi kerak. Model geometrik o‘lchami qancha kichik bo‘lsa, u shuncha samarador bo‘ladi, lekin bunday hollarda oqim harakatiga sirt taranglik va yopishqoqlik kuchlarining ta’siri kuchayadi. Bu muammoni bartaraf etish uchun etarli darajada geometrik masshtab ($a_l \leq 50 \div 60$) bo‘lishi kerak. Suv o‘tkazgichning sarf koeffitsientini 5% aniqlikda hisoblash uchun suv tushirgich qirrasidagi napor 6,5 mm dan kam bo‘lmasligi kerakligi tadqiqotchi J. Sharp tomonidan etirof etilgan. Albatta, modelning geometrik masshtabini tanlashlaboratoriya o‘lchamlari va modellashtirilayotgan gidrotexnik inshootning konstruksiyasiga ham bog‘liq bo‘ladi.

Katta geometrik o‘lchamlarni tanlash imkoniyati bo‘lmaganda esa, tadqiqot qilinayotgan parametrlar – sarf koeffitsienti, yon tomondan siqilish koeffitsienti va h. k. larga ta’sir etuvchi kuchlar xarakterini aniqlash imkoniyatini beruvchi bir necha modellar qurilishi mumkin.

16. 5. NAPOR OSTIDA HARAKATLANAYOTGAN SUYUQLIK OQIMINI MODELLASHTIRISH

Bizga gidravlikaning asosiy kursidan ma’lumki, napor ostidagi harakat asosan quvurlarda amalga oshib, unda uzunlikka, D diametrga ega quvurlar sistemasida ν o‘rtacha tezlik bilan harakatlanayotgan oqimning gidrodinamik bosim (Δp) taqsimlanishini o‘rganishga to‘g‘ri keladi. Bunday harakatda oqim harakatiga og‘irlik va sirt taranglik kuchlari ta’siri kam bo‘lganligi sababli, ular inobatga olinmaydi

$$\Delta p = f(\nu, D, l, \mu, \rho, \bar{\Delta}) \quad (16. 9)$$

bunda, μ , ρ , $\bar{\Delta}$ – mos ravishda dinamik yopishqoqlik koeffitsienti, suyuqlik zichligi, quvurning absolyut g‘adir-budurliqi.

Buni osonlik bilan o‘lchov birliksiz ko‘rinishga keltiramiz:

$$\frac{\Delta p}{\rho v^2} = f\left(\frac{vD\rho}{\mu}, \frac{D}{\Delta}, \frac{D}{l}\right) \quad (16.10)$$

Demak, naporli oqimlarni tadqiqot qilishda asosan, Eyler va Reynolds sonlari bilan o‘lchov birliksiz $\left(\frac{D}{\Delta}, \frac{D}{l}\right)$ parametrlar o‘rtasidagi funksional bog‘liqlikni topish talab qilinadi. Lekin suyuqlik oqimining turbulent tartibdagi kvadrat qarshiliklar sohasiga mos keluvchi (avtomodellik chegarasi) harakatida yopishqoqlik harakatining nihoyatda kichik ekanligini inobatga olib, Reynolds sonini e‘tiborga olmaslik mumkin:

$$\text{Re} \geq \text{Re}_{\text{uez}} \text{ bo‘lganda, } Eu = f\left(\frac{D}{\Delta}, \frac{D}{l}\right) \quad (16.11)$$

Ta’kidlash lozimki, gidrotexnika amaliyotida ko‘pincha naporli harakat gidrotexnik inshootning yuqoriyoki pastki beflaridagi oqimning naporsiz harakati bilan birgalikda modellashtiriladi. Masalan, suv chiqarish inshootlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatiga beflarning ta’sirini o‘rganishda. Bunday holatlarda Eyler mezoni quyidagi ko‘rinishni olishi mumkin:

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho v^2} = \frac{\rho gh}{\rho v^2} = \frac{1}{Fr} \quad (16.12)$$

Olingan formuladan ko‘rinib turibdiki, bu holatda Eyler soni Frud soniga aylandi, demak tezlik, sarf, kuch va boshqa parametrlarning masshtab koeffitsienti Frud soni bo‘yicha o‘xshashlik shartlariga asosan tanlanadi.

16.6. OCHIQ O‘ZANLARDA HARAKATLANAYOTGAN OQIMNIMODELLASHTIRISHDAGI MUAMMOLAR

Yuqoridagi mavzularda ta’kidlanganidek, gidrotexnika amaliyotida daryo va kanallarning o‘zanlarida ro‘y berib, ekspluatatsion sharoitlarni qiyinlashtiruvchi deformatsion jarayonlar (qirg‘oq va tublarning yuvilishi yoki

loyqa bosishi)ni o'rganishda yoki gidrotexnik inshootlarning oqim dinamikasiga ta'sirini o'rganib, tahlil qilishda modellashtirishdan keng foydalaniladi. Bunday modellarda asosan haqiqiy o'zan va modeldagi Frud soni o'xshashliklari bilan o'zan g'adir-budurliklari o'xshashlik shartlariga erishishimiz kerak:

$$\lambda_h = \lambda_m = idem \quad (16.13)$$

bunda λ mos ravishda haqiqiy va modeldagi o'zarlarda mavjud bo'ladigan gidravlik ishqalanish – Darsi koeffitsienti.

Bizga ma'lumki, Frud soniga asosan modellashtirish avtomodellik sharti $Fr_m \leq 0,05 \div 0,1$ bo'lganda amalga oshadi. Ko'p holatlarda model haqiqiy o'zanning bir necha metr chuqurlikdan iborat bir necha kilometrlik masofasini ifodalashi kerak. Bunda quyidagi muammolarga duch kelamiz:

1. Gidravlik ishqalanish koeffitsientlari tengligini ta'minlash;
2. Xaqiqiy va model oqimlarining harakat tartiblarining nomutunosibliigi;
3. Gidrometrik o'lchov ishlaridagi xatoliklarning oshishi.

Modelni kattalashtirish esa sarf-harajatlarning oshib ketishiga olib keladi.

Model geometrik o'lchamining kichiklashtirib, o'xshashlik shartlarini bajarilishiga erishish vertikal ($1/a_h$) va gorizontal ($1/a_l$) masshtablarning quyidagi tengsizlik shartlari bajarilganda amalga oshishi mumkin:

$$\frac{a_l}{a_h} \leq 6 \div 10 \quad (16.14)$$

Oqim strukturasi tadqiqot qilishda model o'zani yuvilmaydigan materialdan tayyorlansa, o'zarlardagi deformatsion jarayonlarni modellashtirishda o'zan yuviladigan materiallardan quriladi. Yuviladigan material sifatida qum, maydalangan ko'mir yoki boshqa shunga o'xshash materiallar ishlatiladi.

Hozirgi davrda modellashtirishning naporli aerodinamik usuli ham tadqiqotlarda keng qo'llanilmoqda. Bu modellar kichik masshtablarga ega bo'ladi: ($a_l > 1000$). Qattiq model suv sathida oyna material bilan qoplanib,

ventilyator yordamida modellashtirilayotgan oqimning havo oqimi harakati amalga oshiriladi.

Suv oqimining $Fr_{\mathcal{M}} \leq 0,05 \div 0,1$ va $Re_{\mathcal{H}} \geq Re_{ue2}$ shartlarni qanoatlantiruvchi naturadagi haqiqiy tezligida havo va suv oqimi o'xshashligini ta'minlash uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\frac{\lambda}{h} = ided, \quad Re_{\mathcal{M}} \geq Re_{ue2} \quad (16.15)$$

bunda $Re_{\mathcal{M}}$ – modeldagi havo oqimini xarakterlovchi Reynolds soni.

