

599.841
H-56

17K3

B.A.HOBILOV, U.FAXRIDDINOV

BINO VA INSHOOTLAR ZILZILABARDOSHLIGI

Darslik
1-qism



99,84
-156

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI

TOSHKENT ARXITEKTURA QURILISH INSTITUTI
SAMARQAND DAVLAT ARXITEKTURA QURILISH INSTITUTI

B.A.HOBILOV, U.FAXRIDDINOV

BINO VA INSHOOTLAR ZILZILABARDOSHLIGI

darslik, 1-qism



Toshkent - 2014



UDK: 550.348

Mualliflar: B.A.Hobilov, U.Faxriddinov.

"Bino va inshootlar zilzilabardoshligi" darslik 1-qism.

Mazkur darslik zilzilaviy hududlarda qad ko'taradigan binolarni loyihalash va zilzila kuchlariga hisoblash masalalariga bag'ishlangan. Bunda, zilzilalarning tabiati va uning oqibatlari, seysmik kuchlar va ular ta'siriga binolarni hisoblash hamda binolarni zilzilabardoshligini oshirishning passiv va aktiv usullari haqida ma'lumotlar berilgan.

Darslik qurilish yo'nalishi bo'yicha ta'lim olayotgan bakalavrlar va magistrarlar hamda kadrlarni malakasini oshirish va qayta tayyorlash kursitringlovchilari uchun mo'ljallangan. Shu soha bo'yicha shug'ullanayotgan muttaxassis va ilmiy izlanuvchilar ham foydalanishlari mumkin.

Mas'ul muharrir: t.f.n., dots. R.X.Pimatov.

Taqrizchilar: t.f.d. Q.S.Abdurashidov – TAQI professori.
t.f.n. B.Shomurodov – SamDAQI dotsenti.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2014-yil, 23-avgustdagi 335-sonli buyrug'iga asosan darslik sifatida nashr etishga ruxsat berildi (grif № 335-057).

SO'Z BOSHI

Keyingi davrlarda Respublikamizda fan va texnika sohasida katta o'zgarishlar ro'y berdi. Sanoat, qishloq xo'jaligi va transport vositalari yil sayin rivojlanib bormoqda, aholi sonining o'sishi munosabati bilan yangi hududlar o'zlashtirilmogda, aholi zichligi kam bo'lgan yerlarda aholi soni ortib bormoqda. Bunday o'zgarishlarni zilzilaviy (yer qimirlaydigan) hududlarda ham sodir bo'layotganligi bino va inshootlar zilzilabardoshligi sohasida faoliyat ko'rsatadigan mutaxassislar zimmasiga yangidan-yangi talablar qo'yimoqda.

Ana shularga mos ravishda keyingi yillarda konstruktiv yechimlar va qurilish usullari borasida ham ju'ziy o'zgarishlar sodir bo'ldi; yangi samarali qurilish ashyolari, katta o'lchamli inshootlar paydo bo'ldi, ularga ta'sir etuvchi yuklarning salmog'i oshdi. Bularning bari seysmomustahkamlik sohasidagi tadqiqotlarning jadallashuviga, inshootlarni seysmik kuchlar ta'siriga hisoblash usullarining takomillashuviga, zilzilalarni bashorat qilish ishlarining yanada rivojlanishiga olib keldi.

Zilzilabardoshlik (seymomustahkamlik) nazariyasining rivojlanish yo'llariga nazar tashlasak, so'nggi davrlarda ehtimollik nazariyalari kengroq ko'lamda kirib kelayotganini, seysmik ta'sirlar miqdoriga baho berishda yanada aniqroq yondoshilayotganligini, konstruksiya elementlarining elastiklik chegarasidan keyingi holatini va boshqa omillarni hisobga olish yo'lidan borilayotganligini ko'ramiz.

Nazariy tadqiqotlar bilan bir qatorda tajribaviy (eksperimental) tadqiqotlar sohasida ham katta ishlar amalga oshirildi. Qator davlatlarda, jumladan O'zbekistonda, seysmometrik stansiyalar tashkil etildi. Real zilzilalar yozuvlari asosida, seysmik tebranishlar differensial tenglamalarini Yechishda qo'llaniladigan standart akselerogrammalar yara-tildi.

An'anaviy passiv usullar bilan bir qatorda bino va inshootlar zilzilabardoshligini oshirishning aktiv usullari ham rivojlanib bormoqda. Respublikamiz sharoitlarini hisobga olgan holda mutaxassis va olimlarimiz

tomonidan aktiv zilzilabardoshlikning nazariy asoslari va uslublari rivojlantirilib amaliyotga asta sekinlik bilan tatbiq etilmoqda.

O'zbekiston FA topshirig'iga binoan akademik T.R.Rashidov boshchiligidagi 2008-20015 yillarga mo'ljallangan «O'zbekistonda seysmik xavfsizlikni ta'minlash konsepsiyasi» ishlab chiqildi. Bu «Konsepsiya» ning ustivor yo'nalishlaridan biri bino va inshootlar qurilishida aktiv seysmohimoya vositalarini qo'llashni O'zbekiston sharoitida amaliy tatbiq etish va uni rivojlantirish alohida o'rin tutadi. Bino va konstruksiyalarni naturaviy sinovlari keng rivojlandi. Sinovlarning ayrimlari dastur asosida boshqariladigan seysmik plat-formalarda bajarilganligi diqqatga sazovordir. Biroq, shunga qaramay inshootlar zilzilabardoshligi muammosi to'liq hal bo'lgan masala deb aytishga hali ancha bor. Bu borada o'z yechimini kutib yotgan muammolar ko'p.

Mazkur darslik qurilish yo'nalishi bo'yicha bakalavr, magistr hamda kadrlar malakasini oshirish va qayta tayyorlash kursi tinglovchilari uchun mo'ljallangan bo'lib, bunda zilzila ta'siriga bardosh beradigan binolarni loyihalashning passiv va aktiv usullari bayon etilgan. Kitob uch qismdan iborat bo'lib, unda muhandislik seysmologiyasiga doir asosiy tushunchalar, seysmik kuchlarni aniqlash nazariyasi va amaliyoti, zilzilabardosh binolarni loyihalashning passiv hamda aktiv usullari va qoidalari bayon etilgan. SHuningdek kitobda tarixiy obidalarining zilzilabardoshligi, zilzilada shikastlangan binolarni ta'mirlash usullari, bino va inshootlarning zilzilabardoshligiga qurilish ishlari sifatining ta'siri, so'nggi yillarda sodir bo'lgan kuchli zilzila va sunami oqibatlarini kabi mavzular ham keltirilgan.

Darslikni uch qismga ajratganimiz sababi shundan iboratki, ushbu fan boshqa fanlar singari uzviy bog'lanib ketadigan bir jinsli mavzular yig'indisidan tarkib topmagan (masalan, qurilish mexanikasi, materiallar qarshiligi va boshqa fanlar singari).

Mazkur fan doirasida inshootlar dinamikasi, muhandislik seysmologiyasi va zilzilabardosh binolarni loyihalash deb nomlanuvchi mustaqil fan tarmoqlari bir nuqtada uchrashadi.

Bularning birortasi tushirib qoldirilsa bilim mukammal bo'lmaydi, tishi tushgan og'iz kabi majruh bo'lib qoladi. Jinslar, ya'ni mavzular bir-biridan tubdan farq qilganligi sababli ularni alohida qismlarga ajratgan holda bayon etishni ma'qul topdik.

Ushbu darslik mualliflarining 40 yildan ortiq davr mobaynida Toshkent arxitektura - qurilish hamda Samarqand davlat arxitektura - qurilish institutarida talabalarga bergan saboqlari asosida yaratildi keldi.

Qo'lyozmani ko'rib chiqib, kitob mazmunini boyitishga doir o'zining qimmatli maslahatlarini bergan prof. Q.S.Abdurashidov, dots. B.Shomurodov va dots. R.X.Pirmatovga, mualliflar o'zlarining samimiy minnatdorchiliklarini ifhor etadilar.



I-QISM. ZILZILABARDOSHLIK NAZARIYASI ELEMENTLARI

I BOB. KIRISH

Umumiy mulohazalar

Eng avval dinamik yuk bilan statik yukni farqlab olish maqsadida bir oddiy misol keltiramiz. Aytaylik, mashhur usta Mirjalol binoning yuqori qavatlaridan biriga g'isht terayapti. Avval devorning g'isht teriladigan qismiga astagina qorishma yoyadi, qo'liga g'isht olib uni o'z o'miga asta qo'yadi, yaxshiroq yopishsin deb g'ishtning ustiga ko'rakchasi bilan bir-ikki urib qo'yadi. Shu oddiy jarayonni nazariy jihatdan tahlil qilsak, bu yerda ham statik, ham dinamik yuklarga duch kelamiz; qorishmaning devorga yoyilishi, g'ishtning asta qo'yilishi statik ta'sir, ko'rakcha bilan urib qo'yilishi esa dinamik ta'sir sanaladi. Sababi shundaki, qorishmani yoyish va g'isht qo'yish harakatlarida tezlik o'zgarmas, tezlanish yo'q, ya'ni nolga teng. Tezlanish yo'q erda Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra inersiya kuchi bo'lmaydi. Inersiya kuchi uyg'otmaydigan ta'sir statik ta'sir yoki statik kuch sanaladi. Ko'rakcha g'ishtga urilganda uning tezligi juda qisqa vaqt ichida qirqiladi, bu esa o'z navbatida tezlanish uyg'otadi. Tezlanishning massaga ko'paytmasi inersiya kuchini beradi. Misolni davom ettiramiz. Bexosdan g'isht ustaning qo'lidan pastga tushib ketdi. deylik. Katta tezlanish bilan erga tushgan g'isht parchalanib ketadi. G'ishtni parchalagan kuch aynan inersiya kuchi bo'ladi. Yuqoridan tushib kelayotgan g'ishtning tezligi tobora ortib boradi, bu esa o'z navbatida tezlanish uyg'otadi. G'isht erga urilganda tezlik nol, tezlanish esa maksimum bo'ladi. Maksimal tezlanish esa maksimal inersiya kuchini vujudga keltiradi. G'ishtning yer sirtiga zarb bilan urilishi dinamik yuk sanaladi. Dinamik yukning miqdori g'ishtning vazni bilan inersiya kuchining yig'indisiga teng bo'ladi. Bunga o'xshash misollarni muhandislik amaliyotidan ko'plab keltirish mumkin. Masalan, ko'tarma kranda biror yuk o'zgarmas tezlik bilan ko'tarilsa, uning sim arqon(tros)ga bo'lgan ta'siri statik bo'ladi.

Agar bu yuk ma'lum tezlanish bilan ko'tarilsa, u holda ta'sir dinamik bo'ladi. Bug' mashinalari va ichdan yonar dvigatellarning shatunlari ham o'zgaruvchan tezlik bilan harakatlanadi. Aylanuvchi qismga ega bo'lgan mashinaning poydevorga bo'lgan ta'siri ham dinamik yuk hisoblanadi. Temir beton qoziqlarni qoqib kiritadigan gurzi(molot)larning zarbi ham dinamik yuklar sira-siga kiradi va h.k. Mashinasozlik, samolyotsozlik va transport sohalarida dinamik yuklar, dinamik ta'sirlar ostida ishlaydigan mashina qismi va elementlarni ko'plab uchratish mumkin. Eng muhimi dinamik yuklar ta'sirida ishlaydigan inshoot yoki mashina qismlarini hisoblashni bilishdan iborat.

I.1. Dinamik yuklar

Dinamik kuchlarning quyidagi xillari mavjud:

1.Qo'zg'almas davriy kuchlar. Bunday kuchlar inshootning biror yeriga o'rnatilgan, aylanuvchi qismida muvozanatlashmagan massasi bo'lgan mexanizmlar ta'sirida vujudga keladi (I.1-rasm, a).

Agar davriy kuchlar sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha beto'xtov ta'sir etsa, u holda bunday kuchlar vibratsion yoki garmonik kuchlar deb ataladi.

2. Zarbiy kuch. Inshootga tushayotgan yuk (I.1- rasm, b), zarb bilan uriluvchi mexanizmlar bunday kuchga misol bo'la oladi.

3. Qisqa muddat ta'sir etuvchi kuchlar (impul'slar). Bunday kuchlar birdan paydo bo'lib, birdan so'nadi. Portlash natijasida hosil bo'ladigan kuch qisqa muddat ta'sir etuvchi kuch hisoblanadi.

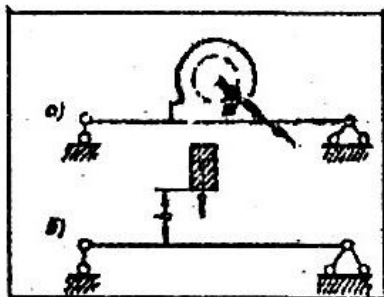
4. Qo'zg'aluvchi kuchlar. Inshoot ustida harakatlanuvchi transport vositalari qo'zg'aluvchi kuchlarni hosil qiladi.

5. Seysmik kuchlar. Zilzila jarayonida bino va inshootlarga ta'sir etuvchi kuchlardir.

Seysmik kuchlar kattaligini to'g'ri aniqlay bilish inshootlarning seysmik mustahkamligini ta'minlashda katta ahamiyatga ega. Dinamik kuchlar o'z tabiatiga kura statik kuchlarga nisbatan birmuncha murakkab bo'ladi, chunki

bunday kuchlar kattaligi, yunalishi va qo'yilish nuqtasi bilangina emas, vaqt bo'yicha o'garishi bilan ham xarakterlidir.

Shuning uchun ham inshootlarni dinamik kuchlar ta'siriga hisoblash murakkab jarayon sanaladi. Inshootlar dinamikasi quyidagi ikki asosiy masala: 1) dinamik kuchlar ta'sirida inshootda hosil bo'ladigan maksimal deformatsiya va kuchlanishlarni aniqlash; 2) inshootda yetarli darajada kichik deformatsiya va kuchlanish hosil bo'lishini ta'minlaydigan geometrik o'lchamlar tanlash masalasi bilan shug'ullanadi,



I.1- rasm. Davriy (a) va zarbiy (b) kuchlar.

Tebranish turlari. Tebranish turlari benihoya ko'p bo'lib, inson yuragining urishi, o'pkaning nafas olishi, sovuqdan qaltirash, yorug'lik va tovush to'lqinlari, qadam tashlab yurishimiz, elektr qo'ng'irog'ining jiringlashi, avtomobil' harakati, yer qimirlash kabi xodisalarning barchasi tebranishga jonli misol bo'la oladi.

Biroq, mazkur kursimizning maqsadi tebranish hodisalarini to'liq, har taraflama o'rganish emas, balki injenerning mehnat faoliyatida ko'p uchraydigan mexanik tebranishlarni tahlil etishdan iboratdir.

Tinch turgan mexanik sistemaga (masalan, balka yoki matematik tebrangichga) tashqaridan kuch ta'sir ettirilib, shu xaxoti olinsa, sistema tebranma harakatlanadi. Sistemaning bunday tebranishi erkin yoki xususiy tebranish deb ataladi.

Agar tebranayotgan sistema doim qo'zg'atuvchi kuch ta'siri ostida bo'lsa (1.1-rasm a), sistemaning bunday tyobranishi majburiy tebranish deb ataladi.

Sistemaning erkin tebranishiga tiklovchi (elastik) kuchlar bilan birga qarshilik ko'rsatuvchi (dissipativ) kuchlar ham ta'sir etadi. Dissipativ kuchlar, tebranishning so'nishiga sabab bo'ladi. Sistemalarning bu xil tebranishlari so'nuvchi tebranishlar deb ataladi. Muhitning qarshiligi, ichki ishqalanish kuchlari, tayanchlardagi quruq ishqalanish dissipativ kuchlardir¹.

Ayrim masalalarni taqriban Yechishda dissipativ kuchlar e'tiborga olinmaydi. Tebranishning bunday turi so'nmaydigan erkin tebranish deb nom olgan. Ma'lum vaqt ichida uzluksiz takrorlanib turadigan tebranishlar davriy tebranishlar deb ataladi. To'la tebranish uchun ketgan vaqt tebranish davri. (T) deyiladi.

I.2 Sistemaning erkinlik darajasi

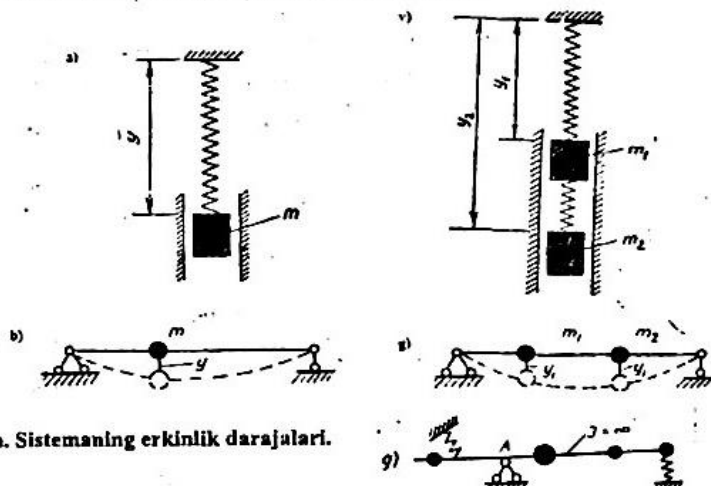
Inshootlar statikasidagi kabi dinamikasida ham «sistema» deganda sterjenli sistemalar, - ya'ni inshootlar tushuniladi. Dinamik hisoblash jarayonida inshootning dinamik hisoblash sxemasidan foydalaniladi. Dinamik hisoblash sxemalarida inshoot massasi ayrim nuqtalarga to'plangan yoki sistema bo'ylab tarqalgan deb qaraladi. Massalarning qanday olinishiga qarab, sistemaning erkinlik darajasi turlicha bo'ladi. Sistema deformatsiyalanganda barcha massalarning xolatini (o'rmini) belgilovchi geometrik parametrlar soni sistemaning erkinlik darajasi deb ataladi.

Vaznsiz prujanacha osilgan m massaning (I.2- rasm, a) erkinlik darajasi birga teng, chunki uning holatini birgina parametr (u- koordinatasi) bilan aniqlash mumkin. Xuddi shunday bir massali balkaning (I.2-rasm, b) erkinlik darajasi ham birga teng. I.2-rasm, v va g larda erkinlik darajasi ikkiga teng bo'lgan sistemalar tasvirlangan. To'planma (yig'iq.) massalar bikrligi cheksiz katta sterjen ustida joylashgan bulsa, sistemaning holati sterjenning holati bilan belgilanadi.

¹Dissipativ— lotinchada sochilish, buzilish degan ma'noni anglatadi.

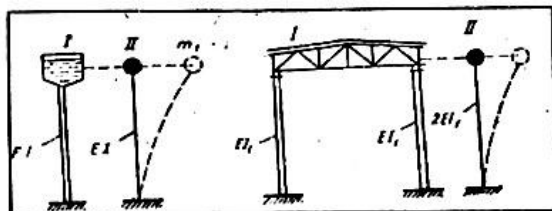
Masalan, I.2- rasm, d dagi sistemaning erkinlik darajasi, massa va prujinalarning sonidan qat'i nazar, birga teng bo'ladi.

Chunki, massalarning xolatini sterjenning A tayanchi atrofida og'ish burchagi bilan belgilash mumkin. Aslida real konstruksiyalarda massa butun element hajmi bo'ylab yoyilgan buladi. Bu esa massalarning soni cheksiz ko'p demakdir. SHunday ekan, massalarning xolatini belgilovchi parametrlar ham cheksiz ko'p bo'ladi. Shunga ko'ra, gap real konstruksiyalar ustida borganda, ularning erkinlik darajasi cheksiz ko'p deb yuritiladi.



I.2- rasm. Sistemaning erkinlik darajalari.

Biroq, sistemaning erkinlik darajasi qancha ko'p bo'lsa, hisob ishlari shuncha murakkablashadi. Shu sababli ko'pincha texnik hisoblarda, uncha juz'iy bo'lmagan xatolikka yo'l qo'ygan holda, sistemaning erkinlik darajasi chekli ravishda olinadi. Bunda massalar sistemaning ayrim nuqtalariga, masalan, inshootdagi og'ir yuklar joylashgan erlarga to'planadi. I.3-rasmda erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemaning konstruksiyasi va hisoblash sxemasi tasvirlangan. Shakldagi suv bosimi minorasi va bir qavatli ramada massa asosiy yuk joylashgan erga to'plangan.



I-3-rasm. Erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemaning konstruksiya va hisoblash sxemasi.

I.3. Inshootlar dinamikasi usullari

Inshootlar dinamikasida statik va energetik usullar mavjud. Statik usulning mohiyati shundan iboratki, bunda dinamika masalalari Dalamber prinsipi asosida shaklan statika masalalariga keltiriladi, ya'ni dinamika tenglamalari statika tenglamalari ko'rinishiga keltiriladi. Dalamber prinsipiga ko'ra dinamikaning muvozanat tenglamalari quyidagicha ifodalanadi:

$$\left. \begin{aligned} \sum X + (-m \frac{d^2 x}{dt^2}) &= 0 \\ \sum Y + (-m \frac{d^2 y}{dt^2}) &= 0 \\ \sum Z + (-m \frac{d^2 z}{dt^2}) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (I.1)$$

Bu yerda: m – muvozanati tekshirilayotgan jismning massasi; x, y, z – jismning koordinata o'qlari bo'ylab chiziqli ko'chishlari; $\sum X, \sum Y, \sum Z$ – jismga ta'sir etayotgan kuchlar proeksiyalarining yig'indisi, qavsdagi hadlar massaning inersiya kuchini ifodalaydi.

Vaqt bo'yicha olingan hosilani nuqta bilan belgilasak, tenglama quyidagi soddaga ko'rinishni oladi:

$$\sum X - m\ddot{x} = 0; \quad \sum Y - m\ddot{y} = 0; \quad \sum Z - m\ddot{z} = 0. \quad (I.2)$$

Dinamika masalalarini hal etishda energetik usuldan ham foydalaniladi. Bu usul sistemaning tebranma harakatida energiyaning saqlanish qonuniga asoslanadi. Mazkur qonunga binoan potensial P va kinetik K energiyalar yig'indisi o'zgarmas miqdordir.

$$P + K = \text{const.} \quad (1.3)$$

Sistemaning potensial energiyasi quyidagi formuladan topiladi:

$$\Pi = \frac{1}{2} \left[\sum_0^1 \frac{M^2 dx}{EJ} + \sum_0^1 \frac{N^2 dx}{EA} + \sum_0^1 \mu \frac{Q^2 dx}{GA} \right] \quad (1.4)$$

bu yerda, M, N, Q - eguvchi moment, bo'ylama va ko'ndalang kuchlar;

J, A - inersiya momenti va ko'ndalang kesim yuzasi;

E, G - siqilish (cho'zilish) va siljishdagi elastiklik moduli;

μ - ko'ndalang kesim shakliga bog'liq bo'lgan koeffitsient (bu koeffitsient urinma kuchlanishlarni kesim bo'ylab notekis tarqalishini hisobga oladi).

Sistemaning kinetik energiyasi quyidagi formuladan topiladi:

$$K = \sum \frac{m_i v_i^2}{2} + \sum \int m(x) dx \frac{v^2}{2} \quad (1.5)$$

bu yerda, v - tezlik; m - yig'iq massalar; $m(x)$ - yoyiq massalar.

Formulaning birinchi hadi yig'iq massalarga, ikkinchi hadi esa yoyiq massalarga tegishlidir.

1.4. Tebranishlar nazariyasining texnikaga tatbiqi

Tebranishlarning texnikadagi o'rni haqida gap borganda ularning foydali va zararli turlari mavjud ekanligini ta'kidlab o'tish zarur. Mutaxassislar tebranishning zararli ko'rinishiga qarshi kurash vositalarini yaratish bilan birga, uning foydali tomonini inson manfaatiga bo'ysundirishga muttasil intilib keladilar. Quyida ana shular haqida ba'zi ma'lumotlarni bayon etamiz.

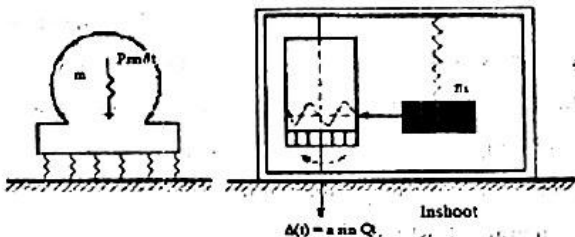
Tebranishni yutuvchi amortizatorlar

Biror m massa qo'yilgan vertikal titratuvchi kuchning ta'sirini yumshatish maqsadida massa bilan tayanch orasiga yumshoq qayishqoq qatlam (amortizatorlar) joylanadi (1.4 - rasm).

Majburiy tebranish amplitudasi formulasiga ko'ra massaning tebranish amplitudasi kichik bo'lishi uchun prujining xususiy takrorligi ta'sir etayotgan kuch takrorligidan ancha kichik bo'lishi kerak. Masalan, $\frac{\theta}{\omega} = 10$ deb olsak, maksimal amplituda bo'ladi.

$$A = \frac{y_{\sigma}}{\left|1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}\right|} = \frac{y_{\sigma}}{|1 - 10^2|} = \frac{y_{\sigma}}{99}$$

Bu esa, statik solqilikning atigi bir foizini tashqil etadi. Qarshilik kuchlari hisobga olinsa, amplituda yanada kichrayadi.



I.4- rasm. Amortizatorlar titratuvchi kuchning ta'sirini qirqadi.

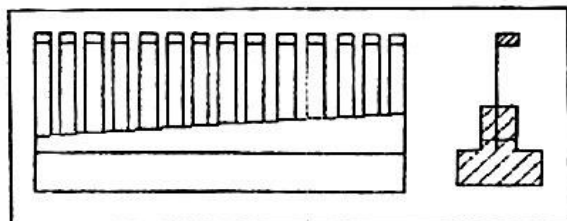
I.5 – rasm. Vibrografning prinsipial sxemasi.

Vibrograf

Vibrograf inshootlar tebranishini yozib oladigan asbobdir. Nazariy jihatdan u erkinlik darajasi bitta bo'lgan sistema bo'lib, prinsipial sxemasi I.5-rasmda tasvirlangan. Quti ko'rinishidagi korpusning yuqori qismiga yumshoq prujina yordamida osib ko'yilgan og'ir massa m vibrografning asosiy elementi hisoblanadi. Massaga mahkamlangan qalam aylanuvchi barabanga tegib turadi. Vibrograf tebranuvchi inshootga shunday o'rnatiladiki, barabanning o'qi tebranish yo'nalishi bilan bir xil bo'lsin. Quti inshoot bilan birga tebranadi, massa esa prujina tufayli qo'zg'almas holda turaveradi. Shunda qalam barabanga o'ralgan lentaga tebranishning egri chizig'ini chizadi.

Takrorlik o'Ichagich (chastotomer)

I.6-rasmda rezonans prinsipiga asoslangan chastotomer (takrorlik o'Ichagich) ning sxemasi tasvirlangan. Chastotomer asosiy korpusga mahkamlangan har xil uzunlikdagi yupqa plastinkachalardan tashqil topgan.

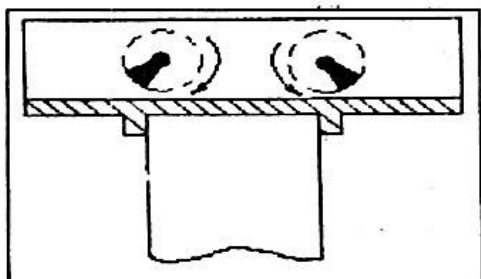


I.6-rasm. Chastotometr sxemasi.

Plastinkachalarning uchiga qo'shimcha massalar mahkamlangan. Plastinkachalarning uzunliklari har xil bo'lganligi sababli, xususiy takrorliklari ham har xil bo'ladi; ular oldindan hisoblab qo'yiladi. Chastotomerning korpusi tebranayotgan ob'ektga o'rnatiladi. Natijada kine-matik ta'sir ostida plastinkachalar tebranadi. Xususiy takrorligiga yaqin bo'lgan plastinkacha katta amplituda bilan tebrana boshlaydi, ya'ni rezonansga tushadi. O'lchanayotgan tebranish takrorligi shu yo'sinda aniqlanadi.

Poydevor qoziqlarini vibratsion usulda qoqish

Uzunligi bir necha metr bo'lgan metall yoki temirbeton qoziqlarni yerga zarb bilan qoqish ko'p vaqt talab qiladigan murakkab jarayondir. Tebranma harakatga asoslangan vibratsion usul esa qoziqni qisqa vaqt ichida kerakli chuqurlikkacha osongina qoqish imkonini beradi. Qoziqning yuqori uchiga tebranish uyg'otuvchi og'ir vibrator o'rnatiladi (I.7-rasm). Vibratorning parallel joylashgan ikkita vali qarama-qarshi yo'nalishda aylanadi. Valning har biriga debalans o'rnatilgan. Vallar aylanganda markazdan qochma kuchlar hosil bo'ladi. Debalanslar bir-biriga nisbatan shunday joylashtiriladiki, bunda markazdan qochma kuchlarning gorizontal tuzuvchilari o'zaro muvozanatlashadi, vertikal tuzuvchilari esa bir tomonga yo'nalganligi tufayli qo'shiladi.



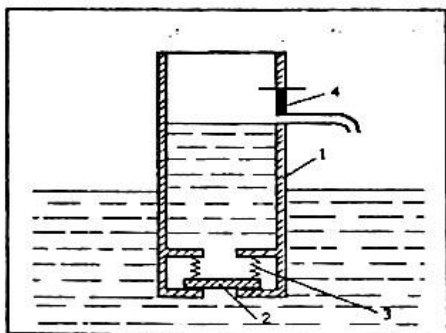
1.7-rasm. Qoziq uchiga o'rnatilgan vibrator.

Shunday qilib, vibrator vaqt o'tishi bilan sinus qonuni bo'yicha o'zgaradigan qo'shimcha vertikal kuchlar uyg'otadi. Tadqiqotlarning ko'rsatishicha, qoziqni erga kirituvchi asosiy sabab – og'irlik kuchi bo'lib, tebranishlar qarshilik kuchini kamaytirib beradi, holos.

Vibratsion suv ko'targichlar

Ba'zan chuqur quduqlardan suv tortib chiqarishda oddiy nasoslar o'rniiga vibratsion suv ko'targich (vodopod'yomnik)lardan foydalaniladi (1.8 -rasm).

Tik o'rnatilgan quvur 1 ning tubi quduqdagi suvga botib turadi. Quvur tubidagi teshik prujinali 3 qopqoq 2 bilan berkitiladi. Quvurni yuqori qismiga suv oqib tushadigan jumrak 4 o'rnatilgan. Shu jumrakkacha suv quyiladi. Agar quvur katta tezlik bilan pastga siljitsa, u holda tashqi bosim ostida qopqoq ochiladi, quvurga suv kiradi, ko'tarilgan suv jo'mrak orqali tashqariga oqib tushadi.



1.8-rasm. Vibratsion suv ko'targich.

Suv ko'targich o'z ishi jarayonida uzluksiz ravishda yuqoriga va pastga ko'tarilib - tushib turadi. Ko'tarilish va tushish masofasi mumkin qadar qisqa olinadi.

Biz vibrotexnik jarayonlarning ayrim xillari bilan tanishib chiqdik. Ammo tebranishlarning texnikada qo'llanilishi ko'lamida ancha keng va rang-barangdir. Masalan, ular og'ma novdan tushayotgan jismning harakatini, shuningdek, betonning bunkerdan tushishini tezlatish, sochiluvchan jismlarni pastdan yuqoriga tashish, qattiq jismlarni maydalash, har xil materiallarni sortlarga ajratish, turli jismlarni aralashtirish kabi ishlarda samarali foydalaniladi.

Takrorlash uchun savollar:

1. Dinamik yuk bilan statik yukni farqi nimada?
2. Dinamik kuchlarning qanday xillari mavjud?
3. Qanday tebranish turlarini bilasiz?
4. Qanday tebranish erkin va majburiy tebranish deyiladi?
5. Sistema erkin yoki majburiy tebranayotganda, unga qanday kuchlar ta'sir etadi?
6. Erkinlik darajasi nima?
7. Erkin tebranish davri va takrorligi nima?
8. Tebranish to'liqligining amplitudasi nima?
9. Tebranishning so'nishiga qanday qarshilik kuchlari sabab bo'ladi?
10. Inshootlar dinamikasining qanday usullari mavjud?

II BOB. ERKINLIK DARAJASI BIRGA TENG BO'LGAN SISTEMALAR

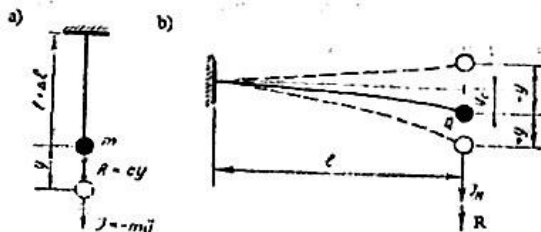
II.1. Sistemaning erkin tebranishlari

Sistemaning erkin tebranishini abstrakt va real hollar uchun ko'rib o'tamiz. Abstrakt holda sistema tebranishiga qarshilik ko'rsatuvchi kuchlar e'tiborga olinmaydi, real holda esa tebranma harakatni so'nishiga olib keluvchi qarshilik kuchlari hisobga olinadi.

Qarshilik kuchlari hisobga olinmagan hol. Bir massali elastik sistemalarning (I.9-rasm; *a*, *b*) vertikal yo'nalishdagi erkin tebranishini ko'rib o'tamiz. Elastik sistemalarning muvozanati bir zumga qo'yib olingan tashqi kuch ta'siri ostida buziladi deb faraz etaylik. Buning oqibatida sterjenli sistemalar erkin tebranma harakatga keladi.

