

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

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

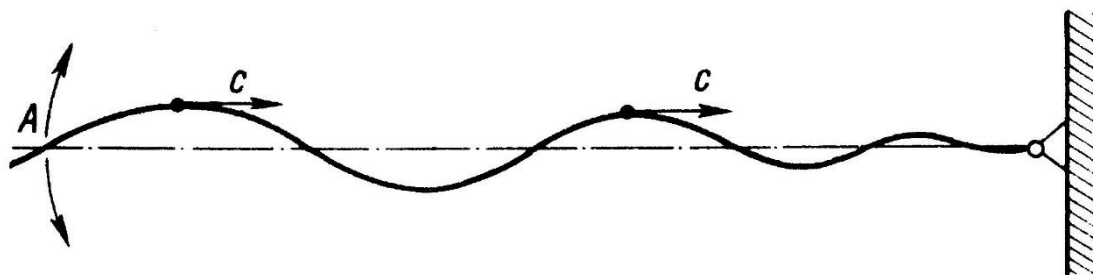
20. Ochiq o'zanlardagi gidravlik jarayonlarni modellashtirishning o'ziga xos tomonlarini va qo'yiladigan asosiy talablarni izohlang.

## 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;

- moddaning ko‘chish *utezligi*.

Keltirilgan masalada  $u = 0$ ;  $c \neq 0$ .

Faraz qilaylik, nisbiy tinch holatdagi suvga tosh tashladik. Unda planda radial yo‘nalishda sekin so‘nib boruvchi  $s$  tezlikda harakatlanayotgan to‘lqin paydo bo‘ladi, lekin bunda suvning gorizontal yo‘nalishda harakati deyarli kuzatilmaydi (17. 2-rasm).

Biz suv oqimining beqaror harakatini ochiq o‘zanlarda kuzatganimizda ma’lum bir suv massasini harakatga keltiradigan «ko‘chish to‘lqinlari»ga duch kelamiz. Bunda  $u \neq 0$ ;  $\tilde{n} \neq 0$ .

Demak, bunday holatlarda to‘lqinlarning  $s$  tezlik bilan tarqalishi bilan birgalikda suyuqlik ham ko‘char ekan ( $u \neq 0$ ).

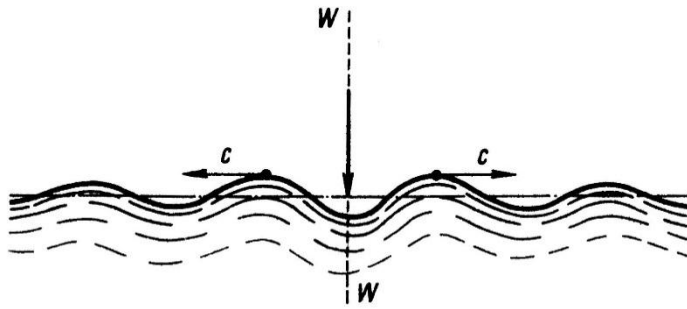
Tabiatda turli to‘lqinlar mavjud: seysmik, ovoz, elektromagnit va hokazolar. Ular turli fizik tabiatga ega bo‘lib, turli muhitlarga xos bo‘lib, turli xarakterga ega.

Ikkita turli hajmiy og‘irlikka ega bo‘lgan, bir biri bilan ustma-ust joylashgan va turli kattalikdagi tezliklarda harakatlanayotgan suyuqliklarning chegara sirtlarida paydo bo‘ladigan to‘lqinlar gidrotexnika amaliyotida *ichki to‘lqinlar* deb yuritiladi (17. 3-rasm).

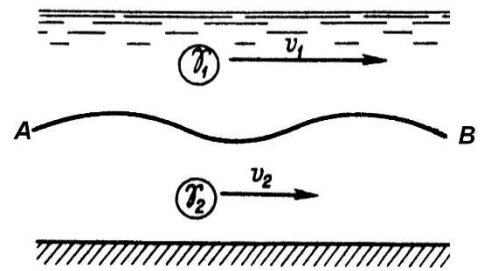
Biz quyida suv sathining erkin sirtida shamol ta’sirida paydo bo‘ladigan to‘lqinlar bilan tanishamiz. Ular *shamol to‘lqinlari* deb ataladi. Shamol to‘lqinlari nazariyasiga asosan ularning ko‘chish tezligi quyidagilarga bog‘liq:

- og‘irlik kuchi ta’siridagi tezlanishga;
- suyuqlikning fizik xossasiga (sirt tarangligi).

Katta shamol to‘lqinlari o‘rganilayotganda hususiy holat sifatida suyuqlikning fizik xossalariga bog‘liq parametrlarni inobatga olmaslik mumkin. Bunday to‘lqinlar *gravitatsion to‘lqinlar* deyiladi. Nisbatan kichik to‘lqinlarda esa hususiy holat sifatida ularning parametrlariga og‘irlik kuchi ta’siri nixoyatda kichik bo‘lganligi sababli, uni hisobga olmaslik mumkin, bunday to‘lqinlar *kapillyar to‘lqinlar* deyiladi.



17. 2-rasm. Suyuqlikning erkin satxidagi to‘lqinlanishining oddiy xususiy holati



17. 3-rasm. Ichki to‘lqinlar

Quyida biz faqat gravitatsion to‘lqinni ko‘rib chiqish bilan chegaralanamiz. Gravitatsion to‘lqinlarning paydo bo‘lish sabablarini o‘rganishda ichki to‘lqinlar tushunchasidan foydalanamiz. Agar ikkita moddaga ega bo‘lsak, harakatdagi havo va harakatlanuvchi suv yoki qo‘zg‘almas holatdagi suv. Ularning o‘zaro tutashgan joylarida gorizontal ko‘chish jarayonida AV chegara to‘lqinsimon xarakterga ega bo‘lishi kerak (17. 3-rasm). Buni boshqacha tushuntirish mumkin. Shamol vaqtida havo tomondan erkin sirtida ishqalanish kuchlari paydo bo‘lib, bu kuchlar kichikroq to‘lqinlarni hosil qiladi. Bu shamol endi to‘lqinning o‘zi tegayotgan tomoniga ko‘proq, tegmayotgan tomoniga kamroq bosim ostida ta’sir ko‘rsata boshlaydi va to‘lqin kattalasha boshlaydi. Hovuzlarda chuqurlik katta bo‘lsa, shamol to‘lqinlari suvni umuman ko‘chirmaydi  $u \neq 0$ ;  $\tilde{n} \neq 0$ . Agar chuqurlik kichik bo‘lsa,  $u$  tezlik katta tezlikka ega bo‘lishi mumkin.