Gidrometrik o'lchov ishlarida qo'yilgan maqsad uchun kerakli aniqlikka (3-5%) erishish uchun modeldagi oqim chuqurligi 1-1,5 sm, havo oqimining tezligi 40-50 sm/sek dan katta bo'lmasligi, oqim sathidagi kengligi kattaligining chuqurligiga nisbati $B/h \geq 5 \div 6$ bo'lishi shart. Keltirilgan barcha talablarni bajarib, gorizontal va vertikal masshtablar bajarilgandagina model tadqiqotlari natijalari aniq bo'lishi mumkin.

16. 7. GIDRAVLIK JARAYONLARNING O'XSHASHLIK MEZONLARIXAQIDA TUSHUNCHA

Ikkita geometrik o'xshash shakl (figura)larni faraz qilamiz. Bu shakllarning chegarasiga nisbatan bir xil joylashgan o'xshash nuqtalarni shartli ravishda «nuqtalar» deb ataymiz. Fizik modellashtirishni ko'rib chiqayotganda, biz o'xshash nuqtalardagi «tabiiy» va «modelda» suyuqlik zarrachalariga (to'liq muhit) bir yoki boshqa shunday tabiiy fizik (tabiat) kuchlar bilan (bir xil nomlanuvchi kuchlar) ta'sir qiladi deb hisoblashimiz shart. Umuman aytganda, *fizik o'xshash jarayonlar* deb, barcha xarakterli ko'rsatkichlari o'xshash bo'lgan u yoki bu tabiiy fizik jarayonlarga aytiladi. O'xshash nuqtalarda tabiiy modellar va mos vaqt momentlarida o'xshash jarayonlarning barcha vektor o'lchamlari geometrik o'xshash va barcha skalyar o'lchamlari – mos ravishda proporsional bo'lishi shart. Bu holatni batafsil tushuntiramiz.

Moddiy modellar yordamida fizik modellashtirishda gidravlik jarayonlarni geometrik, kinematik hamda dinamik o'xshashliklarini ajratish oson.

1. *Geometrik o'xshashlik.* Agar ikki gidravlik sistema (jarayon)ning o'xshash o'lchamlari orasida doimiy bog'liqlik bo'lsa, ikki gidravlik sistema (jarayon) gidravlik o'xshash bo'ladi,

$$\frac{l_M}{l_H} = a_l = \text{const} \quad (16.16)$$

bunda l_H – inshootning naturadagi biror bir natura o'lchami; l_M – uning modeldagi o'xshash o'lchami; a_l – uzunlik masshtabi.

Geometrik o'xshash sistemalar uchun

$$\frac{\omega_H}{\omega_M} = a_l^2, \quad \frac{V_H}{V_M} = a_l^3 \quad (16.17)$$

bunda, ω_H va V_H – naturadagi inshootga tegishli bo'lgan ma'lum bir natura maydon va hajm; ω_M , V_M – shu kattaliklarning modeldagi kattaliklari.

Xulosa qilish mumkinki, geometrik o'xshashlik bo'lishini ta'minlash uchun inshoot va modelning barcha mos geometrik o'lchamlari munosabati bir xil bo'lishi kerak. Geometrik o'xshashlik kinematik va dinamik o'xshashliklarning asosi bo'lib xizmat qiladi.

2. *Kinematik o'xshashlik.* Ikkita gidravlik sistema kinematik o'xshash bo'lishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

a) ikki gidravlik sistemaning o'xshash suyuqlik zarrachalari harakat traektoriyasi geometrik bo'lib, bu sistemalarning chegarasiga nisbatan u zarrachalar bir xil vaziyatda joylashishi kerak;

b) u tezlik va w tezlanish o'xshash nuqtalarda mos vaqt momentlarida butun qaralayotgan muhitda quyidagi munosabat yordamida bog'langan bo'lishi kerak:

$$\frac{u_M}{u_H} = a_u = \text{const (butun hajm bo'ylab)} \quad (16.18)$$

$$\frac{w_M}{w_H} = a_w = \text{const (butun hajm bo'ylab)} \quad (16.19)$$

ya'ni, a_u va a_w (tezlik va tezlanish) masshtablarning o'lchamlari aniq vaqt momentida har qanday o'xshash nuqtalar uchun bir xil bo'lsa, ikki gidravlik sistema kinematik o'xshash bo'ladi.

Ta'kidlash kerakki, kinematik o'xshash tushunchasini kiritilishida «vaqt masshtabi» tushunchasi namoyon bo'ladi.

$$\frac{t_M}{t_H} = a_t \quad (16.20)$$

bunda, t_M va t_H – natura va modelda kechadigan mos jarayon oqib o'tishidagi vaqt oraliqlari. Agar qandaydir suyuqlik zarrachasi naturadagi sharoitda t_H vaqtda bir qancha l_H yo'lni bosib o'tsa (l_H – egri chiziqni ifodalaydi), u holda modelning o'xshash zarrachalari t_M vaqt mobaynida l_M yo'lni bosib o'tishi shart va egri chiziq $l_M - l_H$ ga geometrik o'xshash va sistemaning chegaralariga nisbatan l_H egri chiziq singari yo'naltirilgan bo'lishi shart.

Kinematik o'xshash sistemalar uchun

$$a_t = \text{const (butun hajm bo'ylab)} \quad (16.21)$$

3. *Dinamik o'xshashlik.* Ikki gidravlik sistema dinamik o'xshash bo'lishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

a) har ikkala sistemaning o'xshash juft nuqtalarda bir xil nomlanuvchi kuchlar ta'sir qiladi;

b) mos kuchlarning munosabati har qanday juft o'xshash nuqtalar uchun ko'rilayotgan gidravlik sistemalarning butun xajmi bo'ylab bir xil bo'lishi kerak, ya'ni kuchlar masshtabi

$$a_F = \frac{F_M}{F_H} = \text{const} \text{ (butun hajm bo'ylab)} \quad (16.22)$$

bunda F orqali harakatlanuvchi suyuqlikka ta'sir etuvchi ixtiyoriy kuch belgilangan;

v) birinchi gidravlik sistemaga ta'sir qiluvchi kuchlarning bir-biriga va sistema chegaralariga nisbatan joylashishi qanday bo'lsa, ikkinchi gidravlik sistemaham xuddi shunday bo'lishi kerak.

Shubhasiz, ko'rsatilgan sharoitlarni saqlagan holda biz quyidagilarga ega bo'lamiz: ikki dinamik o'xshash sistemalar uchun (masalan, natura va model uchun) kuchlarning yopiq ko'pburchaklarning, har qanday natura va modellarning o'xshash juftlari uchun qurilgan o'lchamlari geometrik o'xshash bo'ladi, bu yerda, ko'pburchakli kuchlarning munosabatlari butun hajm bo'ylab bir xil bo'ladi.

Aytish mumkinki, suyuqlikka ta'sir qiluvchi bir xil kuchlarning vektor maydoni geometrik o'xshash bo'lib, sistemalar chegaralariga nisbatan bir xil vaziyatda joylashgan bo'lsa, bu gidravlik sistemalar dinamik o'xshash deb yuritiladi.

Kinematik va shunga mos ravishda geometrik o'xshashlik mavjud bo'lgandagina dinamik o'xshashlik mavjud bo'ladi. Ko'rinib turibdiki, dinamik o'xshashlik kinematik o'xshashlikning kelib chiqishini oldindan aniqlaydi. Shuning uchun dinamik o'xshash gidravlik sistemalar «mexanik o'xshash sistemalar» hisoblanadi. Ba'zida suyuqlikka tegishli bo'lgan bunday sistemalar «gidrodinamik» o'xshash deb ham yuritiladi.