Sterjenlar uchiga vazni $Q = mg$ bo'lgan yuk qo'yilgan, m - yuk massasi, g - erkin tushish tezlanishi. Yuk Q ta'sirida balka u , masofaga solqilanadi (I.9-rasm, *b*). Vertikal sterjen esa Δl masofaga uzayadi (I.9-rasm, *a*). Tebranish jarayonida massalar (u) masofaga og'adi, natijada ular *tiklovchi* (qaytaruvchi) kuch R va *inersiya* kuchi J_n ta'sirida bo'ladi. Muvozanat tenglamasini tuzishda pastga yo'nalgan kuch, ko'chish, tezlik va tezlanishning ishorasini musbat deb qabul qilamiz.

Tiklovchi kuch R sistemaning elastik reaksiya kuchi bo'lib, massa m statik muvozanat holatdan chetga chiqqanda, uni dastlabki vaziyatiga qaytarishga intiladi. Bu kuch ko'chishga nisbatan teskari yo'nalganligi uchun uning ishorasi manfiy bo'ladi.



1.9 - rasm. Bir massali elastik sistemalar.

Tiklovchi kuch massa to'plangan nuqtaning solqiligi u ga proporsional bo'ladi, ya'ni,

$$R = -cy. \quad (1.1)$$

Proporsionallik koeffitsienti s massa to'plangan nuqta birlik ko'chish olganda balkada hosil bo'ladigan reaksiya kuchidir. Bu kuchning miqdori sistemaning elastik va geometrik harakteristikalariga bog'liq bo'lib, ko'chish tenglamasidan foydalanib aniqlanadi:

$$c\delta_{11} = 1, \quad c = \frac{1}{\delta_{11}}, \quad (1.2)$$

bu yerda: δ_{11} – massa to'plangan nuqtaning birlik kuch ta'sirida ko'chishi.

Masalan, vertikal sterjen uchun birlik kuch ta'sirida ko'chishi $\delta_{11} = \frac{1 \cdot \ell}{EA}$, konsol

balka uchun $\delta_{11} = \frac{1 \cdot \ell^3}{3EJ}$ bo'ladi. (1.2) ga asosan sterjen uchun $s = EA : \ell$

va balka uchun $s = 3EJ : \ell^3$ bo'ladi. Ba'zan s sistema bikirligi deb ham yuritiladi.

Inersiya kuchi J Dalamber prinsipiga ko'ra massa m bilan tezlanishning ko'paytmasiga teng. Tezlanishni aniqlash uchun esa ko'chish u dan vaqt t bo'yicha ikki marta hosila olinadi. Inersiya kuchi tezlanishga nisbatan teskari yo'nalganligi uchun ishorasi manfiy olinadi:

$$J_n = -m \frac{d^2 y}{dt^2} = -m\ddot{y} \quad (1.3)$$

Bir massali sistemaning dinamik muvozanat shartini yozamiz.

$$\sum Y = J_n + R = 0$$

Ko'chishlar noldan emas, statik muvozanat holatidan boshlab hisoblanganligi sababli Q kuch tenglamaga kiritilmagan.

R va J_n ning (1.1) va (1.3) da keltirilgan ifodasini tenglamaga qo'yamiz. Tenglama hadlarini m ga bo'lib, ishorasini o'zgartiramiz.

$$\ddot{y} + \frac{c}{m} y = 0 \quad (1.4)$$

Hosil bo'lgan ikkinchi tartibli chiziqli bir jinsli differensial tenglama qarshilik hisobga olinmaganda bir massali sistemaning so'nmaydigan erkin tebranishini ifodalaydi. Agar:

$$\omega^2 = \frac{c}{m} \quad \text{deb olsak, tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:}$$

$$\ddot{y} + \omega^2 y = 0 \quad (I.5)$$

Bu yerda: $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ - sistema tebranishining doiraviy takrorligi (chastotasi).

(I.5) tenglamaning yechimi quyidagi ko'rinishga ega:

$$y = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t, \quad (I.6)$$

uning hosilasi tebranish tezligini ifodalaydi:

$$\dot{y} = v = -C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t. \quad (I.7)$$

S_1 va S_2 doimiy sonlar boshlang'ich shartlardan topiladi. Tebranishning $t =$

0 lahzasida boshlang'ich solqilik y_0 va boshlang'ich tezlik v_0 ma'lum deb faraz etaylik. U holda (I.6) va (I.7) tenglama asosida:

$$C_1 = y_0 \quad \text{va} \quad C_2 = \frac{v_0}{\omega} \quad \text{topiladi.}$$

Bularni (I.6) ga qo'ysak, tebranishning istalgan lahzasi uchun, ya'ni t ning ixtiyoriy qiymati uchun differensial tenglamaning yechimiga ega bo'lamiz:

$$y = y_0 \cos \omega t + \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t. \quad (I.8)$$

Quyidagi belgilashni kiritib, $y_0 = \sin \lambda$; $\frac{v_0}{\omega} = A \cos \lambda$ tenglamani yanada ixchamlashtiramiz:

$$y = A \sin \lambda \cos \omega t + A \cos \lambda \sin \omega t \quad (I.9)$$

yoki,

$$y = A \sin(\omega t + \lambda), \quad (I.10)$$

bu yerda: A – amplituda, λ – boshlang'ich faza.

(I.10) tenglama erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemaning *davriy xususiy (erkin) tebranishini* ifodalaydi. Uning grafigi I.3 – rasm, a da tasvirlangan.

Davr va takrorlik orasidagi bog'lanishni ko'rib chiqamiz. Agar vaqtning t lahzasida solqilik u bo'lsa,

$$t_1 = t + \frac{2\pi}{\omega}$$

yoki,

$$\omega t_1 = \omega t + 2\pi$$

daqiqada ham (I.10) ga binoan o'shancha solqilik hosil bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, tebranish davri, ya'ni tebranishning bir sikli uchun ketadigan vaqt

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (I.11)$$

bo'ladi. Agar T vaqt ichida sistema bitta tebransa, $2\pi s$ ichida ω marta tebranadi; ω ni *doiraviy takrorlik* deb atalishining sababi ham shunda. Bir sekunddagi tebranishlar soni ν *texnik takrorlik* deb ataladi:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \left(\frac{1}{c} \right) \quad (I.12)$$

Ko'rib o'tilgan tenglamalar asosida takrorlik va davr uchun quyidagi formulalarni beramiz: *doiraviy takrorlik*:

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{1}{m\delta_{11}}} = \sqrt{\frac{Q}{my_{cr}}} = \sqrt{\frac{g}{y_{cr}}} = \left(\frac{1}{c} \right); \quad (I.13)$$

$$\text{davr, } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{m\delta_{11}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}} = 2\pi\sqrt{\frac{y_{cr}}{g}} \quad (c) \quad (I.14)$$

Bir minutdagi tebranishlar soni quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$n = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{y_{cr}}}$$

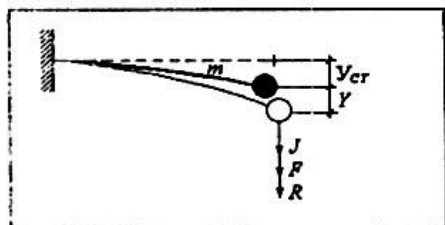
Agar $g = 981 \approx (10\pi)^2$ deb olsak, amalda keng qo'llaniladigan

$$n = \frac{300}{\sqrt{y_{cr}}} \quad (I.15)$$

formula kelib chiqadi. Bunda y_{cr} sm da o'lchanadi.

Qarshilik kuchlari hisobga olingan hol. Abstrakt holda sistema-ning erkin tebranishi o'zgarmas amplituda bilan beto'xtov davom etishini ko'rib o'tdik. Biroq amalda erkin tebranishlar so'nuvchi bo'ladi, ya'ni tebranish amplitudasi to'xtovsiz kamaya borib, nolga intiladi.

Real konstruksiyalarning tebranishiga tiklovchi R va inersiya kuchlari J dan tashkari qarshilik kuchlari ham F ta'sir etadi (1.10- rasm)



1.10- rasm. Erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistema.

Qarshilik kuchi turli tashqi va ichki sabablar: tashqi muhit qarshiligi, elementlarning tutashish joylari va tayanchlardagi ishqalanishlar, materialning ichki noelastik qarshiligi kabi sabablar ta'sirida vujudga keladi.

Qarshilik kuchi tebranish tezligi $\dot{y}$ ga proporsional va harakatga qarama-qarshi yo'nalgan deb olinadi: $F = -\beta \dot{y}$. Bu yerda β proporsionallik koeffitsienti.

Qarshilik kuchi hisobga olinganda sistemaning dinamik muvozanat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\Sigma U = J_n + F + R = 0.$$

J_n , F va R ning qiymatlarini o'rniga qo'ysak,

$$\ddot{y} + \frac{\beta}{m} \dot{y} + \frac{c}{m} y = 0 \quad (1.16)$$

kelib chiqadi. Bu differensial tenglama qarshilik hisobga olingan hol uchun sistemaning erkin tebranishini ifodalaydi.

$$2\alpha = \frac{\beta}{m}; \quad \omega^2 = \frac{c}{m}$$

deb belgilab,

$$\ddot{y} + 2\alpha \dot{y} + \omega^2 y = 0 \quad (1.17)$$

ga ega bo'lamiz. Bu tenglamaga mos harakteristik tenglama

$$z^2 + 2\alpha z + \omega^2 = 0$$

ko'rinishda bo'lib, uning ildizlari

$$z_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega^2}; \quad z_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega^2}$$

bo'ladi. Bu yerda: $\alpha < \omega$ bo'lishi mumkin.

1-hol. $\omega > \alpha$. Bu holda ildizlar kompleks sonlar bo'lib:

$$z_1 = -\alpha + i\omega; \quad z_2 = -\alpha - i\omega; \quad \omega_1 = \sqrt{\omega^2 - \alpha^2} \quad \text{bo'ladi.}$$

(I.17) tenglamaning yechimi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$y = e^{-\alpha t} (A \sin \omega_1 t + B \cos \omega_1 t) \quad (\text{I.18})$$

Bu yerda:

$$\alpha = \frac{\beta}{2m} = \frac{\beta \delta_{11} \omega^2}{2}.$$

(I.18) da keltirilgan qavsdagi ifoda davriy funksiyadir,

chunki t ga $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$ miqdorning qo'shilishi bilan funksiyaqning qiymati

o'zgarmaydi. Demak, so'nuvchi erkin tebranishlarni davri:

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega^2 - \alpha^2}}$$

bo'lgan davriy tebranishlar deb atash mumkin ekan.

Agar $\alpha \rightarrow 0$ bo'lsa, ya'ni qarshilik kuchi kamaya borib nolga aylansa, qarshilik hisobga olinmagan holdagi davr kelib chiqadi:

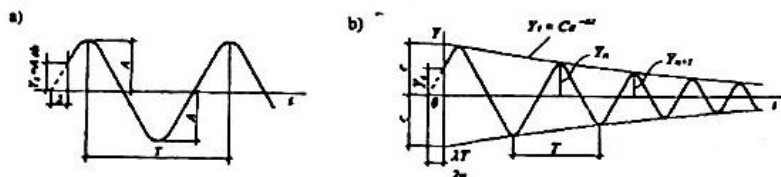
$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega} = < T_1$$

Avvalgiga o'xshab, $A = C \cos \alpha$ va $B = C \sin \alpha$ deb olsak, (I.18) tenglama quyidagi ixcham ko'rinishga keladi:

$$y = e^{-\alpha t} C \sin(\omega_1 t + \lambda), \quad (\text{I.19})$$

bu yerda: λ - boshlang'ich faza bo'lib, massaning harakat boshidagi og'ishini

hisobga oladi; $C = \sqrt{A^2 + B^2}$ - boshlang'ich amplituda.



I.11- rasm. Davriy tebranishlar grafligi.

$$tg \lambda = \frac{B}{A}; \quad \omega_1 \sqrt{\omega^2 - \alpha^2} = \omega \sqrt{1 - \left(\frac{\alpha}{\omega}\right)^2}. \quad (\text{I.20})$$

Qurilish konstruksiyalarida α doiraviy takrorlik ω dan ancha kichik bo'ladi. Shu sababli (I.20) ni quyidagicha olish mumkin:

$$\omega_1 \approx \omega.$$

So'nuvchi erkin tebranishlar grafigi I.11b – rasmda tasvirlangan.

So'nish jarayoni amalda tebranishning logarifmik dekrementi δ yoki energiyaqing yutilish koeffitsienti ψ orqali hisobga olinadi.

2 – hol: $\alpha > \omega$. Karakteristik tenglamaning ildizlari haqiqiy va har xil:

$$z_1 = -\alpha + \omega_1(0); \quad z_2 = -\alpha - \omega_1(0); \quad \omega_2 = \sqrt{\alpha^2 - \omega^2}.$$

Bu hol uchun (I.17) tenglamaning yechimi:

$$y = e^{-\alpha t} (A \sin \omega_2 t + B \cos \omega_2 t) \text{ bo'ladi.}$$

Bunday holda harakat tebranma harakterga ega bo'lmaydi. Og'dirilgan massa asta – sekin o'zining dastlabki vaziyatiga qaytadi.

3 – hol: $\alpha = \omega$

Xarakteristik tenglamaning ildizlari xaqiqiy va teng:

$$z_1 = -\alpha; \quad z_2 = -\alpha.$$

(I.17) tenglamaning integrali:

$$y = e^{-\alpha t} (A + Bt) \text{ bo'ladi.}$$

Bu holda ham harakat nodavriy harakterga ega.

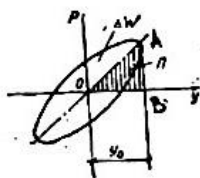
Umuman, tebranish cheklanishi zarur bo'lgan sistemalarda $\alpha \geq \omega$ olinadi.

Ketma-ket qo'shni amplitudalar nisbatining logarifmi tebranish-larning logarifmik dekrementi deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$\delta = \ln \frac{y_n}{y_{n-1}} = \alpha T_1 \quad (\text{I.21})$$

Bu yerdagi $\alpha = \frac{\delta}{T_1}$ - nisbat so'nish koeffitsienti deb atalib, tebranishning so'nish tezligini harakterlaydi.

Tebranishning so'nishini xarakterlaydigan miqdorlardan yana biri energiyaqing yutilish koeffitsienti yoki sochilish (dissapatsiya) koeffitsienti deb ataladi va ψ harfi bilan belgilanadi. Bu koeffitsient gisterzis sirtmog'i (petlya) nomi bilan yuritiladigan grafikdan aniqlanadi (I.12- rasm).



I.12-rasm. Gisterezis sirtmog'i.

ustma-ust tushadi, giterezis sirtmog'ining yuzasi nolga teng bo'ladi; ya'ni yuklanish chog'ida materialda to'plangan energiya yuk olingandan keyin sistemani dastlabki holatiga qaytarishga to'la sarf bo'ladi. Haqiqatda esa yuklash chog'ida real materiallarda to'plangan energiya yuk olingandan so'ng to'la qaytmasdan, ya'ni materialni dastlabki holatiga qaytarishga to'la sarf bo'lmasdan energiyaqning bir qismi elastik bo'lmagan (qoldiq) deformatsiyaga sarf bo'ladi. Natijada yuklanish va yukni olish chiziqlari orasida yuza hosil bo'ladi. Qoldiq deformatsiyaga sarf bo'lgan energiyaqning miqdori giterezis sirtmog'ining yuziga teng bo'ladi. OAV uchburchagining yuzi esa tebranish chog'idagi sistemaning potensial energiyasi P ga tengdir. Quyidagi nisbat:

$$\psi = \frac{\Delta\Pi}{\Pi} \quad (I.22)$$

energiyaning yutilish koeffitsienti deb ataladi.

Cheksiz qisqa vaqt dt mobaynida energiyaning yutilishi dP , T vaqt ichida esa,

$$\psi = - \int_{t_1}^{t_1+T} \frac{d\Pi}{\Pi}$$

bo'ladi. Bundan,

$$\psi = \ln\Pi(t_1) - \ln\Pi(t_1 + T) = \ln \frac{\Pi_n}{\Pi_{n+1}}$$

kelib chiqadi.

$$\Pi_n = \frac{cy_n^2}{2} \text{ va } \Pi_{n+1} = \frac{cy_{n+1}^2}{2}$$

ekanligini hisobga olsak,

$$\psi = 2 \ln \frac{y_n}{y_{n+1}} \text{ yoki } \psi = 2\delta \quad (I.23)$$

bo'ladi. δ va ψ tajriba yo'li bilan aniqlanadigan miqdorlar.

Misol. I.1- rasm, a da ko'rsatilgan balkaning o'rtasiga o'rnatilgan dvigatelning vazni $Q = 4 \text{ kN}$. Uzunligi 3 m bo'lgan po'lat balka 12 – nomerli qo'shtavrdan yasalgan. Balkaning xususiy og'irligini hisobga olmay, tebranish takrorligi va davri aniqlansin.

Yechish. Dvigatel' og'irligidan balka o'rtasida hosil bo'ladigan solqilik

$$y_{cr} = \frac{Ql^3}{48EJ}$$

tebranish takrorligi:

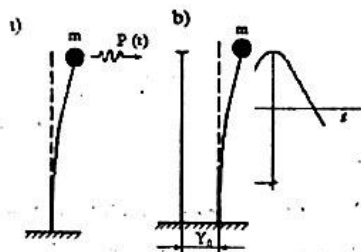
$$\omega = \sqrt{\frac{g}{y_{cr}}} = \sqrt{\frac{9.81 \cdot 48 \cdot 2.1 \cdot 10^8 \cdot 350 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 3^3}} = 56,6 \text{ c}^{-1} \text{ tebranish davri}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \cdot 3,14}{56,6} = 0,11 \text{ c. bir minutdagi tebranishlar soni}$$

$$n = \frac{60}{T} = 545,5$$

2.2. Sistemaning majburiy tebranishlari (qarshilik kuchlari hisobga olinmagan hol)

Oldingi paragrafda sistemaning erkin tebranishlarini ko'rib o'tgan edik, unda butun tebranish jarayonida sistemaga tashqi (uyg'otuvchi) kuchlar ta'sir etmasligi qayd etilgandi (tebranish boshidagi ta'sir bundan mustasno). Mazkur paragrafda erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemalarga vaqtning o'tishi bilan o'zgarib boruvchi kuchlar ta'sirini ko'rib chiqamiz.



I.13-rasm. Bir massali sistemaning majburiy tebranishi.

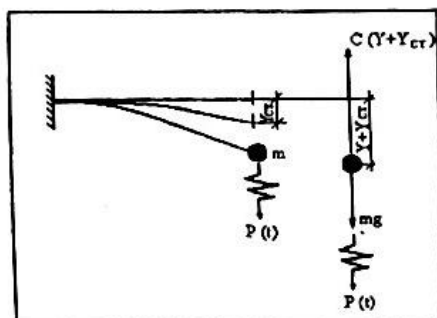
Bunday kuchlar uyg'otuvchi kuchlar, ular ta'siridagi tebranishlar esa majburiy tebranishlar deb ataladi. I.13-rasmda majburiy tebranishlarning ikkita xili tasvirlangan. Ularning birida (I.13-rasm, a) m massaning tebranishi uyg'otuvchi tashqi kuch $R(t)$ ta'sirida, ikkinchisida esa (I.13-rasm, b)

tayanchning qo'zg'alishi natijasida hosil bo'ladi.

Majbu-riy tebranish masalalarida tebranishning amplitudasini aniqlash asosiy vazifa hisoblanadi, chunki tebranayotgan inshootda hosil bo'ladigan kuchlanishlar ana shu amplitudalarga bog'liqdir.

Majburiy tebranishlarning umumiy tenglamasi va uning yechimi.

Erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemaga: $R = R(t)$ uyg'otuvchi kuch ta'sir etayapti deb faraz qilaylik (1.14-rasm).



1.14- rasm. O'yg'otuvchi kuch ta'siridagi bir massali sistema.

Vaqtning t lahzasida massaga ta'sir etuvchi kuchlar shaklda ko'rsatilgan. Bu hol uchun harakat tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$-c(y - y_{cr}) + mg + P(t) = m\ddot{y}.$$

Agar $my = c y_{cr}$ va $\omega^2 = \frac{c}{m}$ ekanligini hisobga olsak, majburiy tebranishning asosiy tenglamasi

$$\ddot{y} + \omega^2 y = \frac{P(t)}{m} \quad (1.24)$$

ko'rinishni oladi.

Og'irlik mg va statik reaksiya $c y_{cr}$ e'tiborga olinmagan taqdirda ham, ya'ni kuch va ko'chishlar sistemaning statik muvozanat holatidan boshlab hisoblanganida ham xuddi ana shu natijaga kelgan bo'lur edik.

Bir jinsli bo'lmagan (1.24) tenglamaning yechimini ikki: 1) erkin tebranish tenglamasining (bir jinsli tenglama) integrali va 2) berilgan tenglama (1.24) ning biror xususiy integrali yig'indisi ko'rinishida izlash zarur. Har bir konkret hol

uchun tenglamaning o'ng tomoniga mos xususiy yechim tanlash o'rni, *ixtiyoriy doimiylarni variatsiyalash* usulidan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Bu usulning afzalligi shundan iboratki, shu yo'l bilan uyg'otuvchi kuch istalgan qonun bo'yicha o'zgarganda, tegishli yechimga ega bo'lamiz.

Bu usulga ko'ra (I.24) tenglamaning xususiy yechimi

$$y = C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t \quad (I.25)$$

ko'rinishda izlanadi. Biroq, bu holda S_1 va S_2 ning qiymatlari doimiy emas, balki o'zgaruvchi deb qaralishi kerak. Shunday qilib, $u(t)$ funksiyasini aniqlash masalasi $S_1(t)$ va $S_2(t)$ funksiyalarini aniqlash masalasi bilan almashtiriladi. Ixtiyorimizda faqat birgina ((I.24) tenglama bo'lganligi sababli $S_1(t)$ va $S_2(t)$ funksiyalarini yana bir ixtiyoriy tenglama bilan bog'laymiz. Buning uchun ((I.25) dan vaqt bo'yicha hosila olamiz.

$\dot{y} = C_1 \omega \cos \omega t + C_2 \omega \sin \omega t + C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t$ hamda $S_1(t)$ va $S_2(t)$ ni quyidagi ifoda bilan bog'laymiz.

$$C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t = 0 \quad (I.26)$$

U holda yuqoridagi tezlikni aniqlash tenglamasi birmuncha soddalashadi:

$$\dot{y} = C_1 \omega \cos \omega t + C_2 \omega \sin \omega t.$$

Tezlanishni topamiz:

$$\ddot{y} = -C_1 \omega^2 \sin \omega t - C_2 \omega^2 \cos \omega t + C_1 \omega \cos \omega t - C_2 \omega \sin \omega t \quad (I.27)$$

(I.25) va ((I.27) ifodalarni ((I.24) tenglamaga qo'yib,

$$C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t = \frac{1}{m\omega} P(t) \quad (I.28)$$

ni hosil qilamiz.

(I.26) va (I.27) tenglamalardan quyidagi doimiylarni aniqlaymiz:

$$C_1 = \frac{1}{m\omega} P(t) \cos \omega t; \quad C_2 = -\frac{1}{m\omega} P(t) \sin \omega t.$$

Bularni integrallab:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{1}{m\omega} \int_0^t P(\tau) \cos \omega \tau d\tau + B_1 \\ C_2 &= -\frac{1}{m\omega} \int_0^t P(\tau) \sin \omega \tau d\tau + B_2 \end{aligned} \right\} \quad (I.29)$$

ni topamiz.

Bu yerda: V_1 va V_2 boshlang'ich shartlarga bog'liq bo'lgan doimiy sonlardir. Integrallash jarayonida o'zgarib boruvchi vaqtni 0 dan t gacha, integralning o'zgarimas deb qaraluvchi, yuqori chegarasi t dan farq qilish uchun τ deb belgilash qabul qilingan.

((I.29) ifodani ((I.25) tenglamaga qo'yib, berilgan ((I.24) tenglamaning umumiy integraliga ega bo'lamiz:

$$y = \frac{1}{m\omega} \left[\sin \omega t \int_0^t P(\tau) \cos \omega \tau d\tau + \cos \omega t \int_0^t P(\tau) \sin \omega \tau d\tau \right] + B_1 \sin \omega t + B_2 \cos \omega t.$$

Tenglamadagi $\sin \omega t$ va $\cos \omega t$ ni integral ostiga kiritib ixchamlashtirsak, masalaning umumiy yechimi kelib chiqadi:

$$y = B_1 \sin \omega t + B_2 \cos \omega t + \frac{1}{m\omega} \int_0^t P(\tau) \sin \omega(t - \tau) d\tau. \quad (I.30)$$

Bundan hosila olib, tezlik tenglamasiga ega bo'lamiz:

$$\dot{y} = B_1 \omega \cos \omega t - B_2 \omega \sin \omega t + \frac{1}{m} \int_0^t P(\tau) \cos \omega(t - \tau) d\tau. \quad (I.31)$$

V_1 va V_2 doimiylarning qiymati harakat boshidagi shartlarga bog'liq. Agar harakat boshida, ya'ni $t=0$ bo'lganda $y = y_0$, $\dot{y} = v_0$ bo'lsa, ((I.30) va (I.31) tenglamalardan $B_1 = \frac{v_0}{\omega}$ va $B_2 = y_0$ kelib chiqadi.

U holda yuqoridagi yechim quyidagi ko'rinishni oladi:

$$y = y_0 \cos \omega t - \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t + \frac{1}{m\omega} \int_0^t P(\tau) \sin \omega(t - \tau) d\tau.$$

Bu yerdagi dastlabki ikki had boshlang'ich ko'chish y_0 va boshlang'ich tezlik v_0 ta'sirida vujudga kelgan erkin tebranishlarni, keyingi hadlar esa uyg'otuvchi kuchlar ta'sirida vujudga kelgan majburiy tebranishlarni ifodalaydi.

Boshlang'ich shartlar y_0 va v_0 nol' bo'lsa, quyidagi asosiy formula kelib

$$\text{chiqadi: } y = \frac{1}{m\omega} \int_0^t P(\tau) \sin \omega(t - \tau) d\tau \quad (I.32)$$

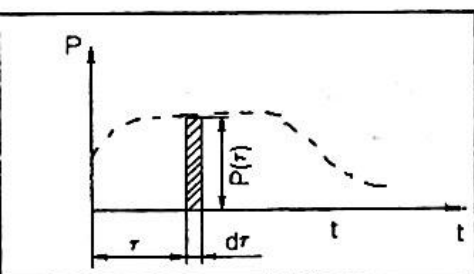
Zarbiy kuch ta'siridagi majburiy tebranishlar. Tinch holatdagi sistemaga vaqtning τ lahzasida zarbiy kuch berildi deylik.

Bu lahzada sistemada ko'chish bo'lmaydi: $y(\tau) = 0$ biroq sistemada, harakat miqdori qonuniga binoan, zarbiy kuch ta'sirida: $v(\tau) = \frac{S}{m}$ ga teng bo'lgan tezlik hosil bo'ladi. Vujudga kelgan tebranishni erkin tebranish deb qarash mumkin. U holda ko'chish va tezlik uchun quyidagi ifodalarga ega bo'lamiz:

$$y = A \sin(\omega t + \lambda);$$

$$v = \dot{y} = A\omega \cos(\omega t + \lambda).$$

Ifodalarning chap tomoniga boshlang'ich shartlarini, o'ng tomonidagi t harfi o'rniga τ ni qo'ysak, $0 = A \sin(\omega \tau + \lambda)$ $\frac{S}{m} = A\omega \cos(\omega \tau + \lambda)$ kelib chiqadi. Bu tenglamalardan: $A = \frac{S}{m\omega}$ ba $\lambda = -\omega \tau$ topiladi. Bularni o'z o'rniga qo'ysak, zarbiy kuch ta'sir etgan hol uchun harakat qonuni kelib chiqadi: $y = \frac{S}{m\omega} \cos \omega(t + \tau)$ (I.33)



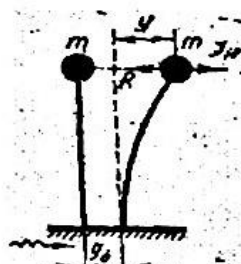
I.15-rasm. Cheksiz kichik zarbalarining ketma-ketligi.

Bu holni uyg'otuvchi kuch $R(\tau)$ ta'sir etgan hol bilan bog'laymiz. Buning uchun uyg'otuvchi kuchni cheksiz kichik zarblar $R(\tau)d\tau$ ning ketma-ketligi deb faraz etamiz (I.15-rasm). Bitta zarbiy kuch ta'sirida vaqtning $t \geq \tau$ lahzasida

formulaga asosan: $\frac{P(\tau)d\tau}{m\omega} \sin \omega(t - \tau)$ ko'chish hosil bo'ladi.

Vaqtning $0 + t$ oraligida zarbiy kuchlarning ketma-ket ta'siri ostida hosil bo'ladigan ko'chishni aniqlash uchun yuqoridagi ifodani integrallash zarur. Bu esa ((I.32) formulaga olib keladi.

Zamin tebranishidan hosil bo'lgan majburiy tebranishlar. Majburiy tebranishlar sistemaning asosi (tayanchi) qo'zg'alishi natijasida ham vujudga kelishi mumkin (I.16—rasm). Yer (bino zamini) qimirlaganda bino va inshootlarning tebranishi bunga misol bo'la oladi.



I.16-rasm. Sistemaning asosi qo'zg'alishidan vujudga kelgan majburiy tebranishlar.

Erkinlik darajasi bitta bo'lgan sistemaning tayanchi qo'zg'alganida unga inersiya kuchi $J_a = -m\ddot{y}$ va tiklovchi kuch $R = -cy$ ta'sir etadi.

Sistemaning dinamik muvozanat tenglamasini quyidagicha yozish mumkin: $m\ddot{y} + cy = 0$ (I.34)

Sistema massasining to'liq ko'chishi tayanchning ko'chishi $u_0(t)$ va massaning tayanchga nisbatan ko'chishi $u(t)$ dan tashqil topadi:

$$z = u_0 + u; \quad \ddot{z} = \ddot{y}_0 + \ddot{y} \quad (\text{I.35})$$

To'liq ko'chish z ning qiymatini (2.34) tenglamaga qo'yib, uning barcha hadlarini m ga bo'lsak, $\ddot{y} + \omega^2 y = -\ddot{y}_0$ (I.36)

kelib chiqadi. Bu tenglama zamin qo'zg'alishidan vujudga kelgan majburiy tebranishlarni ifodalaydi. Bu tenglama ixtiyoriy uyg'otuvchi kuch $P(t)$ ta'sirida vujudga kelgan majburiy tebranishlar tenglamasi ((I.24) ga o'xshashdir.

(I.36) tenglamaning yechimi yig'indi ko'rinishida ($u = u_1 + u_2$) ifodalanishi mumkin. Bunda u_1 bir jinsli tenglamaning yechimidan topiladi, bu esa erkin tebranishlar uchun chiqarilgan quyidagi yechimdan foydalanish imkonini beradi

$$(I.10): \quad y_1 = A \sin(\omega t + \lambda) \quad (\text{I.37})$$

(I.36) ning xususiy integrali quyidagi ko'rinishga ega:

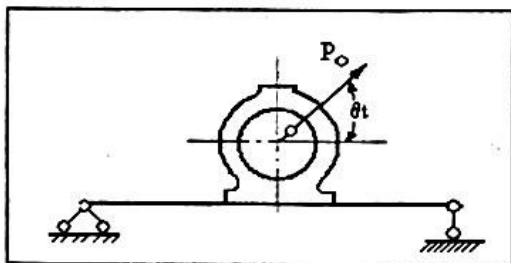
$$y_2 = -\frac{1}{\omega_0} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) \sin \omega(t - \tau) d\tau \quad (\text{I.38})$$

Shunday qilib, (I.36) tenglamaning yechimi:

$$y = A \sin(\omega t + \lambda) - \frac{1}{\omega_0} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) \sin \omega(t - \tau) d\tau \quad (\text{I.39})$$

bo'ladi.

Garmonik kuch ta'siri. Rezonans. Sanoat binolarida ba'zan muvozanatlashmagan aylanuvchi qismi bo'lgan mashinalar o'rnatiladi (I.9 I.17-rasm).



I.17-rasm. Rotor o'rnatilgan balka.

Muvozanatlashmagan massaning o'q atrofidan aylanishdan hosil bo'lgan markazdan qochma kuchi R ta'sirida balka tebranadi. Bu kuchning vertikal tashqil etuvchisi: $P = P_0 \sin \theta t$ (I.40)

bo'ladi. Bu yerda θ - rotor aylanishining burchak tezligi. Formuladan ko'rinib turibdiki, uyg'otuvchi kuchning balkaga ta'siri garmonik qonun asosida o'zgaradi.