## 17. 2. GRAVITATSION SHAMOL TO‘LQINLARINING ASOSIY TASNIFLARI. ASOSIY TUSHUNCHALAR

Gravitatsin shamol to‘lqinlarini quyidagi ko‘rinishlarga ajratish mumkin:

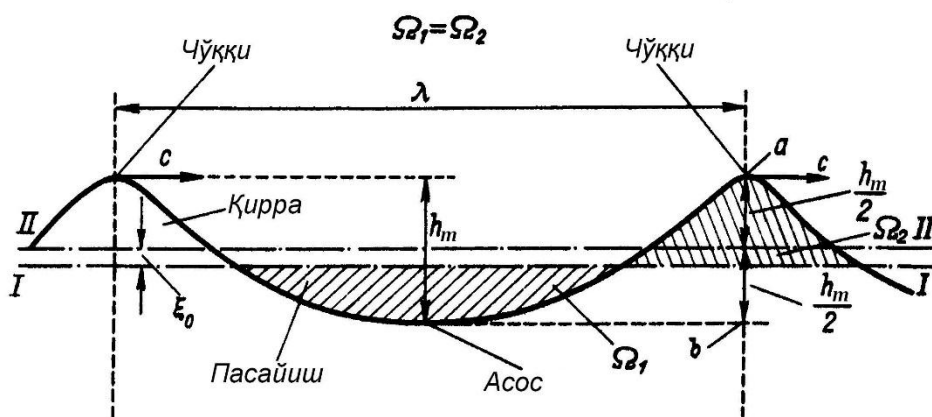
1) shamol ta’sirida paydo bo‘ladigan to‘lqinlar *majburiy to‘lqinlar* deb ataladi;

2) shamolning ta'sir doirasidan chiqqan, shamol tugagandan keyin ham davom etadigan *mavj yoki erkin to'lqinlar*; Ayrim hollarda ularning cho'qqilari o'zaro parallel bo'lib, ikki o'lchamli ham bo'lishi mumkin.

3) ketma-ket tarqaluvchi bir xil geometrik o'lchamga ega tulqinlar *doimiy to'lqinlar* deb ataladi;

4) ketma-ket tarqaluvchi turli o'lchamlarga ega to'lqinlar *o'zgaruvchan to'lqinlar* deb ataladi.

Quyidagi 17. 4-rasmda ikki o'lchamli – tekis doimiy to'lqin tasvirlangan. Rasmda *I-I* sath belgisi, ya'ni mavjlanish mavjud bo'lmagandagi suv sathi belgisi; *II-II* o'rtacha to'lqin chizig'i;  $h_m$  – to'lqin balandligi; rasmdan ko'rinib to'ribdiki,  $\frac{h_m}{2}$  o'lcham *II-II* chiziq vaziyatini aniqlaydi.  $\lambda$  – to'lqin uzunligi;  $s$  – to'lqinning tarqalish tezligi, ya'ni to'lqin cho'qqisining gorizontaal yo'nalishdagi ko'chishi;  $\frac{h_m}{\lambda}$  – nisbat esa to'lqin egriligi deb yuritiladi.



17. 4-rasm. SHamol to'lqinlari elementlari

### 17.3. SUV HAVZALARI TASNIFI

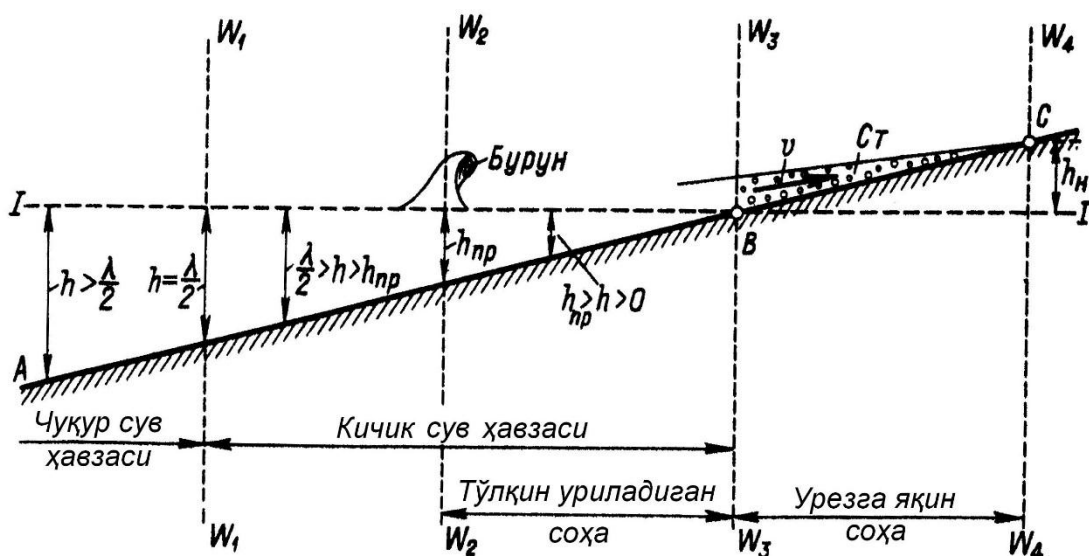
Suv havzalardagi suvning chuqurliklariga qarab quyidagicha tasniflanadi:

Agar suv havzalaridagi suvning chuqurligini to'liq parametrlariga ta'sir etmasa, chuqur havzalar deb yuritiladi. Ular uchun havza chuqurligi va to'liq uzunligi o'rtasida quyidagi muvozanat bajarilishi shart:

$$h \geq \frac{\lambda}{2} \quad (17.1)$$

Agar havzadagi suvning chuqurligi to'liqning shakllanishiga ta'sir ko'rsatsa va suv ma'lum tezlikka ega bo'lsa, ya'ni  $u \neq 0$  bunday suv havzalari mayda suv havzalari deb yuritiladi.