Dinamik o'xshashlik tushunchasidan, suyuqlikning «zichlik masshtabi» tushunchasi kelib chiqadi.

$$a_\rho = \frac{\rho_M}{\rho_H} \quad (16.23)$$

Ta'kidlash kerakki, dinamik o'xshash sistemalarda ko'p hollarda quyidagi bog'liqliklar hosil bo'ladi:

a) qarshilik koeffitsienti ζ uchun

$$\zeta_M = \zeta_H \quad (16.24)$$

b) gidravlik ishqalanish -Darsi koeffitsienti - λ uchun

$$\lambda_M = \lambda_H \quad (16.25)$$

v) Shezi koeffitsienti C uchun

$$C_M = C_H \quad (16.26)$$

Ko‘rinib turibdiki, bunday ko‘rinishdagi dinamik o‘xshash sistema uchun qarshilik koeffitsienti (a_ζ), gidravlik ishqalanish koeffitsienti (a_λ), Shezi koeffitsienti (a_C) birga teng:

$$a_\zeta = a_\lambda = a_C = 1 \quad (16.27)$$

Haqiqatdan ham, qarshilikning kvadrat sohasiga tegishli naporsiz harakatni ko‘rib chiqib, biz Shezi formulasiga asosan quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\begin{aligned} v_H &= C_H \sqrt{R_H J_H} \\ v_M &= C_M \sqrt{R_M J_M} \end{aligned} \quad (16.28)$$

Geometrik o‘xshash sistemalar uchun aporsiz harakatda $J_H = J_M$, bu holda

$$\frac{v_M}{v_H} = \frac{C_M}{C_H} \sqrt{\frac{R_M}{R_H}} = \frac{C_M}{C_H} \sqrt{a_l} \quad (16.29)$$

Boshqa tomondan, qarshilikning kvadrat sohasi uchun loyixalangan dinamik o‘xshash sistemalar har doim quyidagi shartga javob berishi zarur

$$\frac{v_M}{v_H} = \sqrt{a_l} \quad (16.30)$$

Bu ifodani yuqoridagi ifodalarga qo‘yib, (16.26) ifodaga ega bo‘lamiz. Endi (16.26) tenglikni hisobga olib, (16.25) va (16.24) bog‘liqliklar ham natura ekanligini ko‘ramiz. Bularni inobatga olib, laboratoriyada inshootning modelini qurishda modeldagi oqim naturadagi natura oqimga dinamik o‘xshash bo‘lishiga

erishish kerak. Bunday modellar uchun topilgan ζ, λ, C parametrlar ko'p hollarda hechqanday o'zgarishlarsiz naturasiga ko'chirilishi mumkin.

Har qanday fizik jarayonlarni modellashtirishda barcha fizik parametrlar uchun modeldan naturaga yoki naturadan modelga o'tishni ta'minlovchi masshtab koeffitsientini a_i deb belgilab olamiz. Masalan:

1. Vaqtning masshtab koeffitsienti:

$$a_t = \frac{t_H}{t_M} = \frac{l_H v_M}{l_M v_H} = \frac{a_l}{a_v} = a_l^{1/2}; \quad (16.31)$$

2. Sarfning masshtab koeffitsienti :

$$a_Q = \frac{Q_H}{Q_M} = \frac{v_H \omega_H}{v_M \omega_M} = a_v a_l^2 = a_l^{5/2} \quad (16.32)$$

Analog tarzda kuchlarning masshtab koeffitsientini tezlanish(w) ning masshtab koeffitsientini a_F deb belgilab, quyidagi ko'rinishda olishimiz mumkin:

$$a_F = \frac{F_H}{F_M} = \frac{\rho_M l_M^3 w_H}{\rho_H l_H^3 w_M} = a_\rho a_l^3 a_w \quad (16.33)$$

Ko'p hollarda $a_\rho = a_g = a_w = 1$ deb qabul qilinadi, shu sababli, $a_F = a_l^3$

Og'irlik kuchlari muhim rol o'ynaydigan gidravlik jarayonlarni modellashtirishda masshtab koeffitsientlari o'rtasidagi bog'liqliklarni aniqlovchi majmualarni *o'xshashlik indikatorlari* deb yuritiladi.

Amaliyotda ishlatiladigan masshtab koeffitsientlarni 16. 1-jadvalda jamlangan ko'rinishda ifodalash mumkin.

Albatta savol tug'iladi, fizik modelda harakatlanuvchi oqim qanday loyixalansa, u naturadagi natura oqimga dinamik o'xshash bo'ladi? Bu savol shunisi bilan murakkabki, undagi tezlik, bosim kattaliklari va boshqa parametrlar odatda, bizni qiziqtirayotgan soha uchun noma'lum bo'ladi. SHunga ko'ra, bu o'lchamlarni aniqlash uchun fizik model qurib, unda kerakli

o'lov ishlari olib boriladi. Bunday sharoitdagi dinamik o'xshashlikka erishish quyidagicha amalga oshiriladi:

- a) natura o'zanga geometrik o'xshash o'zan modeliquriladi;
- b) vaqtning boshlang'ich davrida model oqimining biror chegarasiga xuddi natura oqimdagi o'xshash chegaralarga mos keladigan geometrik va kinematik parametrlar qiymatlari beriladi;
- c) tajribalarda qo'llanilayotgan suyuqlikning shunday fizik xarakteristika (v , ρ , γ)lari tanlanadiki, natijada oqimning belgilangan chegarasida dinamik o'xshashlik mavjud bo'lsin.
- d) Yuqoridagi mulohazalardan ko'rinib turibdiki, fizik jarayon naturada va modelda bir xil matematik tenglamalar bilan tavsiflanadi, unda biz mavjud chegaraviy o'xshash va boshlang'ich sharoitlarda dinamik o'xshashlik izlanayotgan geometrik o'xshash jarayon modelini qayta tiklaymiz. Bundan ko'rinib turibdiki, chegaraviy sharoitlar o'xshashliklari modelda harakatlanayotgan oqimning chuqurligi, tezligi, bosimi (napor sistemalari) o'xshashliklari yig'indisidan iborat.
- e) Aytib o'tish kerakki, kelgusida modellashtirish turining ko'rsatilgan nazariy asoslangan yo'l bilan har doim ham natura dinamik o'xshash modelni yarata olmaymiz.

Моделлаштириш шартларига мос келувчи масштаб коэффициентлари

Шартлар	Индикатор		Қабул қилинган масштаблар							
	ўхлашлик	коэффициентлар	юза	ҳажм	давр (вақт)	частота- талар	тезлик ар	тезла- нишлар	сарфлар	кучлар, ўна- лишлар
Фруд сонига асосан	$\frac{a_v^2}{a_l a_g} = 1$	$a_l, a_v = a_p = 1$	a_l^2	a_l^3	$\sqrt{a_l}$	$\frac{1}{\sqrt{a_l}}$	$\sqrt{a_l}$	1	$a_l^{5/2}$	a_l^3 a_l
Рейнольдс сонига асосан	$\frac{a_v a_l}{a_v} = 1$	$a_p, a_v = a_v = 1$	a_l^2	a_l^3	a_l^2	a_l^{-2}	a_l^{-1}	a_l^{-3}	a_l	1 a_l^{-2}
Вебер сонига асосан	$\frac{a_p a_v^2 a_l}{a_s} = 1$	$a_p, a_v = a_s = 1$	a_l^2	a_l^3	$a_l^{3/2}$	$a_l^{-(3/2)}$	$\frac{1}{\sqrt{a_l}}$	a_l^{-2}	$a_l^{3/2}$	a_l a_l^{-1}
Коши сонига асосан	$\frac{a_p a_v^2}{a_E} = 1$	$a_p, a_v = a_E = 1$	a_l^2	a_l^3	$a_l \sqrt{\frac{a_p}{a_E}}$	$a_l^{-1} \sqrt{\frac{a_E}{a_p}}$	$\sqrt{\frac{a_E}{a_p}}$	$\frac{a_E}{a_p a_l}$		$a_E a_l^2$ a_E

Shuning uchun, ko'p hollarda bunday nazariy yo'llardan chetlashib, quyida (taxminiy masshtabda qurilgan) keltirilgan modellashtirishning turli «shartli» usullariga o'tish lozim. Ikki gidravlik sistemalarga ta'sir etuvchi kuchlarni o'lchash va o'zaro taqqoslash orqali dinamik o'xshashlik haqida fikr yuritishni amaliy jihatdan imkoniyati yo'q. Shu bilan birga natura va modeldagi kuchlar nisbatitog'ridan tog'ri emas balki, o'lchash oson bo'lgan qiymatlar masshtabi, ya'ni mavjud uzunlik, tezlik va suyuqlik zichligi masshtablariga asoslanib, «bevosita usul»da aniqlanish mumkin. Dinamik o'xshashlikni aniqlashning bunday «bevosita usul»i qo'llanilganda «dinamik o'xshashlik mezonlari» deb yuritiladigan parametrlardan foydalanishga tog'ri keladi.