Bunday kuch ta'sirida vujudga keladigan tebranish jarayonini matematik ko'rinishda ifodalash uchun (I.32) formuladan foydalanamiz:

$$y = \frac{P_0}{m\omega_0} \int \sin \theta t \sin \omega(t - \tau) d\tau, \quad (I.41)$$

$\omega \neq 0$ hol uchun integralning yechimi:

$$y = \frac{P_0}{m(\omega^2 - \theta^2)} \left(\sin \theta t - \frac{\theta}{\omega} \sin \omega t \right), \quad \text{bo'ladi.}$$

Bu formulaga $\omega^2 = \frac{c}{m}$ va $y_{\text{st}} = \frac{P_0}{c}$ belgilash kiritsak,

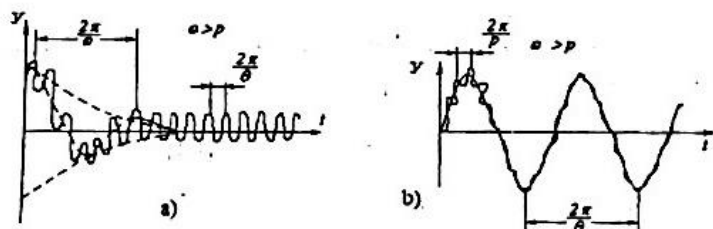
$$y = \frac{y_{\text{st}}}{1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}} \left(\sin \theta t - \frac{\theta}{\omega} \sin \omega t \right), \quad (I.42)$$

kelib chiqadi. Bu yerda, u_{st} - statik kuch R_0 ta'sirida hosil bo'lgan solqilik.

Formulaning tahlili, boshlang'ich shartlar nol' bo'lganda, sistemada ikki qismdan iborat murakkab tebranish vujudga kelishini ko'rsatadi: qavs ichidagi birinchi had uyg'otuvchi kuch takrorligi bo'yicha bo'ladigan tebranishni; ikkinchi had esa xususiy tebranish takrorligi ω bilan bo'ladigan tebranishni ifodalaydi. Shunga ko'ra birinchisi – majburiy, ikkinchisi – erkin tebranish deb ataladi. Real konstruksiyalarda noelastik qarshilik kuchlari ta'sirida erkin tebranishlar vaqt o'tishi bilan so'nib boradi; majburiy tebranishlar esa avvalgi amplituda bilan davom etaveradi.

Vaqt o'tishi bilan erkin tebranishlarning so'nib borishi (b) hamda ikki xil tebranishning qo'shilish jarayoni (a) (1.10 - rasmda tasvirlangan. Shakldan ko'rinib turibdiki, $\theta > \omega$ yoki $\theta < \omega$ bo'lishidan qat'iy nazar, erkin tebranishlar jarayonning boshidayoq so'nib qoladi. Shuning uchun yechimning doimiy so'nmaydigan qismini tahlil qilish bilan chegaralanamiz:

$$y = \frac{y_{\text{CT}}}{1 - \frac{\omega^2}{\theta^2}} \sin \theta t. \quad (1.43)$$



1.18-rasm. Ikki xil tebranishning qo'shilishi va erkin tebranishning so'nishi.

Binobarin, majburiy tebranishlar uyg'otuvchi kuch chastotasi bilan tebranadi va bu kuch go'yo sistema harakatini «o'z amriga bo'ysundirgandek» ko'rinadi.

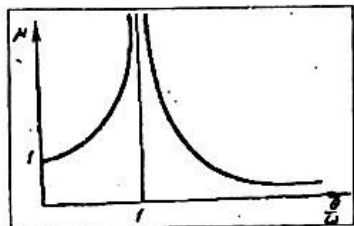
$$A = \frac{y_{\text{ct}}}{\sqrt{1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}}} \quad (1.43)$$

uyg'otuvchi kuch R_0 ning statik ta'siridan hosil bo'lgan solqilik u_n dan farq qiladi. Uyg'otuvchi kuch ta'sirining dinamik effekti dinamik koeffitsient deb ataluvchi quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$\mu = \frac{A}{y_{\text{ct}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}}} \quad (1.44)$$

Dinamik koeffitsient takrorliklar nisbati $\frac{\theta}{\omega}$ ga bog'liq miqdordir. (I.19-rasmda μ bilan $\frac{\theta}{\omega}$ orasidagi bog'lanish grafiki ko'rinishda tasvirlangan.

I.19-rasm. μ va $\frac{\theta}{\omega}$ orasidagi bog'lanish.



Uyg'otuvchi kuch takrorligi θ xususiy tebranish takrorligi ω dan ancha kichik bo'lsa, $\mu \rightarrow 1$, dinamik solqilik A statik solqilik u_n ga yaqinlashadi. $\theta < \omega$ chegarada θ ning o'sishi bilan dinamik koeffitsient μ ning qiymati o'zgarib boradi; bu hol tebranish amplitudasi A ning o'sishini bildiradi. Agar $\theta > \omega$ bo'lsa, (I.44) formulaga binoan $A < 0$ bo'ladi; bu esa tebranish amplitudasi uyg'otuvchi kuchga qarama-qarshi yo'nalganligini bildiradi.

Uyg'otuvchi kuch takrorligi bilan xususiy tebranish takrorligi teng bo'lgan hol $\theta/\omega = 1$ rezonans deb ataladi. Bunda $\frac{\theta}{\omega} = 1$ bo'lib, majburiy tebranish amplitudasi cheksizlikka intiladi. Qarshilik ko'rsatuvchi kuchlar hisobga olinmaganligi tufayli shunday xulosaga kelindi. Biroq real konstruksiyalarda qarshilik ko'rsatuvchi kuchlarning mavjudligi amplitudaning chekli bo'lishiga olib keladi; amplituda chekli, ayni bir vaqtda katta qiymatga ega bo'ladi.

Shuning uchun rezonans holati inshoot uchun xavfli sanaladi. O'sma ko'priki singari ba'zi real inshootlarda energiyaqning sochilishi (qarshilik ko'rsatuvchi kuchlar) juda kichik bo'ladi. Bunday hollarda uncha katta bo'lmagan uyg'otuvchi kuch inshootda xavfli rezonans tebranishlarini uyg'otishi mumkin. Masalan, shaxdam qadam tashlab kelayotgan piyoda askarlar ko'priikka etganda qadamlarini o'zgartirib, tartibsiz yura boshlaydilar. Chunki qadam zarbi ko'prikning xususiy tebranish takrorligi bilan bir xil bo'lib qolsa, ko'priki rezonans tebranishlariga uchrab, buzilishi mumkin. Tarixda bunday hollar uchrab turadi. 1831 yili Manchestrda (Angliya) Irvell daryosiga qurilgan o'sma ko'priki 60 kishining qadami zarbidan buzilib tushgan. 1868 yilda Chatamada Britaniya dengiz piyoda askarlari o'tayotganda ko'priki bosib qolgan. 1850 yilda Anjerdagi o'sma ko'priki katta fojia ro'y bergan; 500 kishidan iborat fransuz piyoda askarlari batal'oni o'tayotganda ko'priki buzilib, 226 kishi halok bo'lgan.

Rezonans tebranishlarini so'ndirishning ikki xil yo'li bor: biri inshootning xususiy tebranish takrorligini uyg'otuvchi kuch takrorligi-dan farqli qilib tanlash; ikkinchisi, inshootda dempfer (so'ndirgich) larni ko'paytirish.

2.3. Majburiy tebranishlarga qarshilik kuchlarining ta'siri

Qarshilik kuchlarining erkin tebranishlarga sezilarli darajada ta'sir etishini oldingi sahifalarda ko'rib o'tgan edik. Mazkur sarlavhada qarshilik kuchlari majburiy tebranishlarga qay darajada ta'sir etishini ko'rib o'tamiz. Avval harakat differensial tenglamasining umumiy yechimi bilan tashishib chiqamiz, so'ngra sistemaga garmonik kuch ta'sirini batafsil ko'rib o'tamiz.

Qarshilik kuchlari e'tiborga olinsa, majburiy tebranishlarning asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:
$$\ddot{y} + 2\alpha\dot{y} + \omega^2 y = \frac{P(t)}{m} \quad (1.45)$$

Bu tenglamada so'nuvchi erkin tebranishlar tenglamasi (2.17) dan barobarning o'ng tomoni bilan, qarshilik hisobga olinmagan majburiy tebranishlar tenglamasi (2.24) dan chap tomondagi ikkinchi had bilan farq qiladi.

Sistema tebranishiga qarshilik kuchlarining ta'siri ana shu ikkinchi had orqali hisobga olinadi.

Oldingi paragrafdagi singari uyg'otuvchi kuch $R(t)$ ni cheksiz kichik zarblar $\sum R(\tau) d\tau$ ketma-ketligi deb qabul qilsak, u holda yuqoridagi differensial tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$y(t) = \frac{1}{m(\omega^2 - \alpha^2)} \int_0^t P(\tau) e^{-\alpha(t-\tau)} \sin[\sqrt{\omega^2 - \alpha^2}(t-\tau)] d\tau \quad (I.46)$$

Bu formula $R(t)$ har qanday qonun bo'yicha o'zgarganda o'z kuchini saqlaydi; $\alpha = 0$ bo'lganda ((I.32) formula kelib chiqadi. ((I.46) formulani uyg'otuvchi tashqi kuchning garmonik qonun $R(t) = R_0 \sin \theta t$ bo'yicha o'zgaruvchi holga tatbiq etamiz.

Bunday hol uchun differensial tenglama:

$$\ddot{y} + 2\alpha \dot{y} + \omega^2 y = \frac{P_0 \sin \theta t}{m} \quad (I.47)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Ma'lumki, bunday tenglamaning integrali ikki qismdan iborat bo'ladi: 1) bir jinsli tenglamaning integrali; 2) umumiy tenglamaning xususiy integrali.

Bir jinsli tenglamaning yechimini ilgari ko'rib o'tgan edik. Bu tenglama so'nuvchi erkin tebranishlarni ifodalashini va erkin tebranishlar protsessning boshidayoq so'nib qolishini bilamiz. Shunga ko'ra, majburiy tebranishlarning statsionar qismini ifoda etuvchi ((I.47) tenglamaning xususiy yechimi bilan cheklanamiz: $y = a \sin \theta t + b \cos \theta t$ (I.48)

Shuni nazarda tutish kerakki, a va b ning qiymatlari tegishli tanlangan taqdiridagina ((I.47) ifoda ((I.48) tenglamaning yechimi bo'la oladi. Buning uchun (2.48) formuladan ikki marta hosila olib:

$$\begin{aligned} \dot{y} &= a\theta \cos \theta t - b\theta \sin \theta t \\ \ddot{y} &= -a\theta^2 \sin \theta t - b\theta^2 \cos \theta t \end{aligned} \quad (I.47) \text{ga qo'yamiz.}$$

$$\begin{aligned} -a\theta^2 \sin \theta t - b\theta^2 \cos \theta t + 2a\theta\alpha \cos \theta t - 2b\theta\alpha \sin \theta t + a\omega^2 \sin \theta t + \\ + b\omega^2 \cos \theta t = \frac{P_0}{m} \sin \theta t \end{aligned}$$

yoki,

$$\left(-a\theta^2 - 2b\theta\alpha + \theta\omega^2 - \frac{P_0}{m}\right)\sin\theta t + \left(-b\theta^2 + 2a\theta\alpha + b\omega^2\right)\cos\theta t = 0.$$

Qavs ichidagi hadlar alohida olinganda nolga teng bo'lsagina hosil bo'lgan tenglama t ning har qanday qiymatida qanoatlaniriladi. Bu esa o'z navbatida quyidagi ikki tenglamaga olib keladi:

$$a(\omega^2 - \theta^2) - 2b\theta\alpha = \frac{P_0}{m};$$

$$b(\omega^2 - \theta^2) + 2a\theta\alpha = 0;$$

bu yerdan:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{P_0(\omega^2 - \theta^2)}{m(\omega^2 - \theta^2)^2 + \theta^2\alpha^2}; \\ b &= \frac{2P_0\theta\alpha}{m(\omega^2 - \theta^2)^2 + 4\theta^2\alpha^2} \end{aligned} \right\} \quad (I.49)$$

topiladi. Aynan a va b doimiy sonlarning mana shu qiymatlarida ((I.48) ifoda ((I.47) ning yechimi bo'la oladi. O'zgarmas sonlar a va b ni boshqa o'zgarmas miqdorlar A va γ bilan almashtirsak, ((I.48) yechim yanada ixchamlashadi:

$$\left. \begin{aligned} a &= A \cos \gamma \\ b &= -A \sin \gamma \end{aligned} \right\} \quad (I.50)$$

Buni ((I.48) ga qo'yamiz:

$$y = A \sin \theta t \cos \gamma - A \sin \gamma \cos \theta t = A \sin(\theta t - \gamma). \quad (I.51)$$

((I.49) va ((I.50) ifodalardan foydalanib A va γ ning qiymatini aniqlaymiz:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{y_{cr}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}\right)^2 + \frac{4\theta^2\alpha^2}{\omega^4}}}; \\ \operatorname{tg} \gamma &= \frac{2\theta\alpha}{\omega^2 - \theta^2} \end{aligned} \right\} \quad (I.52)$$

Bu yerda: γ – boshlang'ich faza.

Birinchi formuladan $\frac{P_0}{m\omega^2} = \frac{P_0}{C} = y_{cr}$ ekanligi hisobga olingan.

Majburiy tebranish amplitudasi A ning statik solqilik y_{st} ga nisbati, avval (1.44) ko'rib o'tganimizdek, dinamik koeffitsient deb ataladi:

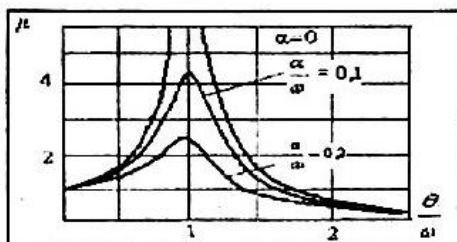
$$\mu = \frac{A}{y_{st}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}\right)^2 + \frac{4\theta^2\alpha^2}{\omega^4}}} \quad (1.53)$$

Dinamik koeffitsient μ ning bu qiymati bilan avvalgi (2.44) qiymati orasidagi farq shundaki, uning bu qiymatida sistema tebranishiga qarshilik qiluvchi kuchlarning ta'siri hisobga olingan. Uyg'otuvchi kuch takrorligi θ ga har qanday qiymat berganda ham μ hech qachon cheksiz bo'lmaydi. μ ning qiymati endi θ/ω dan tashqari α/ω ga ham bog'liq. Bularning o'zaro munosabati 1.20-rasmda grafik ravishda tasvirlangan.

$\alpha=0$ bo'lganda 1.11-rasmdagi hol kelib chiqadi, ya'ni $\mu=\infty$ bo'ladi. Ammo $\alpha \neq 0$ bo'lganda μ ning eng katta qiymati ham chekli bo'ladi. Qarshilik kuchlari rezonans zonasida o'zining ta'sirini kuchliroq namoyon qiladi.

$\omega=\theta$ deb olsak, (1.53) formuladan dinamik koeffitsientning maksimal qiymati kelib chiqadi:

$$\mu_{\max} = \frac{\omega}{2\alpha} \quad (1.54)$$



1.20- rasm. Rezonans holatidagi tebranishlarga qarshilik kuchlarining ta'siri.

Bundan ma'lum bo'lishicha, dinamik koeffitsient so'nish koeffitsienti α ga teskari proporsional ekan. Mavzuimiz oxirida zamin qo'zg'alishidan hosil bo'lgan majburiy tebranishlarga qisqacha to'xtalib o'tamiz.

Ma'lumki, qarshilik kuchlari e'tiborga olinmagan holda tebranma harakatning differensial tenglamasi (I.36) ko'rinishda va uning yechimi (I.39) ko'rinishida berilgan edi. Yuqorida ko'rib o'tilgan tenglama (I.45) va (2.39) ga qarshilik kuchlarini ifoda etuvchi hadlar ($2\alpha\dot{y}$) hamda ($e^{-\alpha t}$) va formulalar (I.46) asosida (I.36) tenglama hamda uning yechimini kiritsak, tebranish tenglamasi: $\ddot{y} + 2\alpha\dot{y} + \omega^2 y = -\ddot{y}_0$ (I.55) ko'rinishni, uning yechimi esa:

$$y = Ae^{-\alpha t} \sin(\omega t + \gamma) - \frac{1}{\omega_0} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\alpha(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau \quad (I.56)$$

ko'rinishni oladi.

Misol. Uzunligi $\ell=3$ bo'lgan balkaning o'rtasiga o'rnatilgan muvozanatlanmagan dvigatelning vazni $Q=4$ kN, aylanishlar soni $n=450$ ayl/min. Dvigateldan hosil bo'ladigan markazdan qochma kuchning vertikal tashqil etuvchisi $R \sin \theta$ bo'lib, $R=1$ kN. Balka 12- nomerli po'latdan ishlangan qo'shtavrdan yasalgan. Dvigatel' to'xtovsiz ishlaganda hosil bo'ladigan majburiy tebranishlar amplitudasi va kuchlanishlar aniqlansin (1.1- rasm, a ga qaralsin).

Yechish. Shu balkaning xususiy tebranishlari takrorligi avvalgi misolda topilgan edi: $\omega = 56.6 \text{ c}^{-1}$

$$\text{Majburiy kuch takrorligi: } \theta = \frac{\pi n}{30} = \frac{3.14 \cdot 450}{30} = 47.1$$

Dinamik koeffitsient:

$$\mu = \frac{1}{1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}} = \frac{1}{1 - \left(\frac{47.1}{56.6}\right)^2} = 3.25.$$

Demak, dinamik kuchdan hosil bo'ladigan kuchlanish va deformatsiya statik kuchlanish va deformatsiyadan 3,25 marta katta bo'lar ekan.

Balka o'rtasining maksimal solqiligi:

$$y_{\max} = y_{\text{cr}(Q)} + \mu y_{\text{cr}(P)} = \frac{Q\ell^3}{48EJ} + \mu \frac{P\ell^3}{48EJ} = 0,306 + 3,25 \cdot 0,077 = 0,556 \text{ cm}.$$

Balka o'rtasidagi maksimal kuchlanish:

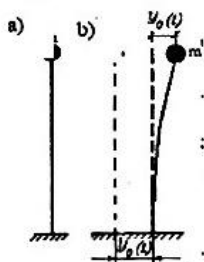
$$\sigma_{\max} = \sigma_{\text{cr}(Q)} + \mu \sigma_{\text{cr}(P)} = \frac{Q\ell}{4W} + \mu \frac{P\ell}{4W} = 93049,1 \text{ H/m}^2$$

SGS birliklar sistemasida $\sigma_{max} = 930,5 \text{ k}\Gamma/\text{cm}^2$.

2.4. Erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemaning seysmik tebranishlari differensial tenglamasi va uning yechimi

Mazkur bobning avvalgi paragraflarida erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemalarning xususiy va majburiy tebranishlari umumiy holda ko'rib o'tildi. Endi shu modelni seysmik kuchlarni aniqlash jarayoniga bevosita tatbiq etish amali bilan tanishamiz. Seysmik kuch deganda zilzila chog'ida bino va inshootlarga ta'sir etadigan kuchlar tushuniladi. Zilzilabardoshlik nazariyasining asosiy tushunchalari va hisoblash usullari haqida erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sodda sistemaning tebranishlari orqali umumiy tasavvurga ega bo'lish mumkin. Zilzilabardoshlik nazariyasida bunday sistemaning hisoblash sxemasi bir uchi zamin (asos)ga mahkamlangan, ikkinchi uchiga to'planma massa o'rnatilgan vaznsiz sterjen ko'rinishida qabul qilinadi (1.21-rasm, a).

Masalani chiziqli holatda ko'rib o'tamiz, ya'ni vaznsiz sterjenning deformatsiyasi elastiklik chegarasida sodir bo'ladi, deb qaraymiz. Bunday holatda ishlovchi sodda tebranuvchi sistema *chiziqli ossilyator* deb ataladi. Zilzila chog'ida sistemaning tebranishi zamin tebranishi tufayli vujudga keladi. Yer qimirlaganda sterjenning asosi $u_0(t)$ masofaga siljiydi, deb faraz qilamiz. Bunda u_0 siljish sterjenning yer qimirlashdan avvalgi tinchlik holatidan boshlab o'lchanadi.



1.21-rasm. Erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemaning hisoblash sxemasi.

Tebranish chog'idagi sistemaning deforma-siyasi $u(t)$ esa sterjenning deforma-siyadan oldingi holatidan o'lchanadi. Massaning to'liq ko'chishi sistemaning qo'zg'almas holatidan hisoblanib, $u_0(t) + u(t)$ ni tashqil etadi (1.21-

rasm, b). Sistema tebranayotganida m massa $R = -cy$ tiklovchi (elastik) kuch ta'sir etishini yuqorida ko'rib o'tgan edik. Agar qarshilik kuchlarini hisobga olmasak, Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan t yuk harakatining differensial tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$m(\ddot{y}_0 + \ddot{y}) = -cy \quad (I.57)$$

$$\text{yoki,} \quad m\ddot{y} + cy = -m\ddot{y}_0 \quad (I.58)$$

Tenglamadagi $u_0(t)$ va $u(t)$ funksiyalari ustiga qo'yilgan nuqtalar differensiallash vaqt bo'yicha ekanligini bildiradi. (I.58) tenglama energiyaqing so'nishi hisobga olinmagan hol uchun bir massali sistema seysmik tebranishlarining differensial tenglamasini ifoda etadi. Boshqacha aytganda, $-m\ddot{y}_0$ kuchi ta'sir etganda chiziqli ossilyatorning majburiy tebranishlari diffekrensial tenglamasini anglatadi. Bu had sistemaning zamin bilan birgalikdagi ilgirilama harakati inersiya kuchidir. Sistema deformatsiyasi hisobga olingandagi t massaning to'liq inersiya kuchi quyidagicha teng: $S = -m(\ddot{y}_0 + \ddot{y})$. (I.59)

Harakatlanayotgan t massa tomonidan vaznsiz sterjenga ta'sir etuvchi bu kuch – seysmik kuch deb ataladi. (I.58) tenglamani boshqacha ko'rinishda yozamiz: $\ddot{y} + \omega^2 y = -\ddot{y}_0$. (I.60) Bu yerda: ω – sistema xususiy tebranishlarining (so'nish hisobga olinmagan hol uchun) doiraviy chastotasi:

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{1}{m\delta}} \quad (I.61)$$

Texnik chastota (gerslarda) va tebranishlar davri:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{va} \quad T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{m\delta} \quad \text{ga teng.} \quad (I.62)$$

Mexaniq tebranishlarda energiyaqing sochilishini (tebranishlarning so'nishini) hisobga olish masalasi ancha murakkab muammolardan sanaladi. Bu masala xususida jahonning ko'p olimlari tadqiqot olib borganlar.

Inshootlar zilzilabardoshligi bo'yicha xorijiy mamalakatlarida bajariladigan ishlarda energiyaqing sochilishi odatda Foxtning qovushoq qarshilik (vyazkoe soprotivlenie) gipotezasi asosida olinadi.

Sobiq Itifoq respublikalarida energiyani sochilishi E.S.Sorokinning noelastik

qarshilik nazariyasi bo'yicha hisoblanadi. Quyida ana shu ikkita gipotezani ko'rib o'tamiz. Foxt gipotezasiga ko'ra qarshilik kuchlarini uyg'otadigan va energiyani sochilishga olib keladigan materialning ichki ishqalanish kuchlari deformatsiya tezligiga proporsional deb olinadi. Agar shunday deb qaraydigan bo'lsak, tiklovchi kuch R bilan ko'chish u orasidagi bog'lanish quyidagi ko'rinishda ifodalanadi: $R(y) = -(cy + k, \dot{y})$, (I.63)

bu yerda: k_1 – qarshilik koeffitsienti.

(2.63) ni hisobga olsak, (2.58) differensial tenglama quyidagi ko'rinishni oladi: $m\ddot{y} + k_1\dot{y} + cy = -m\ddot{y}_0$

yoki, $\ddot{y} + 2\varepsilon\dot{y} + \omega^2 y = -\ddot{y}_0$ (I.64)

bu yerda: $\varepsilon = k/2m$ – so'nish koeffitsienti.

Bu tenglama (I.60) tenglamadan tebranish energiyasini sochilishini hisobga oluvchi had $2\varepsilon\dot{y}$ bilan farqlanadi. Foxt gipotezasi bir qancha kamchiliklarga ega bo'lib, ba'zi tajriba natijalariga mos kelmaydi; uning asosiy afzalligi – qo'llanishdagi soddaligi va qulayligi bo'lib, olinadigan differensial tenglamalar chiziqli ko'rinishga ega bo'ladi. Noelastik qarshilik nazariyasi to'liq elastik bo'lmagan jismning tebranishlariga asoslanadi, siklik (garmonik) ta'sirlar natijasida ko'chish u bilan kuch R orasidagi bog'lanish gisterezis xarakteriga ega deb qaraladi. Gisterezis sirtmog'i haqida avvalgi paragrafda qisqacha ma'lumot berilgan. E.S.Sorokinning noelastik nazariyasiga ko'ra tebranishlar chog'ida energiyaqing sochilishini hisobga olish uchun elastik kuchlarni $(1+\gamma)$ ga ko'paytirish lozim. Bunda (I.58) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$m\ddot{y} + (1 + \gamma)cy = -m\ddot{y}_0 \quad (I.65)$$

yoki, $\ddot{y} + (1 + \gamma)\omega^2 y = -\ddot{y}_0$ (I.66)

bu yerda: γ – noelastik qarshilik koeffitsienti, $\gamma = \frac{\psi}{2\pi}$;

j – mavhum birlik.

Noelastik qarshilik nazariyasi ham ba'zi kamchiliklarga ega; tebranish tenglamalarini Yechishda ma'lum qiyinchiliklar tug'diradi.

Biroq xilma-xil sistemalar uchun bir xil shaklda qulay tenglamalar tuzish

imkoniyatini beradi va hisob natijalari sinov natijalariga ko'proq yaqin keladi. Seysmik tebranishlar masalasini hal etish ossilyator ko'chishlarini topishdan, ya'ni tebranishlar differensial tenglamasi va boshlang'ich shartlarni qanoatlantiradigan $u(t)$ funksiyasini aniqlashdan iborat. boshlanadi. $u(t)$ funksiyasi, ya'ni m massaning ko'chishi orqali sistemaning umumiy holatiga, undagi kuch va deformatsiya omillariga to'liq baho berish mumkin. Xususan, agar $u(t)$ funksiyasi ma'lum bo'lsa (I.59) formuladan inersiya kuchini va u orqali vaznsiz sterjenda vujudga keladigan zo'riqishlarni to'la aniqlash mumkin. Energiyaqing sochilishini Foxt gipotezasi bo'yicha hisobga olganda seysmik tebranishlar differensial tenglamasining yechimi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$y(t) = e^{-\alpha t} (C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t) - \frac{1}{\omega_0} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\alpha(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau \quad (I.67)$$

Bu yerda: S_1 va S_2 integral doimiyliklari bo'lib, boshlang'ich shartlardan topiladi.

Energiyaqing sochilishi Sorokin nazariyasiga bo'yicha olinsa, differensial tenglama yechimi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$y(t) = e^{-\frac{\gamma}{2} t} (C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t) - \frac{1}{\omega_0} \int_0^t \ddot{y}_0(\tau) e^{-\frac{\gamma}{2}(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau \quad (I.68)$$

(I.67) bilan (I.68) taqqoslangsa ular orasidagi farq natural son e ning daraja ko'rsatkichida ekanligini ko'ramiz. Tebranishlar energiya-sining sochilishi, ya'ni tebranishlarning so'nishi aynan ana shu daraja ko'rsatkichlari orqali hisobga olinadi. (I.67) ifoda (I.64) tenglamaning yechimi bo'lib, uning birinchi hadi, ikkinchi had nolga teng bo'lganda, bir jinsli differensial tenglamaning umumiy yechimi hisoblanadi va sistemaning erkin tebranishlarini ifodalaydi. (I.67) tenglamaning ikkinchi hadi (I.64) tenglamaning xususiy yechimi bo'lib, $-m\ddot{y}_0$ inersiya kuchi ta'sirida sistemaning majburiy tebranishlarini ifoda etadi.

(I.67) dan ko'rinadiki, sistemaning erkin tebranishlari so'nish xususiyatiga ega. So'nish sur'ati (erkin tebranish amplitudalarining kichrayib borishi) so'nish koeffitsienti ε va tebranishlar logarifmik dekrementi δ ga bog'liq.

(I.68) ifodaning har ikkala hadlari (I.67) ifodaning hadlari bilan bir xil ma'noga ega.

Takrorlash uchun savollar:

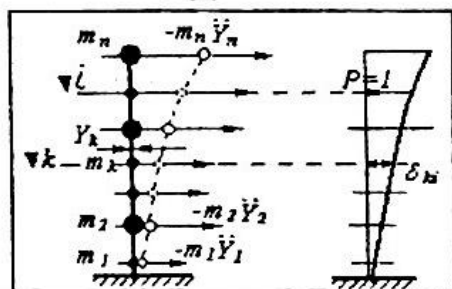
1. Statik va dinamik yuklar orasida qanday farq bor?
2. Qanday yuk dinamik yuk deb ataladi?
3. Qanday tebranish erkin va majburiy tebranish deyiladi?
4. Sistemaning erkin tebranishini abstrakt va real hollar uchun qanday qaraladi?
5. Qarshilik kuchlari, tiklovchi kuch va inersiya kuchi nimadan iborat?
6. Yutilish koeffitsienti nimani xarakterlaydi?
7. Qanday xodisa rezonans deb ataladi va uning xavfliligi nimadan iborat?
8. Rezonans tebranishlarini so'ndirishning qaday yo'llari bor
9. Tebranishda dinamik koeffitsient qanday yoziladi?
10. Tebranishda dinamik kuchlanish qanday aniqlanadi?
11. Erkinlik darajasi bitta bo'lgan sistema uchun erkin tebranishlar differensial tenglamasi chiqarilsin.
12. ω – sistema xususiy tebranishlarining (so'nish hisobga olinmagan hol uchun) doiraviy chastotasi nimaga teng?

III BOB. ERKINLIK DARAJASI BIR NECHTA BO'LGAN SISTEMALAR

3.1. Qarshiliksiz muhitda sistemaning erkin tebranishlari

Bir necha yig'iq massalarga ega bo'lgan elastik konsolning erkin tebranishi bilan tanishib chiqamiz (I.22-rasm). Bu masalani hal etishda ham, bir massalasi sistemadagi singari Dalamber prinsipidan foydalanamiz; konsol balka tebranganda $m_1, m_2, \dots, m_n$ massalar yo'nalishida:

- $m_1 \ddot{y}_1$; - $m_2 \ddot{y}_2$; ..., $m_n \ddot{y}_n$ inersiya kuchlari hosil bo'ladi.



I.22-rasm. Bir necha yig'iq massali konsol.

Hisob ishlarini osonlashtirish maqsadida, qurilish mexanikasida keng qo'llanadigan, birlik ko'chish δ_{ki} tushunchasidan foydalanamiz. δ_{ki} - balka k nuqtasining ko'chishi bo'lib, bu ko'chish balkaning i nuqtasiga qo'yilgan birlik kuch $P=1$ ta'sirida hosil bo'ladi. Agar tashqi kuch $R_i \neq 1$ bo'lsa, u holda P_i ta'siridagi to'liq ko'chishini aniqlash

uchun birlik ko'chish tashqi kuchga ko'paytiriladi: $y_k = P_i \delta_{ki}$ (I.69)

Bir vaqtning o'zida balkaga bir qancha kuchlar $P_1, P_2, \dots, P_n$ qo'yilgan bo'lsa, balka k nuqtasining to'liq ko'chishi alohida ko'chishlar yig'indisi sifatida aniqlanadi:

$$y_k = P_1 \delta_{k1} + P_2 \delta_{k2} + \dots + P_n \delta_{kn} \quad (I.70)$$

Tebranishlar tenglamasini tuzishda mana shu formulaga asoslanamiz.

Biz tekshirayotgan sistemada (I.15-rasm) tashqi kuchlar P_i o'rni inersiya kuchlar $(-m_n u_n)$ turibdi.

Shunga ko'ra, bu sistema uchun (I.70) formula quyidagicha yoziladi:

$$-m_1 \ddot{y}_1 \delta_{k1} - m_2 \ddot{y}_2 \delta_{k2} - \dots - m_n \ddot{y}_n \delta_{kn} \quad (I.70)$$

har bir massaning ko'chishi quyidagicha topiladi:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= -m_1 \ddot{y}_1 \delta_{11} - m_2 \ddot{y}_2 \delta_{12} - \dots - m_n \ddot{y}_n \delta_{1n} \\ y_2 &= -m_1 \ddot{y}_1 \delta_{21} - m_2 \ddot{y}_2 \delta_{22} - \dots - m_n \ddot{y}_n \delta_{2n} \\ &\vdots \\ y_n &= -m_1 \ddot{y}_1 \delta_{n1} - m_2 \ddot{y}_2 \delta_{n2} - \dots - m_n \ddot{y}_n \delta_{nn} \end{aligned} \right\} \quad (I.71)$$

Bu tenglamalar sistemaning xususiy integrali: $\ddot{y}_k = A_k \sin(\omega t + \lambda)$ (I.72) qabul qilinishi mumkin.

(I.72) ifodani tenglamalar sistemasiga qo'yib, noma'lum amplituda A_k va frekvencia ω ga nisbatan bir jinsli algebraik tenglamalar sistemasini hosil qilamiz:

$$\left. \begin{aligned} A_1(m_1 \delta_{11} \omega^2 - 1) + A_2 m_2 \delta_{12} \omega^2 + \dots + A_n m_n \delta_{1n} \omega^2 &= 0; \\ A_1 m_1 \delta_{21} \omega^2 + A_2(m_2 \delta_{22} \omega^2 - 1) + \dots + A_n m_n \delta_{2n} \omega^2 &= 0; \\ \vdots &\vdots \\ A_1 m_1 \delta_{n1} \omega^2 + A_2(m_2 \delta_{n2} \omega^2 + \dots + A_n(m_n \delta_{nn} \omega^2 - 1)) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (I.73)$$

$A_1 = A_2 = \dots = A_n = 0$ bo'lganda tenglamalar sistemasi qanoatlansada, qo'yilgan sistemaga yechim bo'la olmaydi; chunki bunda balka tinch holatda bo'ladi.