Endi 17. 5-rasmda suv havzasining AVS ko'rinishdagi gorizontga nisbatan  $45^\circ$  burchak ostida joylashgan qirg'og'ini qarab chiqamiz.  $I-I$  chiziq bo'ylab suv sathi chizig'i tutashgan joy bo'lib, bu *urez* deb ataladi.  $V$  nuqta suv sathi bilan qirg'oq kesishgan joy.  $W_1 - W_1$  vertikalning chap tomonida yuqorida keltirilgan shartni qanoatlantiruvchi chuqur suv havzasiga ega bo'lsak,  $W_1 - W_1$  va  $W_3 - W_3$  vertikal oralig'ida joylashgan sohada mayda suv havzasiga ega bo'lamiz.



17. 5-rasm. Suv havzasining qirg'oqqa yaqin sohasi.

*I-I* tinch holatdagi suv sathi;  $(h_n)$  - qirg'oqqa uriladigan to'liq balandligi,

$h_{uez}$  - suvning chegaraviy chuqurligi;

To'liqinning rivojlanishi va deformatsiyalanishini kuzatsak, mayda suv havzasida  $W_1 - W_1$  va  $W_3 - W_3$  sohada to'liqin havza tubi ta'sirida qayta shakllana borib, qirg'oqqa yaqinlashgan sari egrilik darajasi pasayishi ko'rinadi. Suv havzasining chuqurligi  $h_{uez}$  ma'lum bir chegaraviy qiymatiga etganda ( $(W_2 - W_2)$  vertikal sohasiga qarang) to'liqin balandligi egriligi nihoyatda kattalashib, natijada ag'darilishi mumkin. Bunday hodisa *burun* deb atalib, unda to'liqin buziladi.

To'liqin  $W_2 - W_2$  va  $W_3 - W_3$  vertikal oraliqida qirg'oqqa tomon harakatlanib, vaqti vaqti bilan burunlashib turadi. Bu soha *qirg'oqqa uriladigan to'liqinlar sohasi* deb yuritiladi. Chuqurlikning chegaraviy qiymatini aniqlashda turli tadqiqotchilar tomonida olib borilgan keng qamrovli tadqiqotlar natijasiga asoslanib olingan empirik formulalardan foydalaniladi.

Bundan tashqari qirg'oq yaqinida  $W_3 - W_3$  va  $W_4 - W_4$  vertikal oraliqida urezga<sup>4</sup> yaqin soha ham mavjud bo'lib, bu sohada to'liqinning qirg'oqqa urilishi kuzatiladi. Bunda suv oqimi juda yuqori darajada aeratsiyalashgan ( $C_T$ ) bo'lishi aniqlangan. Bu  $C_T$  oqimchanning kinetik energiyasi u qirg'oq qiligi bo'ylab ko'tarilishi bilan so'nib, keyin uni tashkil etgan suv pastga sirpanib tushib ketadi. Hidrotexnika amaliyotida ayrim hollarda mana shu qirg'oqqa uriladigan to'liqin(nakat) balandligini ( $h_n$ ) bilish talab qilinadi.

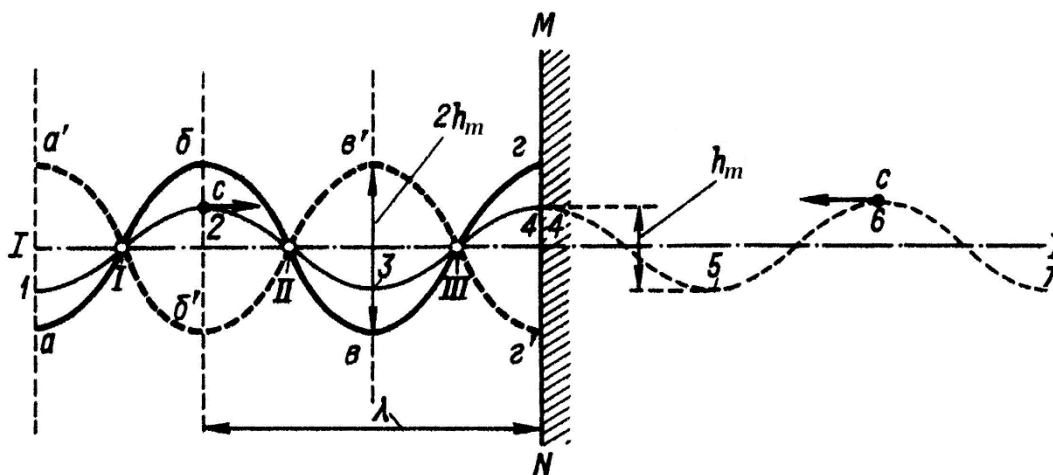
---

<sup>4</sup> Urez – o'zan bo'ylab suv qirg'oq bilan tutashish chizig'i

## 17. 4. TO‘LQINLARNING BIR-BIRI BILAN QO‘SHILISHI. TURG‘UN TO‘LQINLAR

Agar suyuqlikli muhitning biror nuqtasiga bir vaqtning o‘zida ikkita to‘lqin kelsa, bunda to‘lqinlarni o‘zaro qo‘shilishi natijasida balandliklari ko‘tarilishi yoki pasayishi kuzatiladi, ya’ni to‘lqinlar bir birini so‘ndiradi.

Bu holatni o‘rganish uchun ikkita harakat yo‘nalishi parallel, bir xil parametrlarga ega doimiy xarakterga ega to‘lqinlarning o‘zaro qo‘shilishi (interferensiya)ni qarab chiqamiz.



17. 6 rasm. Turg‘un to‘lqinlar

*M-N* qirg‘oq devoriga to‘g‘ri bo‘rchak ostida yainlashuvchi suv sathi kesimi

Faraz qilaylik, fronti *M-N* qirg‘oq devoriga parallel bo‘lgan doimiy xarakterdagi tekis *I-2-3-4* to‘lqin chuqur havzada harakatlanmoqda.

Soddalik uchun ularning egrilik darajasi kichik deb hisoblab, bu masalaga kichik amplituda nazariyasini qo‘llaymiz. Bunda biz suvning erkin sathi hisobiy chizig‘ini sinusoid ko‘rinishida olamiz. Bunda *I-I* tinch holatdagi suv sathichizig‘i va *II-II* o‘rtacha to‘lqin chiziqlari o‘zaro ustma-ust tushadi. Bu devorga tezlashgan tarzda urilgan *I-2-3-4* to‘lqinlar qanday belgi bilan urilgan bo‘lsa, shu belgi bilan ortga xuddi gidravlik zarb hodisasidagi kabi qaytadi.

