

534

534(07)

Z 94

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLY VA O'RTA MAHSUS TA'LIM VAZIRLIGI

M. ZUPAROV

# ELEKTROAKUSTIKA VA ARXITEKTURA AKUSTIKASI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi  
5320600–audio-video texnologiyasi  
yo'nalishidagi bakalavriyat talabalari uchun  
darslik sifatida tasdiqlagan*

10'QUV ZALI

2068858

Toshkent Axborot Texnologiyalari Universitet

П. 2826

Axborot Resurs Markazi

TOSHKENT  
«VORIS-NASHRIYOT»  
2014

UO'K 007(075)

KBK 32.87 ya7+38.113, ya 7

Z 99

**Taqrizchilar:**

- A.T. Abdujamilov** – TATU fizika kafedrası dotsenti, f.m.f.n.;
- I.P. Parmonqulov** – Abu-Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti «Nano texnologiya» kafedrası dotsenti, f.m.f.n.;
- K.E. Redjepov** – «Respublika televidenie va radio kasb-hunar kolleji» direktori.

**Mas'ul muharrir – T. Raximov**

Ushbu darslikda «Fiziologik akustika asoslari», xususan, odam eshitish a'zosining tuzilishi, chastota bo'yicha eshitish va og'riq bo'sag'asi, eshitish a'zosining nochiziqli xususiyatlari va binaural effekt tushunchalari berilgan.

Tovush tebranishlari va to'lqinlar, tovush signallari, signallarning chastota va dinamik diapazoni, chiziqli va nochiziqli buzilishlar, mikrofon-o'zgartirgich generator, radiokarnay-o'zgartirgich dvigatellarning turlari va ishlash prinsiplari, arxitektura akustikasi asoslari, arxitektura akustikasining rivojlanish tarixi, qadimiy Gretsiya va Rim teatrlari, zamonaviy teatr, konsert zallari va studiyalar haqida ma'lumotlar berilgan. Xona akustikasining statistik nazariyasi, reverberatsiya, akustik nisbat va ekvivalent reverberatsiyaga ta'rif va ularning o'rni bayon etilgan.

Radioeshittirish va televidenie studiyalari, ularning shakli va konstruksiyalari, tovush so'ndiruvchi materiallar va ularni joylashtirish bo'yicha tavsiyalar, TV studiyalar akustik parametrlarining hisobi, shovqindan himoyalash, ventilatsiya hisoblarini bajarish uchun yo'riqnoma berilgan va 100, 20 ijrochiga mo'ljallangan ikkita radioeshittirish studiyasining akustik hisobi keltirilgan.

Darslik 5320600 – elektroakustika va arxitektura akustikasi yo'nalishidagi bakalavriyat talabalari uchun mo'ljallangan

ISBN 978-9943-4214-3-1

© «Voriz-nashriyot», 2014

Farzandlarimiz xalqimizning boy tarixini, milliy urf-odatlarini, bugun erishayotgan yutuqlarimizni, shuningdek, adabiyot va san'atimizni, fan va madaniyatimizni jahon uzra keng targ'ib etishda ham faol bo'lmoqlari darkor.

Bunda zamonaviy axborot texnologiyalari, xususan, internet imkoniyatlaridan samarali foydalanish lozim.

*I.Karimov*

## KIRISH

Ma'lumki, har qanday telekommunikatsiya tizimining asosida akustik yoki mexanik energiyani elektr energiyaga analog yoki raqamli o'zgartirib, yuqori sifatda tinglovchilarga uzatish masalasi ko'riladi.

Akustika fanining quyida keltirilgan tarkibiy qismlari va qamrab olgan masalalar doirasini ko'rib chiqamiz:



**Akustika** – yunonchadan (akustikos) eshitish, keng ma'noda fizikaning eng past va eng yuqori ( $10^{12} \div 10^{13}$  Hz) chastotalargacha elastik to'lqinlarni tadqiqot qiladigan, tor ma'noda – tovushni

1 O'QUV ZALI

o'rganadigan bo'limi hisoblanadi. Umumiy va nazariy akustika elastik to'liqlarning turli muhitda nurlanishi va tarqalishini hamda ularning muhit bilan o'zaro ta'sirini o'rganadi.

**Arxitektura akustikasi** – tovushning xonalarda tarqalishini, to'siqlarning tovush qaytishi va so'nishiga ta'sirini o'rganadi.

**Qurilish akustikasi** – akustikaning alohida yo'nalishi bo'lib, bino, inshootlarning tovush izolatsiyasi va shovqindan himoyalash masalalarini o'rganadi. Qurilish akustikasi arxitektura akustikasidan ajralib chiqqan.

**Atmosfera akustikasi** – tovushning atmosferada tarqalishini, shuningdek, atmosferani akustik usullar bilan o'rganadi.

**Akustoelektronika** – fan va texnikaning qattiq jism akustikasi, yarimo'tkazgichlar fizikasi va radioelektronika bilan tutashgan qismi. Elastik to'liqlarning yarimo'tkazgichlarda kuchayishi va generatsiyalanishi, radio signallarni akustik usullar bilan o'zgartirish va ularga ishlov berish hamda shularga mos qurilmalarni yaratish masalalari bilan shug'ullanadi.

**Geoakustika** – Yer qobig'ining tuzilishi va xususiyatlarini o'rganish maqsadida unda elastik to'liqlarning tarqalishini (akustik va seysmik qidiruv) o'rganadi.

**Gidroakustika** – tovush to'liqlarining daryo, dengiz, ko'l va suv havzalarida, asosan, suv osti lokatsiyasi va aloqasi maqsadida tarqalish, qaytish va so'nish xususiyatlarini o'rganadi.

**Musiqa akustikasi** – musiqashunoslik va umumiy akustika bo'limi, musiqaning obyektiv fizik qonuniyatlarini o'rganadigan fan. Musiqa tovushlarining chastota balandligi, davomiyligi, konsonans (musiqa tovushlarining o'zaro ohangdoshligi, hamohangligi, uyg'unligi) va dissonans (har xil unli bilan kelgan, lekin shu unilardan keyingi tovushlar bir xil bo'lgan so'zlarni qofiyalash) hodisalarini, musiqa tizimlarini, ohangdagi musiqiy tovushlarni farqlash va yodda saqlash qobiliyatini, nisbatlarini, odam va musiqa asboblari ovozini o'rganib tadqiqot etadi, fizikaviy akustika uslublari

va ma'lumotlariga tayanadi. Odamning tovush chiqarish va eshitish a'zolari fiziologiyasi va psixologiyasi bilan bog'liq.

**Fiziologik akustika** – odam va hayvonlarning tovush chiqaruvchi va tovush eshituvchi a'zolarining tuzilishi va funksiyasini o'rganadi.

**Elektroakustika** – turli o'zgartirgichlarning nazariyasi, hisoblash uslublari va ularni loyihalash masalalari bilan shug'ullanadi. Elektroakustik o'zgartirgichlar elektr energiyani akustik energiyaga (elastik tebranishlar energiyasiga) va teskarisiga o'zgartiradi. Eng ko'p tarqalgan o'zgartirgichlarga mikrofon va radiokarnaylar kiradi. Elektroakustika, akustika fanining bir bo'lagi bo'lib, radiotexnika faniga yaqinroq va akustikaning yuqorida qayd etilgan deyarli barcha tarkibiy qismlarini o'z ichiga oladi.

Darslik kirish, sakkiz bob va ilovalardan iborat. Uning dastlabki to'rt bobida fiziologik akustika asoslari, tovush tebranishlari, tovush maydonining umumiy nazariyasi, tovush signallarining xususiyatlari va parametrlari keltirilgan. Shuningdek, elektromexanik va elektroakustik o'zgartirgichlarning turlari, elektr ekvivalent sxemalari va ishlash prinsiplari ko'rib chiqilgan.

Beshinchi va oltinchi boblar elektroakustik o'zgartirgichlar: mikrofon va radiokarnaylarning belgilanishi, asosiy texnik tavsiflari, turlari, konstruktiv tuzilishi va ishlash prinsiplariga bag'ishlanadi.

So'nggi ikki bob o'zaro bog'liq bo'lgan holda arxitektura akustikasi, uning rivojlanish tarixi, zamonaviy teatr, konsert zallari va studiyalar, ularning shakli, o'lchamlari nisbati, statistik reverberatsiya nazariyasi, shuningdek, xona va maydonlarni ovozlashtirish va tovush kuchaytirish masalalariga bag'ishlangan. Darslik bundan tashqari, radioeshittirish studiyasining reverberatsiya vaqti hisobi, zal tovush kuchaytirish va ovozlashtirish tizimlarining hisoblari bajarilgan.

1-ilovada, ta'rif va tushunchalar, 2-ilovada logarifmik birlik, detsibelga o'tish formulalari va nisbatlar jadvali keltirilgan.

Darslikning har bir bobi yakunida talabalar o'z bilimlarini tekshirishlari uchun, grafik, konstruktsiya va sxemalardan iborat nazorat savollari va shu bobga tegishli adabiyotlar ro'yxati berilgan.

Muallif Toshkent axborot texnologiyalari universiteti «Fizika» kafedrasining dotsenti f.m.f.n., Q.X. Haydarovga qo'lyozmani yaxshilashdagi maslahatlari uchun o'z minnatdorchiligini bildiradi.

Muallif darslikni chop etishga tayyorlashda ko'rsatgan yordamlari uchun O.X. Ubaydullayeva, N.M. Tojiyeva, Z.M. Qodirova, I.M. Ubaydullayeva va A.A. Fayzullayevga alohida minnatdorchilik bildiradi.

# 1-bob. FIZIOLOGIK AKUSTIKA ASOSLARI

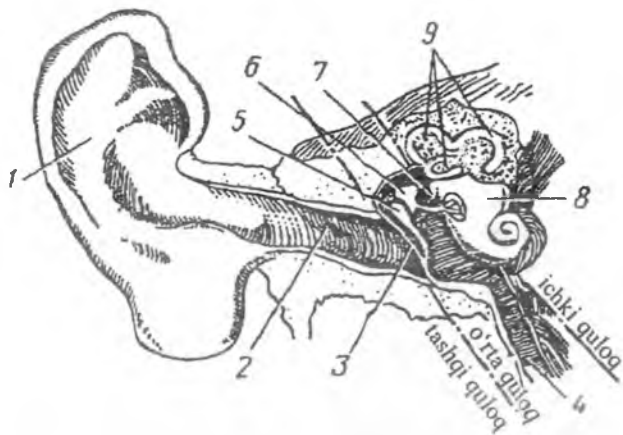
---

## 1.1. ODAM ESHITISH A'ZOSINING TUZILISHI

Keng doiradagi elektroakustik apparatlar: telefonlar, mikrofonlar, radiokarnaylar, tovush yozish va qayta eshittirish apparatlariga, shuningdek, tovush kuchaytirish traktlari apparatlariga, radioeshittirish va televidenie dasturlari tovush jo'rligiga bo'lgan talablar, asosan, odamning eshitish a'zosi bilan belgilanadi. Bu talablarni aniqlash odam eshitish a'zosining hamda ko'zning tuzilishini birgalikda o'rganish «eksperimental psixologiya» yoki «eshitish psixofiziologiyasi» deb ataluvchi fanlar asosini tashkil etadi. Tekshirishlarning asl mohiyati – odam a'zolarining tovush, yorug'lik va boshqa ta'sir qiluvchilarga nisbatan miqdoriy reaksiya ifodasini topishdan iborat. Faqat eshitish a'zosining miqdoriy tavsiflari bilangina tovush va musiqalarni uzatish uchun radiokarnaylarning chastota diapazonlari, manbalarning tabiiy eshutilishiga mos bo'lgan tovushning shiddatligi, diapazoni (musiqa asboblari ovozlari), nutq xabarlari va konsert dasturlarini eshitishdagi belgilangan xalaqit beruvchi tovush shiddatligi va boshqa texnik talablarni ta'riflash mumkin. Bu tavsiflarni bilish nutq tovushining qanday tarkiblari axborot tashuvchi, elektroakustika traktlarida uzatilayotgan signalning qanday buzilishi sezilarli va u eshittirishning badiiyligi yoki aniqligi bilan qanday bog'langanligini tushunish uchun zarur. Nihoyat, odamning eshitish a'zosi o'ta mukammal tuzilgan biologik tizim. Bu tizimning elementlari sun'iy akustik va elektron-akustik aniqlovchi tizimlarni tuzishda foydali bo'lishi mumkin.