(I.73) tenglamalar sistemasi koeffitsientlaridan tashqil topgan aniqlovchi (determinant) nolga teng bo'lsa, A_k ning qiymatlari noldan farq qiladi, ya'ni konsol tebranayotgan bo'ladi.

$$D = \begin{vmatrix} (m_1 \delta_{11} \omega^2 - 1) & m_2 \delta_{12} \omega^2 & \dots & m_n \delta_{1n} \omega^2 \\ m_1 \delta_{21} \omega^2 & (m_2 \delta_{22} \omega^2 - 1) & \dots & m_n \delta_{2n} \omega^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_1 \delta_{n1} \omega^2 & m_2 \delta_{n2} \omega^2 & \dots & (m_n \delta_{nn} \omega^2 - 1) \end{vmatrix} = 0 \quad (I.74)$$

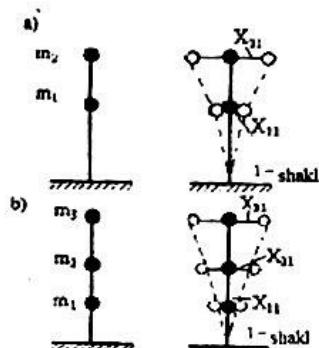
Aniqlovchini ochib chiqsak, ω^2 nisbatan n tartibli tenglama hosil bo'ladi:

$$1 - \alpha_1 \omega^2 + \alpha_2 \omega^4 - \alpha_3 \omega^6 + \dots + (-1)^n \alpha_n \omega^{2n} = 0 \quad (I.75)$$

Bu tenglama takrorliklar tenglamasi yoki asriy tenglama deb atalib, n ta haqiqiy va musbat ildizga ega bo'ladi.

Tebranishning asosiy shakllarida istalgan massaning amplitudalari nisbati har doim o'zgarmas bo'lib, vaqtga bog'liq bo'lmaydi. Binobarin, asosiy shakllar amplitudalar yoki ularning nisbatlari orqali aniqlanadi.

Aksariyat holda erkin tebranishlar asosiy shakldagi tebranishlarning kombinatsiyasidan iborat bo'ladi. O'z navbatida har bir xususiy takrorlik o'ziga mos asosiy tebranish shakliga ega, ya'ni birinchi takrorlikka – birinchi shakl, ikkinchi takrorlikka – ikkinchi shakl va hokazo mos keladi (I.23-rasm).



I.23- rasm. Erkinlik darajasi ikkiga (a) va uchga (b) ga teng bo'lgan sistemalarning tebranish shakllari.

Sistemaning murakkab tebranma harakatida har bir tebranish shaklining ulushi, erkin tebranishlarni vujudga keltirgan boshlang'ich shartlarga bog'liq.

Tebranish asosiy shakllarining muhim xossalaridan biri ularning ortogonalligidir. Bu xossaga ko'ra, bir asosiy shakl inersiya kuchlarining boshqa asosiy shakl ko'chishlarida bajargan ishi nolga tengdir, ya'ni

$$\sum_{k=1}^n m_k X_{ik} X_{ki} = 0 \quad (I.73) \text{ tenglama } A_k \text{ ga nisbatan bir jinsli bo'lganligi sababli}$$

amplitudalarning qiymatini bevosita shu tenglamaning o'zidan aniqlab bo'lmaydi. Biroq bu tenglamalar sistemasidan foydalanib, har bir takrorlik ω uchun asosiy shakl deb nom olgan:

$$\frac{A_2}{A_1}, \frac{A_3}{A_1}, \dots, \frac{A_n}{A_1} \text{ nisbatlarini aniqlashimiz mumkin.}$$

Agar (I.73) tenglamalar sistemasiga takrorlikning boshqa qiymati qo'yilsa, boshqa asosiy shaklni belgilovchi boshqa qiymatli amplituda kelib chiqadi.

Amplitudalar indeksini (1.78) tenglamalar sistemasidagi kabi olsak, tebranishlarning birinchi asosiy shakli uchun:

$$X_{21} = \frac{A_{21}}{A_{11}}; \quad X_{31} = \frac{A_{31}}{A_{11}}; \quad X_{n1} = \frac{A_{n1}}{A_{11}} \quad \text{nisbatlarga, ikkinchi shakli uchun esa,}$$

$$X_{22} = \frac{A_{22}}{A_{12}}; \quad X_{32} = \frac{A_{32}}{A_{12}}; \quad X_{n2} = \frac{A_{n2}}{A_{12}} \text{ nisbatlarga ega bo'lamiz.}$$

X_k , nishatlar faqatgina sistema parametrlariga bog'liq miqdorlar bo'lib, boshlang'ich shartlarga hech bir aloqasi yo'q. X_k ning qiymatlari shakl ordinatasi yoki amplituda koeffitsienti deb ham yuritiladi.

X_k nisbatlardan foydalanib, umumiy yechim (1.78) ni quyidagi ko'rinishda
yoza olamiz:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= A_{11} \sin(\omega_1 t + \lambda_1) + A_{12} \sin(\omega_2 t + \lambda_2) + \dots + A_{1n} \sin(\omega_n t + \lambda_n) \\ y_2 &= X_{21} A_{11} \sin(\omega_1 t + \lambda_1) + X_{22} A_{12} \sin(\omega_2 t + \lambda_2) + \dots + X_{2n} A_{1n} \sin(\omega_n t + \lambda_n) \\ &\vdots \\ y_p &= X_{p1} A_{11} \sin(\omega_1 t + \lambda_1) + X_{pn2} A_{12} \sin(\omega_2 t + \lambda_2) + \dots + X_{pn n} A_{1n} \sin(\omega_n t + \lambda_n) \end{aligned} \right\} \quad (\text{I.79})$$

Noma'lum n ta amplituda $A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}$ ni va n ta boshlang'ich fazani aniqlash uchun boshlang'ich shartlardan foydalanamiz. Harakat boshidagi ($t=0$) n ta ko'chishlar $u_1(0), u_2(0), \dots, u_n(0)$ hamda o'shancha tezliklar $\dot{y}_1(0), \dot{y}_2(0), \dots, \dot{y}_n(0)$ boshlang'ich shartlar hisoblanadi. Bular yordamida birinchi koordinata amplitudalari $A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1n}$ aniqlanadi; qolgan koordinatalarning amplitudalari asosiy shakllardan topiladi.

Harakat boshida barcha tezliklar nolga teng deylik. U holda tenglamalar bir jinsli sistemaga aylanadi.

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}_1(0) &= A_{11}\omega_1 \cos \lambda_1 + A_{12}\omega_2 \cos \lambda_2 + \dots + A_{1n}\omega_n \cos \lambda_n = 0 \\ \dot{y}_2(0) &= X_{21}A_{11}\omega_1 \cos \lambda_1 + X_{22}A_{12}\omega_2 \cos \lambda_2 + \dots + X_{2n}A_{1n}\omega_n \cos \lambda_n = 0 \\ &\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ \dot{y}_n(0) &= X_{n1}A_{11}\omega_1 \cos \lambda_1 + X_{n2}A_{12}\omega_2 \cos \lambda_2 + \dots + X_{nn}A_{1n}\omega_n \cos \lambda_n = 0 \end{aligned} \right\} \quad (I.80)$$

Buning yechimi:

$$\cos \lambda_1 = \cos \lambda_2 = \dots = \cos \lambda_m = 0,$$

demak,

$$\lambda = \lambda_{2_1} = \dots = \lambda_n = \frac{\lambda}{2}$$

Boshlang'ich fazaning bu qiymatid²: (1.79) tenglamalar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}_1 &= A_{11} \cos \omega_1 t + A_{12} \cos \omega_2 t + \dots + A_{1n} \cos \omega_n t; \\ \dot{y}_2 &= X_{21} A_{11} \cos \omega_1 t + X_{22} A_{12}^* \cos \omega_2 t + \dots + X_{2n} A_{1n} \cos \omega_n t; \\ \dots &\quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ \dot{y}_n &= X_{n1} A_{11} \cos \omega_1 t + X_{n2} A_{12}^* \cos \omega_2 t + \dots + X_{nn} A_{1n} \cos \omega_n t \end{aligned} \right\} \quad (I.81)$$

Boshlang'ich ko'chishlar $u_1(0), u_2(0), \dots, u_n(0)$ ma'lum bo'lsa, noma'lum n ta amplitudalar A_{11}, A_{12} , quyidagi tenglamalardan topiladi:

$$\left. \begin{aligned} y_1(0) &= A_{11} + A_{12} + \dots + A_{1n}; \\ \dot{y}_2(0) &= X_{21}A_{11} + X_{22}A_{12} + \dots + X_{2n}A_{1n}; \\ &\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ y_n(0) &= X_{n1}A_{11} + X_{n2}A_{12} + \dots + X_{nn}A_{1n}. \end{aligned} \right\} \quad (1.82)$$

3.2. Qarshilikli muhitda sistemaning erkin tebranishlari

Erkinlik darajasi bir necha bo'lgan sistemaning so'nuvchi tebranishlarini ko'rib chiqamiz. Massa m_k harakatiga qarshilik qiluvchi kuchlarning harakat tezligiga proporsional deb olamiz. Tebranish tenglamasi sifatida (1.70)dan foydalanamiz; bu tenglamaga qarshilik kuchlarini hisobga oluvchi $2_{ai} m_i \delta_{ki} y_i$ had kiritamiz.

$$y_k = -m_1 \delta_{k1} (\ddot{y}_1 + 2\alpha_1 \dot{y}_1) - m_2 \delta_{k2} (\ddot{y}_1 + 2\alpha_1 \dot{y}_1) - \dots - m_n \delta_{kn} (\ddot{y}_n + 2\alpha_n \dot{y}_n)$$

Bu yerda (I.16)ga binoan,

$$\alpha_1 = \frac{\beta}{2m_1}; \alpha_2 = \frac{\beta}{2m_2}; \dots \alpha_n = \frac{\beta}{2m_n}$$

Odatda, so'nish koeffitsienti α , barcha shakllar uchun bir xil olinadi, shunga ko'ra $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = \alpha$. Buni e'tiborga olsak, harakatning differensial tenglamalar sistemasi qisqa ko'rinishda quyidagicha yoziladi:

$$y + m_1 \delta_{k1} (\ddot{y}_1 + 2\alpha \dot{y}_1) + m_2 \delta_{k2} (\ddot{y}_2 + 2\alpha \dot{y}_2) + \dots + m_n \delta_{kn} (\ddot{y}_n + 2\alpha \dot{y}_n) = 0 \quad (1.83)$$

$$(k = 1, 2, \dots, n)$$

Bu tenglamalarning yechimi: $y_k = A_k e^{-\alpha t} \sin(\omega_k t + \lambda_k)$ (1.84) ko'rinishda aniqlanadi. Bundan keyingi amallar qarshiliksiz muhitdagi sistemadagi kabi bo'ladi. Natijada ko'p massali sistemaning so'nuvchi tebranishlari uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$y_k = A_{k1} e^{-\alpha t} \sin(\bar{\omega}_1 t + \lambda_1) + A_{k2} e^{-\alpha t} \sin(\omega_2 t + \lambda_2) + \dots + A_{kn} e^{-\alpha t} \sin(\bar{\omega}_n t + \lambda_n). \quad (1.85)$$

Bu yerda:

$$\bar{\omega}_1 = \sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2} \quad (1.86)$$

3.3. Erkinlik darajasi ikkita va uchta bo'lgan sistemalar

Erkinlik darajasi ikkita va uchta bo'lgan sistemalar erkinlik darajasi bir nechta bo'lgan sistemalarning xususiy holidir. Ammo bunday sistemalar uchun tuziladigan tenglamalar oddiy bo'lganligi tufayli yechimlarni tugatib ko'rinishgacha yetkazsa bo'ladi. Shu sababli bunday sistemalar ustida alohida to'xtalib o'tamiz.

Erkinlik darajasi ikkita bo'lgan sistemalarning erkin tebranishlari

Tebranishlarning kanonik tenglamasi (1.73) ikki massali sistema uchun quyidagi ko'rinish oladi:

$$\left. \begin{aligned} A_1(m_1 \delta_{11} \omega^2 - 1) + A_2 m_2 \delta_{12} \omega^2 &= 0; \\ A_1 m_1 \delta_{21} \omega^2 + A_2(m_2 \delta_{22} \omega^2 - 1) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1.87)$$

Aniqlovchi (1.74) esa quyidagicha ifodalanadi:

$$D = \begin{vmatrix} (m_1 \delta_{11} \omega^2 - 1) m_2 \delta_{12} \omega^2 \\ m_1 \delta_{21} \omega^2 (m_2 \delta_{22} \omega^2 - 1) \end{vmatrix} = 0. \quad (1.88)$$

Aniqlovchini yoyganda kelib chiqadigan takrorlik tenglamasi bikvadrat ko'rinishda bo'ladi.

$$\omega^4(\delta_{11}\delta_{22}\omega^2 - \delta_{12}^2)m_1m_2 - \omega^2(\delta_{11}m_1 + \delta_{22}m_2) + 1 = 0 \quad (I.89)$$

$\omega^2 = z$ deb belgilasak,

$$z^2(\delta_{11}\delta_{22}z - \delta_{12}^2)m_1m_2 - z(\delta_{11}m_1 + \delta_{22}m_2) + 1 = 0$$

kelib chiqadi. Buning yechimi

$$z_{1,2} = \frac{(m_1\delta_{11} - m_2\delta_{22}) \mp \sqrt{(m_1\delta_{11} - m_2\delta_{22})^2 - 4m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2)}}{2m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2)}$$

bo'ladi. Ildiz ostini o'zgartiramiz:

$$z_{1,2} = \frac{(m_1\delta_{11} - m_2\delta_{22}) \mp \sqrt{(m_1\delta_{11} - m_2\delta_{22})^2 + 4m_1m_2\delta_{12}^2}}{2m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2)} \quad (I.90)$$

Bundan birinchi va ikkinchi takrorlik kelib chiqadi:

$$\omega_1 = \sqrt{z_1}, \quad \omega_2 = \sqrt{z_2}.$$

z_1 ni aniqlashda (I.90) ifoda «minus», z_2 ni aniqlashda esa «plus» ishora bilan olinadi.

Erkin tebranishlar differensial tenglamalarning umumiy yechimi (I.78) ga ko'ra

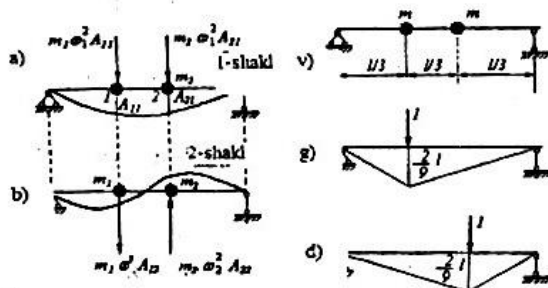
$$\left. \begin{aligned} y_1 &= A_{11} \sin(\omega_1 t + \lambda_1) + A_{12} \sin(\omega_2 t + \lambda_2); \\ y_2 &= A_{21} \sin(\omega_1 t + \lambda_1) + A_{22} \sin(\omega_2 t + \lambda_2). \end{aligned} \right\} \quad (I.91)$$

ko'rinishga ega.

Har bir tebranish shakli o'z takrorligiga ega: A_{11} , A_{21} - takrorligi ω_1 bo'lgan birinchi shakl tebranishlarining amplitudasi (I.24-rasm, a); bu yerda birinchi indeks - koordinata nomerini, ikkinchi indeks - takrorlik nomerini bildiradi, A_{12} , A_{22} - takrorligi ω_2 bo'lgan ikkinchi shakl tebranishlarining amplitudasi (I.24 -rasm, b).

Tebranishning asosiy shakli deganda, $\sin(\omega_1 t + \lambda_1) = 1$ bo'lganda, biror xususiy takrorlik bilan tebranayotgan sistema deformatsiyasining shakli tushuniladi. Binobarin, har bir asosiy shaklni maksimal inersiya kuchlari ta'sirida hosil bo'ladigan solqilik sifatida aniqlash mumkin: birinchi shakl I.24-rasm, a da, ikkinchi shakl esa I.24-rasm, b da tasvirlangan kuchlar ta'sirida hosil bo'ladi.

Har ikkala asosiy shakl o'zaro ortogonaldir, ya'ni birinchi shakl kuchlarining ikkinchi shakl o'zaro ortogonaldir, ya'ni birinchi shakl kuchlarining ikkinchi shakl ko'chishlarida bajarishi mumkin bo'lgan ish nolga tengdir.



1.24-rasm. Ikki massali sistemaning tebranish shakllari va momentlarning birlik epyuralari.

Birinchi garmonika amplitudalari nisbatini $X_{21} = \frac{A_{21}}{A_{11}}, X_{22} = \frac{A_{22}}{A_{12}}$ deb belgilasak, (I.91) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= A_{11} \sin(\omega_1 t + \lambda_1) + A_{12} \sin(\omega_2 t + \lambda_2); \\ y_2 &= X_{21} A_{11} \sin(\omega_1 t + \lambda_1) + X_{22} A_{12} \sin(\omega_2 t + \lambda_2). \end{aligned} \right\} \quad (\text{I.92})$$

Bu yerda xususiy takrorliklar ω_1 va ω_2 hamda, tebranish shaklining xarakteristikasi deb ataluvchi, amplitudalar nisbati X_{21} va X_{22} faqatgina tebranayotgan sistemaning parametrlariga bog'liq bo'lgan miqdordir. $A_{11}, A_{12}, \lambda_1$ va λ_2 ning qiymatlari, harakat boshidagi ko'chish va tezlikni ifodalovchi boshlang'ich shartlardan topiladi.

Masalan, $t=0$, bo'lganda: $y_1(0)=0, y_2(0)=0;$
 $\dot{y}_1(0)=0, \dot{y}_2(0)=v_0;$

ya'ni harakat ikkinchi massaga zarb berilishdan boshlanadi, deylik. U holda (I.92) tenglamadan:

$$\begin{aligned} y_1(0) &= A_{11} \sin \lambda_1 + A_{12} \sin \lambda_2 = 0; \\ y_2(0) &= X_{21} A_{11} \sin \lambda_1 + X_{22} A_{12} \sin \lambda_2 = 0; \\ \dot{y}_1(0) &= A_{11} \omega_1 \cos \lambda_1 + A_{12} \omega_2 \cos \lambda_2 = 0; \\ \dot{y}_2(0) &= X_{21} A_{11} \omega_1 \cos \lambda_1 + X_{22} A_{12} \omega_2 \cos \lambda_2 = 0; \end{aligned}$$

kelib chiqadi.

Yuqoridagi ikki tenglamadan $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$; keyingi ikki tenglamadan esa,

$$\frac{v_0}{\omega_1} - \frac{1}{X_{21} - X_{22}}; \quad A_{12} = \frac{v_0}{\omega_2} - \frac{1}{X_{22} - X_{21}} \quad \text{ekanligi ma'lum bo'ladi.}$$

lang'ich shartlarni maxsus tanlash yo'li bilan har ikkala massani bir
 orlikda tebranishiga erishish mumkin. Masalan, $A_{12}=0$ bo'lganda tebranish
 garmonika bo'yicha sodir bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} y_{11} &= A_{11} \sin(\omega_1 t + \lambda_1); \\ y_{21} &= X_{21} A_{11} \sin(\omega_1 t + \lambda_1) \end{aligned} \right\} \quad (I.93)$$

da birinchi asosiy tebranish deb ataladi. X_{21} tebranishlarning *birinchi asosiy*
shaklini ifodalaydi. Agar $A_{11}=0$ bo'lishiga erishilsa, ikkinchi asosiy tebranish
 r bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} y_{11} &= A_{12} \sin(\omega_2 t + \lambda_2); \\ y_{22} &= X_{22} A_{12} \sin(\omega_2 t + \lambda_2) \end{aligned} \right\} \quad (I.94)$$

Bu yerda: X_{22} tebranishlarning *ikkinchi asosiy shaklini* ifodalaydi.

Tebranishlarning birinchi asosiy shaklini har ikkala massa ω_1 takrorlik bilan
 yo'nalishda tebranadi. Ikkinchi asosiy shakl esa massalar ω_2 takrorlik bilan
 ama-qarshi yo'nalishda tebranadi.

Misol. *Ikkita bir xil massali vaznsiz balkaning erkin tebranishlari*
orligi aniqlansin (I.24- rasm, v).

Yechish. Momentlarning birlik epyuralaridan Vereshchagin qoidasi
 yicha ko'paytirish yo'li bilan birlik ko'chishlarni topamiz (I.24- rasm, g, d).

$$\delta_{11} = \delta_{22} = \frac{4l^3}{243EJ};$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{7l^3}{246EJ}.$$

(I.90) formulaga berilgan masala uchun quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{1}{2(\delta_{11}^2 - \delta_{12}^2)_m} \left[2\delta_{11} \mp \sqrt{4\delta_{11}^2 - 4(\delta_{11}^2 - \delta_{12}^2)} \right]$$

Bundan $\omega_1 = 5,69 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}$ va $\omega_2 = 22 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}$ aniqlanadi.

Erkinlik darajasi uchta bo'lgan sistemalarning erkin tebranishlari.

Uch massali sistemaning xususiy tebranishlari tenglamasi (I.73) ga asosan quyidagicha bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} A_1(m_1\delta_{11}\omega^2 - 1) + A_2m_2\delta_{12}\omega^2 + A_3m_3\delta_{13}\omega^2 &= 0, \\ A_1m_1\delta_{21}\omega^2 + A_2(m_2\delta_{22}\omega^2 - 1) + A_3m_3\delta_{23}\omega^2 &= 0, \\ A_1m_1\delta_{31}\omega^2 + A_2m_2\delta_{32}\omega^2 + A_3(m_3\delta_{33}\omega^2 - 1) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (I.95)$$

Bu tenglamalarning aniqlovchisi (I.74) ga ko'ra quyidagicha ifodalanadi

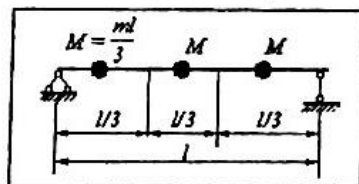
$$D = \begin{vmatrix} (m_1\delta_{11}\omega^2 - 1) & m_2\delta_{12}\omega^2 & m_3\delta_{13}\omega^2 \\ m_1\delta_{21}\omega^2 & (m_2\delta_{22}\omega^2 - 1) & m_3\delta_{23}\omega^2 \\ m_1\delta_{31}\omega^2 & m_2\delta_{32}\omega^2 & (m_3\delta_{33}\omega^2 - 1) \end{vmatrix} = 0 \quad (I.96)$$

Amplituda koeffitsientlari $X_{kn} = \frac{A_{kn}}{A_{1n}}$ quyidagi tenglamalardan topiladi:

$$\left. \begin{aligned} (m_1\delta_{11}\omega^2 - 1) + X_{2n}m_2\delta_{12}\omega^2 + X_{3n}m_3\delta_{13}\omega^2 &= 0, \\ m_1\delta_{21}\omega^2 + X_{2n}(m_2\delta_{22}\omega^2 - 1) + X_{3n}m_3\delta_{23}\omega^2 &= 0, \\ m_1\delta_{31}\omega^2 + X_{2n}m_2\delta_{32}\omega^2 + X_{3n}(m_3\delta_{33}\omega^2 - 1) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (I.97)$$

Bu tenglamalardan birortasi tashlab yuborilib, qolgan ikkitasidan X_{2n} va X_{3n} noma'lum koeffitsientlari aniqlanadi.

Uch massali balka tebranishining takrorliklari va asosiy shakllarini aniqlashga doir misol ko'rib o'tamiz (I.25- rasm).



I.25-rasm. Uch massali balka.

Balkaning birlik kuchlar ta'siridagi ko'chishlari berilgan deylik:

$$\delta_{11} = \frac{25l^3}{3888EI}; \quad \delta_{22} = \frac{81l^3}{3888EI};$$

$$\delta_{12} = \frac{39l^3}{3888EI}; \quad \delta_{23} = \delta_{12}$$

$$\delta_{13} = \frac{17l^3}{3888EI}; \quad \delta_{33} = \frac{25l^3}{3888EI}.$$

Balka tebranishlarining kanonik tenglamasi (I.95) ga ko'ra

$$\left(\frac{25l^3\omega^2}{3888EI} M - 1 \right) A_1 + \frac{39l^3\omega^2}{3888EI} MA_2 + \frac{17l^3\omega^2}{3888EI} MA_3 = 0;$$

$$\frac{39l^3\omega^2}{3888EI} MA_1 + \frac{39l^3\omega^2}{3888EI} MA_2 + \left(\frac{25l^3\omega^2}{3888EI} M - 1 \right) A_3 = 0;$$

$$\frac{17l^3\omega^2}{3888EI} MA_1 + \left(\frac{81l^3\omega^2}{3888EI} M - 1 \right) A_2 + \frac{39l^3\omega^2}{3888EI} MA_3 = 0.$$

$K_n = \frac{3888EI}{l^3\omega^2 M}$ deb olsak, tenglama ixchamlashadi:

$$\begin{cases} (25 - K_n)A_1 + 39A_2 + 17A_3 = 0; \\ 39A_1 + (81 - K_n)A_2 + 39A_3 = 0; \\ 17A_1 + 39A_2 + (25 - K_n)A_3 = 0. \end{cases} \quad (a)$$

Tenglamalar aniqlovchisini nolga tenglaymiz:

$$D = \begin{vmatrix} (25 - K_n) & 39 & 17 \\ 39 & (81 - K_n) & 39 \\ 17 & 39 & (25 - K_n) \end{vmatrix} = 0.$$

Buning yoyilmasi

$$K_n^3 - 132K_n^2 + 1344K_n - 2880 = 0.$$

Tenglamaning ildizlari: $K_1 = 120$, $K_2 = 8$, $K_3 = 3$.

Erkin tebranish takrorliklari

$$\omega_n^2 = \frac{3888EI}{l^3 MK_n} = \frac{3888EI}{l^3 \frac{ml}{3} K_n} \quad \text{dan aniqlanadi:}$$

1) birinchi asosiy shakl takrorligi ($K_1 = 120$)

$$\omega_1 = \sqrt{388 EJ / \frac{1}{3} ml^4 \cdot 120} = \frac{9,859}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}};$$

2) ikkinchi asosiy shakl takrorligi ($K_2 = 8$)

$$\omega_2 = \sqrt{3888 EJ / \frac{1}{3} ml^4 \cdot 8} = \frac{38,184}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}};$$

3) uchinchi asosiy shakl takrorligi ($K_3 = 3$)

$$\omega_3 = \sqrt{3888 EJ / \frac{1}{3} ml^4 \cdot 3} = \frac{62,354}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}.$$

Topilgan takrorliklar bo'yicha (1.97) dan foydalanib, asosiy shakllarni aniqlaymiz. Buning uchun (a) tenglamaning barcha hadlarini A_1 ga bo'lib, tenglamani qayta yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} (25 - Kn) + 39X_{2n} + 17X_{3n} &= 0; \\ 39 + (81 - Kn)X_{2n} + 39X_{3n} &= 0; \\ 17 + 39X_{2n} + (25 - Kn)X_{3n} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (b)$$

Birinchi asosiy shaklni aniqlash uchun (b) tenglamada $K_1 = 120$ deb olinadi:

$$\begin{aligned} (25 - 120) + 39X_{21} + 17X_{31} &= 0; \\ 39 + (81 - 120)X_{21} + 39X_{31} &= 0; \\ 17 + 39X_{21} + (25 - 120)X_{31} &= 0. \end{aligned}$$

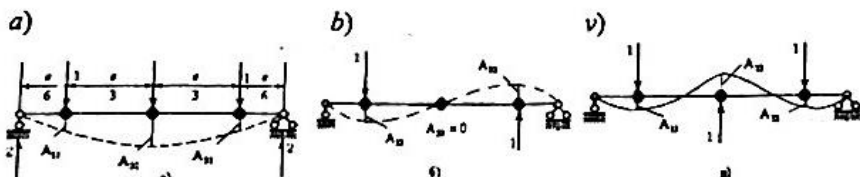
Tenglamalarning bittasi ortiqcha. Uchinchisini tashlab yuborib, qolgan ikkitasidan

$$X_{21} = \frac{95 \cdot 39 + 39 \cdot 17}{39 \cdot 39 + 39 \cdot 17} = 2 \quad \text{va} \quad X_{31} = \frac{-39 \cdot 39 + 39 \cdot 95}{39 \cdot 39 + 39 \cdot 17} = 1$$

aniqlanadi. Shunday qilib, birinchi asosiy shaklni quyidagi miqdorlar belgilaydi:

$A_{21} = 2A_{11}$; $A_{31} = A_{11}$ (1.26-rasm, a).

Ikkinchi asosiy shaklni aniqlashda (b) tenglamadagi K_n ning qiymatini 8 ga teng deb olamiz:



1.26-rasm. Uch massali balkaning tebranish shakllari.

$$(25-8) + 39X_{22} + 17X_{32} = 0;$$

$$39 + (81-8)X_{22} + 39X_{32} = 0;$$

$$17 + 39X_{22} + (25-8)X_{32} = 0.$$

Dastlabki ikki tenglamadan:

$$X_{22} = \frac{-17 \cdot 39 + 17 \cdot 39}{39 \cdot 39 - 73 \cdot 17} = 0 \quad \text{va} \quad X_{32} = \frac{-39 \cdot 39 + 73 \cdot 17}{39 \cdot 39 - 73 \cdot 17} = -1$$

topiladi. Asosiy shaklni belgilovchi kuchlar sxemasi 1.26b - rasmda berilgan.

Uchinchi asosiy shaklni aniqlashda $K_3=3$ deb olinadi. Bunda $X_{23}=1$ va $X_{33}=1$ hamda $A_{23}=-A_{13}$, $A_{33}=A_{13}$ kelib chiqadi.

Kuchlar sxemasi va uchinchi asosiy shakl 1.26v - rasmda berilgan.

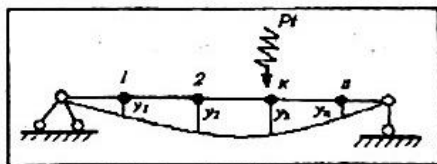
Xulosa: Xususiy tebranishlarning birinchi asosiy shaklida ikkita chetki massa bir xil masofaga, o'rtadagi massa esa ikki baravar ko'proq masofaga ko'chadi. Xususiy tebranishlarning ikkinchi shaklida o'rtadagi massa o'z o'rnida qolib, chetki massalar teng va qarama - qarshi masofalarga ko'chadi. Nihoyat, xususiy tebranishlarning uchinchi asosiy shaklida ikkita chetki massa yana teng masofaga ko'chadi; o'rtadagi massa esa miqdor jihatdan teng, yo'nalish jihatdan qarama - qarshi tomonga ko'chadi.

3.4. Erkinlik darajasi bir necha bo'lgan sistemalarning majburiy davriy tebranishlari

Misol tarikasida n ta yig'iq massaga ega bo'lgan balkaning (1.27- rasm) majburiy tebranishlarini ko'rib o'tamiz. Balkaning k massasiga uyg'otuvchi

$$P_t = P_k \sin \theta t \quad (1.98)$$

kuch ta'sir etyapti deylik. Bu yerda R_k - kuch amplitudasi, θ - uning takrorligi.



1.27 rasm. Erkinlik darajasi bir nechta bo'lgan balka.

II-QISM. MUHANDISLIK SEYSMOLOGIYASI ASOSLARI.

I BOB. ZILZILA VA UNING OQIBATLARI

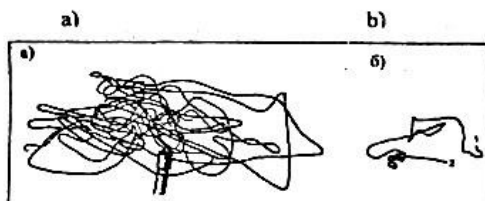
I.1. Zilzila tabiati va kelib chiqish sabablari

Zilzilalar ibtidoiy davrlardan buyon insoniyat boshiga ulkan falokatlar yog'dirib kelayotgan tabiiy ofatlardan biridir. Shu boisdan xalq orasida zilzilalar xaqida turli afsonalar yuradi. Afsonalarda zilzila sabablarini goh ilohiy kuchlarga, goh insonlar taqdiriga, goh bahaybat hayvonlarga bog'liq holda talqin etiladi.

Biroq qadimgi zamonlardayoq ilg'or fikr yurituvchi donishmandlar zilzilaning kelib chiqish sabablarini tabiat hodisalariga bog'liq holda tushuntirishga intilganlar. O'rta Osiyoda sodir bo'ladigan zilzila sabablarini dastavval buyuk olim Abu Ali ibn Sino (980-1037 y.) o'zining «Ash-Shifo» nomli mashhur kitobida ilmiy asosda izohlab berishga harakat qilgan. Buyuk mugafakkir olim Abu Rayhon Beruniy (972-1048 y.) ham zilzila hodisasini o'rganish borasida barakali qalam tebratgan. Garchi bu ishlar zilzilaning kelib chiqish sabablari haqidagi hozirgi zamon tasavvurlaridan birmuncha farq qilsada, har qalay, afsonaviy tushunchalarga nisbatan olg'a qo'yilgan dadil qadam edi.