Demak, devorga yaqinlashayotgan  $1-2-3-4$  to'liqlarga ularga qarshi  $4-5-6-7$  to'liqlar harakatlana boshlaydi va ular bir biri bilan ustma-ust tushib qo'shilishadi.

Ularning o'zaro qo'shilishidan  $abvg$  to'liqlar paydo bo'ladi va ular  $\tau/2$  vaqtdan keyin  $a'b'v'g$  to'liqligina ega bo'lamiz.

Bu  $abvg$  ( $a'b'v'g$ ) to'liqlar quyidagi tomonlari bilan xarakterlanuvchi *turg'un to'liqlar* yoki *seyshalar* deb yuritiladi:

- ularning balandligi  $M-N$  devor tomonga harakatlanayotgan  $1-2-3-4$  to'liqlarga nisbatan ikki marotaba katta bo'ladi;
- to'liqlarning qo'shilishi natijasida  $a'-a$ ,  $b'-b$ ,  $v'-v$ ,  $g'-g$  chiziqlar bo'ylab uyumchalar paydo bo'ladi;
- ularning uzunliklari devorga tomon harakatlanayotgan  $1-2-3-4$  to'liqlarning uzunligiga teng bo'ladi;
- sinusoid to'liqlarning  $I$ ,  $II$ ,  $III$  bandlari qo'zg'almas bo'ladi;
- to'liqlar cho'qqilari harakat tezligi nolga teng ( $s = 0$ ) bo'lib, to'liqin cho'qqisi va asosi o'zaro aralashmaydi. Suvning sirtida joylashgan  $a$ ,  $b$ ,  $v$ ,  $g$  suyuqlik zarrachalari goh pastga goh yuqoriga vertikal yo'nalishda haraktalanib turadi va shuning uchun ham ular *turg'un to'liqlar* yoki *seyshalar* deb yuritiladi.

Ta'kidlash lozimki, umumiy holatlarda suv sathi shakli to'liqlar mavjud bo'lganda sinusoid shakldan farqlanadi va shu sababli ham  $I-I$  tinch holatdagi suv sathichizig'i va  $II-II$  o'rtacha to'liqin chiziqlari o'zaro ustma-ust to'shmaydi. 17. 6-rasmdagi bandlar esa mavjud bo'lmaydi. To'liqin profilining  $I-I$  tinch holatdagi suv sathichizig'i bilan kesishish nuqtasi goh chapga, goh o'nga haraktalanib,  $a'-a$ ,  $b'-b$ ,  $v'-v$ ,  $g'-g$  chiziqlar qo'zg'almasdan qoladi.

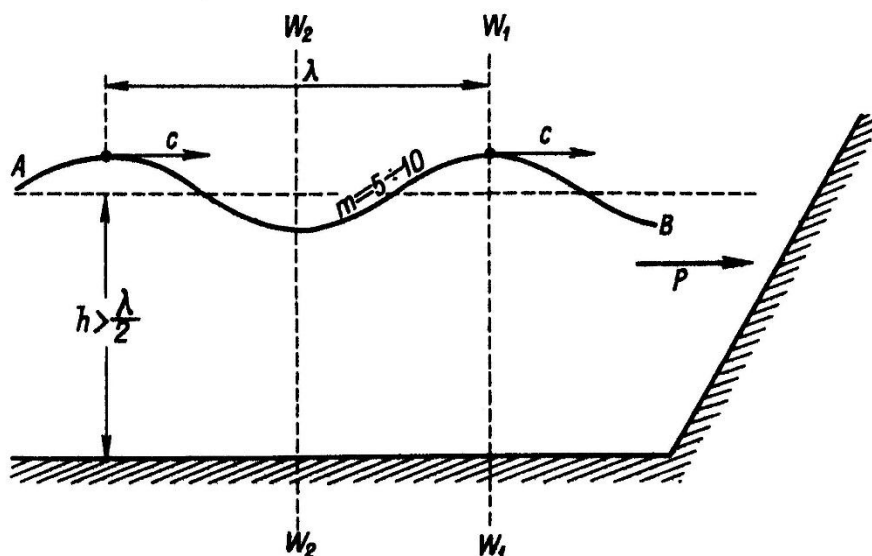


Yuqorida ta'kidlanganidek, seyshalardan tashqari tezligi  $s \neq 0$  bilan xarakterlanuvchi progressiv to'lqinlar ham mavjud. Keyingi mavzuda bu to'lqinlar bilan batafsil tanishamiz.

### **17. 5. CHUQUR SUV HAVZALARIDAGI PROGRESSIV TO'LQINLAR**

Bizga ma'lumki, chuqur suv havzalarida paydo bo'ladigan to'lqinlarning shakllanishiga ularning chuqurligi ta'sir ko'rsatmaydi. Bunday to'lqinlar ikki o'lchamli bo'lishi mumkinligini oldingi mavzularda ta'kidlab o'tgan edik. Ularni tadqiqot qilganimizda qanday muammolarga duch kelishimiz mumkin degan savolga quyidagicha javob berishimiz mumkin:

- bu to'lqinlarning balandligi ( $h_m$ ) va uzunligi ( $\lambda$ )ni aniqlash;
- suv oqimining sirt egriligi ( $AV$ ) ni aniqlab, to'lqin cho'qqisi qo'chish tezligi ( $s$ ) ni va to'lqin davri ( $\tau$ )ni aniqlash;
- $W_1 - W_1$  va  $W_2 - W_2$  vertikal bo'ylab gidromexanik bosimning taqsimlanishini aniqlash. To'lqin ta'sirida bo'lgan gidrotexnik inshootga gidrodinamik bosimni aniqlayotganda bu vertikalardagi gidrodinamik bosimni taqsimlanishini bilish talab etiladi.