Odam eshitish a'zosi axborotlarni o'ziga xos qabul qilgich bo'lib, eshitish tizimining oliy bo'limlari va periferik qismlardan tashkil topgan.

Odam eshitish a'zosining tuzilishi 1.1-rasmda ko'rsatilgan.



1.1-rasm. Odam eshitish a'zosi.

Eshitish a'zosi uch qismdan: tashqi, o'rta va ichki quloqdan iborat. Tashqi quloq, quloq chanog'i 1 dan iborat bo'lib, undan quloq pardasi 3 bilan tugovchi eshitish yo'lakchasi kanali 2 ajraladi. Quloq pardasi tovushni eshitish jarayonidagi birinchi zveno hisoblanadi. Quloq pardasi unga yetib kelgan o'zgaruvchan bosimli tovush to'liqlariga mos holda tebranadi. Atmosfera bosimi pardaning ikki tomonida bir xil bo'lgandagina uning normal tebranishi kuzatiladi: parda tashqi va o'rta quloqning chegarasi bo'lib hisoblanadi. Pardaning ikki tomonida tovush bosimining muvozanatlashuvi o'rta quloqdagi maxsus Yevstaxiyev naychasi 4 deb ataluvchi burun tomoq bilan birlashuvchi kanal hisobiga erishiladi. Bosim muvozanatining buzilishi natijasida quloqda qattiq og'riq paydo bo'ladi. Bunday hisni samolyot qo'nish vaqtida tashqi atmosfera bosimining samolyot uchish vaqtidagi bosimga nisbatan oshishi tufayli sezamiz. O'rta quloq uchta katta bo'lmagan suyakchalardan:



bolg'acha 5, ichki tog'ay 6 va eshituv suyakcha 7 dan iborat. Suyakchalarning bunday nomlanishi ularning shu narsalarga o'xshashligi tufaylidir. Suyakchalar o'ziga xos richag hosil qilib, quloq pardasi tebranishini ichki quloqqa uzatadi. Eshitish suyakchasi ichki quloqning mo'jazzgina yassi oval darchasiga birlashtirilgan bo'lib, unga quloq pardasi qabul qilayotgan tebranishlarni uzatadi. Kanal ochilganda quloq pardasining ikki tomonidagi tovush bosimi tenglashadi. Oddiy holda quloq pardasi faqat bir tomondan o'zgaruvchan tovush bosimi ta'sirida bo'ladi.

Ichki quloq bir necha chakka suyak bo'shliqlaridan iborat. Barcha bo'shliqlar shu jumladan, ichki quloqda joylashgan chanoq 8 ham membranani siypab o'tuvchi ilviriq suyuqlik – limfa bilan to'ldirilgan. Membranada 22 mingga yaqin nerv tolalari mavjud bo'lib, bu tolalar tebranishlarni bosh miya qobig'iga uzatuvchi vazifasini bajaradi. Bosh miyada tovush tebranishlari ongimiz bilan sezuvchi ma'lum tovushga aylanadi.

O'rta quloqda yarim doira kanallari ko'rinishidagi vestibulyar apparat 9 joylashgan. Bu yarim doira kanallar eshitish a'zosi bilan birlashgan bo'lsa ham tovush eshitish hissiga ega emas, u faqat muvozanat a'zosi vazifasini bajaradi, xolos.

Tovush tebranishlari ichki quloqqa quloq pardasini aylanib, bosh miya suyaklari orqali ham uzatilishi mumkin. Ma'lumki, asta tebralayotgan karnerton oyoqchalarini tishlab, uning tovushini eshitish mumkin. Garanglik dardiga muhtalo bo'lgan amerikalik ixtirochi Edison shunday degan edi: «Men tishlarim va bosh miya suyagim yordamida eshitaman. Menga, taxta bo'lakchalariga boshimni tekkizishim yetarli, agarda past tovushlarni anglay olmasam, men tishlarim bilan taxta bo'lakchalarini tishlayman va unda menga hammasi ayon bo'ladi».

Fiziologik nuqtayi nazardan eshitish a'zosi mutloq o'ziga xos, ammo o'ta subyektiv, ya'ni real eshitish jarayoniga mavjud tovushlarning obyektiv xususiyatlarini kiritadigan asboddir.

Ayniqsa, soʻz tovush eshitish balandligi, kuchi va tovush tembri haqida bogʻanda.

Eshitish aʼzosining asosiy xususiyati bu, turli balandlikdagi tovush eshitish chegarasining mavjudligida. Quloq tovush tarzida chastotasi 16 Hz dan 20000 Hz gacha boʻlgan oraliqdagi mexanik tebranishlarni eshitadi. Chastotasi 16 Hz dan past tebranishlarni biz eshitmaymiz. Bunday tovush tebranishlari **infra tovushlar** deb, 20000 Hz dan yuqori chastotali tebranishlar **ultra tovushlar** deb ataladi. Bunday tebranishlarni ham eshitmaymiz. Infra va ultra tovush tebranishlarini hayvonlar yaxshi eshitadi. Masalan, bir necha gers chastotali yer qimirlashini hayvonlar bezovtalanib qabul qiladilar, bu ularning bunday kichik chastotali tebranishlarni eshitishlaridan dalolat beradi.

16 ÷ 20000 Hz oraliqidagi tovushlarning eshinishi bir xil emas. Baland tovush eshinish hissi uning chastotasi taxminan 14000 Hz ni tashkil etganda yoʻqoladi. Bundan yuqori chastotali tovushlarni eshitish aʼzosi teng balandlikdagi tovushlardek qabul qiladi. Chastotaning 14000 Hz dan yuqori chegara 20000 Hz tomonga oshishi tovush balandligining pasayayotgandek tuyulishiga olib keladi. Yosh oʻtishi bilan odamning eshitish yuqori chegarasi 12000 Hz gacha pasayib, tovush balandligini sezishi ham susayadi.

Chastota tebranishlarining kichik oʻzgarishini eshitish aʼzosi qanday sezadi? Eshitish aʼzosining tovush chastotasi oʻzgarishiga boʻlgan sezgirligi eshitish aʼzosining nozikligi deb ataladi. 1000 Hz li tovush tebranishida chastotaning 3 Hz ga oʻzgarishi sezilarli boʻladi. Bundan chiqdi 600 ÷ 4000 Hz oraliqida chastotaning 0,3% ga nisbiy oʻzgarishi ham sezilarlidir. Past va baland tovushlarda bunday oʻzgarishni sezish uchun chastotani kattaroq qiymatga oʻzgartirish kerak.

Musiqachilar musiqa tovush balandligini sezish va uni baholashda ikkita tushunchaga ega boʻlib, uni **absolut** va **nisbiy** eshitish qobiliyatiga ajratadilar.

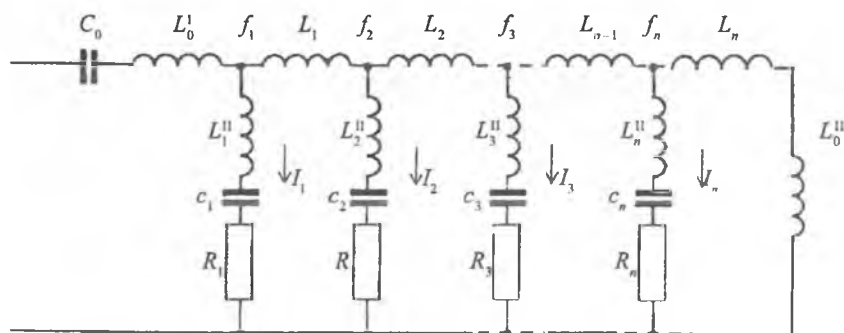
Absolut eshitish qobiliyati deb, kamdan-kam odamlarda uchraydigan qobiliyat, ya'ni berilgan tovush balandligi va tovush notasini aniqlay olishga aytiladi. Absolut eshitish qobiliyatiga ega bo'lgan odam istalgan notani boshqa tovush bilan solishtirmasdan qayta eshittirishi mumkin. Bunday absolut eshitish qobiliyatiga tabiatan kamdan-kam insonlar egadirlar, hattoki ko'pgina kompozitor va ijrochi-musiqachilar ham bunday qobiliyatga ega emaslar.

## 1.2. CHASTOTA BO'YICHA ESHITISH

Yuqorida aytilganidek, tovush tebranishi ta'sirida eshitish suyakchasi oval darcha membranasini harakatga keltiradi, u o'z navbatida, limfani tebratadi. Limfa asosiy membrana yuzasiga urinma, ya'ni uning tolalariga ko'ndalang tebranadi. Limfaning tebranish chastotasiga mos holda faqat ma'lum tolalargina tebranadi. Gelikotrema yonida past chastotalarda rezonanslanadigan uzun tolalar, chanoq asosida esa yuqori chastotalarda tebranadigan qisqa tolalar joylashgan. Tarkibi murakkab bo'lgan tovush bir necha guruh tolalarini qo'zg'atadi. Shunday qilib, membrana chastota tahlillagichi rolini o'ynaydi.

Har bir tolaning rezonans chastotasi faqatgina tola parametriga bog'liq bo'libgina qolmay, tola bilan birga qo'zg'aluvchi limfaning massasiga ham bog'liq. Bu massa rezonanslanuvchi toladan oval darchagacha bo'lgan masofa bilan aniqlanadi. Shuning uchun past chastotalardagi tebranishlarda limfaning katta massasi, yuqori chastotalardagi tebranishlarda esa, limfaning kichkina massasi qatnashadi. 1.2-rasmda eshitish tahlillagichining ekvivalent elektr sxemasi keltirilgan.

1.2-rasmdan ko'rinib turibdiki, chanoqning elektr-ekvivalent sxemasi polosali filtr sxemasiga o'xshash. Eshitish a'zosining chastota diapazoni chegarasi, yuqorida ta'kidlab o'tganimizdek, keng bo'lib,  $16 \div 20000$  Hz ni tashkil etadi.



1.2-rasm. Chanoqning ekvivalent elektr sxemasi.

Bunda,  $C_0$  – oval va dumaloq darcha membranalari ekvivalenti;  $L$  – gelikotrema ekvivalenti;  $L_k$  – limfa massasi ekvivalenti;  $I_k$  – tola-larning tebranish tezligi.