16. 8. DINAMIK O'XSHASHLIK MEZONLARI

Umuman, yopishqoq, siqilmaydigan, harakatdagi suyuqlikka quyidagi kuchlar ta'sir qiladi:

- 1) tashqi hajmiy og'irlik kuchi G ;
- 2) sirtqi (tashqi va ichki) gidrodinamik bosim kuchi P ;
- 3) sirtqi (tashqi va ichki) ishqalanish (yopishqoqlik) kuchi T .

Ko'rsatilgan kuchlarning geometrik yig'indisi Dalamber ta'limotiga muvofiqquyidagicha ifoda qilinadi:

$$\vec{G} + \vec{P} + \vec{T} + \vec{I} = 0$$

(16. 34)

bunda \vec{I} – inersiya kuchi

$$\vec{I} = -M\vec{w}$$

(16. 35)

bunda M – ajratib olingan suyuqlik hajmining massasi, w – tezlanish.

Mavjud chegaraviy sharoitlarda suyuqlikning berilgan nuqtasidagi bosim P , to'liq G , T va I kuchlar orqali aniqlanadi:

$$\vec{P} = f(\vec{G}, \vec{T}, \vec{I}) \quad (16.36)$$

shuning uchun, (16.34) ifodani quyidagi ko‘rinishda qayta ifodalash mumkin:

$$\vec{G} + \vec{f}(\vec{G}, \vec{T}, \vec{I}) + \vec{T} + \vec{I} = 0 \quad (16.37)$$

(16.37) harakat tenglamasi turli xususiy hollar uchun soddalashgan bo‘lishi mumkin. Unga kiruvchi ayrim kuchlar nolga teng yoki boshqa kuchlarga nisbatan hisobga olinmaydigan darajadagi kichik miqdorga ega bo‘lishi mumkin. Masalan, suyuqlik oqimining parallel chiziqli barqaror harakatida inersiya kuchi $I=0$, oqimning quvurdagi naporli harakatida uning og‘irligi (G)samarasi ko‘rilayotgan suyuqlik hajmiga ta’sir etayotgan bosim kuchi (P)samarasiga nisbatan ancha kichik. Shu sababli, (16.37) tenglamadagi inersiya va og‘irlik kuchlari inobatga olinmasligi mumkin. Tenglamada faqat T va I kuchlari qoladi.

Laminar tartibda harakatlanayotgan oqimda I kuchlari ko‘pincha T kuchlarga nisbatan samarasiz bo‘lganligi uchun ular inobatga olinmasligi mumkin.

Suvning naporsiz turbulent harakatida uning yopishqoqligini kichik qiymatlari hisobiga, ishqalanish kuchlari T boshqa kuchlarga nisbatan kichik bo‘lishi mumkin. Shuning uchun, (16.37) tenglamada T kuchlarni hisobga olmaslik mumkin. Dastlab, oddiy bir holatni ko‘rib chiqaylik. O‘rganilayotgan suyuqlikka aniqlanadigan kuchlarning (inersiya kuchini hisobga olmaganda) bitta sistemasi ta’siri mavjud bo‘lsa, bunda faqat shunday sharoitdagi harakatni ko‘rib chiqish bilan chegaralanamizki, bunda inersiya kuchlari og‘irlik kuchlari yoki ichki ishqalanish kuchlari bilan bir xil darajada samaraga ega bo‘ladi deb hisoblaymiz.

1⁰. Suyuqlikka faqat og‘irlik kuchlari ta’sir etayotgan holat. Bu holatda (16.37) tenglamaga faqat G kuchi va I inersiya kuchlari kiradi. 16.2-rasmda tasvirlangan, ikki dinamik o‘xshash gidravlik sistemalar (“natura” va

“model”)ga erishish uchun a va b sxemalarda ko‘rsatilgankuchlar uchburchaklarining geometrik o‘xshashligiga erishishimiz kerak.

Ko‘rsatilgan kuchlar uchburchaklarining o‘xshashliklarini ta’minlash uchun quyidagilar zarur:

a) ko‘rilayotgan ikki gidravlik sistemaning kinematik o‘xshashliklari – faqat shu sharoitda 16. 2, a va b -rasmdagi G va I kuchlardan hosil bo‘lgan burchaklarninggeometrik o‘xshashliklari bajarilishi talab qilinadi;

b) quyidagi tengliklarning saqlanishi

$$\frac{I_M}{G_M} = \frac{I_H}{G_H} \quad (16. 38)$$

yokixuddi shunday

$$\frac{I_M}{I_H} = \frac{G_M}{G_H} = a_F \quad (16. 39)$$

bunda a_F – kuchlarmasshtabi.

Ko‘rinib turibdiki, ushbu holda kuchlar masshtabi natura va model uchun hisoblanganinersiyakuchlariganisbatanteng.

(16. 35) ifodaga muvofiq

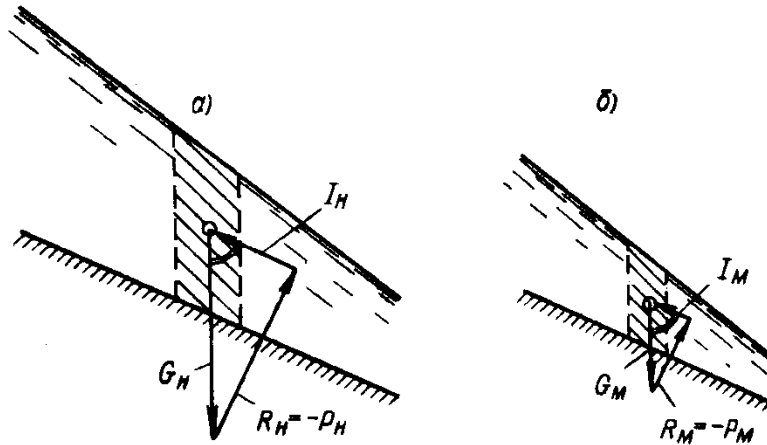
$$[I] = [\rho]L^3 \frac{[u]}{t} = [\rho]L^2 \frac{L}{t}[u] = [\rho]L^2 [u^2] \quad (16. 40)$$

bunda L va t – vaqt va uzunlik kattaliklari.

Shuning uchun ushbu holatda dinamik o‘xshashlikni ta’minlovchi kuchlar masshtabi a_F

$$a_F = \frac{I_M}{I_H} = \frac{\rho_M l_M^2 u_M^2}{\rho_H l_H^2 u_H^2} \quad (16. 41)$$

bunda I_M va I_H – tabiiy (natura) va modellarning qandaydir o‘xshash chiziqli o‘lchamlari.



16. 2-rasm. Suyuqlikning oddiy hajmiga ta'sir etuvchi kuchlar sxemasi:

a) natura, b) modelda

Og'irlik kuchlarining o'lchamlarini quyidagi ko'rinishda faraz qilish mumkin:

$$[G] = [\gamma]L^3 = [\rho][g]L^3 \quad (16. 42)$$

bundan,

$$\frac{G_M}{G_T} = \frac{\rho_M g_M l_M^3}{\rho_H g_H l_H^3} \quad (16. 43)$$

kelib chiqadi.