17. 7-rasm. Chuqur suv havzalaridagi to‘lqinlarning umumiy sxemasi

Endi bu muammolarni alohida qarab chiqamiz:

1. *Tulqin balandligi ( $h_m$ )ni va uzunligi ( $\lambda$ )ni aniqlash.* Bu ikkala kattalikni amaliyot uchun o‘rni juda muhim bo‘lsada hozirgi davrgacha ular katta taqribiylikka ega empirik formulalar yordamida aniqlanadi. Masalan hozirgi me‘yoriy hujjatlarda bu kattaliklar empirik xarakterga ega taqribiy grafiklar yordamida aniqlanadi. Ularni aniqlashda qo‘llaniladigan bu grafiklar quyidagi omillarga bog‘liq bo‘ladi:

- turli balandliklarda turli kattaliklarga ega bo‘lgan shamol tezligiga. Bu holatda suv sathidan 10,0 m balandlikdagi shamol tezligi hisobiy kattalik sifatida qabul qilingan;
- shamol esish davri, ayrim hollarda bu inobatga olinmagan;
- shamolning tezlashish ( $D$ ) kattaligi;
- to‘lqinlarning egrilik darajasi: 1) dengizlar uchun  $\frac{h_m}{\lambda} = \frac{1}{10} \div \frac{1}{20}$ ;

2) katta suv omborlari uchun  $\frac{h_m}{\lambda} = \frac{1}{10} \div \frac{1}{15}$  qabul qilinadi.

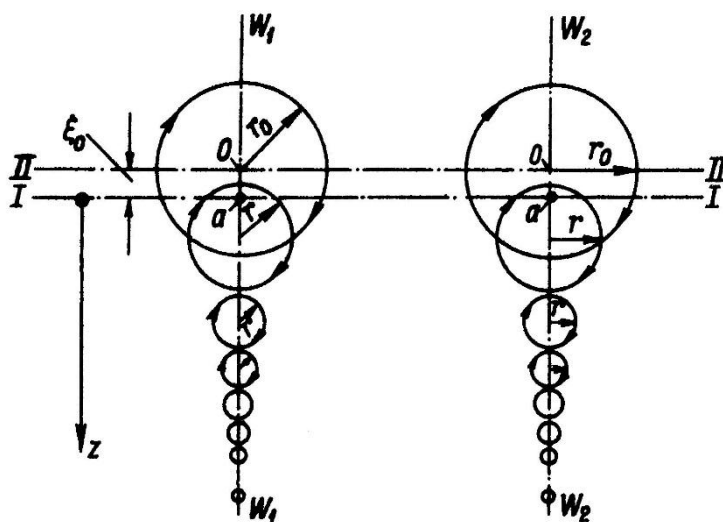
To‘lqin yon sirtlari nishabligi  $m = 5 \div 10$  ga teng bo‘lib chiqadi.

To‘lqin balandligini aniqlab, bu keltirilgan munosabatlar yordamida to‘lqin uzunligini aniqlash mumkin.

Albatta, bundan tashqari ilmiy adabiyotlarda to‘lqin balandligini aniqlash uchun maxsus empirik formulalar keltirilgan.

2. *To‘lqin profilini qurish va uning cho‘qqisi tezligi hamda davrini aniqlash bo‘yicha Gerstner echimi sxemasi.* Bu masalada bir necha tadqiqotlar o‘tkazilib, bir necha takliflar berilgan, lekin biz quyida 1802 yilda Gerstner tomonidan taklif etilgan troxoidal to‘lqinlar nazariyasi bilan tanishamiz. Bu nazariya yuqoridagi bandeda keltirilgan usulda to‘lqin balandligini va uzunligina aniqlab, to‘lqin profilini qurish hamda to‘lqin cho‘qqisi tezligi va davrini aniqlash imkonini beradi. Bundan tashqari, suv havzasi chuqurligi bo‘yicha vertikalidagi gidromexanik bosim kattaligini taqsimlanishini imkoniyatini beradi.

Gerstner o‘z nazariyasiga asos qilib haqiqiy to‘lqin bilan juda mos keluvchi soddalashtirilgan kinematik modelni olgan. Bu modelga asosan to‘lqin mavjud bo‘lganda suyuqlik zarrachasi aylanma orbitada burchak tezlik bilan harakatlanadi (17. 8-rasm).



17. 8-rasm. Gerstner modeliga asosan suv zarrachasining aylanma orbitadagi harakati

Ta'kidlash kerakki, bu orbitalarning  $r$  radiusi chuqurlik oshishi bilan kamayib, ma'lum bir chuqurlik qiymatida nolga teng bo'lishi mumkin. Gerstner bu orbita kattaligini quyidagicha qabul qildi;

- har qanday suv sirtidagi zarracha uchun:

$$r = r_0 = \frac{h_m}{2};$$

(17.2)

- tinch holat sathi  $(I-I)$  dan har qanday ixtiyoriy  $z$  chuqurlikda joylashgan zarracha uchun:

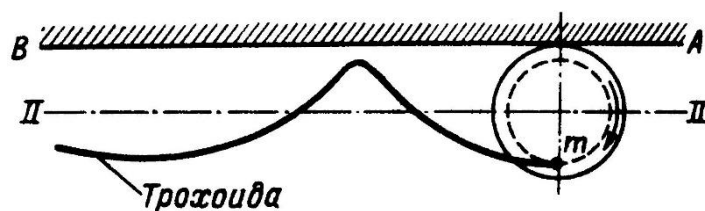
$$r = r_0 e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \quad (17.3)$$

Bu modelga asosan kinetik energiyaning o'zgarish qonuni va harakat miqdori teoremasidan foydalanib, Gerstner quyidagi ikki o'rganiladigan mavzudagi muammoni hal qilgan:

1) to'lqin uzunligi  $\lambda$  orqali uning cho'qqisini ko'chish tezligi  $c$  va to'lqin davri  $\tau$  ni aniqlash ifodalari quyidagicha qo'rinishda olingan:

$$c = \sqrt{\frac{g}{2\pi}} \lambda; \quad \tau = \sqrt{\frac{2\pi}{g}} \lambda \quad (17.4)$$

2) to'lqinlar mavjud bo'lganda suv erkin sirti tenglamasi olingan. Bu suv sathi egriligi troxoida ko'rinishida bo'lib, u ma'lum bir aylana ichida yotgan  $t$  nuqtaning A-V gorizontali egri chiziq bo'ylab dumalab, sirpanmasdan harakati ko'rinishda bo'ladi (17.9-rasm).