Eshitish tahlilagichning chastota tanlovchanligi katta qiziqish uyg'otadi, chunki elektroakustik apparaturalarga bo'lgan talab bu parametrga ko'p jihatdan bog'liq.

Odam eshitish a'zosining tanlovchanlik xususiyatini qiymatli baholashda, asosiy xususiyati bo'lmish tovush balandligi tushunchasidan foydalanamiz. Bu xususiyat atrof muhitdagi tovushlarni aynan tenglashtirish va klassifikatsiyalashda katta ahamiyatga ega, eshitish qobiliyatining bunday xususiyati musiqali intonatsiya nuqtayi nazari, ya'ni ohanglar va garmoniyalar asosida yotadi. ANSI-994 Xalqaro standarti bo'yicha «**Balandlik (Ritch)**» – bu tovush eshitishning o'ziga xos xususiyati bo'lib, unda tovushlarni chastota shkalasi bo'yicha pastdan yuqoriga joylashtirish mumkin.

Tovush balandligi, asosan, uning rag'batlantirish chastotasiga, shuningdek, tovush bosimi va to'liqin shakliga ham bog'liq.

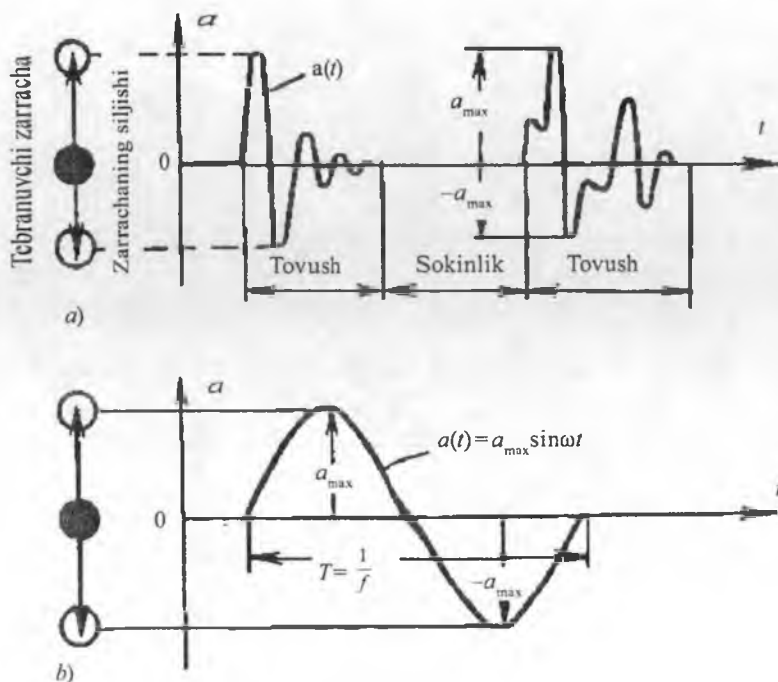
Umumiy holda havo zarrachalarining tovush tebranishi murakkab xarakterga ega. Ularning paydo bo'lishi va yo'qolishi vaqt bo'yicha rivojlanadi va o'zida qandaydir vaqt funksiyasi  $\alpha(t)$  ni ifodalaydi (1.3-a rasm)

Oddiy tebranish jarayoni sinusoida ko'rinishida bo'ladi. Uni quyidagi vaqt funksiyasi bilan ifodalash mumkin:

$$a(t) = \alpha_{\max} \sin \omega t,$$

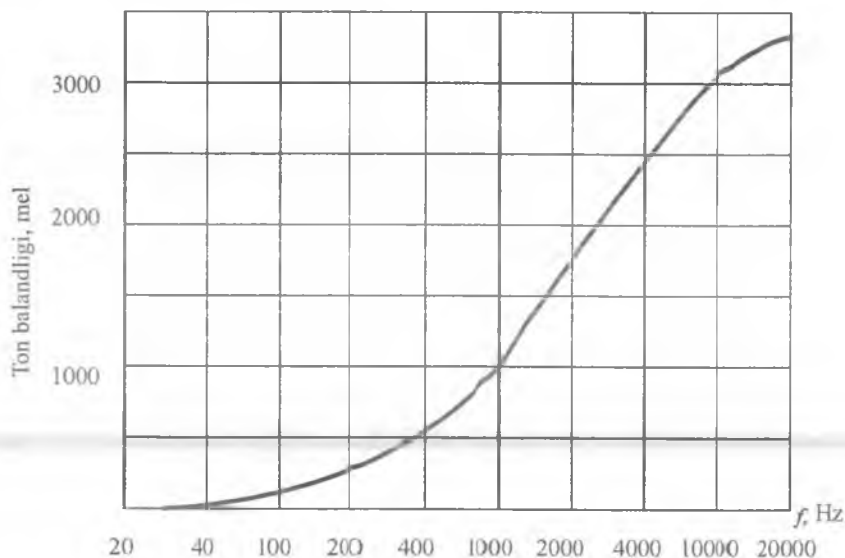
bunda  $\alpha_{\max}$  – tebranish amplitudasi;  $\omega$  – burchak chastotasi ( $\omega = 2\pi f$ );  $f$  – tebranish chastotasi. Vaqt bo'yicha tovushning bunday o'zgarishi ton deb ataladi.

Shunday qilib, ton balandligi tovush signallarining chiziqli klassifikatsiyasi bo'lib, ko'p-kam deb atash mumkin bo'lgan tovush balandligidan farqlanadi, demak, bu nisbiy klassifikatsiya.



1.3-rasm. Havo zarrachalarining tebranishi:  
a) murakkab tebranishlar; b) oddiy sinusoidal tebranish.

Dastlab shuni ta'kidlash lozimki, eshitish tizimi davriy signallarning tovush balandligini aniqlaydi, shuning uchun signal chastotasi ton balandligini farqlashdagi asosiy parametr bo'lib hisoblanadi. Agarda murakkab tovush bo'lsa, unda eshitish tizimi tovush balandligini uning asosiy toni orqali aniqlaydi, ya'ni uning spektri garmonikalardan tashkil topgan bo'ladi (chastotalari butun son nisbatdagi obertonlar). Agarda bu shart bajarilmasa, unda eshitish a'zosi ton balandligini aniqlay olmaydi. Masalan, tarekasiyon musiqa asboblari, bong va boshqa ma'lum ton balandligiga ega emas. Ton balandligining chastotaga bog'liqlik grafi 1.4-rasmda berilgan.



1.4-rasm. Ton balandligining chastotaga bog'liqligi.

Ton balandligining o'lchov birligi – mel. Bir mel 1000 Hz sath bo'yicha seziladigan tovush balandligining 40 dB iga teng. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bu bog'lanish chiziqli emas – masalan, chastota uch marta (1000 dan 3000 Hz gacha) oshganda tovush balandligi

faqat ikki martaga (1000 dan 2000 mel gacha) oshadi. Nochiziqli bog'liqlik past va yuqori chastotalarda yaqqol ko'zga tashlanadi.

Chastota diapazonining o'rta qismida ton balandligining melda o'zgarishi chastota logarifmiga proporsional.

Tovush tinglanganda ton balandligi oraliqlari **intervallar** yoki **musiqa intervallari** deb ataladi. Eshitish a'zosi uchun qabul qilingan oddiy intervallar quyidagilar:

- unison (ohangdoshlik) – 1:1 (ikkita bir xil chastotali tovush);
- oktava – 1:2;
- kvinta – 2:3;
- kvarta – 3:4;
- katta tersiya – 4:5;
- kichik tersiya – 5:6 yoki 6:7;
- katta sekunda (ton) – 7:8 yoki 8:9;
- kichik sekunda (yarim ton) – 15:16.

Intervallarning musiqaviy xususiyatlari musiqa nazariyasining asosi hisoblanadi.

Texnikada oktava 1:2, yarim oktava  $1:\sqrt{2}$ , uchdan bir oktava  $1:\sqrt[3]{2}$  tushunchalari qo'llaniladi.

Odam eshitishi mumkin bo'lgan tovush tebranishlari chastotasi taxminan sekundiga 16 tebranishdan iborat. Tovushning bundan kichik chastota tebranishlarini biz eshitmaymiz. Bu odam eshitish a'zosining pastki chegarasi. Eshitishning yuqori chegarasi esa sekundiga taxminan 20000 tebranishni tashkil etadi.

Chastotasi sekundiga 16 dan 20000 gacha bo'lgan chastotali tebranishlar tovush deb ataladi. Ammo bundan tebranishlar chastotasi sekin-asta o'zgarib, tovush chastotasi chegarasidan chiqqanda tovush butunlay eshitilmaydi degani emas. Chastotaning pastki va yuqori chegaralariga yaqinlashgan sari tovush asta-sekin pasayib, butunlay eshitilmaydi. Har qanday tovush tebranishlarini biz eshitavermaymiz. Energiyasi juda kichik tebranishlarni qabul qilamiz, ammo tovushni eshitmaymiz. Tovush manbayi energiyasini

sekin-asta oshirsak, qandaydar qiymatga yetganda juda past tovush eshita boshlaymiz.

Bunday holda tovush energiyasi **eshitilish** bo'sag'asiga yetdi deyiladi.

Eshitilish bo'sag'asi barcha odamlar uchun bir xil emas. Ammo eshitish a'zosi sog'lom bo'lgan odamlarda eshitilish bo'sag'asining u yoki bu tomonga o'rtacha og'ishi unchalik katta emas.

Sof ton balandligini sezish faqat chastotaga bog'liq bo'libgina qolmay, tovush jadalligiga va uning davomiyligiga ham bog'liq.

Qisqa tovushlar quruq chertmadek eshitiladi, ammo tovush uzaytirilgan sari chertma ton balandligi hissini bera boshlaydi, Chertmadan tonga o'tish vaqti chastotaga bog'liq: past chastotalarda ton balandligini aniqlash uchun impuls davomiyligi taxminan 60 ms:1 kHz dan 2 kHz gacha bo'lgan chastotalarda 15 ms ni tashkil etadi. Murakkab tovushlar uchun bu vaqt ortib boradi, nutq tovushlari uchun esa, bu ko'rsatkich 20–30 ms teng.

Ta'kidlash zarurki, eshitish a'zosining keltirilgan yuqori chastota tanlovchanlik ma'lumotlari sof tonlarni qabul etish hollariga mos. Haqiqatda esa, sof tonlar juda kam uchraydi. Shuning uchun murakkab tovushlar ta'sir etganda inson butun chastota diapazonida 250 ga yaqin gradatsiyani aniqlay oladi, bu gradatsiyalar tovush jadalligi kamayishi bilan qisqarib, 150 ga yaqinlashadi. Shunday qilib, qo'shni gradatsiyalar o'rtacha bir-biridan chastota bo'yicha 4% ga farq qiladi. Shuning uchun sekundiga 24 kadrli kinofilmlarni televideniada sekundiga 25 kadr bilan namoyish etish mumkin. Bu holda absolut eshitish qobiliyatiga ega bo'lgan musiqachilar ham ovozdagi farqni anglay olmaydilar, chunki tebranishlar chastotasi farqi 4% dan oshmaydi. Bu farq sekundiga ikkita kadrni tashkil etsagina ovozdagi farqni anglay oladilar.