Bundan 1000 yil ilgari Beruniy: "Qit'alar go'yo suv sathida suzib yurgan daraxt barglari singari bir-biri tomon yaqinlashib yoki uzoqlashib sekin harakatda bo'ladi", - deb yozgan edi. XX asrda amerikalik olimlarning kosmik kemalarda fazodan turib olib borgan kuzatuvlari Beruniyning fikri to'g'ri ekanligini to'liq isbotladi. Ushbu kuzatuvlar qit'alarining bir-biriga nisbatan yiliga 5-7 sm siljishini tasdiqladi. Zilzilaning kelib chiqish sabablari va tabiati haqida to'laroq tasavvur hosil qilish uchun yer zaminida sodir bo'ladigan geologik jarayonlarni bilish zarur. Yer yuzasida olib borilgan ilmiy kuzatishlar yer qatlamining doimiy, ammo juda sekin harakatda ekanligini ko'rsatdi; qobiqning ba'zi joylari ko'tariladi, ba'zi erlari pasayadi; ayrim joylari esa gorizontal yo'nalishda siljiydi.

Yer qobig'ining bunday harakati tektonik harakat deb ataladi. Zilzila chog'ida bino va inshootlar zaminidagi gruntning harakati o'ta tartibsiz va murakkab bo'ladi. Amerikalik seysmolog S.Klemenson grunt harakatini parvonaning betartib uchishiga o'xshatadi. Yapon olimi professor S.Sekiya 1887 yilda gruntning bir nuqtasini zilzilaning dastlabki 20 sekund mobaynida qilgan harakatini yumshoq sim vositasida fazoviy modelini yaratgan (II.1-rasm, a). Ushbu tajribaviy modelni yaratishda 1887 yilning 15 yanvarida Yaponiyada sodir bo'lgan zilzilaning yozuvlari (seysmogrammalar) asos qilib olingan. Model gruntning haqiqiy ko'chishlariga nisbatan taxminan 12,5 marta kattalashtirib ishlangan. Gruntning haqiqiy ko'chishi 0,8 sm atrofida bo'lgan. II.16-rasmda 1933 yilda Long-Bich shahrida sodir bo'lgan zilzilada oshxonadagi plitaning polda qoldirgan izi tasvirlangan. Rasmlardan ko'rinadiki, gruntning zilzila chog'idagi harakati juda murakkab ko'rinishga ega, shu sababli uni matematik ko'rinishda ifoda etish oson ish emas. Bu haqda keyingi boblarda alohida to'xtalamiz. Hozir esa diqqatingizni zilzilaning kelib chiqish sabablariga qaratmoqchimiz.

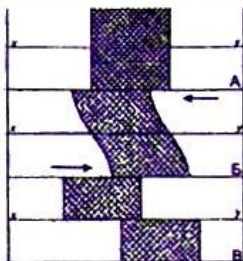


II.1-rasm. Zilzila chog'ida grunt harakatini tasvirlovchi simdan yasalgan fazoviy model (a) hamda Long-Bich zilzilasida oshxona plitasini polda qoldirgan (tirnagan) izlari (b): 1- boshi; 2- oxiri.

Yer qobig'ining ko'pgina joylarida geologik siniqlar deb atalgan yoriqlar mavjuddir. Siniqlar siquvchi, cho'zuvchi yoki siljituvchi kuchlar ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Zilzilalar kelib chiqish sabablari haqida gap borganda aksariyat seysmologlar amerikalik olim G.F.Rid tomonidan yaratilgan elastik bo'shalish yoki elastik qaytish nazariyasini haqiqatga yaqinroq deb tan oladilar. G.F.Rid o'zining bu gipotezasini 1906 yilda San-Fransiskoda sodir bo'lgan kuchli zilzila oqibatida ulkan San-Andreas sinig'i bo'ylab 300-400 km masofaga cho'zilgan ko'ndalang siljishni atroflicha tahlil qilish natijasida ishlab chiqqan. Uning bu

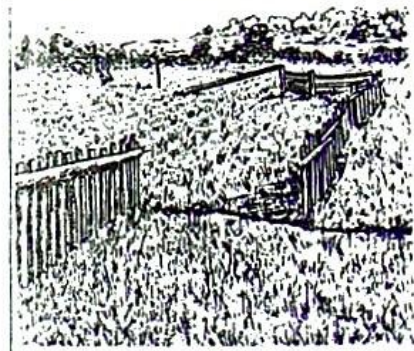
nazariyasi deformatsiyaning elastik energiyasini birdaniga bo'shalishiga asoslanadi. Buni quyidagi misol asosida tushuntirsa bo'ladi.

II.2-rasm, A da yer sirtidagi biror maydon tasvirlangan deb faraz etaylik, shirixlangan polosaning uzunligi ko'ndalangiga 50-100 km ni tashkil etsin. Bo'sh (zaif) yer osti jinslari (masalan, eski sinig.) x va y chizig'i bo'ylab boylashgan deylik. Yer sirti qobiqda vujudga keladigan regional kuchlar ta'sirida uzoq vaqt mobaynida deformatsiyalanadi. Bunda x va y o'qiga tek o'tgan chiziqlar II.2-rasm, B da ko'rsatilgandek ogiladi. Natijada, siqilgan prujinadagiga o'xshab, jinslarda elastik energiya to'plana boradi. Kuchlanishlar esa mos ravishda orta boradi.



II.2- rasm. Zilzilaning kelib chiqish sababi to'g'risida elastik qaytish nazariyasining sxemasi.

Kuchlanishlar yer osti jinslarining mustahkamlik chegarasiga etganda zaif chiziqlik bo'ylab birdaniga uzilish va keskin siljish - elastik qaytish ro'y beradi. Uzoq vaqt mobaynida to'planib kelgan elastik energiya shu yo'sinda bo'shaladi, qatlamlarda kuchlanish yo'qoladi (II.2-rasm, V). Qo'qqisdan ro'y bergan uzilish

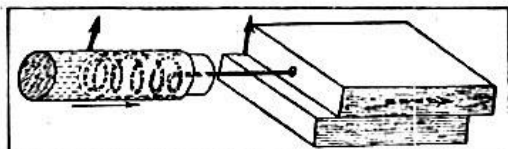


II.3- rasm. San-Andreas sinig'i bo'ylab panjara devorlarning siljishi.

(qaytish) natijasida vujudga kelgan to'liqlar zilzila deb ataladi. II.3-rasmda 1906 yilda San-Fransiskoda sodir bo'lgan zilzila oqibatida San-Andreas sinig'i bo'ylab panjara-devorning siljishi tasvirlangan. Zilzila manbai mexanikasi haqida yanada chuqurroq tasavvur hosil qilish maqsadida quyidagi kichik tajriba bilan tanishib o'tamiz.

Oddiy shisha probirka olib, uning ichiga uchi chiqib turadigan qilib spiral prujina joylaymiz II.4-rasm). Diametri bir

oz kattaroq va uzunroq bo'lgan boshqa probirkani tub tomoni bilan moyli probirkaga tushiramiz, bunda moyning yarmi probirkadan oqib tushadi. Shunday qilib, bo'lajak zilzila manbai atrofida joylashgan tog' jinslarining oddiy modeliga ega bo'lamiz. Manbaning modelini hosil qilish uchun ikkita yog'och taxtachani ustma-ust qo'yamiz. Taxtachalarning bir-biriga tegib turgan sirti geologik siniq, rolini o'ynaydi. Yer qobig'ida hosil bo'ladigan kuchlarni qo'limiz bilan hosil qilamiz.



II.4- rasm. Zilzila manbai mexanikasiga doir tajriba.

Tashqi probirkani ushlab turgan holda prujinaning chiqib turgan uchini ustki taxtachaning yon sirtiga taqaymiz hamda bir tekisda siljitishga urinib ko'ramiz. Biroq taxtacha bir tekis siljimaydi, tashqi probirka taxtacha tomon harakatlanib kelishiga qaramay, taxtacha ma'lum muddat qo'zg'almay turaveradi.

Lekin bunda prujinaning qisqarishini va ikki probirka devorlari orasidan moyning asta-sekin silqib chiqishini kuzatish mumkin. Shunday qilib «tog' jinslarida» elastik kuchlanish (prujinaning qisqarishi) hamda plastik deformatsiya (kichik probirkaning kattasiga kirib borishi) orta boradi.

Taxtachaning qarshilik ko'rsatishiga ishqalanish kuchlari yordam beradi. Biroq prujina qisqarib, taxtachalar orasidagi ishqalanish kuchlarini eng oladigan darajada elastik kuchlanish to'plagach, ustki taxtacha bir zunda qisqa masofaga siljiydi - «uzilish» ro'y beradi, ya'ni «zilzila» sodir bo'ladi. Prujina qisman (to'liq emas) kengayadi, qo'ldagi zo'riqish kamayadi. Bosim ostida moyning oqishi bir oz muddatga to'xtaydi. Ammo «tog' jinslarining» elastik-plastik deformatsiyalanish jarayoni davom etadi. Oradan ma'lum bir vaqt o'tgandan keyin «siniq» bo'ylab yana siljish ro'y beradi va navbatdagi «zilzila» sodir bo'ladi.

Real geologik sharoitda navbatdagi siljishning ro'y berishi uchun o'nlab-yuzlab yillar kerak bo'ladi. Shubhasiz, zilzila manbaining bu modeli o'ta darajada soddalashtirilgan va taqribiy modelidir. Aslida manba har tomondan tog' jinslari bilan o'ralgan bo'lib, bu jinslar siljish paytida siljuvchi bloklarga qarshilik ko'rsatadi.

Uzilish-siljish ro'y bergan joy gipotsentr yoki zilzila fokusi deb ataladi. Gipotsentrning yer sirtidagi proeksiyasi epitsentr deb nom olgan. Takroriy yer silkinishlarini aftershoklar deyiladi. Aftershoklarning kelib chiqish sabablari asosiy silkinishga aynan o'xshashdir. Geologik siniq bo'ylab ikki blokning o'zaro siljishiga ayrim to'siqlar (masalan, ishqalanish kuchi, sirpanuvchi sirtlarning notekisliklari) qarshilik ko'rsatishi natijasida siljish to'xtab qoladi, uzilgan bog'lanishlar qisman tiklanadi. Energiyaning sarflanmay qolgan qismi yangi bog'lanishlarda kuchlanishlar hosil qiladi, oradan ma'lum vaqt o'tgandan keyin, bog'lanishlar dosh berolmay, yangi uzilish, yangi silkinish ro'y beradi. Silkinish kuchi bu safar asosiy zilziladan ko'ra zaifroq, bo'ladi. Biroq, kuchiga ko'ra asosiy zilzilaga yaqin keladigan aftershoklar ham uchraydi. Asosiy zilziladan ilgari forshok deb ataluvchi kuchsiz silkinish sodir bo'ladi. Buning hosil bo'lishiga sabab, kuchlanish ma'lum darajaga etganda massivning ayrim zaifroq erida kichik yemirilish vujudga kelib, asosiy uzilish hali me'yoriga yetmagan bo'ladi. Biz ko'rib o'tgan zilzilalar Yer qobig'ining tektonik harakatiga bog'liq bo'lganligi sababli ular tektonik zilzilalar deb ataladi. Zilzilalarning bu guruhi keng tarqalgan bo'lib, bino va inshootlar uchun eng xatarli hisoblanadi. Zilzilalarning qolgan ikki guruhi vulqon otilishi va karst hodisasi bilan bog'liq. Ular tabiatda birinchisiga nisbatan kamroq uchraydi. Quvvati ham birmuncha kuchsiz.

Zilzilalar manbaining joylashgan chuqurligiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi. Manba chuqurligi 70 km gacha bo'lsa, me'yoriy zilzilalar deyiladi. Manbalarining aksariyati shu chegarada joylashgan. Manbasining chuqurligi 300 km dan ortiq bo'lgan zilzilalar chuqur fokusli zilzilalarni tashkil etadi.

Bunday zilzilalar kam uchraydi, asosan okean chuqurliklarida sodir bo'ladi; energiyasining kuchliligi bilan ajralib turadi.

Oraliq zilzilalar manbaining chuqurligi 70 - 300 km.ni tashkil etadi. Karpat zilzilalarining manbai ana shu chuqurlikda joylashgan.

1.2. Zilzila kuchi va energiyasi

Zilzila sodir bo'lganda manbada juda katta kinetik energiya ajralib chiqadi. Energiyaning miqdori manbaning chuqurligi, o'lchami hamda kuchlanish holatiga bog'liq. Energiyaning haqiqiy miqdorini bevosita aniqlash juda murakkab masala bo'lganligi sababli, zilzila energiyasiga baho berishda uning magnituda deb atalgan shartli xarakteristikasidan foydalaniladi. O'tgan asrning 40- yillarida amerika olimlari Ch.Rixter va B.Gutenberg magnituda (M) ni aniqlash uchun quyidagi sodda formulani tavsiya etdilar:

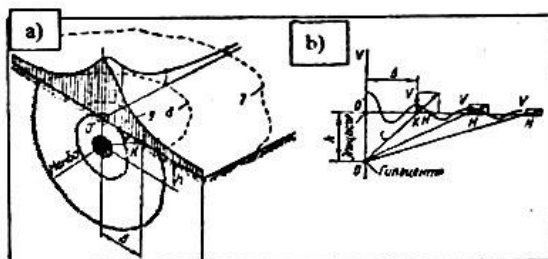
$$M = \lg A - \lg A_0 - \lg(A/A_0) \quad (II.1)$$

bu yerda A_0 va A — biror seysmik to'lqin siljishlarining maksimal amplitudalari bo'lib, ulardan birinchisi eng kuchsiz (etalon) zilzila jarayonida o'lchangan deb faraz etiladi, ikkinchisi esa epitsentrdan ma'lum Δ (km) masofada maxsus asboblار vositasida yozib olingan yozuvlardan o'lchab olinadi (II.5-rasm, a , b). Sirt to'lqinlari siljishi amplitudasini aniqlashda $\lg A_0 = -1,32/\lg \Delta$ deb olinadi; u holda yuqoridagi formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\lg A_0 = -1,32/\lg \Delta \quad (II.2)$$

Bu formula, epitsentr masofasi Δ ma'lum bo'lsa, bitta seysmik stansiyada yozib olingan siljishlar yozuvidan foydalanib, magnitudani aniqlash imkonini beradi. Ammo, odatda, M bir qancha stansiyalardan olingan ma'lumotlarni umumlashtirish asosida belgilanadi. Sodir bo'lgan eng kuchli zilzilalarning magnitudasi 8,6—8,8 atrofida ekani ma'lum. Magnitudasi birga teng deb qabul qilingan eng kuchsiz zilzilaning energiyasi taxminan 10^{12} erg ga teng. Magnitudasi $M = 8,5$ bo'lgan eng kuchli zilzilaning energiyasi esa taxminan 10^{27} erg.

Zilzila magnitudasini grafik usulda aniqlasa ham bo'ladi. Buning uchun Rixter shkalasidan foydalaniladi. Rixter shkalasi zilzila magnitudasini belgilashda aniq cheklangan yuqori miqdorga ega emas; ushbu shkala ishlatila boshlagandan to hozirgacha sodir bo'lgan eng kuchli zilzilaning magnitudasi 9 ga teng.



11.5 – rasm. Zilzila kuchining Yer sirtida tarqalishi:

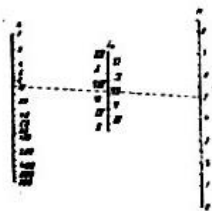
a – manba hududi sxemasi; b- epitsentrdan uzoqlashgan sari grunt harakati tuzuvchilarining o'zgarishi.

Inson sezadigan eng kuchsiz zilzilaning magnitudasi 2 ga teng; magnitudasi 7 va undan ortiq bo'lgan zilzilalar halokatli zilzilalar toifasiga kiradi. Rixter shkalasi turli zilzilalar kuchini taqqoslash imkonini beradi, ammo aniq, bir joyda seysmik ta'sirlar ko'lamiga baho bera oladigan ma'lumot bermaydi. Magnitudasi bir xil bo'lgan ikki xil zilzila yer yuzasida har xil natijalar berishi mumkin. Bu manbaning chuqurligi, yer sirtining muhandislik-geologik tuzilishi va boshqa sabablarga bog'liq. Muayyan bir joydagi seysmik ta'sirlarga baho berishda turli seysmik shkalalardan foydalaniladi. Ko'pincha matbuotda zilzila kuchini chalkashtirishadi. Ba'zan "zilzila kuchi Rixter shkalasi bo'yicha 5,7 bal bo'ldi" degan iborani eshitib qolamiz. Bu noto'g'ri axborot. "Zilzilaning magnitudasi 5,7 ga teng bo'ldi" deyilsa to'g'ri bo'ladi. Chunki, zilzilaning manbadagi energiyasi boshqa, yer sirtidagi kuchi boshqa. Ammo, bular o'zaro bog'liq miqdordir. Zilzilaning Yer yuzasidagi kuchi (intensivligi) ball J bilan o'lchanadi.

Magnituda M bilan ball J orasidagi bog'lanishni N.V.Shebalev quyidagi taqribiy empirik formula orqali ifodalaydi:

$$J = 1,5M - 3,5(\lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + 3) \quad (11.3)$$

Zilzilaning epitsentrdagi ($\Delta = 0$) maksimal kuchi
 $J_0 = 1,5M - 3,5lg + 3$ (II.4) formuladan aniqlanadi.



II.6- rasm. Magnituda M , epitsentrdagi zilzila kuchi J_0 va zilzila manbai chuqurligi h , km orasidagi bog'lanishni ifodalovchi Shebalin nomogrammasi.

N.V.Shebalin magnituda bilan ball orasidagi bog'lanishning grafik ko'rinishini ham ishlab chiqqan (II.6 – rasm).

Agar uchta miqdordan ikkitasi ma'lum bo'lsa, Shebalin nomogram-masidan foydalanib uchinchi miqdorni topsa bo'ladi. Masalan, manba chuqurligi (h , km) bilan magnituda M ma'lum bo'lsa, epitsentrdagi zilzila kuchi J_0 ni aniqlash qiyin emas. Buning uchun h va M o'qlarida tegishli nuqtalar belgilanadi, so'ng bu nuqtalar to'g'ri chiziq yordamida tutashtiriladi. Shu chiziq J_0 o'qida kesib o'tgan nuqta epitsentrdagi zilzila kuchi bo'ladi.

1.3. Seysmik shkalalar

Binokor — muhandis uchun zilzilaning Yer yuzasidagi kuchi muhim ahamiyatga ega. Shu boisdan bu masala mutaxassislarni ko'pdan buyon qiziqtirib keladi. Hozirga qadar turli mamlakatlarda turli mualliflar tomonidan 50 ga yaqin seysmik shkalalar ishlab chiqilgan. Shkalalarning barchasida zilzila kuchi ball hisobida bosqichlarga taqsimlanadi. Shkalalar ishlab chiqilgan dastlabki paytlarda o'lchash asboblari bo'lmaganligi sababli, seysmik shkalalar zilzila oqibatlarini kuzatish va tahlil qilish asosida tuzilar edi. Tebranishlarni o'lchaydigan asboblari yaratilgandan keyin, zilzilaning kuchiga qarab bosqichlarga ajratadigan shkalalar ishlab chiqildi. Rossi-Forel 10 balli (1883) hamda Merkalli-Kankani-Zibergning (1917) 12 balli shkalalari Yevropa mamlakatlarida keng tarqalgan dastlabki shkalalardan edi.

12 balli shkala ayrim mamlakatlarda hozir ham qo'llanadi. AQShda 1931 yildan beri Merkallining modifikatsiyalashtirilgan (qisqacha MM) shkalasidan

foydalaniladi. 1931 —1952 yillarda Sovet Ittifoqida Merkalli-Kankani-Ziberg shkalasiga o'xshash shkaladan foydalanilar edi. 1952 yildan 1998 yilgacha Sobiq Ittifoq Fanlar Akademiyasi yer fizikasi instituti (EFI) tavsiya etgan shkaladan foydalanib kelindi. Hozirgi zamon seysmik shkalalarida zilzila kuchiga baho berishda bino va inshootlarning shikastlanish darajasi, yerdagi qoldiq deformatsiyalar, yer usti va yer osti suvlari holatining o'zgarishi hamda aholining reaksiyasi singari belgilardan foydalaniladi. EFI shkalasi zilzila kuchiga baho berishda ham miqdoriy, ham izohli ko'rsatkichlardan foydalanishni ko'zda tutadi. Zilzila kuchiga miqdoriy baho berishda S.V.Medvedev ixtiro qilgan asbob SBM seysmometridan foydalaniladi. Bunda zilzila kuchi seysmometr mayatnigining siljishiga qarab belgilanadi.

Quyidagi jadvalda mayatnik siljishi X_0 bilan ball orasidagi bog'lanish keltirilgan:

II.1 - jadval

Zilzila kuchi, ball	1-4	5	6	7	8	9	10	11-12
X_0, mm	0,5	0,5-1	1,1-2	2,1-4	4,1-8	8,1-16	16,1-32	>32

EFI shkalasining tavsifiy qismida antiseysmik choralar qo'llanilmagan binolarning shikastlanish va buzilish darajalari keltirilgan, ya'ni kanday ballda bino qay darajada shikastlanishi yoki buzilishi batafsil izohlab berilgan.

Bulardan tashqari yer sirtidagi qoldik deformatsiyalar (yorilish, ko'chish, qulash), suvlar sathi va miqdorining o'zgarishi, odamlar va hayvonlarning zilzila paytidagi vaziyati, uy jihozlarining holati kabi ko'rsatkichlar ham ballga bog'lik holda qayd etilgan.

Seysmik shkala haqida o'quvchida to'laroq tasavvur hosil qilish maqsadida 12 balli EFI shkalasidan bitta ball, masalan 8 ball uchun, berilgan tavsiflarni keltiramiz.

I. Bino va inshootlar holati.

8 ball. Bir qavatli xom g'ishtdan qurilgan ko'pgina binolar buziladi, ayrimlari qulaydi. Pishiq g'ishtdan qurilgan aksariyat binolar jiddiy shikastlanadi, ba'zilari buziladi.

Yog'ochdan tiklangan binolarning aksariyati yengil shikastlanadi, ko'plari jiddiy shikastlanadi. O'yilgan va tuproq uyilgan yo'llarda kichik ko'chish ro'y beradi. Ayrim hollarda quvurlar ulangan yeridan ajraladi. Yodgorlik va haykallar siljiydi. Tosh-g'isht devorlar buziladi,

II. Gruntidagi qoldiq holatlar hamda yer osti va yer usti suvlari rejimining o'zgarishi.

8 ball. Gruntlardagi yoriqlar bir necha santimetrga etadi. Tog' yon bag'irlari va nam yerlarda ko'pgina yoriqlar paydo bo'ladi. Tog'da tosh ko'chishi va qulash hollari uchraydi. Havzalardagi suv loyqalanadi. Yangi suv havzalari paydo bo'ladi. Yangi buloqlar paydo bo'ladi yoki eskilari yo'qoladi. Buloq suvlari miqdori, quduq suvlari sathi o'zgaradi.

III. Boshqa belgilar.

8 ball. Osmo lampalarning ayrimlari shikastlanadi. Uy jihozlari siljiydi, qisman qulaydi. Yengil predmetlar sakraydi va qulaydi. Odamlar oyoqda bazo'r turadilar va tashqariga intiladilar.

EFI seysmik shkalasining yangi varianti loyahasida bir qator o'zgarishlar kiritilgan bo'lib, shkala foydalanish uchun birmuncha qulay ko'rinishga keltirilgan. Jumladan binolarning shikastlanish darajalari quyidagi tartibda klassifikatsiyalanadi:

1-yengil shikastlanish - devorda kichik yoriqlar paydo bo'lishi, suvoqdan kichik parchalarning ko'chib tushishi;

2-o'rtacha shikastlanish - devorda kichik yoriqlar paydo bo'lishi, panel choklarning darz ketishi, suvoqning katta bo'laklari ko'chib tushishi, mo'rilarning yorilishi, qisman qulashi;

3-og'ir shikastlanish - devorlarda katta yoriqlar ochilishi, panel choklarida kattagina darzlar hosil bulishi, mo'rilarning qulashi;

4-buzilish - ichki devorlarning qulashi, bino ayrim qismlarining qulashi, binoning ayrim qismlari orasidagi bog'lanishlarning buzilishi;

5-qulash - binoning batamom buzilishi.

Antiseysmik choralar qo'llanilmagan binolar quyidagi tiplarga taqsimlanadi:

A tip - xarsangtosh, xom g'isht, paxsa devorli binolar;

B tip - pishiq g'isht, tabiiy va beton bloklardan tiklangan binolar;

V tip - yirik panelli, po'lat va temirbeton sinchli, yog'ochdan puxta tiklangan binolar.

Yangi shkalaning miqdoriy qismida SBM mayatnigining maksimal siljishidan tashqari, erining tebranish tezligi va tezlanishi ham hisobga olinadi. Shkalaning asosiy xarakteristikalari II.2- jadvalda berilgan.

Yangi seysmik shkala loyihasisiga ko'ra zilzila kuchiga baho berishda asboblarni ko'rsatgan miqdoriy ko'rsatkichlar asosiy mezon hisoblanadi. Bunday ma'lumotlar bo'lmagan taqdirda bino va inshootlarning shikastlanish darajasini hamda grunt holatini ko'rsatuvchi makroseysmik ma'lumotlardan foydalaniladi.

Zilzila kuchiga makroseysmik ma'lumotlar asosida baho berishda juz'iy qiyinchiliklarga duch kelinadi. Bu qiyinchiliklardan biri - binoning shikastlanish darajasi qurilish materiallari va konstruksiyalarining sifatiga bog'liqligidir. Masalan, g'isht devorli bir xil binolarning seysmik mustahkamligi, ishning sifatiga qarab, bir-biridan farq qilishi mumkin. Ikkinchidan, shkalada binolarning shikastlanish xarakteristikasi antiseysmik choralarsiz qurilgan binolar uchun berilgan. Bunday binolar seysmik hududlarda joylashgan shaharlarda hozir ancha kamayib qolgan.

II.2-jadval

Shkala ball	Xo, mm	V ₀ , sm/s	a ₀ , sm/s ²	Bino va inshootlarning shikastlanish xarakteristikalar	Grunt va tog' jinslarida qoldik deformatsiyalar
6	1,5-3	3-6	30-60	B tipdagi ayrim binolarda va A tipdagi ko'p binolarda 1-darajali shikastlanish; A tipdagi ayrim binolarda 2-darajali shikastlanish	Kam hollarda - yer siljiydi, nam gruntlarda kengligi 1 sm.gacha bo'lgan yoriqlar paydo bo'lishi mumkin; tog'li rayonlarda - ayrim joylarda yer siljiydi, buloq va quduqlarda suvning hajmi o'zgarishi mumkin
7	3,2-6	6,1-12	61-120	V tipdagi ko'p binolarda 1-darajali, ayrimlarida 2-darajali shikastlanish; B tipdagi ko'p binolarda 2-darajali, ayrimlarida 3-darajali shikastlanish; A tipdagi ko'p binolarda 3-darajali, ayrimlarida 4-darajali shikastlanish; Tosh devorlar yoriladi	Ayrim hollarda - yo'llarning qiyaliklarida yer siljiydi, yo'l yuzasida yoriqlar paydo bo'ladi. Quvur choklarida buzilish bo'ladi. Ayrim hollarda buloq va quduq suvlarining hajmi o'zgaradi. Kam hollarda buloqlar paydo bo'ladi yoki borlari yo'qoladi
8	6,1-12	12,1-24	121-240	V tipdagi ko'p binolarda 2-darajali, ayrimlarida 3-darajali shikastlanish; B tipdagi ko'p binolarda 3-darajali, ayrimlarida 4-darajali shikastlanish; A tipdagi ko'p binolarda 4-darajali, ayrimlarida 5-darajali shikastlanish. Haykal va yodgorliklar siljiydi, qabr toshlari ag'anaydi. Tosh devorlar (to'siq) buziladi	Yo'l qiyaliklarida bir oz yer siljiydi, gruntlardagi yoriqlar bir necha santimetr ga etadi. Yangi suv havzalari paydo bo'lishi mumkin. Ko'p hollarda buloq va quduq suvlari hajmi o'zgaradi. Ba'zan suvsiz quduqlarda suv paydo bo'ladi yoki suvli quduqlar qurib qoladi
9	12,1-24	24,1-48	241-480	V tipdagi ko'p binolarda 3-darajali, ayrimlarida 4-darajali shikastlanish; B tipdagi ko'p binolarda 4-darajali, ayrimlarida 5-darajali shikastlanish; A tipdagi aksariyat binolarda 5-darajali shikastlanish. Yodgorlik va ustunlar ag'anaydi	Sun'iy suv havzalarining qirg'oqlari jiddiy shikastlanadi, yer osti quvurlarida uzilish ro'y beradi. Ayrim hollarda relslar bukilib, yo'llar shikastlanadi. Gruntlardagi yoriqlarning kengligi 10sm ga etadi. Yer siljish hollari ko'payadi, tog' jinslari qulaydi

Eslatma: X₀ - bir mayatnikli SBM seysmometri tehrangchining maksimal siljishi yoki AIS hamda IGIS markali ko'p mayatnikli seysmometrning tebranish davri 0,25s. gacha bo'lgan tehrangichining siljishi; V₀-grunt tebranishining maksimal tezligi; a₀-grunt tebranishining maksimal tezlanishi.

1-2 qavatli eski binolar bo'lib, ular yangi antiseysmik choralar qo'llanilgan binolar hisobiga borgan sari kamayib bormoqda. Bunday hol seysmik shkalaning tavsifiy qismidan foydalanishni qiyinlashtiradi. Shu sababli hozir seysmik shkala loyihasiga zamonaviy binolarning shikastlanish darajasini o'zida aks ettiruvchi qo'shimcha kiritish yuzasidan ish olib borilmoqda.

Hurmatli o'quvchida ba'zi chet el seysmik shkalalari to'g'risida biroz tasavvur hosil qilish maqsadida AQShda va umuman ingliz tilida gaplashadigan ko'p mamalakatlarda keng tarqalgan MM (Merkallining takomillashtirilgan) shkalasi to'g'risida qisqacha ma'lumot berib o'tamiz.

1931 yilda qabul qilingan ushbu shkalaga 1956 yilda Rixter ayrim o'zgartirishlar kiritgan MM shkalasi ko'p jihatdan EFI (Yer fizikasi instituti) shkalasiga o'xshab ketadi. Birinchidan, har ikkalasi ham aynan 12 balli shkala, tavsifiy qismlari ham bir-biriga juda yaqin. Misol tariqasida (taqqoslash mumkin bo'lsin uchun) 8 ball uchun berilgan tavsifni e'tiboringizga havola etamiz.

8 ball. Maxsus loyihalar bo'yicha qurilgan binolar yengil shikastlanadi; oddiy imoratlar - jiddiy shikastlanadi, ba'zi hollarda qisman buziladi, sifatsiz qurilgan uylar qulaydi. Panellar karkasdan ajraladi. Mo'rilar, fabrika trubalari, haykallar qulaydi. Og'ir uy jihozlari (mebel) joyidan siljiydi. Yerdan kichik hajmda qum va balchiq otilib chiqadi. Quduqlarda suv sathining holati o'zgaradi.

Ana shu tariqa 12 ta ballga alohida ravishda tavsif berib chiqilgan.

Yaponiyada 1900 yilda F Omori taklif etgan yetti balli shkala qabul qilingan. Bu shkala 1920, 1932 va 1950 yillarda qayta ishlangan. Shkalaning oxirgi varianti hozirda ham qo'llaniladi. Yapon shkalasi bo'yicha 6 ball - EFI shkalasi bo'yicha 9-10 ballga to'g'ri keladi (II.3-jadvalga qarang).

1963-64 yillarda S.V.Medvedev (Sobiq Ittifoq), V.Shponxoer (Germaniya), V.Karnik (Chexiya) tomonidan yangi xalqaro seysmik shkalaning loyihasi ishlab chiqildi. Ushbu shkalani MSK - 1964 nomi bilan xalqaro tashkilotlar (YUNESKO) barcha mamlakatlarda foydalanish uchun tavsiya etgan. Yangi shkala o'zining tuzilishiga ko'ra EFI, MM, va Yevropa shkalalariga yaqin turadi

(Yaponiya shkalasi bundan mustasno). MSK – 1964 shkalasini boshqa shkalalar bilan taqqoslash maqsadida II.3-jadvalni diqqatingizga havola etamiz.

II.3-jadval

MSK-1964 shkalasi	EFI shkalasi, 1952 y.	MM shkalasi, 1931 y.	Yaponiya shkalasi, 1950 y.	Rossi-Forel' shkalasi 1873 y.	Merkalli – Kankani – Ziberg shkalasi, 1931 y.
I	1	I	0	I	I
II	2	II	1	II	II
III	3	III	2	III	III
IV	4	IV	2,3	IV	IV
V	5	V	3	V - VI	V
VI	6	VI	4	VII	VI
VII	7	VII	4,5	VIII	VII
VIII	8	VIII	5	IX	VIII
IX	9	IX	6	X	IX
X	10	X	6	X	X
XI	11	XI	7	X	XI
XII	12	XII	7	X	XII

Jadvalda keltirilgan aksariyat shkalalar bir-biriga o'xshash; ulardagi ball ko'rsatkichlari o'zaro mos kelishidan tashqari, har bir ball uchun berilgan tavsiflar ham o'zaro o'xshashdir. Buning sababi shundaki, MSK-1964 shkalasini ishlab chiqishda Merkalli-Kankani-Ziberg shkalasi va shunga yaqin shkalalar asos qilib olingan hamda zamon talablari va imkoniyatlariga moslashtirilgan¹.

Endi ikki og'iz so'z o'z yurtimizda qo'llaniladigan seysmik shkala haqida. O'zbekiston Respublikasi mustaqillikka erishgandan so'ng ko'pgina sohalarida yangi me'yoriy va huquqiy qoidalar ishlab chiqildi. Shunday hujjatlardan biri hududlarda qurilish me'yorlari va qoidalari (1.03-96) bo'lib, u 1996 yilning 1 martidan kuchga kirgan.