17.9-rasm. Troxoida

Demak, Gerstner ta'limotiga asosan mavjlanish mavjud bo'lmagan davrda har qanday suv zarrachasi mavjlanish boshlanganda harakatlanadigan orbitasidan quyidagi kattalikka teng masofa ( $\xi$ )da pastda joylashgan bo'lar ekan:

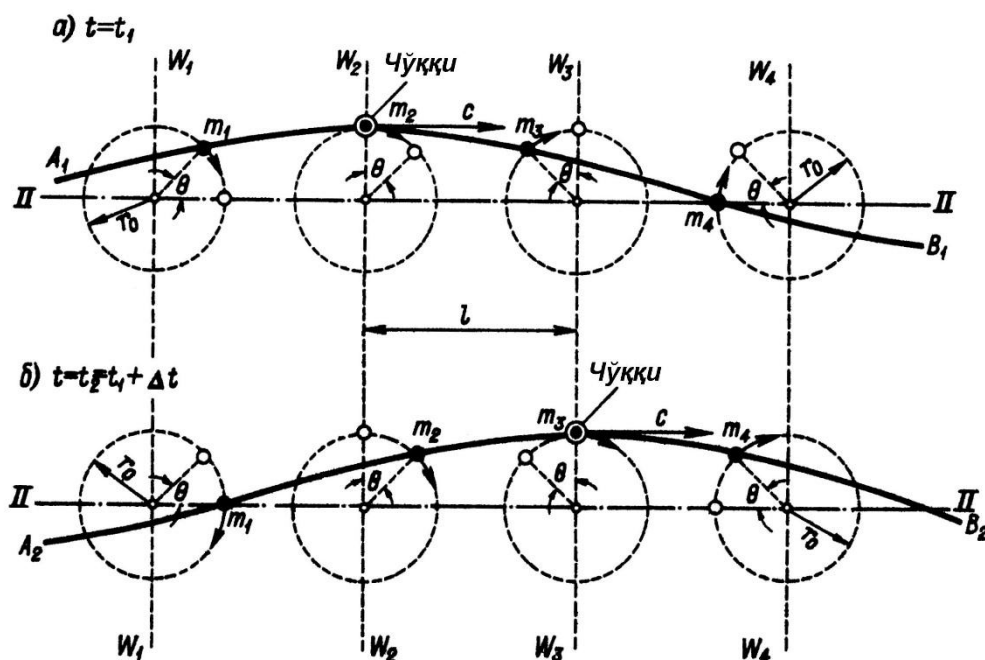
$$\xi = \frac{\pi r^2}{\lambda} \quad (17.5)$$

Yuqorida keltirilgan ifodalarga asosan suv sathidagi zarrachalar uchun bu kattalikning miqdorini aniqlaymiz:

$$\xi = \xi_0 = \frac{\pi r_0^2}{\lambda} = \frac{\pi h_m^2}{4\lambda} \approx (0,04 \div 0,08)h_m \quad (17.6)$$

Bu  $\xi_0$  kattalik suvning sirtidagi zarrachalari orbitalari markazlari chizig'i (*II-II*)ning tinch holat sathi (*I-I*)dan balandligini ko'rsatadi.

Gerstner modelini yanada tushunarliroq tasavvur qilishimiz uchun quyida 17. 10-rasmda keltirilgan Gerstner ta'limotiga asosan ifodalangan erkin sirt deformatsiyasining kinematik sxemasi bilan tanishib chiqamiz.



17. 10-rasm. Gerstner ta'limotiga asosan ifodalangan erkin sirt deformatsiyasining kinematik sxemasi

Bunda  $t=t_1$  vaqtga mos keluvchi  $a$  va  $t=t_2=t_1+\Delta t$  vaqtga mos keluvchi  $b$  sxemalar ifodalangan. Bu sxemalarda suvning sirtidagi zarrachalari orbitalalari markazlari chiziqlari (II-II) va  $m(m_1, m_2, \dots)$  zarrachalarning aylanish orbitalari keltirilgan.

Faraz qilaylik,  $t_1$  vaqtda suv sathida joylashgan  $t$  zarrachalar birinchi  $a$  sxemada keltirilganidek joylashgan. Bunda erkin sirt  $A_1 - B_1$  chiziq ko‘rinishida bo‘ladi. Bu chiziq shu  $m(m_1, m_2, \dots)$  zarrachalar orqali o‘tganligi ko‘rinib turibdi. To‘lqin cho‘qqilari esa  $W_2 - W_2$  tekislikda joylashishadi.

Endi bu zarrachalarni ma’lum bir  $\Delta t$  vaqtda o‘z orbitalarida aylanib, o‘zining dastlabki  $\theta$  burchagiga qaytadi ( $b$ -sxema) deb hisoblaymiz. U holda suv erkin sirt chizig‘i  $A_2 - B_2$  ko‘rinishda bo‘ladi.

To‘lqinlar cho‘qqilari  $W_3 - W_3$  tekislikda joylashadi.

Cho‘qqilar tezligini quyidagi ifoda orqali hisoblashimiz mumkin:

$$c = \frac{l}{\Delta t} \quad (17.7)$$

bunda  $l - W_2 - W_2$  va  $W_3 - W_3$  tekisliklar oralig‘idagi masofa.

Xuddi shu tarzda keyingi  $\Delta t$  vaqtda  $W_3 - W_3$  tekisliqdan  $W_4 - W_4$  tekislikkacha ko‘chib o‘tadi.

Gerstner ta’limotiga asosan zarrachalar yopiq orbita bo‘ylab harakatlanganligi sababli, ularning gorizontaal yo‘nalishda orbita ichida ko‘chishini inobatga olmasak,  $u=0$  deb qabul qilishimiz mumkin. Lekin so‘nggi tadqiqotlar bu orbitalarni yopiq bo‘lmagan egriliklar ekanligini ko‘rsatib, shuning uchun bu tezlik qiymati  $u \neq 0$  deb qabul qilingan.