Keng polosali spektrga ega bo'lgan tovushlar, masalan, shovqinlar eshitish a'zosi asosiy membranasining barcha tolalarini qo'zg'atadi. Eshitish a'zosining kuchsiz tanlovchanligi hisobiga



eshitishning har bir kritik polosasida spektr integratsiyalanadi, eshitish a'zosi uzluksiz spektrni diskretlaydi, ya'ni u shovqin chastota spektriga teng kritik polosalar soniga aylantiradi.

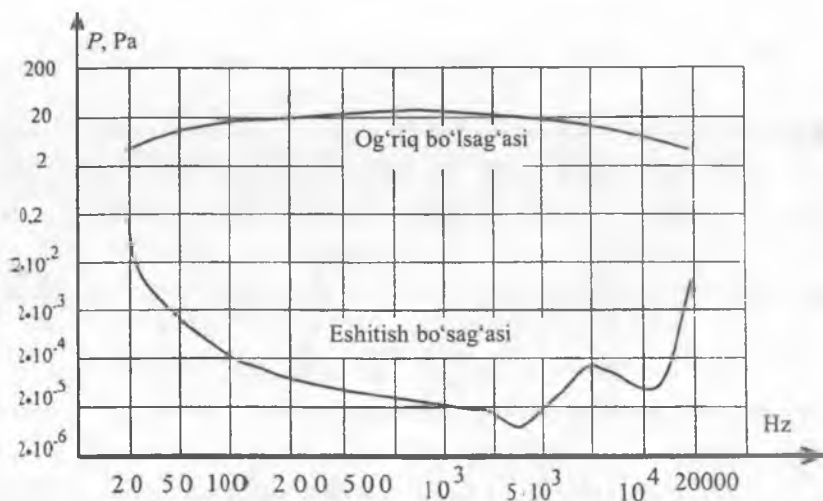
Eshitiladigan chastota diapazoni bo'yicha tovushni subyektiv baholash uchun **tovush balandligi** tushunchasi kiritilgan. Eshitishning kritik polosasasi kengligi o'rta va yuqori chastotalarda taxminan chastotaga proporsional bo'lganligi uchun, eshitishning chastota bo'yicha subyektiv masshtabi logarifmik qonunga yaqinroq. Shuning uchun tovush balandligining obyektiv birligi sifatida subyektiv eshitishni taxminiy aks ettiradigan chastotalarning ikki karralik nisbati – **oktava** qabul qilingan (1; 2; 4; 8; 16 va h.k). Oktavalarni bo'laklarga bo'ladilar: yarim oktava, uchdan bir oktava. Uchdan bir oktava uchun ularning quyidagi chegara chastotalari standartlashtirilgan: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10. Agarda bu chastotalar chastota o'qida bir-biridan bir xil masofada joylashtirilsa, logarifmik masshtab hosil bo'ladi. Shulardan kelib chiqqan holda, barcha o'lchovlarni subyektiv masshtabga yaqinlashtirish maqsadida, tovush uzatish qurilmalari ning chastota tavsiflari logarifmik masshtabda chiziladi. Tovushlarni chastota bo'yicha eshitish hissiga moslash maqsadida, eshitish tavsiflari uchun alohida subyektiv – 1000 Hz chastotagacha deyarli chiziqli masshtab va undan yuqori chastotalar uchun logarifmik masshtab qabul qilingan. Tovush balandligining o'lchov birligi sifatida «mel» va «bark» (100 mel = 1 bark) qabul qilingan. Umumiy holda murakkab tovush balandligini aniq hisoblab bo'lmaydi.

### 1.3. ESHITISH VA OG'RIQ BO'SAG'ASI

Agarda asosiy membrananing tolasi tebranayotganida yonidagi tukli katakchaga tegmasa, unda odam tovushni eshitmaydi. Tolaning tebranish amplitudasi oshganda yonidagi tukli katakchaga tekkan zahoti nerv tolalari qo'zg'alib, bosh miya eshitish markaziga elektr impulslarini yuboradi, natijada tovush eshitiladi.

Mutloq tinchlikda 1000 Hz chastotali tovush eshitilishi uchun odam qulog'i yaqinidagi bosim amplitudasi  $2,84 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup> (effektiv qiymati  $2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>) bo'lishi kerak. Bu qiymat atmosfera bosimining  $2 \cdot 10^{-5}$  ulushini tashkil etadi. Bu holda, yassi to'lqin jadalligi  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> teng. Shunisi qiziqki, havo zarrachalarining siljish amplitudasi molekula radiusining o'ndan bir bo'lagidan kam. Quloq pardasiga ta'sir qilayotgan fluktuatsiyalarning tasodifiy issiqlik molekular harakati bilan bog'liq bo'lgan bosim kuchining o'zgarishi, mutloq tinchlikdagi tovush bosimidan bor-yo'g'i 5÷10 marta kichik. Xalaqit beruvchi shovqin va boshqa tovushlar yo'qligida bazo'r eshitiladigan tovush bosimi qiymati, **bo'sag'a qiymati**, yoki bazo'r eshitilib-eshitilmas qiymati **eshitilish bo'sag'asi** deb ataladi. Tadqiqotchilar eshitilish bo'sag'asini aniqlash ustida talaygina ishlar olib bordilar. Natijada shu narsa aniqlandiki, eshitilish bo'sag'asi turli odamlarda turlicha. Bu farqning o'zgarishi bir xil yoshdagi eshitish a'zosi sog'lom odamlar uchun tasodifiydir. Odam eshitish bo'sag'asi bir vaqtning o'zida eshitish sharoiti, charchoqligi, hayajonlanishi hisobiga ham o'zgarishi mumkin. Shuning uchun ishonchli eshitilish bo'sag'asi haqidagi ma'lumotlarni faqat statistik, ya'ni ma'lum sharoitlarda ko'pchilik odamlarda o'lchash bilan aniqlash mumkin.

Bunday statistik tadqiqotlar AQSh da (1938–1939-y.y), Angliyada (1956–1957-y.y), sobiq ittifoq da (1958-y.) olib borilgan. Xalqaro kelishuvga asosan, eshitish bo'sag'asining standarti sifatida 1.5-rasmda keltirilgan sof sinusoidal signalning chastotaga bog'liqlik egri chizig'i qabul qilingan.



1.5-rasm. Odam eshitish va og'riq bo'sag'alari egri chizig'i.

Tekshirishlar eshitish a'zosi sog'lom bo'lgan 18 yoshdan 23 yoshgacha odamlar bilan olib borilgan.

1.5-rasmdan ko'rinib turibdiki, eshitish bo'sag'asi chastotaga bog'liq. Tovushlar 2000 Hz ÷ 4000 Hz gacha bo'lgan diapazonda tovush bosimi  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa va undan kam bo'lgan qiymatlarda seziladi. Shu bilan birga past va yuqori chastotalarda eshitish bo'sag'asi sezilarli oshadi. Biz tovush jadalligini 20000 Hz dan yuqoriga qanchalik oshirmaylik, tovush hissiyoti paydo bo'lmaydi, bu ko'pchilik odamlar uchun eshitish chegarasidan yuqori. Xuddi shunday holat tovush chastotalari 16 ÷ 20 Hz dan past bo'lganda ham kuzatiladi.

Agarda eshitilayotgan tovush chastotasini sekin-asta oshira borsak, tovush balandligi oshayotgandek tuyuladi. Tovush bosimining keyingi qiymatida quloqda og'riq sezila boshlanadi. Og'riq sezila boshlangan tovush bosimi **og'riq sezish bo'sag'asi** deb ataladi. Og'riq sezish bo'sag'asining chastotaga bog'liqlik egri chizig'i eshitilish bo'sag'asi egri chizig'iga nisbatan birmuncha tekisroq.

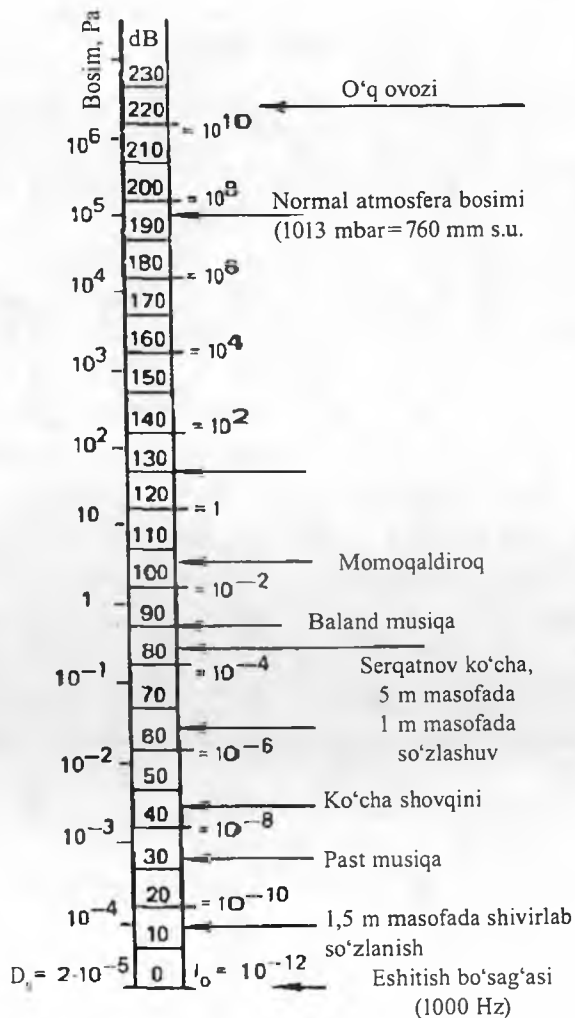
Ayrim o'quv qo'llanma va so'rovnomalarda eshitish bo'sag'asi absolut va chastotaga bog'liqlikning turli qiymatlari berilgan. Bu farq eshitish bo'sag'asini o'lchashning turli usullaridan foydalanilganligi natijasidir. Masalan, o'lchashlar bir quloq bilan yoki ikki quloq bilan eshitish uchun olib borilgan bo'lishi mumkin. Undan tashqari shunday eshitish bo'sag'alari mavjudki, ayrimlari quloq chanog'i yonginasida (telefon) aniqlanadi, boshqalari esa tovush to'lqinlari frontal tushib, xonadagi to'siqlardan bir necha bor qaytishi natijasida aniqlanadi.

Tovush eshitishning yuqori chegarasi (katta sathlar tomonidan) chastota o'zgarishiga kamroq bog'liq, eshitish bo'sag'asining katta sathli qiymatlari 1.1-jadvalda keltirilgan. Yuqori va past eshitish bo'sag'alarini solishtirib aytish mumkinki, o'rta chastotalarda normal eshitish dinamik diapazoni 120 ÷ 130 dB ni tashkil etadi.

1.1-jadval

Ovoz eshitish bo'sag'alari	Sof tonlar	Uzluksiz spektrli shovqinlar
	$P_{\text{eff}}=2 \cdot 10^{-5}$ Pa nisbatan dB larda	
Yoqimsiz ovoz sezish bo'sag'asi	90	110
Sezish bo'sag'asi	112	132
Og'riq bo'sag'asi	120	140

Turli tovush bosimining o'rtacha qiymati 1.6-rasmda keltirilgan.