Bu hujjatning joriy etilishi munosabati bilan O'zbekiston Respublikasida SNiP II-7-81 ning 1, 2, 3 qismlari va 1,2 ilovalari o'z kuchini yo'qotdi. Xuddi shuningdek 1998 yilning 1 yanvaridan boshlab, O'zbekiston Respublikasi standarti (O'z RST 836-97) "6 dan 10 ballgacha oralikdagi zilzila kuchini aniqlash uchun shkala" kuchga kirdi.

Ushbu standart kuchga kirishi munosabati bilan O'zbekiston Respublikasi hududida GOST 6249 – 52² o'z kuchini yo'qotdi. O'zbekiston seysmik shkalasi EFI shkalasidan juda kam farq qiladi. EFI shkalasida antiseysmik choralar qo'llanilmagan binolarning holati tahlil etiladi. Antiseysmik choralar qo'llab quyod etilgan binolar chetlab o'tilgan. O'zbekiston shkalasida ana shu kamchilik bartaraf etilgan.

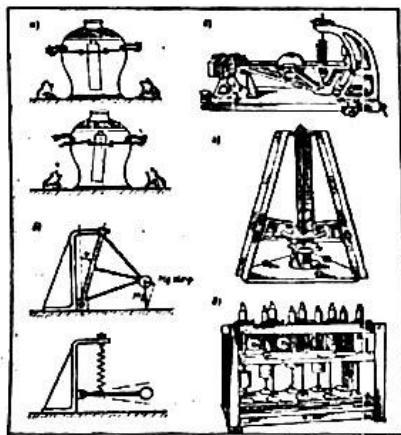
1.4. Tebranishni yozib oluvchi asboblari

Hozirgi paytda qator mamlakatlarda, jumladan O'zbekistonda, seysmik stansiyalar tashkil etilgan bo'lib, stansiyalar kutuvchi tartibda ishlaydigan asboblari bilan jihozlangan; ya'ni asboblari, ma'lum kuchga ega bo'lgan zilzila sodir bo'lgan taqdirda avtomatik ravishda ishlay boshlaydi va Yer sirtidagi tebranishlari parametrlarini yozib oladi. Zilzila jarayonini kuzatishga moslangan dastlabki asbobdan eramiz boshlarida foydalanilgan. Xitoy olimi Chjan Xen (78-139 yillar) tomonidan ixtiro qilingan seysmoskop sodir bo'lgan zilzilani epitsentrdan ancha uzoqda payqash imkonini bergan. Buning uchun idish ichiga richaglar vositasida tebrangich (mayatnik) o'rnatgan. Richaglar uchiga ajdarning og'zini eslatuvchi mexanizmlar tutashgan (II.6-rasm). «Ajdardlar og'ziga» kichik sharcha qistirilgan bo'lib, yer qimirlaganda tebrangich harakatlanadi va «ajdarning og'zi» ochilib, sharcha qurbaqa og'ziga tushadi. Uzoq masofada sodir bo'lgan zilzila shu yo'sinda qayd etilgan. 1703 yilda Jan Otfey (Fransiya) yasagan simobli seysmoskop, 1848 yili Kachchiatore (Italiya) yaratgan asboblari ham faqatgina zilzilani sodir bo'lganini qayd etardi xolos, zilzila haqida miqdoriy ma'lumotlar bermas edi. 1853 yilda Luidji Palmieri (Italiya) ixtiro qilgan asbob unga o'rnatilgan soat mexanizmi bilan boshqalaridan ustun turar edi.

² Yer fizikasi instituti 12 balli shkalasining amaliyot uchun eng kerakli bo'lgan 6 dan 9 ballgacha bo'lgan qismi Sobiq Ittifoq Davlat qurilishi komiteta (Gosstroy) tomonidan davlat standart i sifatida (GOST 6249 - 52) tasdiqlanib, 1953 yil 1 yanvardan amalga kiritilgan.

Asbob zilzilaning qancha vaqt davom etganini aniqlash imkonini bergan. Shundan keyin uzun mayatnik prinsipiga asoslangan asboblari yaratildi.

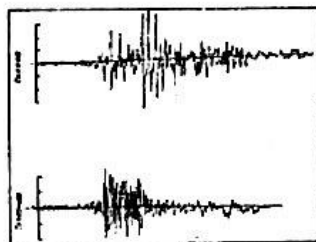
XIX asr oxirida Djon Miln (Angliya) vertikal mayatniklarni gorizontali tebrangichlar bilan almashtirib, mayatnikli asboblarni mukammallashtirishga katta hissa qo'shdi (II.7-rasm, b, v). Mayatnik toshining massasi katta bo'lganligi sababli uning erkin tebranish davri ham katta bo'ladi. Miln mayatnik toshiga oynakcha o'rnatib, unga fotoplyonkada aks etuvchi yorug'lik nuri yuborgan. Fotoplenka tebranayotgan zamanga o'rnatilgan barabanga o'ralgan. Yer tebranganda baraban ham ma'lum tezlik bilan aylangan va oynakchadan tushayotgan yorug'lik nuri fotoplyonkada iz qoldirgan. Bu yer tebranishlarini vaqt birligida grafik ravishda yozib olish imkonini beradigan haqiqiy seysmograf edi.



II 7-rasm. Zilzilani qayd etadigan va tebranishlarni o'lchaydigan asboblari:
 a - Chjan Xen seysmoskopi; b- gorizontali va vertikal tebranihlarni yozadigan seysmograflar; v - B.B. Golitsin seysmografi; g - bir mayatnikli SBM seysmometri; d - ko'p mayatnikli AIS - 2 m seysmometri.

Seysmometrik asboblarning bundan keyingi taraqqiyoti mashhur rus olimi B.B.Golitsin nomi bilan chambarchas bog'liqdir. O'tgan asrning boshlarida (1902-1906 y.) B.B.Golitsin tebranishlarni yozib olishning galvanometrik uslubini yaratdi. Bu usulga ko'ra mayatnikning mexanik tebranishlarini elektrodinamik o'zgartirish yo'li bilan elektr tokiga aylantiriladi.

B.B.Golitsin yaratgan seysmografning ilgari ixtiro qilingan asboblardan farqi va afzalligi shundaki, bunda tebranish parametrlarini ancha kattalashtirilgan holda yozib olish mumkin. Hozirgi davrda kuchli tebranishlarni yozib oladigan SMR - P, SSS, VBP singari qator seysmometrik asboblari yaratilgan. Siljishning maksimal qiymatlarini yozib olish uchun bir mayatnikli SBM va ko'p mayatnikli GIS yoki AIS (II.6-rasm, g, d) seysmometrlaridan foydalaniladi. Vatanimizning barcha seysmik stansiyalari shunday asboblari bilan ta'minlangan. Seysmograflar yordamida yozib olingan siljishlari grafigi seysmogramma deb ataladi. Tezlik yozuvlari velosigramma, tezlanish yozuvlari esa - akselerogramma deb ataladi. II.7-rasmda seysmogramma va akselerogramma tasvirlangan.



II.8- rasm. Seysmogramma va akselerogramma.

1.5. Seysmik to'liqlar

Zilzila manbaidan katta tezlik bilan ajralib chiqayotgan ulkan energiya ta'sirida jinslar tebranib, yer shari bo'ylab seysmik to'liqlar deb ataluvchi elastik to'liqlar tarqaladi. Seysmik to'liqlarning bir necha turlari mavjud bo'lib, ular bir-biridan xarakteri va tarqalish tezligi bilan farq qiladi. To'liqlarning quyidagi uchta turi asosiy hisoblanadi.

1. Bo'ylama yoki R to'liqlar tarqalish jarayonida jinslarda ketma-ket almashinuvchi siqilish-cho'zilish deformatsiyasi uyg'otadi. Bo'ylama to'liqlarning tarqalish tezligi (o'rtacha tezligi - 8 km/s) katta bo'lganligi sababli Yer sirtidagi nazorat punktiga boshqalaridan oldinroq etib keladi.

R to'liqlar darakchi rolini o'ynab, keyingi to'liqlarning kelishidan aholini ogoh etadi. 1.7-rasmdagi seysmogrammaning boshlang'ich qismi bo'ylama to'liqlar tebranishini ifodalaydi.

2. Ko'ndalang yoki S to'liqlarning tarqalish tezligi R to'liqlarga nisbatan kichikroq (5 km/s) bo'lganligi sababli seysmostansiyaga kechroq etib keladi. Ko'ndalang to'liqlar o'zi o'tayotgan jinslarda siljish deformatsiyalari uyg'otadi. Yer sirtida ko'ndalang to'liqlar uyg'otgan tebranish amplitudalari bo'ylama to'liqlarnikiga nisbatan kattaroq bo'ladi.

S to'liqlarning tezlanishi ham katta bo'ladi, shu sababli bino va inshootlar uchun ko'ndalang to'liqlar xavfliroq hisoblanadi.

3. Sirt to'liqlari yoki L to'liqlarning tezligi R va S to'liqlarga nisbatan kichikroq, bo'ladi. Ularning tebranish davri katta bo'lib, faqat Yer sirtidagina tarqaladi. Katta siljish hosil qiladi, biroq tezlanishi kichik bo'ladi. L to'liqlarni ba'zan Reley to'liqlari deb ham yuritiladi. Sirt to'liqlarining tarqalish tezligi gruntning elastik xossalriga bog'liq bo'lib, 0,2 dan (yumshoq gruntlarda) 5,6 km/s gacha (qattiq jinslarda) bo'lgan oraliqda o'zgaradi.

O'zbekistonda ro'y beradigan zilzilalarda, ayniqsa epitsentrdan uzoqda joylashgan hududlarda, aholi buylama va ko'ndalang to'liqlarni asboblarsiz ham aniq farqlay oladi. Qadimda xalqimiz buni «o'tib ketdi» va «qaytdi» iboralari bilan izohlagan. Zilzilaning «o'tib ketishi», hozirgi fan tili bilan aytganda, katta tezlikka ega bo'lgan bo'ylama to'liqlarga, «qaytishi» esa ko'ndalang to'liqlarga mos keladi. Agar epitsentr yaqin bo'lsa, zilzila «qaytmaydi». Bunda bo'ylama to'liqin tebranishlari tugab ulgurmasdan, ko'ndalang to'liqin tebranishlari ulanib ketadi. Kuzatuvchiga (asboblarsiz) guyo birgina zilzila sodir bo'lgandek tuyuladi. Aslida esa shu birgina zilzila ham bir necha to'liqindan - bo'ylama, ko'ndalang va boshqa to'liqlardan tashkil topgan bo'ladi.

Eslatma: R, S va L - inglizcha primaru (birlamchi), sekundaru (ikkilamchi) va long (uzun) so'zlaridan olingan. R - bo'ylama, - ko'ndalang, L -sirt to'liqlari ma'nosida ishlatiladi.

L to'liqlarning tebranish davri R va S to'liqlarga nisbatan uzunroq bo'lganligi uchun uzun to'liq deb nom olgan. L to'liqlari erning qa'rida emas, sirtida tarqaladi.

1.6. Hududlarni seysmik va mikroseysmik rayonlashtirish

Zilzilalar Er sharining turli hududlarida turlicha kuch va turlicha takrorlik bilan sodir bo'ladi. Ba'zi hududlarda vaqti-vaqti bilan Yer silkinib tursa, ba'zi joylarda umuman yer qimirlamaydi; ba'zi hududlarda zilzila tez-tez takrorlanib tursa, ba'zi hududlarda uzoq muddatlarda qaytalanadi.

Masalan, Ashxobod atrofida 9 balli zilzila 800 yilda bir takrorlangan bo'lsa, Toshkentda 8 balli zilzila 100 yilda takrorlangan. Zilzilaning ta'sir kuchi ham hamma yerda birday emas. Andijon (1902), Olmaota (1911), Ashxobod (1948) shaharlari 9 balli zilzilani o'z boshidan kechirgan. Buxoro, Termiz, Nukus singari shaharlar tarixida sodir bo'lgan zilzilalar kuchi 6-7 balldan oshmagan.

Binokor muhandis uchun ma'lum hududda kutilajak zilzilaning kuchini avvaldan bilish muhim ahamiyatga ega. Bu masala seysmolog olimlar tomonidan muvaffaqiyatli hal etilgan. Seysmologlar yer sharidagi epitsentrlarning geografiyasini chuqur o'rganib, asosan uchta seysmik poyas mavjudligini aniqladilar.

1. Tinch okean seysmik poyasi g'oyat aktiv bo'lib, zilzilalarning taxminan 80% shu erda yuz beradi. Poyasning chegarasi deyarli okeanning ikki sohili bo'ylab o'tadi. Eng dahshatli zilzilalar Alyaska, Kaliforniya, Chili va Yaponiyada uchraydi.

2. O'rta yer dengizi yoki Transosiyo poyasining aktivligi sustroq bo'lib, zilzilalarning taxminan 15% shu hududda yuz beradi. Bu poyas Ispaniya tog'laridan boshlanib, Pomir tog'larida tugaydi.

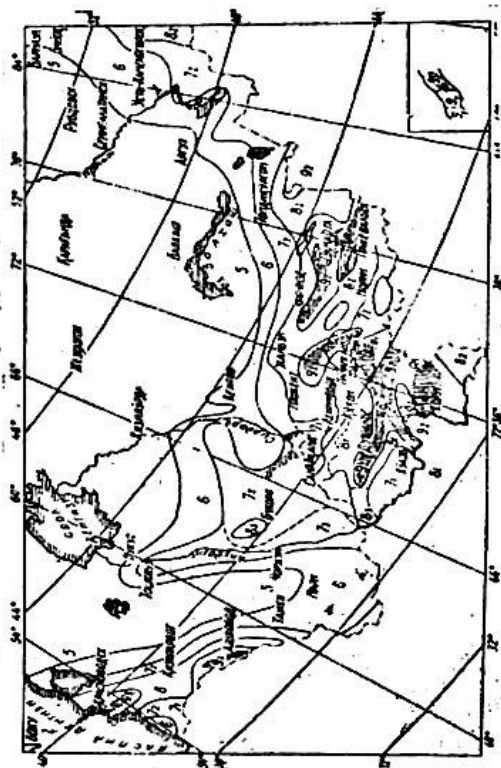
O'zbekistonning seysmik hududlari shu poyasda joylashgan. Qrim va Kavkaz ham shu poyasda yotadi.

3. Arktika-Atlantika poyasi Lena daryosining etaklaridan boshlanib, Grenlandiya va Islandiyaning janubiy sohili orqali Atlantika okeanining markaziy qismi bo'ylab o'tib, Ozor orollari atrofida O'rta yer dengizi poyasi bilan tutashadi.

Bulardan tashqari seysmik aktivligi ancha sust bo'lgan boshqa poyaslar ham bor. Masalan, Hind okeanining g'arbiy qismi va Sharqiy Afrika poyaslari shular jumlasidandir. Seysmik rayonlashtirishning ma'nosi, zilzila bo'ladigan hududlarni seysmik xavfi bir xil bo'lgan rayonlarga taqsimlab chiqishdan iborat. Kartada zilzilaning ehtimoliy kuchi bir xil bo'lgan nuqtalar egri chiziqlar (izoseysta) bilan tutashtiriladi. II.8-rasmda O'rta Osiyo va Kozog'iston regionining seysmik rayonlashtirish kartasi tasvirlangan.

Konkret binolarni loyihalashtirishda hududning necha balliligi hisobga olinishidan tashqari, binoning o'zi ham, ya'ni uning qanday maqsadlarga mo'ljallanganligi ham hisobga olinadi. Masalan, muhim ahamiyatga molik bo'lgan binolarning seysmik mustahkamligi, omonat yoki yordamchi binolarga nisbatan, kattaroq kafolat bilan loyihalanishi kerak. Shuning uchun muhim binolarning hisobiy balliligi qurilish maydonining balidan bitta oshirib, kam ahamiyatli binolarniki esa bitta kamaytirib olinadi. Hisobiy ballikni qanday binolar uchun qancha olinishi QMQda batafsil bayon etilgan.

Seysmoaktivligi 9 balldan yuqori bo'lgan rayonlar kartada alohida qayd etilmagan. Bunday erlar 9 balli hududlar ichida kichik uchastkalardan iborat bo'lib, grunt sharoiti nobop bo'lgan joylardan tashkil topgan.



II 9-rasm. O'rta Osiyo va Qozog'istonning seysmik rayonlashtirish kartasi.

Bunday rayonlarda binoning seysmik mustahkamligini ta'minlash g'oyat qiyin bo'lganligi uchun, 10 va yuqori balli hududlarda bino hamda inshootlar qurish tavsiya etilmaydi. Texnik-iqtisodiy hisoblar seysmik hududlardagi qurilish nouseysmik hududlardagiga nisbatan birmuncha qimmatga tushishini ko'rsatdi, bu ko'rsatkich 7 balli hududda 4% ni, 8 balli hududda 8 % ni, 9 balli hududda 12% ni tashkil etadi. Seysmik bali bir xil bo'lgan rayonlar juda katta hududlarni qamrab yotadi. Shu boisdan bir rayon miqyosida geologik va gidrogeologik sharoiti turlicha bo'lgan uchastkalarining mavjud bo'lishi tabiiydir. Bu esa o'z navbatida zilzila kuchiga ta'sir etadi.

Masalan, Yangi Zelandiyadagi ko'pgina zilzila oqibatlarini o'rganish, inshoot zmini bo'sh va nam gruntlardan tashkil topgan bo'lsa, qattiq va zich tog' jinslariga nisbatan ko'proq shikastlanishini, ya'ni inshootga ta'sir etadigan zilzila kuchi bir-ikki ball ortikroq bo'lishini ko'rsatdi. Binobarin, har bir maydonchanning balligiga grunt sharoiti kuchli darajada ta'sir etadi.

Shunday qilib, har bir uchastkaning seysmiklik darajasiga konkret grunt sharoitining ta'sirini hisobga olish masalasi, ya'ni uchastkaning seysmik rayonlashtirish kartasida belgilangan balliligiga gruntni hisobga oluvchi tuzatishlar kiritish masalasi tug'iladi. Shahar va uning alohida rayonlari chegarasida ballikni qayta aniqlash ishlari seysmik mikrorayonlashtirish deb ataladi. Mikrorayonlashtirishda qo'llaniladigan turli uslub va mezonlar yetarli darajada aniq va puxta bo'lmaganligidan olinadigan natijalar hamma vaqt birday chiqavermaydi. Shu sababli seysmologlarning turli guruhlar tomonidan bir joyning o'zi uchun tuzilgan kartasida sezilarli tafovutlar uchraydi. Masalan, shunday hol Toshkentda ro'y bergan. 1966 yilga qadar Toshkent shahri uchun seysmik mikrorayonlashtirishning bir necha kartasi tuzilgan edi. Zilzila oqibatlari bu kartalar bir-biridan ma'lum darajada farq qilganligini ko'rsatdi. So'nggi 20 yil mobaynida mikrorayonlashtirishni takomillashtirish borasida talaygina ishlar amalga oshirildi. Natijada tuzilgan kartalarning aniqlik darajasi birmuncha ortdi.

Har qanday bino va inshootlarni, ayniqsa to'g'on, ko'prik, atom elektrostansiyalari, juda baland binolarni loyihalashda seysmik mikrorayonlashtirish kartalarining ahamiyati benihoya kattadir.

I.7. Ba'zi kuchli zilzilalarning oqibatlari

Respublikamiz hududida va planetamizda ro'y bergan ba'zi zilzilalar oqibatlari bilan tanishib chiqamiz. 1620 yili ko'hna Axsi shahrida (Namangan yaqinida) 8-9 ball kuch bilan sodir bo'lgan zilzila shaharni tamomila vayron qildi. Juda ko'p aholi vayronalar tagida qolib ketdi.

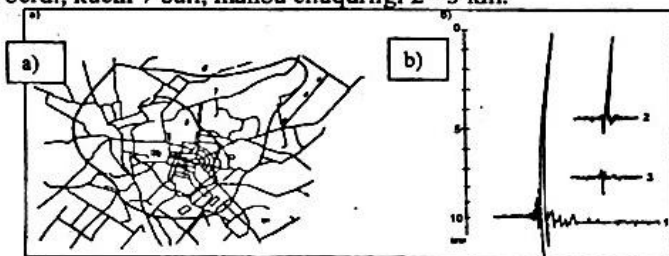
Kuchli yer silkinishi natijasida Sirdaryo o'zanidan chiqib, tevarak atrofni suv bosgan. Ulkan daraxtlar tomiri bilan qulab tushgan. Takroriy yer silkinishlari 6 oy davom etgan. O'zbekiston hududida eng dahshatli zilzilalardan biri 1902 yil 16 dekabr ertalab soat 10⁰⁰ da Andijon shahrida ruy bergan edi. O'sha kuni uchta kuchli turki shahar va uning atrofni yer bilan yakson qildi Birinchi turkning quvvati 8-9 ball bo'ldi, oradan 1-1,5 minut vaqt o'tgach, quvvati 9 balldan yuqori bo'lgan ikkinchi turki va taxminan yarim soatlardan so'ng ro'y bergan 8-9 balli uchinchi turki shaharni butunlay vayronaga aylantirdi. Qayta silkinishlar bir necha oy davom etdi. Dastlabki ikki kun mobaynida yer deyarli beto'xtov silkinib turdi. Keyin silkinishlar soni va kuchi asta-sekin kamaya bordi. Yer silkinishlarining ba'zan kuchaygan hollari ham bo'ldi. Zilzila 4500 dan ortiqroq kishining yostig'ini quritdi. Oltin hisobida 12 mln so'mlik moddiy zarar yetkazdi.

O'sha davrlarda Andijonda paxsa, xom g'isht, sinchli va pishiq g'ishtdan tiklangan binolar shaharning asosini tashkil yetar edi. Binobarin, binolarning zilzila kuchi ta'siriga bardoshi bir xil emas edi, albatta. Zilzila oqibatlarida pishiq g'ishtdan tiklangan binolar boshqalariga nisbatan bardoshliroq ekanligini ko'rsatdi. Guvala bilan to'ldirilgan sinchli binolar bu borada ikkinchi o'rinda turadi. Seysmobardoshlilik bo'yicha xom g'isht va paxsa devorli binolar ulardan keyingi o'rinlarda turadi.

1946 yilning 3 noyabrida sodir bo'lgan Chotqol zilzilasi magnitudasi 7,5, epitsentrdagi kuchi 9 ball. Zilzila O'zbekiston va Qirg'izistonning katta hududini qamrab olib, uning kuchi Toshkent v Andijonda 7 ball, Karavonda 8, To'xtagulda 8-9 ballni tashkil etgan.

Zilzila oqibatida Toshkentda ko'pgina g'ishtin binolar shikastlangan. Mutaxassislarning fikricha, shikastlanish sabablaridan biri - g'isht terish sifatining nihoyatda pastligi hamda antiseysmik choralarning qo'llanilmaganligi bo'lgan. Antiseysmik kamari bo'lmagan qator binolarda bo'ylama devorlar ko'ndalang devorlardan ajralib qolgan. Qorishmaning markasi juda past (10 dan kam) bo'lganidan g'ishtlar bir-biriga yaxshi yopishmagan. Antiseysmik kamari bor binolar deyarli shikastlanmagan.

Toshkent zilzilasi 1966 yilning 26 aprelida mahalliy vaqt bilan soat 5 dan 23 minut o'tganda sodir bo'ldi. Kuchi epitsentrdan 8 ball, magnitudasi 5,1, manba chuqurligi. - 8 km. Epitsentr shahar markazida joylashgan bo'lib, markazdan uzoqlashgan sari zilzila kuchi kamaya borgan va markazdan 7 - 8 km narida 5 ball atrofida bo'lgan. Asosiy va shiddatli yer silkinishlari 6 - 8 sekund davom etib, er tubidan kelgan gumbirlagan ovoz yer tebranishlari bilan qo'shilib ketgan. Epitsentr hududida kengligi 2 sm gacha va uzunligi 20 m gacha bo'lgan yoriqlar paydo bo'lgan. Zilzilaning kelib chiqishiga er tubidagi tektonik siniq bo'ylab yuz bergan siljish sababchi bo'lgan. II.10- rasmda Toshkent zilzilasi izoseysta xaritasi va seysmogrammalari tasvirlangan. Zilziladan so'ng bir hafta mobaynida 240 ta aftershok (takroriy qimirlash) sodir bo'ldi. Bularning eng kuchlisi 10 mayda ro'y berdi; kuchi 7 ball, manba chuqurligi 2 - 3 km.



II.10 - rasm. Toshkent zilzilasi izoseystasi (a) va seysmogrammalari (b):
1 - 26. IV. 66 yil; 2 - 28. IV. 66 yil; 3 - 10. V. 66 yil.

Shahar markazida o'sha kezlarda 1-2 qavatli xom g'ishtdan qurilgan imoratlar juda ko'p edi. G'ishtlar asosan loy bilan terilib, ko'p binolarda antiseysmik choralar qo'llanilmagandi. Garchi devorlarning qulash hodisasi kam uchragan bo'lsada, biroq devorlarda og'ma va gorizontal ko'rinishda katta yorilish va darzlar paydo bo'lgan. Og'ir karniz, parapet, panjara ustunlari singari elementlar jiddiy shikastlangan, ba'zilari qulab tushgan. 8 balli hududda pishiq g'ishtdan qurilgan binolar ham jiddiy shikastlangan. Bo'ylama va ko'ndalang devorlarning bir-biridan ajralish hollari ro'y bergan, bu ajralishlar choklar bo'ylab sodir bo'lgan. Binolarning antiseysmik kamarlari devorlarni qulashdan asrab qolgan.

Ko'p derazali, uzun yo'lakli, ko'ndalang devorlari orasidagi masofa katta bo'lgan maktab, shifoxona va ma'muriy binolar hatto 6-7 balli hududlarda ham jiddiy zarar ko'rdi. 7-8 balli hududlarda binoning yuqori qavatlarida pastki qavatlariga nisbatan ko'proq shikastlangan.

So'nggi yillarda qurilgan 30 dan ortiq bino SNiP P-A. 12-62 bo'yicha 8 ballga hisoblangan bo'lishiga qaramay, sezilarli darajada shikastlanganining sababi qorishma sifatining pastligidadir. Tekshirishlarning ko'rsatishicha, g'isht terishda qo'llanilgan qorishmaning markasi loyihada ko'rsatilganidan ancha past bo'lgan. Bu esa, o'z navbatida, binolarning jiddiy shikastlanishiga sabab bo'lgan. Demak, loyiha va hisob qanchalik mukammal bo'lmasin, qurilish ishlarining sifati past bo'lsa, binolarning seysmik mustahkamligi yetarli darajada bo'lmas ekan.

Gazli zilzilasi 1976 yilda ikki marta sodir bo'ldi: birinchisi 8 aprel ertalab mahalliy vaqt bilan 8 dan 40 minut o'tganda; ikkinchisi 17 may ertalab 7 dan 58 minut o'tganda ro'y berdi. Har ikkala zilzilaning epitsentri Gazli shaharchasidan 40 km narida Qizilqum sahrosida joylashgan bo'lib, birinchisining magnitudasi 7 ga yaqin, kuchi epitsentrdan 9 ball atrofida, shaharchada - 8 ball, Buxoroda 6 ball; ikkinchisining magnitudasi taxminan 7,3, manba chuqurligi 25 km, kuchi epitsentrdan 9 balldan yuqori, Gazlida 9 ballga yaqin. Buxoroda 6-7 ball, Kogon va Shofrikonda 7 ball, Samarqandda 5-6 ball bo'lgan.

Gazli shaharchasi va unga yaqin aholi yashaydigan punktlar ilgari 5-6 balli hududga kirar edi. (Gazli, Buxoro, Zarafshon - 5 ball, Kogon va Navoiy - 6 ball); shu boisdan bunyod etilgan binolar hech qanday antiseysmik choralarsiz qurilavergan. Seysmik kuchlar ta'siri hisobga olinmay qurilgan binolarning 8-9 balli zilzila kuchiga bardosh bera olmasligi mutlaqo tabiiydir. Ana shuning uchun ham ikki zilziladan keyin Gazlida foydalanishga yaroqli birorta ham bino qolmadi (ikki qavatli panelli uylar bundan mustasno). 8 aprelda chala buzilgan binolar 17 mayda batamom qulab tushdi. Gazli zilzilalaridan so'ng o'sha rayonning seysmik xaritasi seysmologlar tomonidan qayta ko'rib chiqildi va tegishli o'zgartirishlar kiritildi.

Yangi SNiP (P-7-81) bo'yicha Gazli 8 balli, Buxoro 7 balli hududga kiritildi. Buning ma'nosi shuki, endi qurilajak binolar Gazlida 8 va Buxoroda 7 balli zilzila kuchi ta'siriga hisoblanadi.

Gazli yosh shaharchalardan biri bo'lib, 1958 yildan boshlab qurila boshlagan. 1976 yili shaharchada 219 ta turar - joy binosi bo'lgan; ulardan 146 tasi bir qavatli taxta devorli, pishiq va xom g'isht devorli binolar bo'lgan. Uylardan biri 4 qavatli, 44 kvartirali yirik panelli, qolganlari 2 qavatli pishiq g'isht va yirik panelli binolar edi. Turli xil konstruksiyada qad ko'targan 27 binoda maktablar, shifoxonalar, bolalar bog'chalari, magazinlar va boshqa muassasalar joylashgan edi.

Sanab o'tilgan binolar ichida taxta devorlilari zilzila shiddatlariga yaxshi bardosh berdi; xom va pishiq g'ishtdan tiklangan binolar zilzilaga bardosh bera olmadi. Yirik panelli binolar zilzila ta'siriga g'isht devorli binolarga nisbatan ancha yaxshi qarshilik ko'rsatdi. Shuning uchun ham Gazli shaharchasini qayta tiklash davrida barcha g'isht devorli binolar butunlay buzib tashlanib, o'rniga yangi binolar qurildi. 36 ta ikki qavatli yirik panelli binolardan 22 tasi qayta tiklash uchun saqlab qolib, 14 tasi buzib tashlandi.



II.11 - rasm. 1976 yilgi Gazli zilzilasida qulagan ikki qavatli g'ishtli bino.
Oradan 8 yil o'tgach, 1984 yilning 20 martida Gazlida yana kuchli zilzila sodir bo'ldi. Zilzila epitsentri shaharning shimoli-g'arb tomonida taxminan 40 km uzoqlikda joylashgan. Zilzila magnitudasi 7,2.

Epitsentr hududida ko'l yaqinida uzunligi 10-15 m, eni 5 sm atrofida yer yorilganligi hamda bir qancha loy vulqonchalari hosil bo'lganligi qayd etildi. Vulqonchalar diametri 15-30 sm atrofida bo'lib, undan qaynab chiqqan mayin loy massasi 2-3 m masofaga aylana bo'ylab yoyilgan. Vulqoncha balandligi 10 - 20 sm.ni tashkil etadi. Epitsentrdan taxminan 20 km narida kichkinagina Svetushiy posyolkasi joylashgan.

Bu yerdagi bir qavatli binolar xom va pishiq g'ishtlardan, parcha toshlardan, mayda shlak-blok hamda taxta shchitlardan tiklangan. Zilzila oqibatida taxta devorli uylardan boshqa hamma binolar butunlay vayron bo'lgan. Hatto suvoqlarigacha yaxshi saqlangan taxta devorli uylarning tomidagi g'isht mo'rilariga qulab tushgan. Asbest quvurdan ishlangan mo'rilar zarar ko'rmagan.

Zilzila paytida Gazli shahrining turar joy fondi 1004 uydan iborat bo'lgan: bulardan 37 tasi ikki qavatli g'isht devorli, 22 tasi ikki qavatli yirik panelli, 7 tasi ikki qavatli monolit keramzit beton va 951 tasi bir qavatli taxta devorli imoratlardan tashkil topgan.

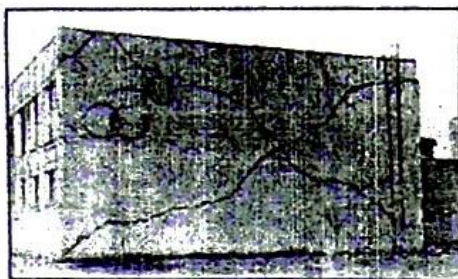
Gazli shahrida turar joy binolaridan tashqari maktablar, bolalar bog'chalari, magazinlar, jamoat va sanoat binolari mavjud. Binolarning hammasi (panelli uylar bundan mustasno) 1976 yildagi zilziladan keyin qurilgan bo'lib, 8 balli zilzila kuchiga hisoblangan. Zilzila paytida, taxta devorli uylardan tashqari, barcha binolar kuchli shikastlangan va buzilgan.

Ikki qavatli g'ishtli binolarning yuk ko'taruvchi devorlari qattiq shikastlangan. Aksariyat binolarda ko'ndalang devorlar bo'ylama devorlardan ajralib qolgan; birinchi qavat devorlarida X simon yoriqlar paydo bo'lgan, ammo qulamagan. Yarim g'isht qalinlikdagi pardevorlar (to'siqlar) kuchli shikastlanib, ko'pchiligi qulab tushgan. 1976 yil zilzilasidan so'ng 22 ta yirik panelli binolardan, 12 tasining seysmik mustahkamligi maxsus usullar bilan oshirilgan edi.

1984 yil zilzilasida ayrim devor panellarida qiya yoriqlar paydo bo'lib, panellar orasida choklar ochilgan. Ayvon pollari ostidagi tayanch ustunlari o'midan siljib, og'ib qolgan. Umuman yirik panelli uylar «boshidan» ikkinchi kuchli zilzilani kechayotganiga qaramay, yangi qurilgan g'ishtli uylarga qaraganda ancha yaxshi bardosh bergan.