(16. 41) va (16. 43) munosabatlarni hisobga olib, (16. 39) ga muvofiq quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\frac{\rho_M l_M^2 u_M^2}{\rho_H l_H^2 u_H^2} = \frac{\rho_M g_M l_M^3}{\rho_H g_H l_H^3} \quad (16. 44)$$

Ko'rinib turibdiki, dinamik o'xshashlikka erishish uchun suyuqlikka faqat G kuch (inersiya kuchi I ham) ta'sir qilsa, kinematik o'xshashlikni saqlashdan tashqari yana quyidagi ko'rinishda qayta yozish mumkin bo'lgan (16. 44) tenglikni saqlashni ham talab qilish zarur

$$\frac{u_M^2}{u_H^2} = \frac{g_M l_M}{g_H l_H} \quad (16. 45)$$

bundan, (16. 44) ifoda o‘rniga quyidagiga ega bo‘lamiz

$$\frac{u_M^2}{g_M l_M} = \frac{u_H^2}{g_H l_H} \quad (16. 46)$$

Bunda u – berilgan nuqtadagi tezlik; l – qandaydir chiziqlik o‘lcham; g – og‘irlik kuchi tezlanishi. Bundan osongina yuqoridagi mavzularda suyuqlik harakatiga ta’sir etuvchi omillarni o‘rganish jarayonida π -teoremasini qo‘llab olingan, suyuqlik og‘irligini harakatga ta’sirini belgilovchi kattalikni olishimiz mumkin:

$$\frac{u^2}{gl} = Fr \text{ (belgi)} \quad (16. 47)$$

Bu miqdorni *Frud soni* deb nomlanganligi bizga oldingi mavzulardan ma’lum.

Shunday qilib, suyuqlikka faqat og‘irlik kuchi ta’sir etganda, geometrik va kinematik o‘xshashliklar mavjud bo‘lib, natura va modelning oqim harakatlanayotgan ixtiyoriy mos nuqtalari uchun hisoblangan Frud soni bir xil bo‘lsa, dinamik o‘xshashlik mavjud bo‘ladi.

$$(Fr)_M = (Fr)_H \quad (16. 48)$$

E’tibor qilamiz, bu holat (16. 48) ifoda faqat kuchlar uchburchaklarining o‘xshashligi ixtiyoriy nuqtalar juftliklarida mavjuddir. Bu dinamik o‘xshashliklarga erishish uchun barcha natura va modellarning barcha juft nuqtalarida a_F kuchlar masshtabi tengligiga ham erishish zarur. Bu oxirgi holat geometrik o‘xshashlikning mavjudligi bilan ta’minlanadi.

Haqiqatdan ham, (16. 44) bog‘liqlik a_F qiymatni ifodalaydi. Bu bog‘liqlikni $\rho_T l_T^2$ ga ko‘paytirib va $\rho_M l_M^2$ ga bo‘lsak,

$$a_F \frac{\rho_M l_M^2}{\rho_H l_H^2} = \frac{u_M^2}{u_H^2} = \frac{g_M l_M}{g_H l_H} \quad (16. 49)$$

ifodaga ega bo‘lamiz.

Faqat, $\rho_M = \rho_H$ va $g_M = g_H$ deb hisoblasak, hosil bo'lgan bog'liqlikni quyidagi ko'rinishda qayta yozish mumkin:

$$a_F \frac{1}{a_l^2} = \frac{u_M^2}{u_H^2} = a_l \quad (16.50)$$

bundan ko'rinadiki, $a_F = a_l^3$.

Geometrik o'xshash sistemalar uchun $a_l = \text{const}$ (butun hajm bo'ylab) kelib chiqadiki, a_F qiymati natura va modelning barcha o'xshash nuqtalari uchun bir xil bo'lishi shart.

2^o. *Suyuqlikka faqat ishqalanish (yopishqoqlik) kuchlarita'siri mavjud bo'lganda giholat.* Bunda dinamik o'xshashlikni saqlash uchun kuch masshtabi ifodasi oldingidek qolishi kerak [(16. 41) tenglikka qarang]. Ishqalanish kuchlarining Nyuton tenglamasiga bo'ysunishini hisobga olgan holda, yozishimiz mumkin:

$$[T] = [\eta] L^2 \frac{[u]}{L} = [\nu][\rho] L [u] \quad (16.51)$$

bundan

$$\frac{T_M}{T_H} = \frac{\nu_M \rho_M l_M u_M}{\nu_H \rho_H l_H u_H} \quad (16.52)$$

ifodaga ega bo'lamiz, bunda, l_H va l_M – natura va modellarning qandaydir o'xshash chiziqli o'lchamlari.

(16. 52) ifodani (16. 41) bog'liqlik bilan tenglashtirib,

$$a_F \frac{\rho_M l_M^2 u_M^2}{\rho_H l_H^2 u_H^2} = \frac{\nu_M \rho_M l_M u_M}{\nu_H \rho_H l_H u_H} \quad (16.53)$$

ifodani hosil qilamiz.

Ko'rinib turibdiki, suyuqlikka ta'sir etayotgan T va inersiya kuchi I bo'lgan holatda dinamik o'xshashlikka erishish uchun kinematik o'xshashlikdan

tashqari, (16. 53) tenglik saqlanishiga rioya qilish zarur. Bu oxirgi tenglikni quyidagi ko‘rinishda qayta yozish mumkin:

$$\frac{l_M u_M}{l_H u_H} = \frac{v_M}{v_H} \quad (16. 54)$$

yoki

$$\frac{u_M l_M}{v_M} = \frac{l_H u_H}{v_H} \quad (16. 55)$$

bunda u – berilgan nuqtadagi tezlik; l – qandaydir chiziqli o‘lcham, masalan, quvur diametri D yoki gidravlik radius R va x. k. ν – suyuqlikning kinematik yopishqoqlik koeffitsienti [(1. 14) tenglikka qarang]. Bu ifoda yuqoridagi mavzularda suyuqlik harakatiga ta’sir etuvchi omillarni o‘rganish jarayonida π -teoremasini qo‘llab olinganishqalanish kuchining suyuqlik harakatiga ta’sirini belgilovchi kattalikni olishimiz mumkin:

$$\boxed{\frac{ul}{\nu}} = \text{Re} \text{ (belgi)} \quad (16. 56)$$

Bu ifoda o‘lchov birliksiz bo‘lib, ishqalanish kuchining harakatga ta’sirini bildiradi. Bu parametrni Reynoldssonide batalishi bizga ma’lum.

Shunday qilib, suyuqlikka faqat ishqalanish kuch ta’sir etganda, geometric va kinematik o‘xshashliklar mavjud bo‘lib, natura va model-ning oqim harakatlanayotgan ixtiyoriy mos nuqtalari uchun hisoblangan Reynolds soni bir xil bo‘lsa, dinamik o‘xshashlik mavjud bo‘ladi

$$\boxed{(\text{Re})_M = (\text{Re})_H} \quad (16. 57)$$

3⁰. *O‘xshashlik mezoni.* Faraz qilaylik, suyuqlik siqiluvchan bo‘lib, unga faqat elastik kuch ta’sir etmoqda. Yuqoridagi mavzularda suyuqlik harakatiga ta’sir etuvchi omillarni o‘rganish jarayonida π -teoremasini qo‘llab olingan, elastiklik kuchining suyuqlik harakatiga ta’sirini belgilovchi kattalik keltirib chiqarilgan edi:

Yuqoridagidek muloxaza qilib, *suyuqlikka faqat elastiklik kuchi ta’sir etganda, kinematic o‘xshashliklar mavjud bo‘lib, natura va modelning oqim*

harakatlanayotgan ixtiyoriy mos nuqtalari uchun hisoblangan Koshisonibir xil bo'lsa, dinamik o'xshashlik mavjud bo'ladi, deb fikr yuritishimiz mumkin.

Ko'rinib turibdiki, natura va model orasidagi dinamik o'xshashlikka erishish uchun suyuqlikka ta'sir etuvchi barcha kuchlar natura va modelning o'xshash nuqtalarida ularni xarakterlovchi sonlarni (Frudsoni, Reynoldssoni, Karman soni, Koshi soni, Veber Struxal, Eyler vax.k.) bir xil bo'lishini talab qiladi.