1.6-rasm. Turli tovush bosimining absolut qiymatlari, sathlari va jadallik shkalasi.

#### 1.4. TOVUSH JADALLIGINING DIFFERENSIAL ESHITISH BO'SAG'ASI

Tovush jadalligi membrana tolasining tebranish amplitudasi yana bir tolaga tegmaguncha oshirilganda eshitish bo'sag'asi o'zgarmas qoladi. Bir tola tebranib keyingi tolaga tekkan zahoti, eshitish bo'sag'asi sakrab oshadi. Tovush jadalligi oshgan sari asosiy membrananing qo'zg'alish zonasi kengaya boradi va qo'shni tolalar ham tebrana boshlaydi, natijada ular ham nerv katakchalarini birin-ketin qo'zg'atadi. Ularning har biri eshitish markaziga impuls yuboradi. Eshitish bo'sag'asi qo'zg'algan tolalar (katakchalar) soni oshgan sari sakrab osha boradi. Eshitishning bunday sakrashli o'zgarishi **jadallikni ajratish bo'sag'asi** deb ataladi. Bunday sakrashlar soni o'rtta chastotalarda 250 dan oshmaydi, past va yuqori chastotalarda ularning soni kamaya boradi va chastota diapazonida 150 ga yaqindir. Nihoyat tovush jadalligi yana ham oshirilganda og'riq sezila boshlanadi – **og'riq bo'sag'asi** (og'riq sezish bo'sag'asi) boshlanadi. Og'riq bo'sag'asi juda katta jadallikda paydo bo'ladi. Og'riq bo'sag'asining eng katta qiymati 800 Hz kuzatiladi ( $1 \text{ W/m}^2$  yaqin). Past va yuqori chastotalar tomon bu qiymat sekin-asta pasaya boradi. Shunday qilib, tovush faqat chastota bo'yicha emas, balki amplituda bo'yicha ham alohida (diskret) eshitiladi. Chastota va amplituda bo'yicha tovush diskretligini inobatga olib, butun eshitish bo'sag'asida 22000 yaqin elementar gradatsiyalarni aniqlash mumkin. Bu ko'rsatkich nerv tolalarining soniga taxminan tengdir. Ikkita bir xil chastotali tovush jadalligining minimal ajratilish farqi tovush jadalligining **differensial eshitish bo'sag'asi** deb ataladi.

Ammo tovush bosimi yoki tovush energiyasi ko'rinishidagi tovush kuchi tovush balandligini sezish yoki **subyektiv tovush kuchi** deb ataluvchi o'lchov birligi bo'la olmaydi.

Tovush balandligini tovush kuchining subyektiv o'lchami sifatida qanday baholash mumkin? Bunga 1846-yilda Veber ifodalagan

psixofizik qonun asos bo'la oladi, unga ko'ra minimal eshitilayotgan ayrim rag'batlantiruvchi tovush jadalligi minimal oshuvchi qiymatining uning dastlabki qiymatiga nisbati o'zgarmasdir. Tovush kuchi (tovush rag'batlantiruvchisi)ni  $J$  orqali belgilab, Veber qonunini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{\Delta J}{J} = \text{const}, \quad (1.1)$$

bunda,  $\Delta J$  – jadallikning o'sishi, uni tovush jadalligi  $J$  ga qo'shganda  $J$  va  $J + \Delta J$  o'rtasidagi tovushlar balandligi aniq bo'lsin.

$\frac{\Delta J}{J}$  nisbat taxminan 10% ni tashkil etadi. Yana bir bor ta'kidlab o'tamiz, bu nisbat asab tizimlari xususiyatlari bilan bog'liq bo'lib, u faqat tovush ta'sirida namoyon bo'lib qolmasdan, balki ko'rish, sezish ham namoyon bo'ladi, shuning uchun ham umumiy fiziologik qonun nomini olgan. Keyinchalik Veber nazariyasini Fexner rivojlantirdi. Fexner  $\Delta J$  o'sishni cheksiz kichik  $dJ$  deb olib, uni sezish hissining kichik o'sishi  $dE$  ga proporsional deb hisobladi.

Bu holda

$$A \frac{dJ}{J} = dE, \quad (1.2)$$

bunda  $dJ$  – jadallikning o'sishi;  $dE$  – mos holda «sezish hissining cheksiz kichik o'sishi»,  $A$  – sezish hissining o'lchov birligiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik.

(1.2) formulani integrallab, quyidagi ifodani olamiz:

$$E = A \ln J + C. \quad (1.3)$$

Bunda,  $C$  – integrallash doimiysi. Eshitish bo'sag'asida  $E=0$  va  $J=J_0$  deb hisoblab,  $C$  ni topamiz

$$C = -A \ln J_0 \quad (1.4)$$

va mashhur Veber-Fexner nomi bilan ataluvchi logarifmik qonun formulasini hosil qilamiz, unga ko'ra bir xil nisbiy o'zgaruvchi

qo'zg'otuvchi kuch bir xil absolut o'zgaruvchi eshitish hissiyatini uyg'otadi, ya'ni eshitish hissi ( $E$ ) qo'zg'atish logarifmiga proporsional:

$$E = A \ln \frac{J}{J_0}. \quad (1.5)$$

Eshitish hissini baholash uchun «bel» deb nomlangan o'lchov birligi qabul qilingan. Bu o'lcham jadallikning o'n karrali nisbatiga teng, shuning uchun undan kichikroq o'lchov birligi – detsibel (dB), 0,1 bel kiritilgan. (1.5) formulani o'nlik logarifmda ifodalaymiz:

$$E = 10 \lg \frac{J}{J_0}. \quad (1.6)$$

Bu formula tovushni his etish sathi o'lchamini beradi. Tovush eshitish hissi o'lchamini baholashda detsibel shkalasini qo'llashning yana bir qulayligi shundaki, sezishning minimal o'sishi taxminan 0,5 dB ga teng. Eshitishning logarifmik qonuni va eshitiluvchi tovushlar jadalligining diapazoni keng bo'lganligi sababli obyektiv baholash maqsadida **jadallik sathi** tushunchasi kiritilgan

$$L_1 = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (1.7)$$

bunda,  $I_0$  – nolinchi jadallik, bu jadallik  $I_0 = 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> yoki  $10^{-12} R_0^2/400$ , ya'ni  $I_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa ga teng. Demak, jadallikning og'riq sathi taxminan 120 dB ga teng.

Tovush jadalligi tovush bosimining kvadrati nisbatiga asosan

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} = 10 \lg \left( \frac{p}{p_0} \right)^2, \quad p_0 = 1 \text{ mW}, \quad (1.8)$$

bunda,  $I_0$  – nolinchi sathdagi tovush bosimi,  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa yoki  $p_0 = r_a = \rho \cdot s = 400$  kg/sm<sup>2</sup> teng;  $r_a = \rho \cdot s$  – to'lqinning akustik qarshiligi.  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup> odam qulog'ining 1000 Hz chastotadagi standart eshitish bo'sag'asi deb hisoblab, quyidagi ifodani olamiz:



$$L_p = 20 \lg p + 94 \text{ dB.} \quad (1.9)$$

Tovush jadalligi sathi qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$L = 10 \lg I + 120 \text{ dB.} \quad (1.10)$$

(1.9) yoki (1.10) formulalar orqali aniqlanadigan sath detsibellarda ifodalangan tovush bosimi sathi deb ataladi.

Energiya zichligi tovush jadalligiga to'g'ri proporsional, shuning uchun uning sathi

$$L_\epsilon = 10 \lg \frac{\epsilon}{\epsilon_0}, \quad (1.11)$$

bunda,  $\epsilon_0 = 3 \cdot 10^{-15} \text{ J/m}^3$  energiya zichligi.

Sath tushunchasi faqat akustikadagina emas, balki elektro-texnikada ham qo'llaniladi. Elektr sathi

$$N = 20 \lg \frac{U}{U_0}. \quad (1.12)$$

Elektr qiymatlarining nolinchisi sathi quyidagicha olinadi.

$U_0$  - kuchlanishda  $K = 600 \Omega$  qarshilikda ajralayotgan quvvat 1 mW ga teng bo'lishi kerak. Bundan osongina  $U_0 = 0,775 \text{ V}$  va  $I_0 = 1,29 \text{ mA}$  qiymatlarni topamiz. Bu ma'lumotlar telefoniyadan olingan. Telefoniya ko'p yillar logarifmik shkala - neper qo'llanib kelingan. Bir neper asosi natural logarifm bo'lgan kuchlanishlar nisbatining 2,718 qiymatiga teng. Shunday qilib, agarda  $U/U_0 = e$  deb olsak, unda  $L_{Np} = \ln \frac{U}{U_0}$ ,  $1 \text{ Np} = 8,68 \text{ dB}$ ,  $1 \text{ dB} = 0,115 \text{ Np}$ .

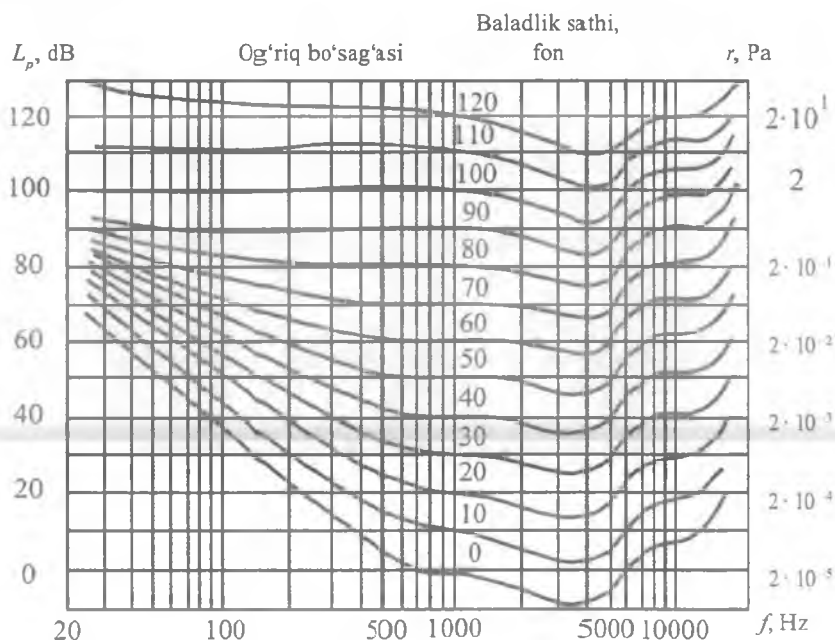
## 1.5. TOVUSH BALANDLIGI VA UNING SATHI

Tovush balandligini his etish o'lchamini birinchi bo'lib G. Barkgauzen kiritgan. Keyinchalik uring taklifi xalqaro ko'lamda qabul qilindi. Shunga binoan, **tovush balandligi** sathi kattalik o'lchami sifatida kiritildi.

Tovush balandligi sathining etaloni sifatida 1000 Hz chastotali sof ton jadalligi olingan. Tovush balandligining o'lchov birligi

fon deb ataladi. Fonlarda o'lchangan 1000 Hz chastotadagi tovush balandligi sathi uning detsibellardagi jadalligi sathiga teng. Qandaydir tovushning balandlik sathini aniqlash uchun 1000 Hz chastotali sof ton olib, uning balandligini aniqlanayotgan tovush balandligi bilan baravbar bo'lguncha o'zgartirish yetarli, bunda etalon ton jadalligi son jihatdan aniqlanayotgan tovush balandligi sathiga teng bo'ladi.