Monolit keramzit-beton uylar kam shikastlandi. Zilzila natijalari bunday binolarning seysmik mustahkamligi g'ishtli va panelli binolarga nisbatan ancha yuqori ekanligini ko'rsatdi. Bir qavatli taxta devorli imoratlar bu safar ham sinovdan yaxshi o'tdi; bu tipdagi uylarning o'ta seysmik mustahkamligi zilzila paytida yana bir bor tasdiqlandi.

Boshqa zilzilalarda bo'lgani singari Gazlida ham maktab binolari kuchli darajada shikastlandi. Ikki qavatli temir-beton karkasli maktab binosining o'z yukini o'zi ko'tarib turadigan g'isht devorlari zilzila ta'sirida jiddiy shikastlandi; devorning ayrim qismlari qulab tushdi; maktab sport zalining yon devori diagonal bo'ylab yorilganligi (II.12-rasm) qayd etildi. Ba'zi joylarda yopma plitalar bosib qoldi, vestibuldagi shisha bloklardan tiklangan devor butunlay quladi. Bu hol yuqori seysmik hududlarda mo'rt materiallarning ko'llanilishi maqsadga muvofiq emasligini ko'rsatdi. Bino va inshootlarning zilziladan keyingi holatini taxlil qilish natijasi zilzila kuchi Svetushiy posyolkasida 9, Gazlida 8, Buxoroda 6-7 ballga etganligini tasdiqladi.



II.12-rasm. 1984 yil 20 martda yuz bergan Gazli zilzilasida shikastlangan maktab binosi.

Respublikamiz hududida, agar ta'bir joiz bo'lsa, XX asming "yakunlovchi" ikkita zilzilasi 80 yillarda sodir bo'ldi. Bularidan biri Toshkent markazidan 15 km g'arbda joylashgan Nazarbek posyolkasida 1980 yilning 11 dekabrda soat 20³⁵ da yuz berdi.

Manba chuqurligi 10-20 km, magnitudasi 5,5. Kuchi Toshkentning g'arbiy mavzellarida 6-7 ballni, epitsentrdan 8 ballni tashkil etdi. Shu yilning 30 dekabrda soat 7²⁹ da takroriy silkinish ro'y berdi. Buning epitsentri avvalgisidan 3 km narida joylashgan. Manba chuqurligi 10-15 km, magnitudasi 4,9. Kuchi 7-8 ball. Bir oy mobaynida 200 ga yaqin takroriy silkinish (aftershok) yuz berdi.

1984 yilning 18 fevralida soat 5²⁷ da Namangan viloyatining Pop shahrida sodir bo'lgan zilzilaning magnitudasi 5,5; kuchi 8 ball, manba chuqurligi 15-17 km. Asosiy turtkidan ilgari bir nechta kuchsiz silkinishlar (forshoklar) qayd etilgan. Armanistonda 1988 yilning 7 dekabrda XX asrning eng dahshatli biri odir bo'ldi. Leninakan, Kirovakan, Stepanovan hamda Spitak shaharlarida



ko'plab zamonaviy binolar vayron bo'ldi. Armanistonning shimolida joylashgan Spitak shahrida zilzila kuchi 9-10 balli bo'ldi. Bu zilzila natijasida 25 ming kishi hayotdan ko'z yumdi, minglab odamlar jarohatlandi va boshpanasiz qoldilar. Minglab odamlar xarobalar ostida qoldi. Mutaxassislarning xulosalariga qaraganda vayronagarchilikning asosiy sabablaridan biri qurilish ishlari sifatining nihoyatda pastligi bo'lgan (II.13, - II.18-rasmlar).

II.13 - rasm. Armaniston zilzilasiida vayron bo'lgan besh qavatli turar joy binosi.



II.14 - rasm. Armaniston, Spitak, 7 dekabr, 1988 y.. Armaniston zilzilasiida vayron bo'lgan to'rt qavatli turar joy binosi.



II.15 - rasm. Armaniston, Spítak, 7 dekabr, 1988 y. Vayronaga aylangan jamoat binosi.



II.16 - rasm. Armaniston, Spítak, 7 dekabr, 1988 y. Zilzila oqibatida boshpanasiz qolgan odamlar.



II.17 - rasm. Armaniston, Spítak, 7 dekabr, 1988 y. Vayronaga aylangan ko'p qavatli mehmonxona binosi.



II.18 - rasm. Armaniston, Spitak, 7 dekabr, 1988 y. Vayronaga aylangan to'rt qavatli turar-joy binosi.

Armaniston zilzilasi ko'p qavatli binolar ostida qolgan odamlarni qutqarish bo'yicha mamlakatda malakali kadrlar va qutqarish texnikasi yo'q ekanligini ko'rsatdi. O'lik yoki tirik odamlarni xarobaning qaeidan izlash lozimligini ko'rsatuvchi asboblarning yo'qligi qutqarish ishlarida katta qiyinchiliklar tug'dirdi.

Yaponiya haqida so'z ketganda uni "Kunchiqar mamlakat" deb tilga olinadi. Go'zal Yaponiya tongini qarshilagan shoirlar bu haqda ajoyib she'rlar bi-tishgan. Bu yaxshi albatta. Ammo "Oyning o'n beshi yorug', o'n beshi qorong'u" deganlaridek, ushbu o'lka xalqi tarixda misli ko'rilmagan dahshatli zilzilalarni beshidan o'tkazgan jafokash xalqdir. Yaponiya sayyoramizning seysmik jihatdan eng faol hududlaridan birida joylashganligi tufayli, u erda kuchli zilzilalar tez-tez sodir bo'lib turadi. Birgina XX asrning o'zida yapon xalqi bir necha kuchli zilzilalarning shohidi bo'ldi. Chunonchi 1923 yilning 1 sentyabrida Kanto zilzilasi Tokio, Iokogama va boshqa qo'shni shaharlarni vayron qildi.

Zilzilaning magnitudasi 8,2 ga teng bo'lib, gipotsentr Tokiodan 104 km va Iokogamadan taxminan 60 km uzoqlikda dengiz tubida joylashgan edi. Tokio va uning atrofida 140 ming kishi hayotdan ko'z yumdi.

1755 yildagi Lissabon va 1906 yildagi San-Fransisko zilzilalarida bo'lgani singari Kanto zilzilasi ham Tokio va Iokogama (Tokiodan 32 km narida) shaharlarida juda katta yong'in kelib chiqishiga sababchi bo'lgan. Zilziladan 20 yil ilgari, ya'ni 1903 yilda prof. Imamura agar shaharda suv ta'minoti tizimi va yong'in xavfiga qarshi choralar yo'lga qo'yilmasa zilzila juda katta zarar yetkazishi mumkinligi haqida ogohlantirgan edi. Chunki an'anaviy qurilish materiali tez yonuvchan yog'och va qog'ozlardan iborat bo'lib, shahar ko'chalari transport qatnovi uchun tor edi. Zilzila boshlangan paytda ko'p xonadanlarda gaz plitalarida tushlik ovqat tayyorlanayotgan edi. Imorat qulaganda o'chirilmagan gaz plitalar ko'plab uylarni o't olishiga sababchi bo'lgan. Dastlabki daqiqalardayoq vodoprovod tarmog'i ishdan chiqqan, o't uchirish vositalarining ko'pi yakson bo'lgan. Suvning yo'qligi, buning ustiga kuchli shamolning esishi Tokioni jahannamga aylantirdi. Ko'plab yog'och ko'priklar, 2270 ta daryo kemachalari, 483 ming turar joy binolarining 301 minge yonib kul bo'ldi.

Zilzila oqibatlarini o'rganish bino konstruksiyalarining zilzilabardoshligiga baho berishda muhim ahamiyat kasb etadi. Karkasli (sinchli) binolar karkassiz binolarga nisbatan ancha zilzilabardosh ekanligi o'z tasdig'ini topdi. Temirbeton karkas orasidagi devor ham temirbetondan bo'lsa, boshqalarga nisbatan kamroq shikastlangan. Taniqli olim va muhandis Teichu Naitoning xulosasiga ko'ra karkas devordan oldin tiklansa, devor g'ishtlari uncha yaxshi birikmaydi va shuning uchun ham mustahkamligi past bo'ladi. Agar karkas devordan keyin betonlansa, u devor bilan puxtaroq birikadi va zilzilabardoshligi yuqoriroq bo'ladi. Keyingi yillarda qurishning bunday usuli, ya'ni avval devor g'ishtlarini terib, so'ngra ma'lum masofada ochiq qoldirilgan karkaslar o'mini beton bilan to'ldirish respublikamizda, ayniqsa Toshkent shahrida keng tarqalib bormoqda. Bizda buni kompleks konstruksiya deb ataladi.

Ustun va rigellar tutashgan tugunlarning mukammal emasligi, ko'ndalang armaturalar orasidagi masofaning kattaligi ($> 15 \text{ sm}$) ko'p binolarda buzilishga olib kelgan. Yaxlit temirbeton poydevorli va gorizontal bikirligi yuqori bo'lgan binolar yaxshi saqlangan. Zilzila oqibatlarini o'rgangan tadqiqotchilar baland binolarning tarh(reja)dagi shakli ham ularning zilzilabardoshligiga sezilarli darajada ta'sir etishini aniqladilar. Tarhdagi shakli kvadrat, to'g'ri to'rtburchak bo'lgan binolar G-simon, P-simon va Sh-simon shaklli binolarga nisbatan kam buzilganligini qayd etdilar.

Tokioda taxminan 7 mingga yaqin bino 2-3 qavatli pishiq g'ishtdan tiklangan binolar edi. Bunday binolarning ko'pi buzildi. Ammo, yaxshi sifatli g'ishtlardan yuqori sifat bilan qurilgan binolar yaxshi saqlangan va kam shikast ko'rgan, Eshik va deraza o'rinlari binoning markaziy o'qlariga nisbatan nosimmetrik tarzda joylashgan g'ishtin binolar ham jiddiy shikastlangan.

Tokioning Maryunuchu mavzesidagi binolar bitta firma tomonidan tayyorlangan va qurilgan ekanligini qayd etadi prof. Syuexiro. Bitta binodan boshqa hamma binolar zilzila sinovidan juda yaxshi o'tgan. Shular qatorida g'isht devorli binolar ham yaxshi saqlangan. Ularning tarhdagi shakli sodda bo'lgan, ko'ndalang devorlar orasidagi masofa 10 m dan oshmagan. Orayopmalari - monolit temirbeton, 3,5 g'isht qalinlikdagi devorlari yuqori sifatli g'ishtlardan yuqori sifat bilan terilgan. Devor har bir qavatda gorizontal temirbeton kamar va vertikal armatura bilan mustahkamlangan. Poydevorlari - qoziq (svay) qoqilgan zamin ustiga beton to'shash usulida qurilgan. Bunday binolar hozirgi zamon tili bilan aytganda kompleks konstruksiyali binolar toifasiga kiradi. Demak bunday konstruksiyalarning zilzilabardoshligi 1923 yilda tabiat tasdig'idan o'tgan ekan.

Zilzilaga qadar T.Naitoning loyihasi bilan bir qancha binolar bunyod etilgan edi. Bu binolar ham zilzila sinovidan yaxshi o'tdi. Binolarning hammasi beton bilan himoyalangan metall karkas yoki oddiy temirbeton karkasdan ishlangan bo'lib, karkas orasi asosan temirbeton va qisman pishiq g'isht bilan to'ldirilgan edi.

Naitoning fikricha har qanday binoning devorlari va orayopmalari bikir, tugunlari mustahkam bo'lishi zarur; binoning xususiy tebranishlari davri zilzila chog'ida zamin tebranishlari davridan kichik bo'lishi lozim.

Bikir konstruktiv sxema asosida bunyod etilgan Naito binolari 1923 yil Tokio zilzilasida yaxshi saqlanib qolganligi sababli hozirda ham bu uslubdan keng foydalaniladi.

Yaponiyada kuchli zilzilalardan yana biri 1964 yilning 16 iyunida Xonsyu orolining dengiz bo'yida joylashgan Niigata shahrida sodir bo'ldi. Uning magnitudasi 7,5 hamda manba chuqurligi 40 km. Epitsentr shahardan 50 km narida bo'lib, zilzila kuchi Nigatada yapon shkalasi bo'icha 5 ballni, EFI shkalasi bo'yicha taxminan 7,5 ballni tashkil etgan. Zilzila kuchi nisbatan katta bo'lmasa ham shaharda ko'p binolarning buzilishiga sabab yer-grunt sharotining yomonligi bo'lgan. 1968 yilning 16 mayida Tokachioka (Yaponiya) shahrida yuz bergan asosiy zilzilaning magnitudasi 7,8 hamda manba chuqurligi 20 km; keyingi kuchli aftershoklarning magnitudalari 7,4 va 6,5. Epitsentr Xonsyu orolidan 180 km narida bo'lgan. Zilzila kuchi MM shkalasi bo'icha 9 ballni tashkil etishiga qaramay, yetkazilgan zarar ancha kam bo'lganligi qayd etilgan (676 bino buzilgan, 2994 bino kuchli va 15483 bino o'rtacha shikaslangan).

Yaponiyada XX asrning oxirgi kuchli zilzilasi 1995 yilning 17 yanvarida soat 5⁴⁷ da Xanshin viloyatida sodir bo'ldi. Ushbu viloyatda G'arbiy Yaponiyaning Osaka, Keto va Koba singari yirik sanoat shaharlari joylashgan. Bu hududda hozir 20 mln aholi yashaydi. Zilziladan eng ko'p zarar ko'rgan shahar Koba bo'lib, unda 2 mln dan ziyod (Toshkent aholisidan yarim mln kam) aholi istiqomat qiladi. Zilzila magnitudasi 7,2; manba chuqurligi 14 km ni tashkil etadi. Manba uncha chuqur bo'lmaganligi sababli uning ta'sir kuchi ancha kuchli bo'ldi. Zilzila oqibatida 6 ming kishi xayotdan ko'z yumdi: bulardan 88 foizi vayronalar ostida, 10 foizi kuchli yong'in ta'sirida halok bo'ldi. 37 ming kishi turli darajada tan jarohati oldi. 93 ming bino buzildi.

Xizmat ko'rsatish tizimining ishdan chiqishi natijasida yong'in katta maydonlarga tarqaldi. Koba shahrining o'zida 21 ga maydon o't ichida qoldi.

Yong'in shu kuni (17 yanvar) kechgacha davom etdi O't o'chirish vositalari (vodoprovod) ishdan chiqqanligi sababli suvni dengizdan tashib keltirishga to'g'ri keldi (Koba - dengiz bo'yida joylashgan port shahar). Yong'in natijasida 825 uy kuyib kul bo'ldi, 200 dan ortik imorat ishdan chiqdi. Zilzila mamlakagga 10 trillion ien zarar keltirdi.



II.19 - rasm. 1995 yil Koba zilzilasi oqibatlari.

1999 yilning 17 avgustida Turkiyaning Izmir va Istambul shaharlarida yuz bergan kuchli zilzida 18 mingga yaqin aholini hayotdan olib ketdi. Ko'p qavatli binolar vayron bo'ldi. 35 ming odam jarohatlandi. XX asrning eng so'nggi dahshatli zilzilasi ana shu zilzila bo'lib qoldi (kuchsiz zilzilalar bundan mustasno).

Indoneziya orollarida Yaponiya singari zilzilalar tez-tez bo'lib turadi. Indoneziya planetamizning eng aktiv seysmik rayonida joylashganligi sababli seysmologlar yiliga bu orollarda Rixter shkalasi bo'yicha magnitudasi 4 balldan yuqori bo'lgan 7 mingga yaqin zilzila sodir bo'lishini kuzatadilar.

2004 yil dekabrining oxirida ro'y bergan zilzila natijasida Indoneziyada 165,3 ming kishi hayotdan ko'z yumdi va 80 % uylar buzildi. 2010 yil, 7-aprelda Indoneziyaning Simeulue orolida magnitudasi 7,8 bo'lgan kuchli zilzila sodir bo'ldi. 2004 yil 26-dekabr fojiasi aholi xotirasida edi. O'shanda Osiyoning Janubiy-Sharq mamlakatlari Indoneziya, Hindiston, SHri-Lanka, Tailand va boshqa o'lkalarda 230 mingga yaqin insonlar hayotdan ko'z yumgan bo'lib, shulardan 168 mingga yaqini Indoneziyaliklar edi.



II.20 -rasm. 2004 yil Indoneziya zilzilasi va sunami oqibatlari.



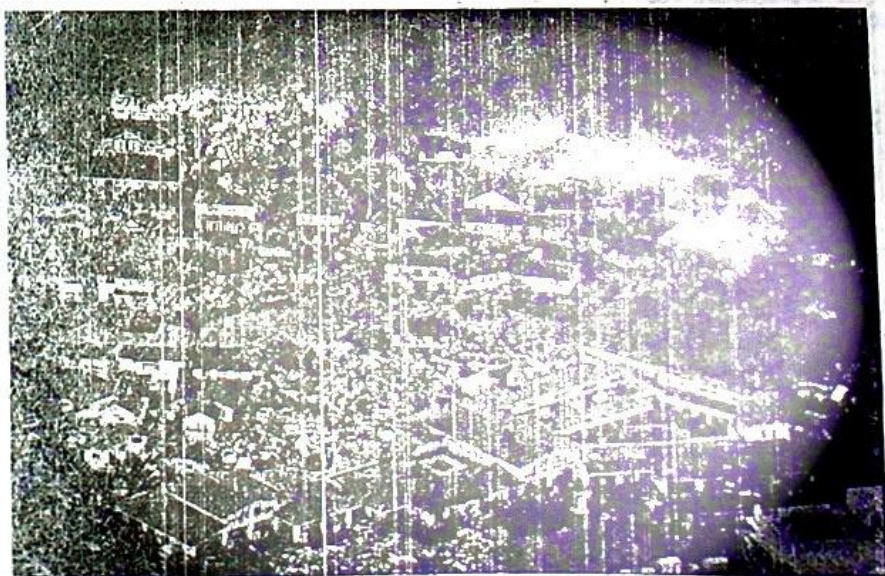
II.21- rasm. 2004 yil Indoneziya zilzilasi paytida odamlarning vahimagaga tushishi.

2011y. 11 - martida Yaponiyada XXI asrning eng dahshatli zilzilalaridan biri sodir bo'ldi. Epitsentr Yaponiyaning Shimoliy-sharqida dengiz tubida bo'lgan. Chuqurligi 24 km, magnitudasi 9. Zilzila manbai dengiz tubida joylashganligi sababli kuchli to'fon (Sunami) qo'zg'algan. To'lqin balandligi 10m. dan oshgan. Yengil avtomobillarni gugurt qutisiday o'ynatgan. Tokio atrofida yong'in avj olgan. Epitsentr yaqinida joylashgan atom elektr stansiyasida reaktorlardan birining portlashi vaziyatni yanada mushkullashtirgan, dard ustiga chipqon bo'lgan. Dastlabki kunlar magnitudasi 5-7 atrofida bo'lgan aftershoklar takrorlanib turdi. Zilzila asorati mamlakatga 15 milyard dollar miqdorida moddiy zarar yetkazdi. Qator davlatlar jafokash yapon xalqiga yordam qo'lini uzatdilar. O'zbekiston ham xayriya ishlarida chetda qolmadi. Bir yildan so'ng 2012 yilning 11 martida keltirilgan ma'lumotga ko'ra ushbu zilzilada 16 ming kishi hayotdan ko'z yumgan, 3 ming kishi bedarak yo'qolgan, 10 mingdan ortiq kishi tan jarohati olgan.

Quyidagi rasmlarda shu dahshatli zilzilaning ba'zi lavhalarini e'tiboringizga havoia qilmoqdamiz.



II.22- rasm – 2011 y. 11 - martida Yaponiyada sodir bo'lgan zilzila xaritasi. Zilzila eplisentri doira bilan ko'rsatilgan.



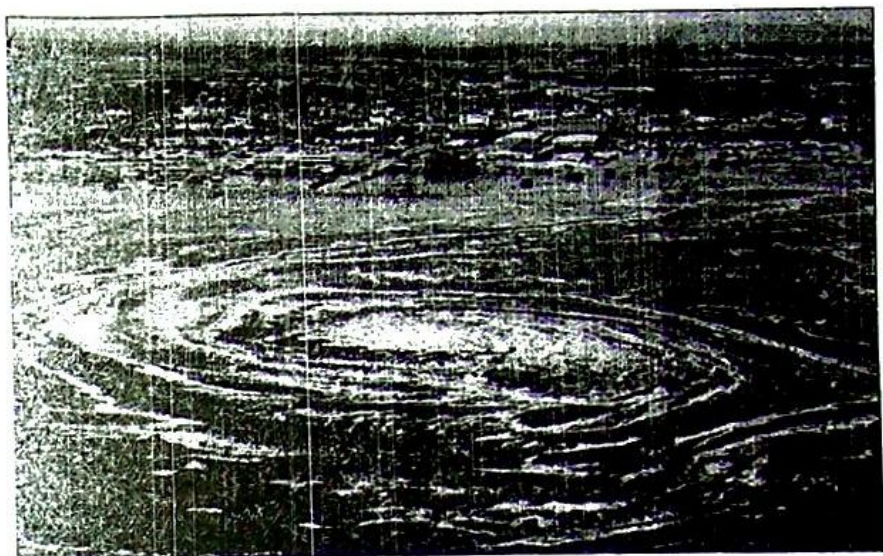
II.23 -rasm. Zilzila paytida binolarda sodir bo'lgan yong'in.



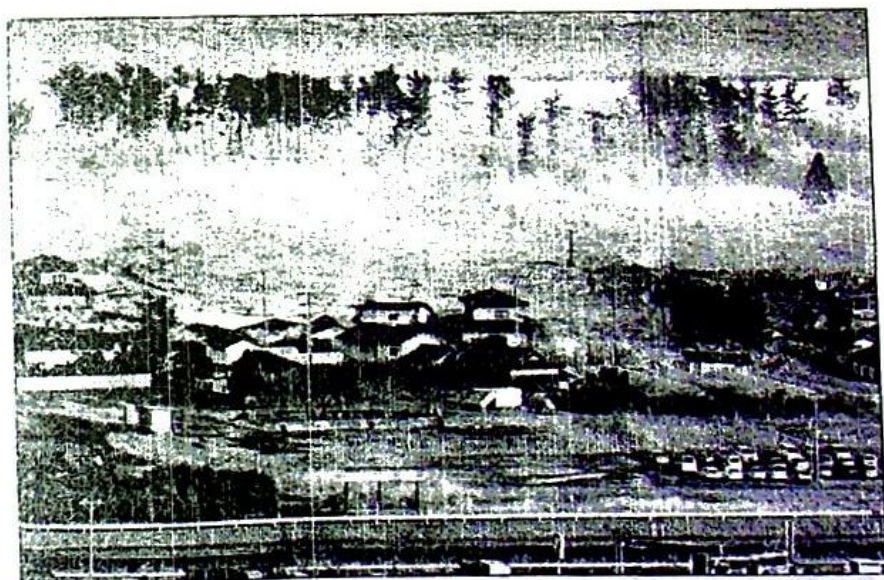
II.24- rasm. Yaponiyaning atom elektrostansiyalaridan birida yong'in.



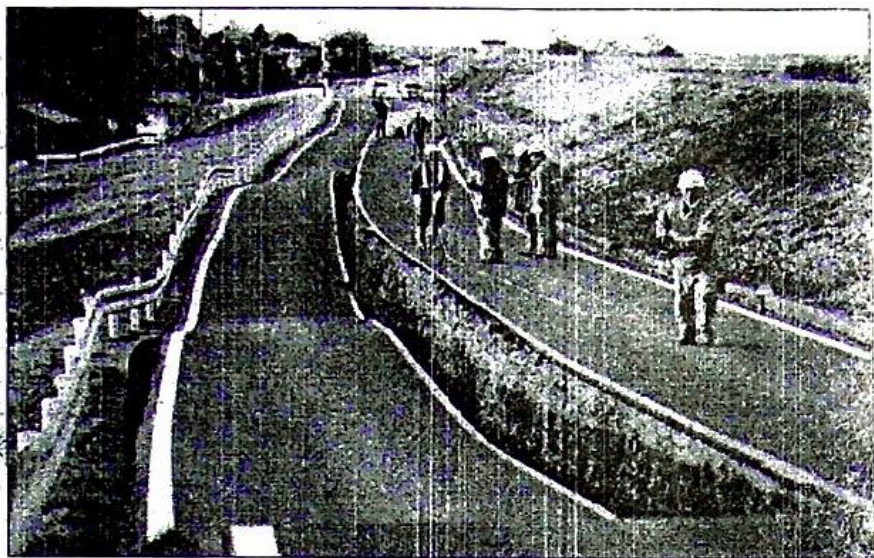
II.25- rasm. Yaponiya telekanali NHK videosidan lavha. Sunami oqibatida suv toshqiniga uchragan Miyagi prefekturasi ko'chalarining holati.



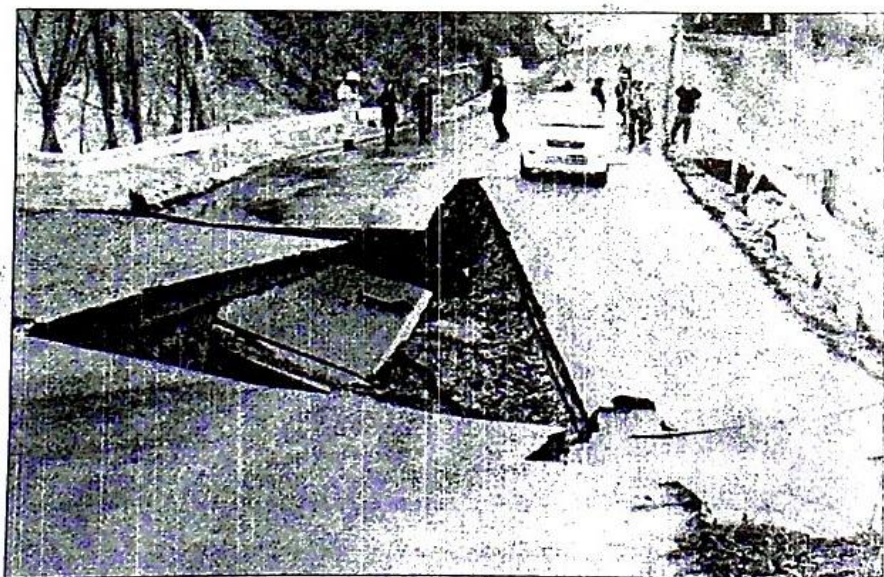
II.26- rasm. Zilzila chog'ida dengizda ro'y bergan girdob (vixr).



II.27- rasm. Zilzila chog'ida sunami va toshqinlar.



II.28-rasm. Tokio. Zilzila oqibatida erda hosil bo'lgan yoriqlar.



II.29-rasm. Zilzila oqibatida hosil bo'lgan yerdagi o'pirilishlar.

Endi oxirgi paytlarda Lotin Aamerikasida sodir bo'lgan kuchli zilzilalar to'g'risida to'xtalib o'tamiz.

So'zni Gaiti zilzilasidan boshlasak. Zilzila 2010 yilning 12-yanvarida Gaiti erolida mahalliy vaqt bilan 16 dan 53 daqiqa o'tganda sodir bo'ldi. Epitsentr Gaiti Respublikasining poytaxti Port-o-Prens shahridan 22 km narida, gipotsentr esa 13 km chuqurlikda joylashgan.

Zilzila manbaining kuvvati (magnitudasi) 7,0 ga teng. Asosiy turtikidan so'ng magnitudasi 5 dan, kam bo'lmagan 15 ta qayta silkinish (aftershok) qayd etildi. Zilzilaning sodir bo'lishiga sabab yer qobig'ining tektonik xarakati, aniqroq; qilib aytadigan bo'lsak, Karib va Shimoliy Amerika

atmosfera plitalarining o'zaro siljishi sabab bo'lgan. Bunday kuchli zilzila Gaitida oxirgi marta 1751 yilda sodir bo'lgan edi. Zilziladan 10 kun keyin, e'lon qilingan ra'lumotlarga qaraganda 222 ming 570 kishi hayotdan ko'z yumgan, 869 kishi bedarak yo'qolgan va 311 ming kishi jarohatlangan. Qurbonlar soni bundan ham ko'proq bo'lishi mumkin, deyiladi usha rasmiy xabarda. Zilzila qo'rsatgan moddiy zarar 5,6 milliard yevroni tashkil qildi. Zilzila oqibatida ko'p binolar, shu jumladan, Prezident saroyi va "Kristof" mehmonxonasi binosi jiddiy shikastlangan va buzilgan, 250 mingga yaqin bino vayron bo'lgan. Bunday kuchli zilzila Gaitida oxirgi marta 1751 yilda bo'lib o'tgan edi. Quyida keltirilgan rasmlarda Gaiti fojiasidan ba'zi lavhalarni e'tiboringizga havola etmoqdamiz.



II.30 -rasm Port-o-Prens 12 yanvar. Zilzila natijasida sodir bo'lgan yong'in (REUTERS/Reuters TV).



II.31-rasm. Port-o-Prens 12 yanvar. Universitet vayronasi ostida qolgan erkak yordamga chaqirayapti (REUTERS/Reuters TV).



II.32-rasm. Port-o-Prens, Galti, 12 yanvar. Tamoman vayronaga aylangan turarjoy binosi (Tequilla Minsky for The New York Times).



II.33-rasm. Port-o-Prens, Galti, 12 yanvar.vayronaga aylangan prezident saroyi. Markaziy qismi ilgari 3 qavatdan iborat bo'lgan. (REUTERS/Eduardo Munoz)



II.34-rasm 13 yanvarya 2010 y. Gaiti poytaxtidagi Canape-Vert rayonining zilziladan so'ng ko'rinishi (REUTERS/Eduardo Munoz).



II.35-rasm.13 yanvarya 2010 y. Port-o-Prens aholisi zilziladan so'ng ko'chlarda tunaganlar (REUTERS/Eduardo Munoz).

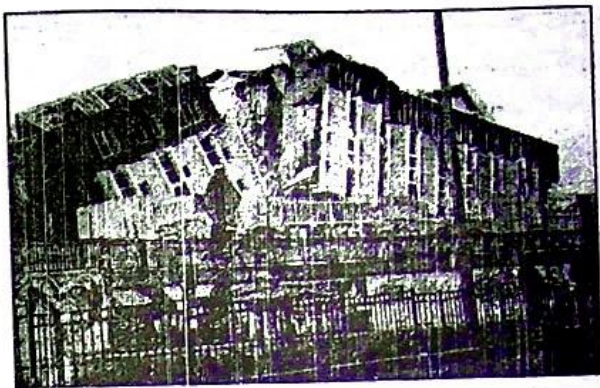


II.36-rasm.-Rasm. Zilzila oqibatida halok bo'lgan odamlar.

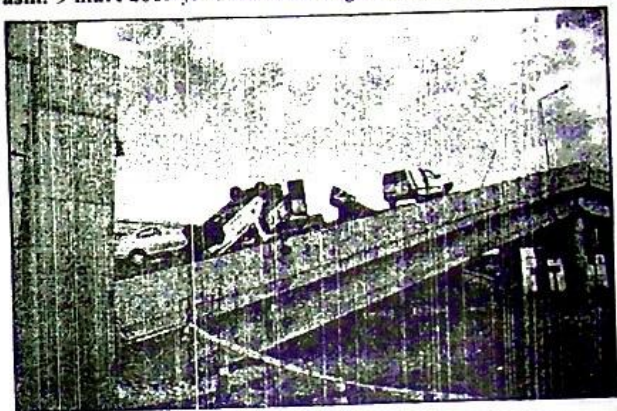


II.37-rasm. Port-o-Prens. Xarobalar orasida tirik qolganlar izlanmoqda.

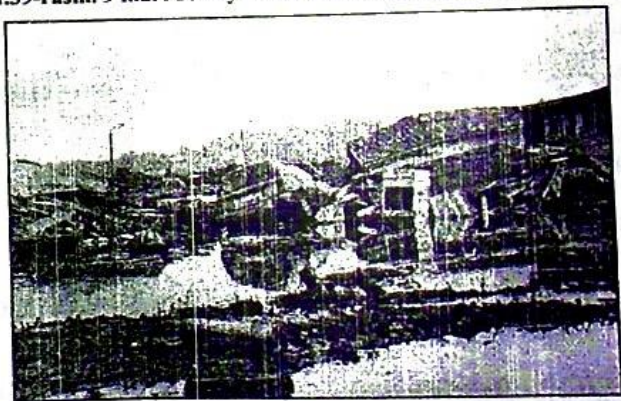
2010 yil 27-fevral, shanba kuni mahalliy vaqt bilan soat 03 dan 34 daqiq
o'tganda Chilining markaziy qismida magnitudasi 8,8 ga teng bo'lgan kuchli zilzila sodir bo'ldi. Epitsentr Chili poytaxti Santyagodan 325 km narida, zilzila manbai esa 35 km chuqurlikda joylashgan. Yer silkinishlari bir daqiqa (minut) davom etgan. Mamlakatda favqulodda holat e'lon qilingan. Ko'plab uyiar, yo'llar, kupriklar buzilgan, telefon aloqasi va elektr ta'minoti izdan chiqqan, ichimlik suvi etishmaydy. Xalqaro aeroport yopilgan. 28-fevraldagi ma'lumotga qaraganda 300 dan ortiq kishi halok bo'lgan, 2 mln. chililik zarar ko'rgan. Bir kun mobaynida er 45 marta qimirlagan, shulardan biri 6,1 magnituda bilan qo'shni mamlakat Argentinada sodir bo'lgan, ikki kishi o'lgan. Shu kabi kuchli zilzila Chilida 1960 yil may oyida sodir bo'lgan edi. Minglab insonlarning hayotiga zomin bo'lgan edi. Taniqli seysmolog-olim Rodjer Massoy Chili zilzilasi ulkan fojia, deb atagan. Uning fikricha, Chilidagi halokat Gaiti fojiasidan o'n chandon ayanchliroqdir. (4.45-4.47-rasmlar) Kuchli zilzila yo'nalishi dengiz to'lqinlari uyg'onishiga sabab bo'ldi. Sunami haqida ogohlantirish markazi tinch okean havzasining barcha sohillarida dengiz to'lqini xavfi borligini e'lon qildi.