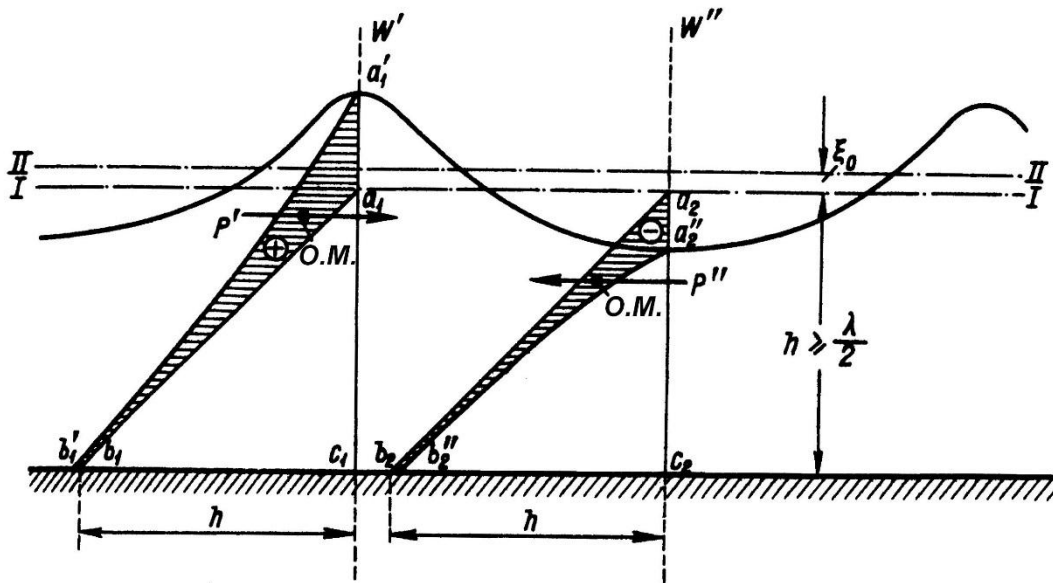
*3.Mavjlanish bosimi epyurasi.* 17. 11-rasmda ikkita  $W' - W'$  va  $W'' - W''$  va suv sathi tekisliklarni ifodalaymiz. Suvning sirtidagi zarrachalari orbitalalari markazlari chizig‘i (II-II) va tinch holat sathi (I-I) chiziqlaridan iborat deb belgilanganligi bizga ma’lum.

Bizga ma'lumki, mavjlanish bo'lmagan holatda  $W' - W'$  va  $W'' - W''$  vertikal bo'yicha gidromexanik bosim taqsimlanishi  $a_1 b_1 c_1$  va  $a_2 b_2 c_3$  ko'rinishdagi gidrostatik uchburchaklar ko'rinishida bo'ladi. Suv sathi mavjlanib to'lqinlar paydo bo'lganda esa ular quyidagi ko'rinishni oladi:

- to'lqin cho'qqilaridan o'tkazilgan  $W' - W'$  tekislik uchun  $a_1 b_1 c_1$  uchburchak o'rniga  $a'_1 b'_1 c_1$  uchburchak ko'rinishda bo'lib,  $a'_1 b'_1$  egrilik asimptotik tarzda  $a_1 b_1$  to'g'ri chiziqqa yaqinlashib boradi;
- to'lqin tubidan o'tkazilgan  $W'' - W''$  tekislik uchun esa  $a_2 b_2 c_3$  uchburchak o'rniga,  $a''_2 b''_2 c_3$  ga ega bo'lib, bu holatda  $a''_2 b''_2$  egrilik asimptotik tarzda  $a_2 b_2$  to'g'ri chiziqqa yaqinlashib boradi;

Demak, ta'kidlash mumkinki, suv sathidagi mavjlanish tinch sath chizig'idan etarli darajada (masalan,  $h > \frac{\lambda}{2}$  masofa) chuqurlikda joylashgan nuqtalardagi gidromexanik bosimlar kattaligiga amaliy jihatdan ta'sir etmas ekan.

17. 11-rasmda ifodalangan shtrixlangan shaklni *mavjlanish bosimlari epyurasi* deb yuritamiz.  $W' - W'$  tekislikdan to'lqin o'tganda gidromexanik bosim oshishini ko'rsatuvchi  $a'_1 b'_1 c_1$  mavjlanish bosim epyurasi musbat kattalik bo'lib, u *musbat mavjlanish epyurasi* deb ataladi.  $W'' - W''$  tekislikdan to'lqin o'tganda qanchaga kamayishini ko'rsatuvchi manfiy kattalik *manfiy  $a''_2 b''_2 c_3$  mavjlanish bosim epyurasi* deb ataladi.



17. 11-rasm. Chuqur suv havzasida musbat va manfiy mavjlanish bosimlar epyurasi

Bu ikkala  $a_1'b_1'c_1$  va  $a_2''b_2''c_2$  epyuralarni o‘zaro taqqoslab, vertikal tekislik orqali to‘lqin o‘tganda qaralayotgan nuqtada gidromexanik bosimning o‘zgarishi haqida tasavvurga ega bo‘lishimiz mumkin.

Gerstner tomonidan tuzilgan differensial tenglamalarni integrallash orqali  $a_1'b_1'$  va  $a_2''b_2''$  egri chiziqlarni, ya'ni mavjlanish bosimlar epyuralarini qo‘rish imkoniyatiga ega bo‘lamiz.

Bunda  $h = \frac{\lambda}{2}$  chuqurlikda  $a_1'b_1'$  va  $a_2''b_2''$  egri chiziqlar o‘zlarining  $a_1b_1$  va  $a_2b_2$  asimptotalari bilan qo‘shilishi kuzatiladi.

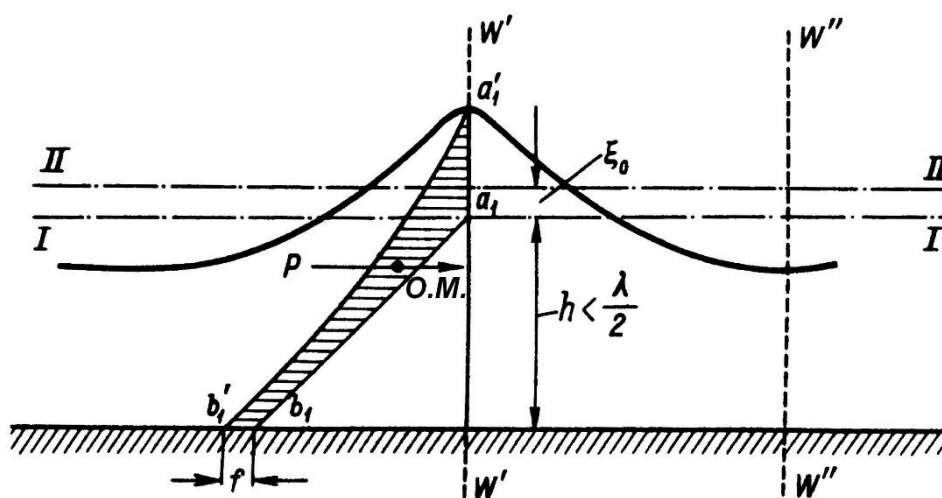
## 17. 6. MAYDA SUV HAVZALARIDAGI TO‘LQINLAR