Subyektiv statistik usul bilan teng balandlikdagi sof tonlar jadalligining chastotaga bog'liqligi egri chizig'i aniqlangan. Bu egri chiziqlar tovushning **teng balandlik egri chiziqlari** deb ataladi (1.7-rasm).



1.7-rasm. Tovushning teng balandlik egri chiziqlari.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, tovush balandligi oshgan sari teng balandlik egri chiziqlari birozgina tekislanadi.

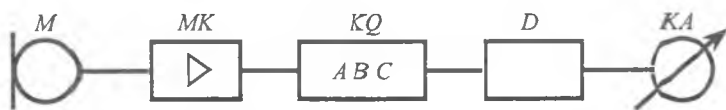
Masalan, nolinch sathli tovush balandligi uchun (eshitish bo'sag'asida) 100 Hz chastotali ton jadalligi 38 dB ga teng, 500 Hz chastotali ton esa 7 dB ga teng. 80 fonga teng bo'lgan tovush balandligini olish uchun (1.7-rasmdagi 80 dB egri chiziq), shu tonlarning jadallik sathiga mos holda 83 va 80 dB ga teng bo'lishi kerak, ya'ni ikkala ton amalda bir xil jadallik sathiga ega bo'lsa, tovush balandligi ham teng bo'ladi. Demak, yuqori chastotalarda tovush balandligining chastota tavsifi birmuncha tekis bo'lib, fizik va subyektiv tavsiflar bir-biriga yaqin. Bu holat ikkita amaliy tavsiyaga olib keldi.

Faraz qilaylik, tovush 80 fonga teng bo'lgan sathda tinglanayapti, biz tembr boshqargichini o'zimizga optimal bo'lgan eshitish holatiga o'rnatganmiz. Endi kuchaytirgichni 30 dB pasaytiramiz, tovush yangrashi jadalligi ham 30 dB ga pasayadi. Buning natijasida 1000 Hz chastota yaqinida joylashgan chastota tarkiblari 50 fonga teng balandlik sathiga ega bo'ladi, 100 Hz chastota yaqinida joylashgan chastota tarkiblari balandligi sathi esa 22 fongacha pasayib ketadi, ya'ni ular o'rta chastota tovushlaridan pastroq yangraydi.

Past chastotalarning yangrash balandligi o'rta chastotalarnikidek qolishi uchun tovush uzatish traktining past chastotalardagi sezgirligi chastota tavsifini korreksiyalash kerak (100 Hz da  $17 \div 20$  dB ga ko'tarish kerak). Radio qabulqilgichlarda kuchaytirish ko'effitsiyenti kamaysa, past chastotalarda ularning kuchayishi avtomatik ravishda korreksiyalanadi.

Yuqori sathli shovqin balandligini o'lchaganda shovqin o'lchovchi asbob (shumomer)ning sezgirligi chastotaga bog'liq bo'lmasligi kerak, bu tovush balandligini subyektiv eshitishga mos keladi. Past chastota tovush balandligini o'lchaganda esa, shovqin o'lchagichning ko'rsatkichi eshitish a'zomizning past chastotalardagi sezgirligi o'rta chastotalardagi sezgirligiga nisbatan pastroqligi inobatga olingandagina subyektiv bo'lishi mumkin. Shuning uchun shovqin

o'lhagichlarda tovush balandligini past chastotalarda o'lhaganda kuchaytirish koeffitsiyenti pasaytirilib, korreksiya kiritiladi. Masalan, 30 fonlik tovush balandligi o'lhanyapti, bunda 100 Hz chastotada 1000 Hz chastotadagiga nisbatan tovush balandligi sathining pasayishi taxminan 30 dB bo'lishi kerak (1.7-rasmdagi 30 dB egri chiziq). Shovqin o'lhagichda past chastotalarni o'lchashni uchta *A*, *B* va *C* rejimda uzib-ulovchi korreksiyalash qurilmasi yordamida amalga oshirish mumkin. Shovqin o'lhagichning struktura sxemasi 1.8-rasmda keltirilgan.



1.8-rasm. Shovqin o'lhagichning struktura sxemasi.

Bunda: *M* – o'lhagich mikrofoni, *MK* – mikrofon kuchaytirgichi, *KQ* – korreksiyalovchi qurilma, *D* – detektor, *KA* – ko'rsatuvchi asbob.

Shuni ta'kidlash lozimki, shovqin o'lhagichning oddiy o'lchov asboblardan farqi shundaki, uning tarkibida past chastotalarni korreksiyalovchi blok bo'lib, uning chastota tavsifi odam eshitish a'zosi tavsifiga (1.7-rasm) mos. Boshqacha qilib aytganda, korreksiyalovchi blok «sun'iy quloq» vazifasini bajaradi. Unda tovush sathlarini  $A=40$  dB gacha,  $B=70$  dB gacha va  $C=80$  dB va undan yuqori sathlarni o'lchash uchun belgilangan. Bunday o'lchangan tovush balandligi sathlari subyektiv aniqlangandagi tovush balandligi sathlariga mos keladi.

Tovush balandligi sathi tovushni subyektiv eshitishni karakterlasa ham, haqiqiy subyektiv eshitish masshtabiga mos emas. Masalan, tovush balandligini 40 fondan yuqori diapazonda 10 fonga oshirish, tovush balandligi subyektiv sezgirligini ikki baravar oshishiga teng. Fon, tovush balandligining o'lchov birligi sifatida noqulayligi shundaki, masalan, ikkita har xil chastotali sinusoidal

signallarning tovush balandligini bilgan holda, ularni oddiygina qo‘shib, ikki tonalli signalning tovush balandligini aniqlash mumkin emas. Shuning uchun tovush balandligi S o‘lchov birligi sifatida son kiritilgan.  $S = 1$  son 1000 Hz chastotada qiymati 40 dB bo‘lgan sinusoidal tovush bosimiga mos keladi.

1.9-rasmda tovush balandligining fon va son o‘lchov birligidagi sof tonlarning solishtirma egri chizig‘i keltirilgan. Fon va dB larda o‘lchangan tovush balandligini bog‘laydigan empirik formula quyidagicha:

$$S = 2^{(L(\text{fon}) - 40)/10}, \text{ son yoki } \ln S = \frac{L - 40}{33}, \text{ dB.} \quad (1.13)$$

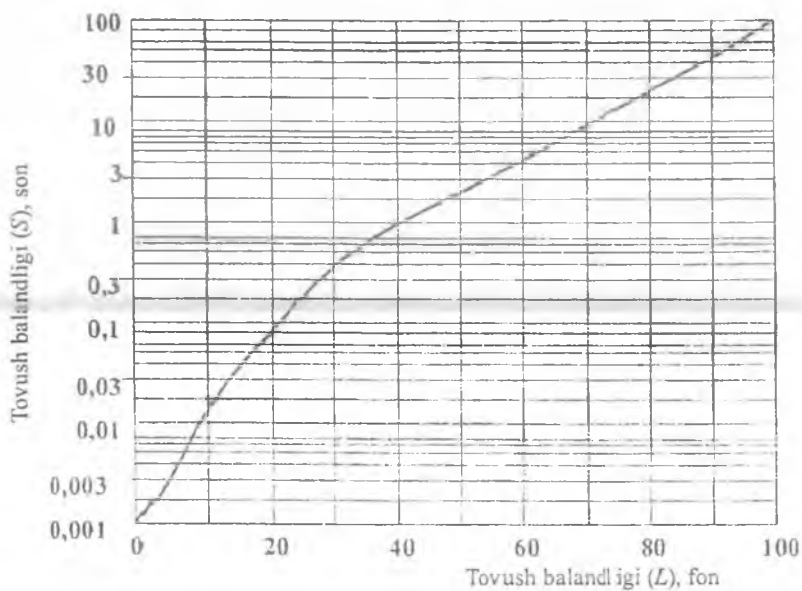
Bu formula faqat  $L = 40 \div 120$  dB diapazonlarida yaxshi natija beradi.

1.2-jadvalda ko‘proq uchraydigan tovush va shovqinlarning fon va son o‘lchovlardagi sathlari keltirilgan

1.2-jadval

T/r	Tovush yoki shovqin manbai va o‘lchash joyi	Balandlik sathi, fon	Balandlik sathi, son
1	5 m masofadagi aviatsiya motori	116 ÷ 120	346 ÷ 556
2	Metro poezdining harakatdagi shovqini	85 ÷ 90	25 ÷ 38
3	Harakatdagi avtobus, 5 m masofada	85 ÷ 88	25 ÷ 32,2
4	10 ÷ 20 m masofadagi tramvay	80 ÷ 85	17,1 ÷ 25
5	20 m masofadagi hushtak ovozi	70	7,95
6	Shovqin ko‘cha	60 ÷ 75	4,35 ÷ 11,4
7	Ko‘chadagi o‘rtacha shovqin	55 ÷ 60	3,08 ÷ 4,35
8	Tinch ko‘cha, kunduzi	40	1,0
9	Tinch bog‘	20	0,097
10	Qozonxona sexi	100 ÷ 103	88 ÷ 116
11	Tikuv sexidagi umumiy shovqin	96 ÷ 100	62 ÷ 88

12	Daraxtni qayta ishlovchi fabrika	96÷98	62÷74
13	Simfonik orkestr	80÷100	17,1÷88
14	Qarsaklar	60÷75	4,4÷11,4
15	Radio orqali baland musiqa	80	17,1
16	Radiomarkaz (studiya – ijro vaqtida)	40÷50	1÷2,2
17	Kutubxona	25÷30	0,2÷0,36
18	Kasalxona	20÷30	0,1÷0,36
19	Notiq, 1 m masofada	70÷80	10÷22
20	1 m masofadagi oddiy suhbat	55÷60	3,08÷4,35
21	1 m masofada shivirlab so'zlash	20	0,1
22	Shovqin majlis	65÷70	5,87÷7,95



1.9-rasm. Fon va son o'lchov birlikdagi tovush balandligining solishtirma egri chizig'i.