II.38-rasm.-9 mart 2009 yil Chili.Sant-Yagoda jamoat binosida vayronalar.



II.39-rasm. 9 mart 2009 yil Chili. Sant-Yago da ko'pirikning qulashi.



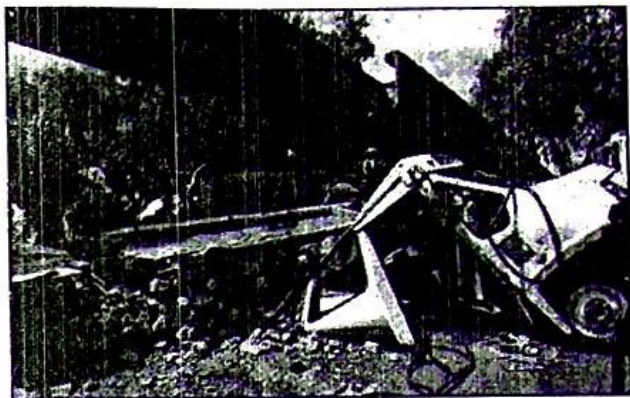
II.40-rasm. 9 mart 2009 yil Chili. Sant-Yago da sunami oqibatlari.

Zilzila manbai yaqinida dengiz sathi 234 sm ga, Yaponiya sohillarida 240 sm gacha ko'tarilishi mumkinligi haqida axborot berdi. Shimoliy Kurilda Sunami to'liqini 228 sm, Kurilskda -15 sm, Malokurilskda - 68 sm gacha ko'tarildi. Kamchatka sohillarida to'liqin 1 metr gacha ko'tarilganligi qayd etildi, uning bosib o'tgan yo'li eng uzun yo'l bo'lib, Chilidan Kamchatkagacha 16 ming km ni tashkil etadi. Dastlabki to'liqlar Yangi Zelandiya qirg'oqlariga etib bordi. Fransiyaning Polineziyasida sunami tulqinlari 4 metr gacha ko'tarildi. Mahalliy Hukumat aholini xavfsiz zonalariga ko'chirib ulgirdi, sunami orolga ziyon-zahmat yetkazmadi.

Yanvarda Gaiti va fevralda Chilida o'zining "mudhish hunarini" ko'rsatgan zilzila martda guyo "upkasini bosib olgandek" tuyuldi. Lotin amerikasi xalqi biroz yengil tortdi, toraygan asablar biroz bo'shashdi, vahimadan dahshatga tushgan dillar asta erkin nafas ola boshladi. Ammo, bu sukunat to'fon oldidan hukm suradigan omonat onlar singari daqiqalar ekanligini kim o'ylabdi, deysiz. Chindan ham aprelning birinchi yakshanbasi Meksika aholisi uchun kutilmagan musibatli kun bo'ldi. Quvvati 7,2 magnituda bo'lgan kuchli zilzila Meksikaliklarning halovatini buzdi, ziyon-zahmatlar yetkazdi. Dushanba kuni (5-aprelda) e'lon qilingan xabarda ikki kishining halok bo'lgani aytiladi. Qizig'i shundaki, bulardan biri o'z uyi xarobalari ostida o'lgan, ikkinchisi esa jon holatda vahima bilan uydin o'tilib chiqib ko'chada ketayotgan mashinaga urilib halok bo'lgan. Epitsentr Janubiy Koliforniya shtatidagi Tixuan shahridan 173 km narida, Mexika shahri yaqinida joylashgan, manba chuqurligi atigi 10 km. Mexikalida asosiy zarbadan keyin bir kun mobaynida 20 ga yaqin qayta silkinishlar ro'y bergan: bulardan uchtasining quvvati yuqori: $M=5,1$; $M=4,5$ va $M=4,3$. SHu sababli bu shaharda xarobalar ko'p.

2012 yil Meksikaning Michoakan shtatida magnitudasi 7,0 bo'lgan yer silkinishi bo'lib o'tdi. Zilzilaning o'chog'i 65,5 km. chuqurlikda joylashgan edi. Meksika poytaxti Mexiko shahrida zilzila magnitudasi 6,4 ga teng edi.

Shahar bo'ylab elektr uzatish tarmoqlari ishdan chiqdi, 36 ming kishi qorong'ilikda qoldi.



II.41-rasm. 2012 y. Mart Mexikoda zilzila natijasida ko'priknig buzilishi.



II.42-rasm. 2012 y. Mart Mexiko atrofida sinchli binoning zilzila natijasida buzilishi.



II.43-rasm. 2012 y. mart oyidagi zilzila oqibatida Kaliforniyada yer yorilishi.

Kaliforniyaning 27 ming aholiga ega bo'lgan Kaleksika shahri ham zilziladan jiddiy zarar ko'rdi. Shaharda favqulodda holat e'lon qilindi. Huquqni himoya qilish organlari avtomashinalarda soqchilikni kuchaytirganlar. Ko'cha chiroqlari va svetoforlar o'chirilgan. Shahar markazida 1930-40 yillarda qurilgan binolar ko'proq shikastlangan, chunki bu binolar kuchli zilzila ta'siriga hisoblanmagan edi.

Los-Anjeles va San-Fernando vodiysidagi binolar ham sezilarli darajada shikastlangan, liftlar to'xtab qolgan, hovuzlardagi suvlar chayqalib, atrofga sachragan, piyoladagi choylar to'kilgan. Epitsentrdan 160 km uzoqlikda joylashgan San-Diego shahridagi Sheraton va Marina mehmonxonalari jiddiy shikastlanganligi sababli, bu yerdagi mijozlar boshqa joylarga ko'chirilgan.

Seysmologlarning xabariga ko'ra, zilzila Lagun Salada tektonik sinig'i bo'ylab sodir bo'lgan. Bunday holat 1892 yilda ham kuzatilgan edi.

Shunday qilib, Planetamizning kichik bir bo'lagi Lotin amerikasida 2012 yilgacha sodir bo'lgan ba'zi kuchli zilzilalar haqida imkon qadar to'xtalib o'tdik. Zilzilalar geografiyasini kengroq masshtabda tasavvur etish maqsadida quyidagi jadvalni ilova etmoqdamiz. Bu jadvalda XXI asrning dastlabki 15 yili mobaynida sodir bo'lgan zilzilalar haqida ma'lumotlar berilgan.

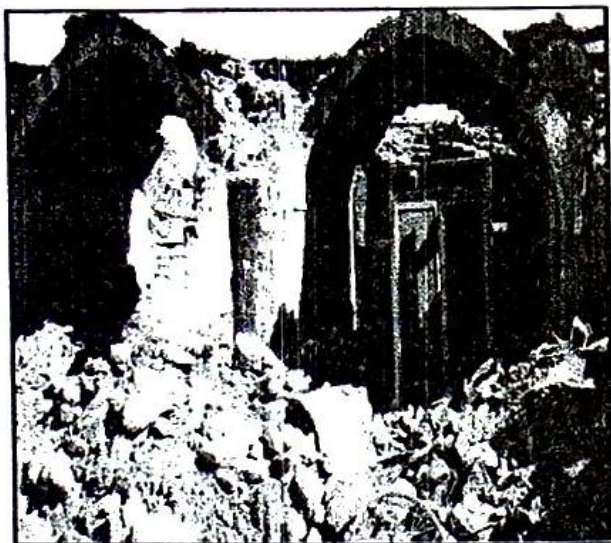
2001-2015 yillarda dunyo miqyosida sodir bo'lgan kuchli zilzilalar

II.4-jadval

Yil, kun	Zilzila sodir bo'lgan hudud	Zilzila magnitudasi	Zilzilaga oid ba'zi ma'lumotlar
2001 yil 26 yanvar	Hindistonning Axmadoobod shaxri	7,5	Halok bo'lganlar soni 30 mingdan ortiq.
2001 yil 1 mart	AQSh ning Siatl shahri	6,5-7	Epitsentr shahardan 150 km narida joylashgan. buzilgan imoratlar bor
2003 yil 23 dekabr	Kaliforniya	6,5	Zilzila manbai okean sohilida Andreas tektonik sinig'i bo'ylab o'tgan. Ko'p binolar buzilgan.
2003 yil 26 dekabr	Eronning Bam shahri	6,7	Shahar butunlay vayron bo'lgan. 31830 kishi o'lgan, 17500 kishi jarohatlangan (1,15 - rasm).
2004 yil 23 oktyabr	Yaponiyaning Nigata shahri	6,8	Gipotsentr chuqurligi 8 km. Buzilgan binolar ko'p, 40 kishi o'lgan. Epitsentr Bengal qit'ig'ida dengizda bo'lganligidan kuchli to'fon. Sunami uyg'onishiga sababchi bo'lgan. Bu esa talafot miqyosini ortishga olib kelgan. Asosiy zilzila va aftershoklar natijasida 300 ming kishi halok bo'lgan
2004 yil 26 dekabr	Indoneziya, Tailand, Shri-Lanka	8,6	

2005 yil 22 fevral	Eronning Kirmon viloyati	6,4	26 fevral ma'lumotlariga qaraganda 600 kishi halok bo'lgan, 1500 kishi jarohatlangan
2005 yil 26 mart	Indoneziyaning Nias oroli	8,7	Sunami balandligi 3 m.. uylar batamom vayron bo'lgan.. Halok bo'lganlar soni 2000 dan ortiq. Shu kuni 5 va 6 magnituda bilan takroriy silkinishlar sodir bo'lgan
2005 yil 14 iyun	Chili	8	Epitsentr tog'da bo'lgan
2005 yil 15 iyun	Kaliforniya	7	Epitsentr dengizda joylashgan, ammo to'fon ko'tarilmagan
2005 yil 8 oktyabr	Pokistonning Kashmir viloyati Muzaffarobod shahri	8,5	Aksariyat imoratlar butkul vayron bo'lgan. 55 ming kishi halok bo'lgan, 80 ming kishi tan jarohati olgan
2008 yil 12 may	Xitoy, Sin'-Chuan viloyati	7,5	30 ming kishi halok bo'lgan, aksariyat binolar vayron bo'lgan.
2009 yil, 30 sentyabr	Indoneziya, Sumatra, Oroli,	8,5	1200 kishi halok bo'lgan, takroriy zilzila 7.5 bal. bilan takror bo'lgan. Unda 1200 kishi halok bo'lgan, 500ta bino va ko'priklar buzilgan
2010 yil, 14 yanvar.	Gaiti (Porto-Prensa), Dominikan respublikasi	8,7	222 ming 500 kishi halok bo'ldi, 70% uylar buzilib ketdi. Bir necha bor takroriy silkinishlar ro'y berdi
2010 yil, 4- aprel	Meksika	7,2	Epitsentr Tixuan shahridan 173 km uzoqlikda. Manba chuqurligi 10 km. Buzilish va halokatlar bor
2010 yil, 7- aprel	Indoneziyaning Simeulue oroli	7,8	Epitsentr Sinabang shahridan 60 km narida. Gipotsentr 46 km chuqurlikda. Buzilish va halok bo'lganlar bor
2011 yil 11- mart	Yaponiya	9,0	Epitsentr dengiz tubida 24 km. Chuqurtikda joylashgan. Sunami balandligi 10 m. Tokio atrofiga yong'in avj olgan. Atom reaktori portlagan. 16 ming kishi halok bo'lgan. 3 ming kishi bedarak yo'qolgan. 10ming kishi jarohatlangan
2012 yil 6 fevral.	Filippinning markaziy qismini	6,9	40 kishi halok bo'lgan, o'nlab odamlar daraksiz yo'qolgan
2012 yil 11 aprel.	Indoneziyaning Sumatra oroli	8,3	13 kishi halok bo'lgan, jarohatlanganlar ko'p
2013 yil 15 oktyabr	Filippinning Karmen shahri	7,2,	156 kishi hayotdan ko'z yumgan. Uch milliondan ortiq kishi moddiy va ma'naviy zarar ko'rgan, 600 dan ko'proq bino batamom vayron bo'lgan, 1500 bino qattiq shikastlangan, 22 kishi bedarak yo'qolgan.
2013 yil 24- sentyabr	Pokiston zilzilasi. Beludjiston hududi.	5,9	515 kishi hayotdan ko'z yumgan, yuz mingdan ortiq kishi boshpanasiz qolgan, 20 mingdan ortiq uy vayron bo'lgan..
2014 yil 1 aprel	Chilining Ikike shhri atrofiga	8,2	Buzilishlar va halokatlar haqida hozircha ma'lumot yo'q
2014 yil 12 fevral.	Sinszyan-Uyg'ur avtonom viloyati.	7,3	Epitsentr aholi kam yashaydigan hududda joylashganligi uchun halokatlar bo'lmagan

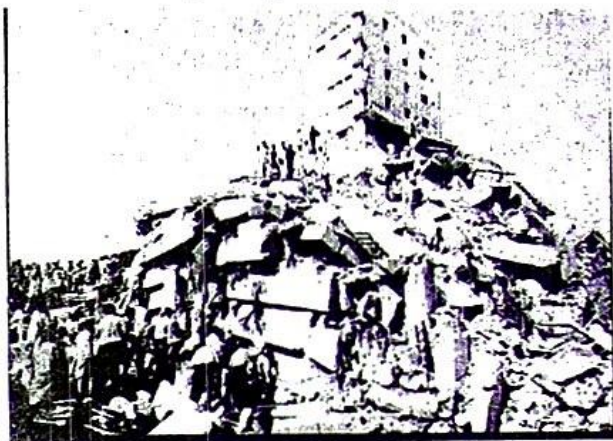
Yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan zilzila ofati ayanchli oqibatlariga olib kelishi mumkin ekanligini ko'rdik. II.4 - jadvalda keltirilgan raqamlar yangi asrning dastlabki o'n to'rt yilining o'zidayoq yarim milliondan ortiq odam qurbon bo'lganligini kursatib turibdi. Agar buni kengroq talqin etadigan bo'lsak, seysmologlarning ma'lumotlariga ko'ra, so'nggi besh asr mobaynida faqat zilzilalar oqibatida 5 mln. aholi nobud bo'lgan! Ming afsuski raqamlarga hanuzgacha nuqta qo'yilgani yo'q; raqamlar o'sishda davom etmoqda. Achinarli eri shundaki, zilzilalarni to'xtatib qo'yishning iloji yo'q; bunga insonning qudrati etmaydi.



II.44 – rasm. 2003 yil Eron (Bam) zilzilasida qulagan bino.

Ammo, inson qo'lida bir qudrat bor-bu uning aqlu-zakovati! Inson o'z aqlu-zakovati tufayli zilzilaga bardoshli inshootlar barpo eta oladi. Bunga zilzila oqibatlari ham, shohidlik berib turibdi. Zilzila vayronalari orasida zilzila kuchlariga yaxshi bardosh bergan, ya'ni butun qolgan imoratlar ham ko'zga tashlanadi. Bundan bino va inshootlarni to'g'ri loyihalab, to'g'ri qurilsa, ya'ni zilzilabardoshlik qonun va qoidalariga og'ishmay amal qilinsa, ular buzilmay qolishlari mumkin degan ma'no chiqadi.

Bas shunday ekan, bor kuchu-qudratimizni, ilmiy salohiyatimizni ana shu xayrli ishga-zilzilabardosh imoratlar barpo etish ishiga safarbar etishimiz lozim. Keyingi boblarda bu boradagi amaliy ishlar haqida so'z boradi.



II.45. – rasm. 2005 yil Pokiston (Kashmir) zilzilasi vayronalari.

1.8. Zilzilalar bashorati

Hozirgi davrda jahonning turli mamlakatlarida kutilajak zilzilaning joyi, vaqti va kuchini oldindan aytish, ya'ni bashorat qilish to'g'risida keng miqyosda tadqiqotlar olib borilmoqda.

Bu ishlarning muvaffaqiyatli ado etilishi zilzila xafini pasaytirishga olib keladigan quyidagi tadbirlarni amalga oshirish imkonini beradi: yong'inlarni oldini olish, elektr va gazni oldindan o'chirish, korxonalarda har xil kimyoviy, yong'in chiqish va va portlash xavfi bo'lgan jarayonlarni to'xtatish; odamlarni (eng avval bemorlar, bolalar va qariyalarni) binolardan vaqtincha tashqariga, xavfsiz yerlarga ko'chirish imkoniyatini yaratadi. Bundan tashqari bino va inshootlarning seysmik mustahkamligini ta'minlash uchun sarflanadigan xarajatlarni kamaytirishga olib keladi.

Biroq zilzilani oldindan aytish (prognoz) muammosining ijobiy hal etilishi inshootlarni, shu jumladan, insonlarni zilzila xavfidan himoya qilish muammosi hal bo'lganligini anglatmaydi.

Buning sababi shuki, aholi va moddiy boyliklarni yalpisiga xavfsiz joylarga ko'chirish oson ish emas, ayniqsa katta shaharlarda bu muammo ulkan qiyinchiliklar tug'diradi. Palatkali yashash joylarini faqat iliq iqlim sharoitida va qisqa muddatlarga tashkil etish mumkin. Keyingi yillarda ayrim mamlakatlarda zilzila bashorati bo'yicha samarali ishlar amalga oshirildi. Ammo hozirgi davrgacha yaratilgan bashorat ishlari yetarli darajada ishonarli va universal (hammabop) deb aytishga hali vaqt erta. Shu boisdan seysmolog mutaxassislar bu boradagi ilmiy tadqiqotlarni tizimli ravishda davom ettirmoqdalar. Ushbu paragrafda ana shular haqida qisqacha ma'lumot berib o'tamiz.

Zilzilalar tarixida atmosfera bosimining keskin o'zgarishi mahalliy zilzilalarning sodir bo'lishiga to'g'ri kelgan hollar uchragan. Rixterning qayd etishicha, Kaliforniyada kuchsiz yer qimirlashlar yomg'irlar mavsumi boshlangan oylarda, ya'ni qudratli havo massalari kirib kelib, yer sirtiga bo'ladigan bosim ko'paygan davrda kuchayar ekan. Bosim o'zgarishi zilzila paydo bo'lishida chindan ham muhim rol o'ynaganida edi, bu hol suv osti zilzilalariga ko'proq ta'sir etgan bo'lar edi; nega deganda, dengiz to'lqinining bostirib kelishi va qaytishida (priliv i otliv) bosimning o'zgarishi quruqlikdagi havo bosimining o'zgarishiga nisbatan 10 baravar ortiqdir. Shunga qaramay hech qanday zilzila kuzatilmaydi.

Kuchsiz yer silkinishlari sonining ortib borishi kuchli zilzilaning yaqinlashayotganidan dalolat beradi, degan fikr ham haqiqatga uncha yaqin emas. Buni qoida emas, istisno tarzida qabul qilsa bo'ladi.

Zilzilani bashorat qilishda o'tgan asrning 60-yillarida Tojikistonning Garm viloyatida olib borilgan ishlar diqqatga sazovor. Seysmolog olimlar Kondratenko va Nersesovlar seysmik to'lqinlar zilzila bo'lishi kutilayotgan hududdan o'tayotganida ularning tezligi o'zgarishiga e'tiborni qaratdilar. Oddiy sharoitda

bo'ylama to'lqin R bilan ko'ndalang to'lqin S orasidagi nisbat deyarli o'zgarmas bo'ladi: R to'lqinning tezligi S to'lqinga nisbatan 1,77 marta ko'p bo'ladi.

Biroq, jinslar kuchlanish holatida bo'lganda, ya'ni zilzila sodir bo'lish onlari yaqinlashganda, bu nisbat kamayadi, uzilish chog'ida taxminan 1,5 ga qadar kichrayadi. Tezliklarning pasaygan nisbati uzoq vaqt davom etishi mumkin, ammo bevosita zilzila sodir bo'lishidan oldin nisbat avvalgi qiymatiga qaytadi. Shundan so'ng zilzila sodir bo'ladi.

Hozirga qadar ko'p anomalialar (g'ayritabiiy holatlar) asosan zilziladan so'ng aniqlangan. Seysmologlar zilzila epitsentrini aniqlash maqsadida bir qancha seysmoyozuvlarni tahlil qilib chiqdilar. Ma'lum bo'lishicha zilziladan oldin har gal anomaliya holati vujudga kelgan. Masalan, 1966 yilda Yangi Zelandiyada Gisbor zilzilasidan oldin; 1971 yilda Kaliforniyada San-Fernando zilzilasidan 3,5 yil ilgari R - to'lqinlarning tezligi kamaya boshlagan. Bu uslubdan Sovet va Amerika seysmologlari samarali foydalanib keldilar, biroq bashorat qilingan zilzilalar uncha katta kuchga ega emas edi. 1975 yili Xitoyning Lyaoan viloyatida 7,3 magnituda bilan ro'y bergan yer qimirlash bashorati juda to'g'ri chiqqan. Xitoy hukumati seysmologlarning bashoratiga (prognoziga) asoslanib, shahar aholisini o'z uylaridan vaqtincha chiqib havoda kino tomosha qilishni taklif etgan. Aholining ko'pchiligi bu taklifni qabul qilgan, natijada zilzila jarayonida ko'p uylar vayron bo'lishiga qaramay halokat juda kam bo'lgan. Bu voqealar, ko'pchilikning fikrini o'ziga jalb etgan Sovet seysmologlarining dastlabki ishlari e'lon qilinishidan biroz ilgari sodir bo'lgan edi. Bu ish paydo bo'lganidan keyin dastavval tezlikning bunday o'zgarishi yer sharining boshqa hududlarida ham kuzatiladimi, yoki bu hodisa Garm hududining O'ziga xos geologik xususiyatlariga bog'liqmi, degan savol tug'iladi. Agar tahlillar ushbu hodisa lokal (shujoyning o'ziga xos) effekt emas, degan yechimga olib kelsa, u holda bu o'zgarishlarning sababi nima, degan ikkinchi savolning tug'ilishi tabiiy. Agar tezliklarning kamayish sababini bir amallab tushuntirish mumkin bo'lgan taqdirda ham, ularni normal qiymatga qaytishini tushuntirish

juda qiyin, vaholanki zilzilaning boshlanish vaqtini belgilovchi asosiy omil aynan shu holdir.

Bu kabi savollarga 1972 yili Stanford universitetining professori E.Nur umumiy tarzda javob bergan. Uning fikriga ko'ra buhodisaning zamirida dilatansiya deb ataluvchi tabiatda kam uchraydigan hodisa yotadi.

Bu nazariyaga ko'ra kuchli bosim ostida tog' jinslarining zarralarida turli deformatsiya holatlari yuz beradi. Bu jarayonga yer osti suvlari ham ta'sir etadi. Yer osti suvlari pasayganda R to'lqinlarning tezligi ham kamayadi, suv bosimi normal holga kelganda - to'lqin tezligi dastlabki darajaga qaytadi.

Yaqin kelajakda dilatansiya holati bo'lgan hududlarni kengroq o'rganib, ishonchliroq uslublarni yaratish lozim bo'ladi. Agar shunday maqbul usullar yaratilsa, zilzila xavfidan ogoh etish masalasi ikki bosqichda amalga oshiriladi.

Xavfli holat haqidagi birinchi signal mazkur hudud dilatansiya holatiga kiraboshlaganda, ya'ni kuchli zilzila sodir bo'lishidan ancha ilgari beriladi. Tayyorlanish davri qancha uzoqdavom etsa, kutilajak zilzila shuncha kuchli bo'ladi; biroq zilzila kuchi jinslarning mustahkamligi va deformatsiyalarning jamlanish tezligiga ham bevosita bog'liqdir. Bu parametrlar har bir hudud uchun alohida aniqlanmog'i lozim. Zilzila xavfi haqidagi ikkinchi signal anamal (nomutanosib) holat tugab, R va S to'lqinlar tezligi nisbatlari avvalgi normal holatga qaytganda beriladi. Bu jarayonning kyechish vaqti jinslarning g'ovakligi va namligiga bog'liq. Tabiiyki bunday holat turli hududlarda turlicha kechadi, ayrim yerlarda yil fasliga ham bog'liq bo'lishi mumkin. Ikkinchi ogohlantirish zilziladan bir necha kun oldin xabar qilinadi, muddat qisqa bo'lishiga qaramay, ancha ishlarni qilib ulgursa bo'ladi.

Yer qobig'ida etilib kelayotgan zilzilani bir necha kun avval payqash mumkin ekanligi haqidagi ixtironing kashf etilishi, qushlar va hayvonlar yaqinlashib kelayotgan yer silkinishini avvaldan sezadi, degan aqidaga nisbatan ijodiy fikr uyg'otadi. Sezilish zilziladan bir yoki yarim minut ilgari paydo bo'lsa, buni tushuntirish qiyin emas. Jonzotlar tovush yoki tebranishlarni payqashda odamzodga

nisbatan sezgir bo'ladi, ayniqsa hayvonlar kuchsiz bo'ylama to'lqinlarni darrov sezadi, odamlar esa ko'ndalang to'lqinlarni payqaydi xolos.

Hayvonlarni zilziladan bir yoki undan ortiq kun ilgari besaranjom bo'lishini tekshirish va uni tushuntirish yaqin davrlarga qadar qiyin edi. 1968 yili Inangalua shahrida qoramol va qo'yalar zilziladan 15 minut ilgari o'zlarini g'alati tutishi va shunga o'xshash boshqa hodisalar ilmiy asosga ega ekanligidan dalolat beradi.

Gap shundaki hayvonlar o'ta sezgirliklari tufayli yer qobig'ining deformatsiyalanishi jarayonida sodir bo'ladigan ko'p narsalarni, odamlar sezmagani narsalarni ilg'aydilar va shu tufayli bezovtalanadilar odamlar esa hayvonlarning nojo'ya harakatlarini zilzila darakchisi sifatida qabul qiladilar. Shuni ham qayd etish lozimki, bu hodisalar jarayonida birorta ham forshok asboblari vositasida yozib olinmagan.

Yapon olimi Rikitake turli zilzila darakchilari yordamida olingan ogohlantirishlar davomiyligida yaxshi o'xshashlik mavjud ekanligiga e'tiborni jalb etdi. Bu o'xshashlik yaqinlashayotgan zilzilaning magnitudasiga bog'liq bo'lib, to'lqin tezliklarining tabiiy elektr toklarining, yer osti suvlarida rodonning o'zgarishida namoyon bo'ladi. Yer osti suvlari tarkibida rodon gazi hajmining o'zgarishi zilzila darakchisi bo'lishi mumkinligini 1966 yilda Ulomov boshliq Toshkent olimlari birinchi bo'lib ixtiro qilganlar. Har xil darakchilarning bir biriga yaqin natijalar berishi zilzilalarni bashorat qilish muammosi yaqin qolganda o'z yechimini topadi, degan fikrga asos bo'la oladi.

Ammo zilzilala bashoratidan qanday foydalanish masalasi hali -hanuz muammoligicha qolib kelmoqda. Ayrim seysmologlar zilzilala xatari haqidagi xabarni bosh vazirga telegraf orqali yetkazib o'z vazifamni bajardim deb xotirjam o'tirishi mumkin; ba'zi seysmologlar esa bu ishga sotsiologlarni ham jalb etib, bu noxush xabarni jamoatchilik qanday kutib oladi, degan savolga javob axtarish bilan shug'ullanadi. O'z uyi bir yoki ikki soatdan keyin vayronaga aylanishi mumkinligi haqida xabar topgan oddiy fuqaro hokimiyat taklif etgan ochiq maydonda kino-kartina tomosha qilib o'tirishga rozi bo'larmikin.

Kutilajak zilzila haqida e'lon qilingan ogohlantirish xabari jiddiy sotsial va iqtisodiy muammolar paydo qilishi aniq, ammo aslida nimalar ro'y berishi ogohlantirishning mazmuniga bog'liq. Hozirgi paytda shuni taxmin qilish mumkinki, seysmologlar avvaliga bimecha yilga mo'ljallangan dastlabki ogohlantirishni e'lon qiladilar, keyin esa kutilajak zilzilaning vaqti, joyi va ehtimoliy magnitudasini aniqlashtirib boradilar.

Ogohlantirish e'lon qilinishi bilanoq sug'urta pullari, ko'chmas mulk narxi keskin o'zgaradi, aholi ko'chaboshlashi mumkin, yangi qurilishlar to'xtab qoladi, binolarni ta'mirlaydigan ustalar orasida ishsizlik boshlanadi. Boshqa tomondan lager jihozlariga, yong'inga qarshi moslamalarga, o'ta zarur kundalik tovarlarga talab kuchayadi, narx-navo ko'tariladi.

Zilzilalar bashoratining kelajagi qanday bo'lishidan qat'iy nazar, hayotiy tajribaning ko'rsatishicha, zilzila halokati va iqtisodiy talofatidan halos bo'lishning eng to'g'ri va yagona yo'li soha mutaxassislarining fikru-zikrini, ijodkorlik qobiliyatini zilzilabardosh bino va inshootlar barpo etishga yo'naltirishdan iborat.

Takrorlash uchun savollar:

1. Zilzila tabiati va kelib chiqish sabablarini ta'riflab bering.
2. Zilzilalar manbaining joylashgan chuqurligiga qarab qanday turlarga bo'linadi?
3. Zilzila kuchi va energiyasini ta'riflab bering.
4. O'zbekiston seysmik shkalasining mohiyatini tushuntirib bering.
5. Zilzila qanday asboblardan qayd etiladi?
6. Hududlarni seysmik va mikroseysmik rayonlashtirishning mohiyati nimadan iborat?
7. 2001-2012 yillarda dunyo miqyosida qanday kuchli zilzilalar sodir bo'ldi?
8. Kuchli zilzilalar qanday moddiy va ma'naviy zararlar keltirdi?

MUNDARIJA

So'z boshi.....	3
I-QISM. ZILZILABARDOSHLIK NAZARIYASI ELEMENTLARI	
I BOB. KIRISH Umumiy mulohazalar.....	6
1.1. Dinamik yuklar.....	7
1.2. Sistemaning erkinlik darajasi.....	9
1.3. Inshootlar dinamikasi usullari	11
1.4. Tebranishlar nazariyasining texnikaga tatbiqi	12
II BOB. ERKINLIK DARAJASI BIRGA TENG BO'LGAN ISTEMALAR	17
2.1. Sistemaning erkin tebranishlari.....	17
2.2. Sistemaning majburiy tebranishlari (qarshilik kuchlari hisobga olinmagan xol).....	25
2.3. Majburiy tebranishlarga qarshilik kuchlarining ta'siri.....	34
2.4. Erkinlik darajasi birga teng bo'lgan sistemaning seysmik tebranishlari differensial tenglamasi va uning yechimi.....	39
III BOB. ERKINLIK DARAJASI BIR NECHTA BO'LGAN SISTEMALAR.....	44
3.1. Qarshiliksiz muhitda sistemaning erkin tebranishi	44
3.2. Qarshilikli muhitda sistemaning erkin tebranishi	49
3.3. Erkinlik darajasi ikki va uchta bo'lgan sistemalar.....	50
3.4. Erkinlik darajasi bir nechta bo'lgan sistemalarning majburiy davriy tebranishlari	57
II-QISM. MUHANDISLIK SEYSMOLOGIYASI ASOSLARI	
I BOB. ZILZILA VA UNING OQIBATLARI.....	59
1.1. Zilzila tabiati va kelib chiqish sabablari.....	59
1.2. Zilzila kuchi va energiyasi.....	64
1.3. Seysmik shkalalar.....	66
1.4. Tebranishni yozib oluvchi asboblari.....	73
1.5. Seysmik to'liqlar.....	75
1.6. Hududlarni seysmik va mikroseysmik rayonlashtirish.....	77
1.7. Ba'zi kuchli zilzilalarning oqibatlari.....	80
1.8. Zilzila bashorati.....	109

The first of these is the fact that the
 of the world is not a uniform one, but
 is a complex of many different parts,
 each of which has its own history and
 its own character. The second is the fact
 that the history of the world is not a
 continuous one, but is a series of
 events, each of which is a link in a
 chain. The third is the fact that the
 history of the world is not a static one,
 but is a dynamic one, in which the
 events of the past are constantly being
 reinterpreted in the light of the
 events of the present. The fourth is the
 fact that the history of the world is not
 a purely scientific one, but is a
 human one, in which the events of the
 past are constantly being reinterpreted
 in the light of the events of the present.
 The fifth is the fact that the history of
 the world is not a purely historical one,
 but is a literary one, in which the
 events of the past are constantly being
 reinterpreted in the light of the events
 of the present. The sixth is the fact
 that the history of the world is not a
 purely political one, but is a social one,
 in which the events of the past are
 constantly being reinterpreted in the
 light of the events of the present. The
 seventh is the fact that the history of
 the world is not a purely economic one,
 but is a cultural one, in which the
 events of the past are constantly being
 reinterpreted in the light of the events
 of the present. The eighth is the fact
 that the history of the world is not a
 purely religious one, but is a spiritual
 one, in which the events of the past are
 constantly being reinterpreted in the
 light of the events of the present. The
 ninth is the fact that the history of the
 world is not a purely philosophical one,
 but is a practical one, in which the
 events of the past are constantly being
 reinterpreted in the light of the events
 of the present. The tenth is the fact
 that the history of the world is not a
 purely scientific one, but is a human
 one, in which the events of the past are
 constantly being reinterpreted in the
 light of the events of the present.