Bu o'lchamsiz (Frudsoni, Reynoldssoni, Karman soni, Koshi soni, Veber soni, Struxal soni, Eyler soni vax.k.) sonlarning natura va modellardagi o'xshash nuqtalarida qiymatlarining tengligi natura va modellar orasidagi dinamik o'xshashlikni ko'rsatganligi sababli, bular *o'xshashlik mezonlari* deyiladi. O'xshashlik mezonlarini o'rganiladigan masalaning turiga qarab, ajratib qabul qilinishi gidrotexnika amaliyotida keng qo'llaniladi. Bundan tashqari, ayrim hosilaviy o'xshashlik mezonlaridan foydalaniladi. Masalan, Galiley soni:

$$Ga = \frac{Fr}{Re^2} = \frac{\nu}{gl^3} \quad (16.58)$$

Oqimning harakatiga ta'sir etuvchi asosiy omillarni o'rganganimizda o'xshashlik mezonlari tarkibiga kiruvchi sonlarga batafsil ma'lumot berilganligini e'tirof etamiz.

4⁰. *O'rtacha tezlik vorqali ifodalangan o'xshashlik mezonlari.* Sekin o'zgaruvchan oqimda xaqiqiy harakatdagi kesimlarni tekis deb hisoblash mumkin bo'lgan xolatni ko'rib chiqamiz. Keyinchalik, model va naturaning xajmiy o'xshash kesimlarida tezlikning taqsimlanish qonuniyati bir xil deb hisoblaymiz.

Bunda natura va modelning o'xshash kesimlarining belgilangan har qanday o'xshash nuqtalari juftliklari uchun quyidagi munosabatlar o'rinli bo'ladi:

$$\frac{u_M}{v_M} = \frac{u_H}{v_H} = \beta \text{ (belgi)} \quad (16. 59)$$

bunda, u_M va u_H – o‘xshash nuqtalardagi suyuqlikning mahalliy tezliklari; v_M va v_H – aytib o‘tilgan xaqiqiy kesimlarning o‘rtacha tezliklari.

(16. 59) tenglikdan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$u_M = \beta v_M; u_H = \beta v_H \quad (16. 60)$$

(16. 46) va (16. 55) ifodalardagi bog‘liqliklardan foydalanib va β^2 va β kattaliklarni qisqartirib, (16. 47) va (16. 56) ifodalar o‘rniga Frud va Reynolds sonlari uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\boxed{Fr = \frac{v^2}{gl}} \quad (16. 61)$$

$$\boxed{Re = \frac{v l}{\nu}} \quad (16. 62)$$

Ko‘rinib turibdiki, o‘xshashlikni baholashdan foydalanib, (16. 47) va (16. 56) ifodalar o‘rniga (16. 61) va (16. 62) qo‘shimcha sharoitni saqlanishiga erishish zarur. Model va naturaning o‘xshash xaqiqiy kesimlaridagi tezliklarning taqsimlanishi har ikkala gidravlik sistema uchun bir xil bo‘lishi kerak. O‘rtacha tezlik masshtabi ualbatta, mahalliy tezlik masshtablariga teng, ya’ni, $a_v = a_u$.

Ta’kidlash lozimki, ayrim ilmiy adabiyotlarda Frud sonining (16. 61) ifodadan farqli ravishda ifodalanganligi uchratiladi. Ba’zida Frud soni (16. 61) ifodaga nisbatan teskari munosabatda bo‘lishi mumkin, ya’ni

$$Fr' = \frac{1}{Fr} = \frac{gl}{v^2} \quad (16. 61')$$

shuningdek,

$$Fr_0 = \sqrt{Fr} = \frac{v}{\sqrt{gl}} \quad (16. 61'')$$

xususan,

$$Fr_0 = \frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{v}{c} \quad (16. 61''')$$

bunda h – ko‘rilayotgan naporsiz oqim chuqurligi va $c = \sqrt{gh}$ – naporsiz oqimning ustida hosil bo‘luvchi ko‘chish to‘lqini peshonasining xarakat tezligi.

Ko‘p hollarda, naporsiz xarakatda Frud soni o‘rnida oqimning kinetiklik parametri qo‘llaniladi, bu esa naporsiz oqimning o‘rtacha chuqurligi (h)ga bog‘liq ikki barobar katta kinetik energiyani namoyon qiladi:

$$\Pi_{\kappa} = 2 \frac{\alpha v^2 / (2g)}{h} \approx \frac{v^2}{gh} = Fr_h \quad (16. 63)$$

bunda Fr_h – xarakterli o‘lcham $l = \bar{h}$ orqali ifodalangan Frud soni (16. 37-ifoda).

Aytib o‘tish kerakki, kinetik parametri (P_k) quyidagi ko‘rinishda ifodalanishi va u ikkilangan solishtirma kinetik energiyaning qaralayotgan harakatdagi kesim o‘rtacha chuqurligiga nisbati bilan aniqlanishi bizga oldingi mavzulardan ma’lum:

$$\Pi_{\kappa} = \frac{\alpha Q^2}{g} : \frac{\omega^3}{B} \quad (16. 64)$$

bunda ω – xaqiqiy kesim yuzasi; B – xarakatdagi kesimning sath bo‘yicha kengligi.

Oxirgi munosabatdan ko‘rinib turibdiki, oqimning kritik chuqurligi uchun $\Pi_{\kappa} = 1,0$ [Oqimning notekis harakati differensial tenglamasining silindrik o‘zanlar uchun ikkinchi ko‘rinishiga qarang].

5⁰. *Suyuqlikka bir vaqtning o‘zida bir qancha kuchlar ta’sir etgandagi umumiy hol.* Bunday holda dinamik o‘xshashlikni hosil qilish uchun natura va model o‘rtasida xaqiqiy o‘xshash kesimlardagi mos o‘xshashlik mezonlarini tengligini bir vaqtda saqlanishiga erishish lozim.

Masalan, gidravlik tajribalardabir vaqtning o‘zida og‘irlik va xamda ishqalanish kuchlarini inobatga olib, natura va model o‘rtasidagi dinamik o‘xshashlikka erishish uchun [(16. 22) ifodaga qarang] kinematik va gidravlik

o'xshashlikdan tashqari, bir vaqtning o'zida yana quyidagi ikki holatni bajarilishiga erishishimiz kerak:

$$\left. \begin{array}{l} \text{I} \\ \text{II} \end{array} \right\} \begin{array}{l} (Fr)_M = (Fr)_H \\ (Re)_M = (Re)_H \end{array} \quad (16.65)$$

Bundan tashqari, bu holatlar natura va modelning barcha o'xshash xaqiqiy kesimlariga ta'luqli bo'lishi shart. Suyuqlik oqimi bo'yabdinamik o'xshash sistemalar uchun Fr va Re sonlar qiymatlar ialbatta, o'zgarishi mumkin. Gidrotexnika amaliyotida mavjud muammolarning echimini topishdako'p qo'llaniladigan o'xshashlik mezonlarini jamlangan holda qo'yidagi jadval ko'rinishida ifodalash mumkin:

16. 2-jadval

Ta'sir etayotgan kuchlar	Og'irlik kuchi $[F_G] = [\rho][g][l^3]$	Bikrlik kuchi $[F_E] = [E][l^2]$	Sirt taranglik kuchi $[F_S] = [S][l]$	Bosim kuchi $[F_P] = [p][l^2]$	Yopishqoqlik kuchi $[F_I] = [\mu][v][l]$
Inersiya kuchi $[F_I] = [\rho][v^2][l^2]$	Frud soni $\frac{F_I}{F_G} = \frac{v^2}{gl}$	Koshi soni $\frac{F_I}{F_E} = \frac{\rho v^2}{E}$	Veber soni $\frac{F_I}{F_S} = \frac{\rho v^2 l}{S}$	Eyler soni $\frac{F_I}{F_P} = \frac{\Delta p}{\rho v^2}$ Stoks soni	Reynolds soni $\frac{F_I}{F_\mu} = \frac{v l}{\mu}$
F_M	$\frac{F_G}{F_M} = \frac{\rho g l^2}{M v}$	$\frac{F_E}{F_M} = \frac{E l}{\mu v}$	$\frac{F_S}{F_M} = \frac{S}{\mu v}$	$\frac{F_P}{F_I} = \frac{\Delta p l}{\mu v}$	
F_P	$\frac{F_G}{F_P} = \frac{\rho g l}{\Delta p}$	$\frac{F_E}{F_P} = \frac{E}{\Delta p}$	$\frac{F_S}{F_P} = \frac{S}{\Delta p l}$		
F_S	$\frac{F_G}{F_S} = \frac{\rho g l^2}{S}$	$\frac{F_E}{F_S} = \frac{E l}{S}$			
F_E	$\frac{F_G}{F_E} = \frac{\rho g l}{E}$				

16. 9. GIDRAVLIK JARAYONLARNI MODELLASHTIRISH UCHUNASOSIY KO'RSATMALAR

Faraz qilaylik, uzunliklarning ma'lum bir masshtabini qabul qildik

$$a_l = l_M : l_H \quad (16. 66)$$

Suyuqlikda (16. 37) tenglamaga kiruvchi ikkita kuchlar sistemasi mavjud deb hisoblaymiz: og'irlik va ishqalanish kuchlari. Yuqorida aytilganidek, kinematik o'xshashlikka erishish uchun kinematik o'xshashlikdan tashqari, bir vaqtda ikki talab (16. 65) bajarilishi kerak. Bu talablarning har biri quyidagilarga olib keladi:

Birinchi talab: bunda, (16. 48) tenglik bajarilishi zarur yoki

$$\frac{v_M^2}{gl_M} = \frac{v_H^2}{gl_H} \quad (16. 67)$$

Og'irlik kuchi tezlanishi model va natura uchun bir xildir: $g_M = g_H = g$

Quyida (16. 67) ifodadan olingan o'rtacha tezlik orqali ifodalangan o'xshashlik mezonlaridan foydalanamiz:

$$\frac{v_M}{v_H} = \sqrt{\frac{l_M}{l_H}} = (a_l)^{1/2}$$

(16. 68)

Bunday sharoitda o'xshash xaqiqiy kesimlar uchun agar Frud soni tengligi saqlansa [(I), (16. 39) bog'liqlikka qarang] model va naturalarda harakatlanayotgan oqimning tezliklari yuqoridagi shartni qanoatlantirishi kerak.

Q_M va Q_H sarflar bunday sharoitni qanoatlantirish shart:

$$\frac{Q_M}{Q_H} = \frac{v_M \omega_M}{v_H \omega_H} = \sqrt{a_l} a_l^2 = (a_l)^{5/2} \quad (16. 69)$$

Vaqt masshtabini quyidagicha hosil qilamiz:

$$v_M = \frac{l_M}{t_M}; v_H = \frac{l_H}{t_H} \quad (16.70)$$

v_M ni v_H ga bo'lish bilan

$$\frac{v_M}{v_H} = \frac{l_M}{l_H} \frac{t_H}{t_M} \quad (16.71)$$

ifodaga ega bo'lamiz, bundan,

$$a_t = \frac{t_M}{t_H} = \frac{1}{\sqrt{a_l}} a_l = \sqrt{a_l} \quad (16.72)$$

Ikkinchi talab. Bunda (16. 57) tenglikni saqlash zarur yoki

$$\frac{v_M l_M}{v_H} = \frac{v_H l_H}{v_H} \quad (16.73)$$

$$v_M = v_H = v \quad (16.74)$$

ifodani hisobga olib, ya'ni, laboratoriyada ham naturadagi suyuqlik ishlatildi deb faraz qilib, (16. 73) dan quyidagini hosil qilamiz

$$\frac{v_M}{v_H} = \frac{l_M}{l_H} \frac{1}{a_l} \quad (16.75)$$

Bunday sharoitda Q_M va Q_H sarflar

$$\frac{Q_M}{Q_H} = \frac{v_M}{v_H} \frac{\omega_M}{\omega_H} = \frac{1}{a_l} a_l^2 = a_l \quad (16.76)$$

tenglikni qanoatlantirishi shart.

Faqat (16. 75) va (16. 76) sharoitlarda, biz, (16. 65, II)ni hosil qilamiz.

Natijada keltirilgan muloxazalardan 16. 3-jadvalni tuzishimiz mumkin.

Dinamik o'xshashlikka erishish uchun model xarakteristikasining natura xarakteristikasiga nisbatining talab qilingan qiymati jadvali

Oqim xarakteristikalari	Masshtab xarakteristikalari	
	$(Fr)_M = (Fr)_H$	$(Re)_M = (Re)_H$
Tezlik	$a_l^{0,5}$	a_l^{-1}
Sarf	$a_l^{2,5}$	a_l
Vaqt	$a_l^{0,5}$	a_l^2
Kuch
Ish

16. 3-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, (16. 65, I) va (16. 65, II) shartlarni bir vaqtda bajarilishi mumkin emas. SHuning uchun, agar gidravlik jarayon bir yoki bir necha xil kuchlar sistemasi ta’sirida amalga oshayotgan bo‘lsa, laboratoriyada ham natura ($v_M = v_H$)dagi suyuqlik ishlatilsa, unda dinamik o‘xshashlikka erishish mumkin emas. Shunday qilib, bitta o‘xshashlik mezoni naturadan modelga o‘tishda tezlikni $a_l^{0,5}$ masshtabda o‘zgarishni talab qilsa, boshqa o‘xshashlik mezoni tezlikni a_l^{-1} masshtabda o‘zgarishini talab qiladi va x. k. Hozirgi holatda modelda boshqa suyuqlikni qo‘llash bilan dinamik o‘xshashlikka erishish mumkin edi. Albatta, bu yo‘l shu bilan qiyinki, laboratoriyalarda qo‘llash mumkin bo‘lgan tabiatda mavjud suyuqliklar uchun $v_M : v_H$ nisbat birdan kam farqqiladi.

Yuqorida keltirilganlarga asosan, modellashtirishni umumiy holda faqat bir qancha yaqinlashtirish bilan qurishga to‘g‘ri keladi.

Yuqorida keltirilganidek, bir turdagi kuchlar aniq sharoitlarda boshqa turdagi kuchlardan ustun bo‘ladi, bundaboshqa mezonlarga javob beruvchi ikkilamchi kuchlar hisobga olinmaydi.

Turbulentlikning kvadrat qarshilik sohasiga javob beruvchi naporsiz oqimlarni modellashtirishda (keyinchalik biz, faqatshu harakatnio‘rganish bilan chegaralanamiz) bunday turdagi harakat faqat og‘irlik kuchlari bilan xarakterlanadi deb, Frud soniga asosiy e‘tibor qaratiladi. Oqim parametrlari Reynolds soniga bog‘liq bo‘lmagan bu soha, Reynolds soniga nisbatan avtomodel deb ataladi.