## 1.6. MURAKKAB TOVUSHLARNI ESHITISH. NIQOBLASH

Shu vaqtgacha sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaruvchi sof tonlar ko'rib chiqildi. Ammo sof tonlar tabiatda juda kam uchraydi. Ko'pgina musiqa tonlari sof ton emas, balki murakkab tonlardir. Murakkab ton asosiy ton, obertonlar yoki garmonikalardan iborat. Obertonlar asosiy ton chastotalari bilan oddiy karrali nisbatda bo'ladi. Murakkab ton bitta emas, bir nechta obertonlardan tashkil topishi mumkin. Tajriba shuni ko'rsatadiki, fazaning juda katta oraliqda o'zgarishi murakkab tonlarning eshutilishiga ta'sir qilmaydi, faqatgina juda baland tovushlardagina tonlar tashkil etuvchilarining fazalari ta'sir ko'rsata boshlaydi. Murakkab ton nochiqli tavsifga ega bo'lgan u yoki bu qurilmaning chiqishida, hatto uning kirishiga sof ton berilgan holda ham olinishi mumkin. Shunday qilib, bizning quloq ham nochiqli qurilma hisoblanadi. Quloqqa yetarlicha katta jadallikdagi sof ton ta'sir etib, murakkab tonni his etishimiz mumkin. Shu sababdan qulog'imizga juda kuchli infra tovush chastotali ton ta'sir etsa, biz bu tonni qulog'imizda paydo bo'ladigan garmonikalar hisobiga eshitamiz. Shovqin tovushning tonga nisbatan murakka broq ko'rinishidir. Murakkab tonlardan farqli ravishda shovqin tashkil etuvchilarning chastotalari oddiy karrali nisbatda emas. Bundan tashqari, bu tashkil etuvchilarning chastota va amplitudalari vaqt bo'yicha o'zgarib turadi. Subyektiv jihatdan ton bilan shovqinning bir-biridan farqi shundaki, birinchisida tovush balandligi bilan tavsiflash mumkin bo'lsa, ikkinchisiga nisbatan, aksari hollarda bunday qilib bo'lmaydi. Kundalik hayotimizda uchraydigan tovushlar, shu jumladan, nutqning anchagina qismi ham, shovqin xarakteriga ega. Kundalik tajribamizdan bilamizki, agar u aniq ifodalangan bo'lsa, har qanday tovushning subyektiv tavsifi uning kattaligi va balandligidir. Ammo, bundan tashqari, deyarli barcha tovushlarda ularning tembri, ya'ni tovushlarning tabiatini aks ettiruvchi subyektiv rang ajralib turadi. Masalan, erkak, ayol yoki bola bir tovushni bir xil ohangda va bir xil

balandlikda talaffuz etishlari mumkin, ammo ularni osongina ajrata olamiz. Xuddi shunga o'xshash musiqa asbobi bilan qanday nota olinganligini aniqlash juda oson. Tembr tovush manbayi ayni daqiqada qanday asosiy chastotani tarqatayotganidan qat'iy nazar, shu manbaga xos chastotaviy tashkil etuvchilar bilan aniqlanadi. Xususan, odam nutqi haqida gapirganda har bir odam o'zining individual xususiyatlariga ko'ra, faqat unga xos tomoq va og'iz bo'shliqlariga ega bo'lib, ular rezonator sifatida nutqning u yoki bu chastotaviy tashkil etuvchilarini ajratib beradi.

Agarda bir vaqtning o'zida turli xil tovushlar ta'sir etsa, tovushlarni qabul qilish keskin o'zgaradi. Masalan, tinch paytda juda tushunarli bo'lgan nutq kuchli shovqin ta'sirida eshitilmasligi mumkin. Bu hodisa **niqoblash** deb ataladi. Eshitilishi kerak bo'lgan tovush **niqoblanuvchi tovush**, eshitishga halal beruvchi tovush esa **niqoblovchi** tovush deb ataladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, niqoblovchi tovush qanchalik kuchli bo'lsa va uning chastotasi niqoblanuvchi tovush chastotasiga qanchalik yaqin bo'lsa, niqoblash effekti shunchalik kuchli bo'ladi. Bunda niqoblovchi tovush chastotasi niqoblanuvchi tovush chastotasidan past bo'lsa, niqoblash effekti shunchalik kuchsiz seziladi.

Niqoblash kattaligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

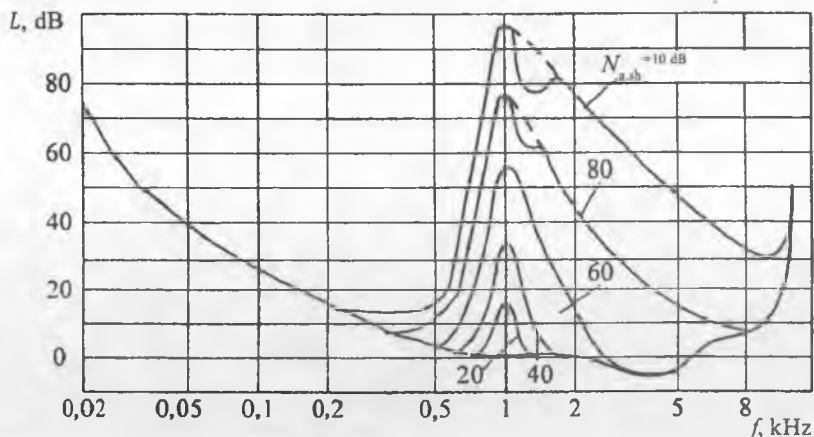
$$\Delta L_1 = L_{a,sh} - L_a, \quad (1.14)$$

bu yerda  $L_{a,sh}$  va  $L_a$  - shovqin va tinch holatlardagi eshitish bo'sag'alarining sathlari. Halaqit beruvchi tovush foydali tovush sathidan yetarlicha katta bo'lganda, foydali tovush eshitilmasligi mumkin.

Tor polosali shovqin sathining tonni niqoblashga ta'siri 1.10-rasmda ko'rsatilgan. Niqoblovchi shovqinning polosa kengligi 160 Hz ni tashkil etadi. Uning  $L_{a,sh}$  sathi esa, mos holda 100, 80, 60, 40 va 20 dB ga teng. Beshta shovqin polosa egri chiziqlarning barchasi ton chastotasiga teng o'rtacha chastota 1000 Hz da aniq ifodalangan maksimumga ega. Eshitish bo'sag'asining oshish



sababi chastota tarkibi qabul qilinayotgan tovush chastota sohasida bo'lgan, jadallik sathi qabul qilinayotgan tovush sathidan birmuncha katta bo'lgan shovqin ta'sirida, nerv tolalari allaqachon qo'zg'algan va shovqinga mos impulslarni eshitish markaziga yuboradi. Eshitishning diskretligi hisobiga kichik sathdagi qabul qilinayotgan tovush eshitishga hech narsa qo'sha olmaydi, shuning uchun biz uni eshitmaymiz.

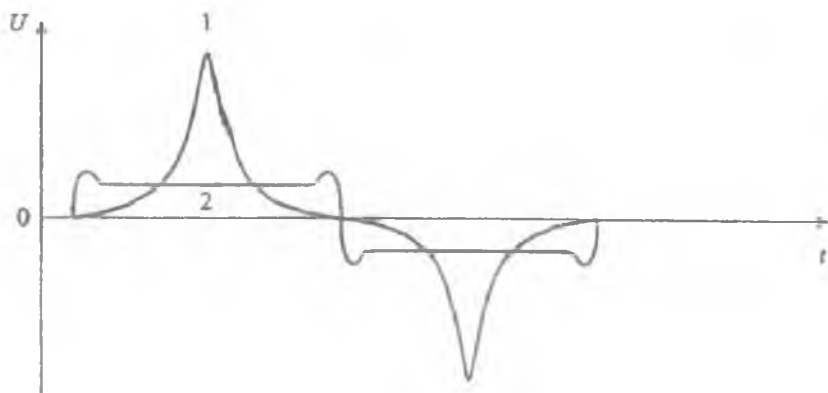


1.10-rasm. Turli qiymatdagi shovqin bilan ton niqoblanganda uning eshiti lish bo'sag'asi.

Tajriba yo'li bilan past chastotali tonlar yuqori chastotali tonlarni kuchliroq niqoblashi aniqlangan. Buning sababi shundaki, past chastotalarda rezonanslanadigan va chanoq tolalari oval darchadan uzoqda joylashgan chanoq kanallarida u yoki bu darajada tebranayotgan limfa oval darchaga yaqin bo'lgan barcha tolalarni, shu jumladan, yuqori chastotali tolalarni ham qo'zg'atadi. Yuqori chastotalarda rezonanslanadigan tolalar oval darchaga yaqin joylashgan va limfa tebranishlari uzoqda joylashgan past chastotali tolalarga yetmasdan so'nadi.

## 1.7. ESHITISHNI SEZA BILISHNING VAQT TASNIFLARI

Gelmgols va Fletcherlarning ma'lumotlariga qaraganda, bir necha chastotaviy tashkil etuvchilardan tarkib topgan murakkab tebranishlar eshitish a'zosining turli kritik polosalariga tushadi, eshitish a'zosi chastotaviy tashkil etuvchilar orasidagi o'zaro faza siljishlarini sezmay qoladi, ya'ni egri chiziq shaklini sezmaydi. Masalan, 1.11-rasmda ko'rsatilgan murakkab tovushlarning eshitilishi eshitish a'zosining nochiziqligi tufayli tovush balandligi sathi 60 fondan oshgandagina o'zaro farq qiladi.

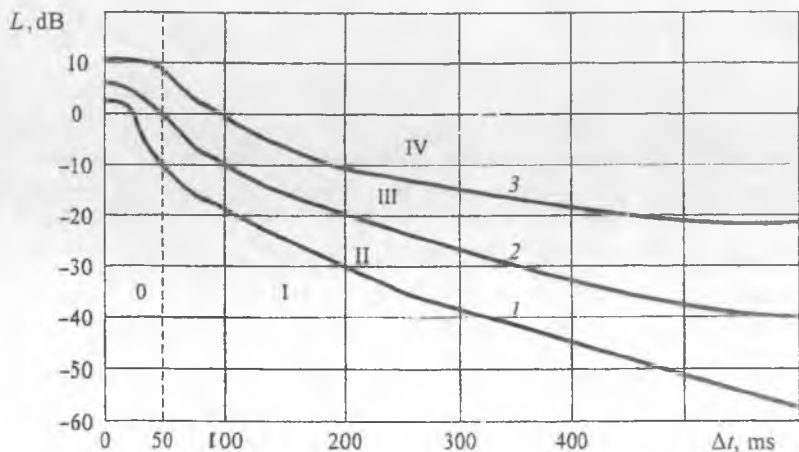


1.11-rasm. Odam eshitish a'zosi bir xil sezadigan tovush tebranishlari.

Qo'zg'atuvchi kuch yo'qolganda eshitish a'zosining sezgirligi birdan yo'qolmasdan, asta-sekin nolgacha kamayadi. Bu effekt **eshitish taassuroti** deb ataladi. Tovush balandligi sathi bo'yicha sezgirlikni 8,7 fongacha pasayishiga ketgan vaqt **eshitish a'zosining vaqt doimiysi** deb ataladi. Bu vaqt doimiysining qiymati bir qator holatlarga, hatto qabul qilinuvchi tovushning parametrlariga ham bog'liq. Bu vaqt, o'rtacha 150÷200 ms ga teng deb hisoblanadi.

Agarda tinglovchi ikkita tovushni qabul qilayotganda, ulardan bittasi ikkinchisiga nisbatan 50 ms ga kechiksa, unda bu ikkala

tovush qoʻshilib bitta tovushdek qabul qilinadi. Toʻgʻri, tovushlar bir-biridan 30 ms dan ortiq kechikkanida hosil boʻlgan tovushning jaranglashida ayrim sifat oʻzgarishlari seziladi. Kechikish 50 ms dan oshganda, tovushlar alohida-alohida eshitiladi. Agarda ikkinchi tovushning sathi birinчисiga nisbatan kichikroq boʻlsa, unda u alohida tovush sifatida eshitilmasligi yoki uning sathi birinчисinikidan qanchalik kamligiga qarab alohida eshitilishi mumkin. 1.12-rasmda alohida-alohida qabul qilinadigan ikkita tovush sathlari farqi orasidagi bogʻlanishni ifodalovchi egri chiziq koʻrsatilgan (I egri chiziq). Agarda tovushlar bir manbadan chiqsa-yu, ulardan biri u yoki bu toʻsiqdan qaytishi hisobiga katta yoʻl bosib oʻtsa, keyingi alohida eshitiladigan tovush aks sado deb ataladi.