Mayda suv havzalarida to‘lqinlar chuqurlik bilan to‘lqin uzunligi o‘rtasidagi munosabat quyidagi shart bajarilganda paydo bo‘lishi mumkin:

$h < \frac{\lambda}{2}$ . Mayda havzadagi suv erkin sirtida to‘lqin paydo qiluvchi mavjlanish



yuzaga kelganda suv zarrachalarining aylanma harakati orbitasi aylana shaklida emas, balki katta o'qi gorizontal vaziyatda bo'lgan elliptik shaklda ekanligi Bussinesk tomonidan nazariy tadqiqotlar natijasida aniqlangan. Bu holat uchun tadqiqotchi bir necha hisobiy bog'liqliklarni olgan. Bundan tashqari, Bussinesk suv erkin sirtining elliptik troxoid shaklidagi egriligini qurib,  $R$  gidromexanik bosimning vertikal bo'ylab taqsimlanish qonuniyatini aniqlagan. Bussinesk tadqiqotlari natijalariga asosan musbat mavjlanish bosimining epyurasi 17. 12-rasmda ifodalangan shaklda bo'ladi.



17. 12-rasm. Mayda suv havzalaridagi musbat mavjlanish bosim epyurasi

Bu chizmada ko'rsatilgan  $f$  kattalik mayda suv havzasi holati uchun quyidagi formulaga asosan ifodalanadi:

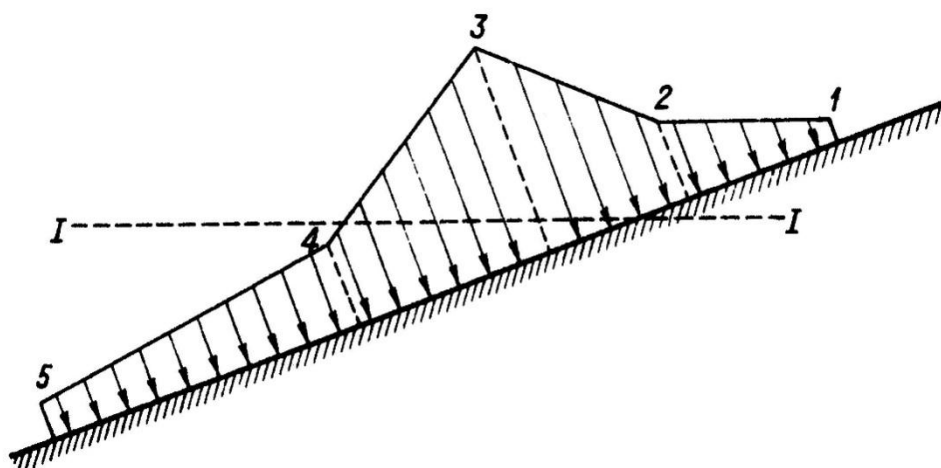
$$f = \frac{h_m/2}{ch \frac{2\pi h}{\lambda}} \quad (17.8)$$

Suv havzsining nisbatan kichik chuqurliklarida bu kattalikni inobatga olmaslik mumkin. Albatta, to'lqin tubidan o'tkazilgan  $W'' - W''$  tekislik uchun manfiy mavjlanish bosimi epyurasi bo'lishini alohida ta'kidlash maqsadga muvofiqdir.

## 17.7. QIRG‘OQLARDAGI TO‘LQINLAR

Qirg‘oqlardagi vaziyatni o‘rganayotganimizda bir necha muammoli masalalar mavjud bo‘ladi:

- ko‘pgina ilmiy adabiyotlarda 17. 5-rasmda ifodalangan to‘lqinning qirg‘oqqa urilish balandligi kattaligini aniqlash uchun bir necha empirik formulalar keltirilgan bo‘lib, ularning tahlili to‘lqinning qirg‘oqqa urilish balandligi qirg‘oq devori g‘adir-budurligiga bog‘liqligi ifodalangan;
- qirg‘oq bo‘ylab oqimning harakatlanish o‘rtacha tezligi. Bu kattalikni olish uchun ham bir necha empirik formulalar olingan;
- qirg‘oq sirtiga suv oqimi tomonidan ta’sir etayotgan bosim kattaligi. Bu bosim 17. 13-rasmda sxemasi keltirilgan epyura ko‘rinishida keltirilgan.



17. 13-rasm. Mavjlanishda qirg‘oq sirtiga ta’sir etayotgan normal bosim epyurasi sxemasi

Bu epyura ordinatasi maxsus me’yoriy hujjatlarda keltiriladigan empirik munosabatlar orqali ifodalanadi.

Biz ushbu bo‘limda qirg‘oqning to‘lqin ta’sirida qayta shakllanishi masalasini e’tiborda chetda qoldirdik. Bu masala maxsus kurslarda batafsil o‘rganiladi. Mavjlanish bosimlarining turli gidrotexnik inshootlarga ta’siri o‘rganilayotganda asosan Gerstner ta’siriga asoslangan empirik parametrlar va

ifodalardan keng foydalaniladi. Boshlang'ich parametrlar sifatida empirik formulalar yordamida aniqlanadigan to'liqlarning balandligi ( $h_m$ ) va uzunlik ( $\lambda$ )lari qabul qilinadi.

### **XVII bobga doir nazorat savollari**

1. Ko'chish to'liqlarini izohlang;
2. Gravitatsion to'liq tushunchasiga ta'rif bering;
3. Kapillyar to'liqlar deganda nimani tushunasi?
4. Gravitatsion shamol to'liqlari ta'rifini keltiring;
5. Suv havzalari qanday tavsiflanadi?
6. Seysha tushunchasiga ta'rif bering.
7. Progressiv to'liqlar nima?
8. Gestner sxemasi nima uchun qo'llaniladi?
9. Mayda suv havzalarida qanday to'liqlar mavjud bo'ladi?
10. Qirg'oqdagi to'liqlarni ta'riflang.