Ko‘rsatilgan avtomodel sohasiga javob beruvchi gidravlik jarayonlarni modellashtirishquyidagi ko‘rinishda amalga oshiriladi:

- a) naturadagio‘zanga geometrik o‘xshash model o‘zanini quriladi. (bunda g‘adir-budurlikni tashkil qiluvchi tepalikchalar o‘xshashligi ham inobatga olinadi);
- b) fizik model o‘zanning kirish chegaraviy kesimida suyuqlik harakati naturadagi harakatning boshlanish vaqti uchun kinematik o‘xshashligiga erishiladi;
- c) bunga qo‘shimcha o‘zan modelining chegaraviy kesimidamodel va natura uchun Frud sonitengligiga erishiladi. Natijada, ilmiy izlanish olib borish uchun talab qilinayotgan o‘zan modeli chegarasida ko‘rsatilgan operatsiyalarda avtomatik ravishda natura oqimga dinamik o‘xshash oqim hosil bo‘ladi. Bunday turdagi tajribalarni olib borishda yana quyidagi holatlarni inobatga olish zarur:

1) Ko‘rsatish mumkinki, agar Frud soni $Fr_h = \frac{v^2}{gh}$ (h – oqimning o‘rtacha chuqurligi) bo‘lsa, birdan katta shovqinli naporsiz harakat hosil bo‘ladi,

$$Fr_h < 1,0 \quad (16.77)$$

$Fr_h < 1,0$ qiymatda sokin harakatlanayotgan oqimga ega bo‘lamiz. Model va natura uchun teng qiymatli Frud soniga ega bo‘lib, albattamodel va natura uchun avtomatik ravishda bir xil holatli shovqinli yoki sokin oqimhosil qilamiz. Yuqorida ta’kidlanganidek sokin harakatda oqim bo‘ylab pastda joylashgan

harakatdagi kesimlardagi harakat sharoiti yuqoridagi kesimlardajoylashgan oqim harakatining shakllanishiga ta'sir qiladi. Bunda sokin oqimning modellashtirishda boshlang'ich kesim sifatida modellashtirilayotgan o'zanning tugash kesiminiqabul qilish kerak.

Shovqinli harakatni modellashtirishda esa, boshlang'ich kesim sifatida modellashtirilayotgan o'zanning boshlanish kesimi qabul qilinadi.

2) Agar naturada suyuqlikning turbulent oqimiga ega bo'lsak, unda albatta model sharoitida ham xuddi shunday harakatga ega bo'lishi shart, shuning uchun turbulent harakatni modellashtirishda modellashtirishning quyidagi qo'shimcha sharoiti paydo bo'ladi:

$$(\text{Re})_M = (\text{Re}_\kappa)_M \quad (16.78)$$

bunda $(\text{Re}_\kappa)_M$ –modelning kritik soni. Agar naturada turbulent sohaning kvadrat qarshilik sohaci mavjud bo'lsa, (ya'ni, biz ko'rib chiqayotgan soha),unda (16.78) ifodabilan birgalikda quyidagi shart bajarilishi zarur:

$$(\text{Re})_M \geq (\text{Re}_{\text{uez}}^*)_M \quad (16.79)$$

Agar bu shart oqimni Frud bo'yicha modellashtirishda saqlanmasa, unda geometrik o'xshashlikdan voz kechib, o'zan modelini buzilgan masshtabda bajarishga to'g'ri keladi. (modelning rejalashtirilgan o'lchamlari uchun a_l plandagi o'lchamlari qiymatiuning vertikal o'lchamlari a_l qiymatdan farq qiladi).

Bunday naturadagi o'zanni qayta o'zgartirib, modelning vertikal o'lchamlari gorizontal o'lchamlariga nisbatan kattalashtiriladi, bu esa suyuqlikning harakat tezligini oshiradi va natijada modelda qarshilikning kvadrat sohasiga mos keluvchi turbulent oqimni hosil qiladi. Bunda oqimni modellashtirish masalasi ancha murakkablashadi.

3) Oqimni modellashtirish masalasi ham murakkablashadi, o'zan yuvilishini va nanoslarharakatini, oqim aeratsiyasini, oqimda vakuumning hosil bo'lishini inobatga olishga to'g'ri keladi.

Xulosa o‘rnida aytish kerakki, oqimning turbulent tartibdagi kvadrat qarshilik sohasiga mos keluvchi naporli harakatni modellashtirish hamda Reynolds sonining kichik qiymatlarida naporli va naporsiz harakatlarni modellashtirish muhim qonuniyatlarni boshqarish bilan amalga oshiriladi.

Oqimlarni modellashtirishda asosan qiyinchiliklar yuqorida aytib o‘tilgan ikki avtomodel sohalar oralig‘idagi zonalarda paydo bo‘ladi.

XVI bobga doir nazorat savollari³

1. Modellashtirishning mohiyatini izohlang.
2. Fizik va matematik modellashtirish orasidagi farqni tushuntiring.
3. Faraziy model nima? Moddiy model-chi?
4. Aniq va taqribiy matematik modellar farqini tushuntiring.
5. Modellashtirishdagi o‘xshashlik turlari.
6. Bir, ikki, uch o‘lchamli matematik modellarni izohlang
7. Hidravlik jarayonlarni o‘xshashlik turlarini izohlang.
8. Geometrik o‘xshash oqim deganda nimani tushunasiz?
9. Geometrik o‘xshash oqimlarda o‘lchamlar nisbati qanday bo‘lishi kerak?
10. Qanday oqimlar dinamik va gidrodinamik o‘xshash bo‘ladi?
11. O‘xshashlik mezoni nima?
12. Geometrik o‘xshashlik nima?
13. Kinematik o‘xshashlikni ta’riflang.
14. Dinamik o‘xshashlikka ta’rif bering.
15. Frud, Reynolds, Koshi, Galiley sonlarini izohlang.
16. Hidravlik jarayonlarni fizik modellashtirishdagi talablarni izohlang.
17. O‘xshashlik indikatorini izohlang.

³Bundan keyingi boblar mavzularining murakkabligini inobatga olib, mualliflar savollarni umumiy shaklda berilishini maqsadga muvofiq deb hisoblashdi.

18. Suv o'tkazgich va tushirgichlarni modellashtirishda nimalarga e'tiborni qaratish kerak?

19. Naporli oqimlarni modellashtirishda qaysi mezon asosiy rol o'ynaydi?

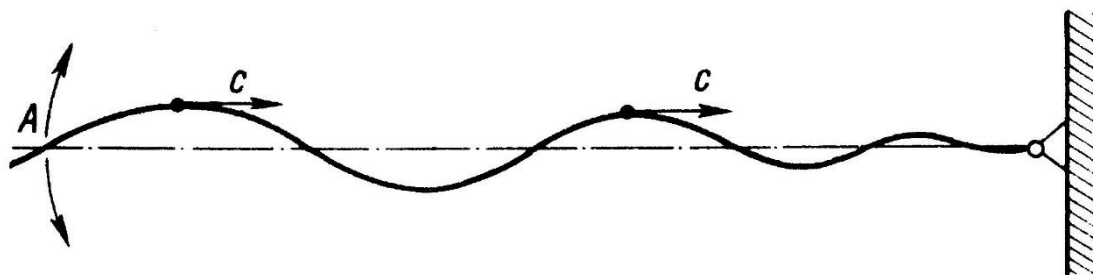
20. Ochiq o'zanlardagi gidravlik jarayonlarni modellashtirishning o'ziga xos tomonlarini va qo'yiladigan asosiy talablarni izohlang.

XVII BOB

SHAMOL TO'LQINLARI HAQIDA ASOSIY MA'LUMOTLAR

17. 1. Asosiy tushunchalar

Faraz qilaylik, qo'limizda bir tomoni qo'zg'almas nuqtaga mahkamlangan gorizontal holatdagi bo'sh arqon bor. Agar qo'limiz bilan ozgina ikkinchi tomonni harakatlantirsak, to'lqin paydo bo'ladi. Arqon tepalikchalar paydo qilib, uning cho'qqisi s tezlik bilan gorizontal holatda harakatlana boshlaydi. Bunda s – qo'zg'alishning A arqon uchidan tarqalish tezligi bo'ladi.



17. 1-rasm. Qo'zg'alishning tarqalishi.

Albatta bu qo'zg'alish, moddani (arqon materiali) tarqatmaydi. Arqon materiali gorizontal yo'nalishda ko'chmaydi.

Rasmdan o'rinib turibdiki, bu yerda ikkita tezlik mavjud bo'ladi:

- sqo'zg'alishning tarqalish tezligi, ya'ni tana shakli o'zgarishi, tarqalish tezligi, modda xolati o'zgarishining tarqalish tezligi;