1.12-rasm. Toʻgʻri va kechikkan sathlar oʻrtasidagi talab etilgan farq va qaytarilgan tovushning kechikish vaqti oʻrtasidagi bogʻliqlikni ifodalovchi egri chiziq:

1 – aks sado eshitilish chegarasi; 2 – aks sado sezilish chegarasi; 3 – aks sadoning halaqit berish chegarasi; Zonalar: 0 – tovushlarni yagona tovushdek eshitish; I – eshitilmaydigan aks sado; II – eshitiladigan aks sado; III – aks sado eshitiladi, ammo nutq eshitish aniqligi pasaymaydi; IV – aks sado nutq aniqligini pasaytiradi.

Agarda to'g'ri va qaytarilgan tovushlar sathining farqi 2 egri chiziqda ko'rsatilgan qiymatlardan oshmasa, unda kechikuvchi tovushni eshitish mumkin (II zona), ko'rsatilgan qiymatlardan oshganda kechikuvchi tovush aks sado sifatida eshitaladi va nutq eshitish aniqligi pasaymaydi (III zona). Sathlar farqi 3 egri chiziqdagi ko'rsatkichlardan oshgandagina (IV zona), aks sado hisobiga nutq aniqligining pasayishi sezila boshlaydi.

Bu egri chiziqlardan foydalanish hisoblashlar faqat qo'lda bajarilgandagina qulay, elektron hisoblash mashinalaridan foydalanilganda ularning approksimatsiyalanishi haqida tushunchaga ega bo'lish lozim. Yetarli darajada (aniqligi 1 dB ga yaqin bo'lgan) quyidagi approksimatsiyadan foydalaniladi:

$$1\text{-egri chiziq uchun: } \Delta L_1 = \frac{100}{3} \lg \Delta t (\text{ms}) - 45 \text{ dB}, \quad (1.15)$$

bunda  $\Delta t$  – kechikish vaqti;

$$2\text{-egri chiziq uchun: } \Delta L_2 = 35 \lg \Delta t (\text{ms}) - 54 \text{ dB}, \quad (1.16)$$

$$3\text{-egri chiziq uchun: } \Delta L_3 = \frac{80}{3} \lg \Delta t (\text{ms}) - 51 \text{ dB}. \quad (1.17)$$

**Misol.** Tinglovchi tovush manbai va 17 m masofadagi qaytaruvchi devor oralig'ida turibdi. Agarda tovushning devordan qaytish koeffitsiyenti birga yaqin bo'lsa, unda to'g'ri tovush jadalligi qaytarilgan tovush jadalligidan 9 marta ( $51^2:17^2$ ) katta bo'ladi. Sath bo'yicha bu farq  $10 \lg 9 = 9,5$  dB ga teng. To'g'ri va qaytarilgan tovushlar yo'lining ayirmasi 34 m tashkil etadi, shuning uchun qaytarilgan tovush to'g'ri tovushga nisbatan  $(34 \times 1000)/340 = 100$  ms ga kechikadi. Bu holda tovush va uning aks sadosi orasidagi farq sezilarli bo'ladi.

Agar tovush manbai tinglovchidan 3 m masofada bo'lsa, sathlar farqi  $\frac{(3+2 \times 17)^2}{3^2} = 21,8$  dB ni tashkil etadi. Bu holda tovush va uning aks sadosi sezilish chegarasidan tashqarida bo'ladi (I-zona).

Eshitish a'zosining vaqt tavsiflaridan yana biri **niqoblashdan keyingi** hodisadir: kuchli tovushlardan so'ng keladigan kuchsiz tovushlar oldingi tovushning qaytishi hisobiga butunlay yoki qisman niqoblangan bo'ladi. Signalning eshitish taassuroti tufayli yuzaga kelgan niqoblashdan keyingi hodisasi oldingi signal sathiga bog'liq bo'lib, uning sathi qanchalik yuqori bo'lsa, shunchalik uzoqroq davom etadi. Nutq tovushining niqoblashdan keyingi hodisasini ko'pincha **o'z-o'zini niqoblash** deb ataladi. Quloqning qisqa impulsni eshitish chog'ida integratsiyalash xususiyatini ham eslatib o'tish lozim. 50 ms chegarasida impuls jadalligi integratsiyalanadi, buning hisobiga uzoqroq (50 ms gacha), ammo amplitudasi kichik bo'lgan impuls ham, katta amplitudali qisqa impuls kabi baland eshitiladi (agar impuls jadalligini ularning davomiyligiga ko'paytmasi bir xil bo'lsa). Eshitish a'zosining vaqt tavsiflariga tovush tonalligining, aniqrog'i, tovush balandligining tiklanish vaqti ham kiradi. Eshitish a'zosi tovush balandligini, ya'ni tebranish chastotasini aniqlab olishi uchun ikki-uch tebranish davri kerak. Past chastotalarda bu vaqt taxminan 30 ms, yuqori chastotalarda birmuncha kichikroq vaqt oralig'ini tashkil etadi.

Eshitish sezgirligi birdaniga yo'qolmasligi sababli chastotalari bo'yicha farqi katta bo'lmagan ikkita ketma-ket tonlarning tepkili tebranishlari eshitiladi, buning evaziga chastotalarning juda kichik farqini va chastotaning uncha katta bo'lmagan oraliqda esa, sust tarzda o'zgarishini aniqlash mumkin.

### 1.8. ESHITISH A'ZOSINING NOCHIZIQLI XUSUSIYATLARI

Bizga bitta chastotaviy tashkil etuvchiga sathi 100 dB ga teng sof ton ta'sir etganda, biz sathi 88 dB ga teng ikkinchi, sathi 74 dB ga teng uchinchi va h.k ton garmonikalarini eshitamiz. Eshitishda bu garmonikalarning mavjudligini tajribada «qidiruvchi» ton yordamida aniqlash oson. Buning uchun quloqqa chastotasi tekshirilayotgan ton chastotasidan yuqori diapazonda yotgan va

asta-sekin (bir tekis) o'zgarayotgan «qidiruvchi» ton beriladi. Bu tonning har bir karrali chastotasida tepkili urish – go'yo quloqqa haqiqatdan ham shu turdagi garmonikalar berilgandek sezgi paydo bo'ladi. Shuning uchun ular (bu garmonikalar) subyektiv deb ataladi. Aynan shu sababdan niqoblovchi ton chastotasiga karrali bo'lgan chastotalarda tovushning niqoblanishi kuzatiladi. Chastotalari eshitish a'zosining bitta kritik polosasiga tushmaydigan ikkita sof ton tinglanganda, odam ko'pincha chastotalari farqiga teng tonni yaxshi sezadi.

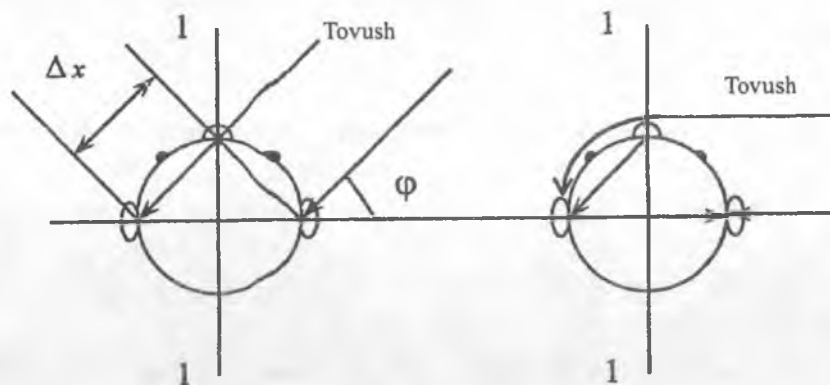
Chastotasi chastotalar yig'indisiga teng ton yoki chastotalarning  $f = mf_1 \pm nf_2$  ko'rinishdagi boshqa kombinatsiyasi bilan aniqlanadigan tonni esa yomon eshitadi (bu yerda  $m$  va  $n$  – butun sonlar). Eshitish a'zosiga karrali bo'lmagan tashkil etuvchilarga ega bo'lgan tonlardan iborat murakkab tovush ta'sir etsa, spektr ko'pgina kombinatsion chastotalar bilan «ifloslanadi». Shunisi qiziqki, baland ovozda eshittirilayotgan signalning 1000 Hz dan past chastota diapazonini qirqqanimizda ham odam eshitish a'zosining nochiziqligi sababli bari bir past chastotalarni eshitadi. Shu sababdan odamlar past chastotalarni yaxshiroq eshitish uchun eshittirishlarni baland ovozda eshitadilar, shunda past chastotali eshittirish go'yo yaxshi eshitalayotgandek tuyuladi. O'z-o'zidan ravshanki, bu holda yuqori chastotalarda tovushning yangrashi buziladi, ammo uning sezilishi va ahamiyati kamroq. Eshitish a'zosining nochiziqligi sababini o'rta quloqning nochiziqli tavsifi va ko'proq chanoqdagi uyurma hodisalar bilan tushuntirish mumkin.

### 1.9. BINAURAL EFFEKT

Oddiy sharoitlarda tovush manbai joylashgan joyni aniqlash juda oson. Hatto bir necha tovush manbai bo'lganida ham biz ularning fazoda joylashishini osonlikcha tasavvur qilamiz. Odamning tovush manbai joylashgan yo'nalishni topa olish xususiyati **binaural effekt** deb ataladi. Ikki quloq bilan eshitishimiz

natijasida, binaural effekt tufayli bir xil fazali tovush tebranishlarini qulog'imizga kelish vaqti farqini ajrata olamiz. Binaural effekt, asosan, past va o'rta chastotalarda aniqlanadi.

Agarda odam eshitish a'zosiga tovush manbayi qandaydir  $\varphi$  burchak ostida ta'sir etsa, u holda tinglovchining boshi atrofida tovush to'lqini difraksiyalanishi natijasida tovush uning o'ng va chap qulog'iga birdek ta'sir etmaydi (1.13-rasm).

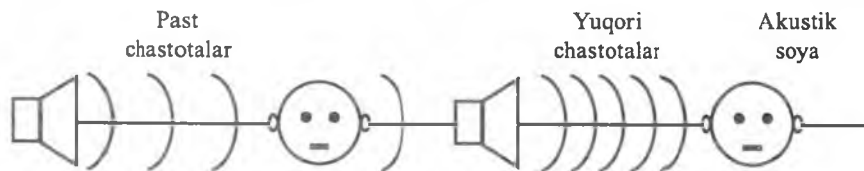


1.13-rasm. Tinglovchining o'ng va chap qulog'iga tovush to'lqinining turli vaqtda kelishi.

Ular tovush jadalligi bo'yicha  $\Delta N$  va vaqt bo'yicha  $\Delta t$  ga farqlanadi. Bu parametrlar tovush manbayini lokallashda asosiy ko'rsatkich hisoblanadi.

Ma'lumki past chastota to'lqin uzunligi tinglovchi boshi diametridan ancha katta, shuning uchun tovush to'lqini boshni aylanib o'tadi va akustik soya sodir bo'lmaydi.

Yuqori chastota tovushlari to'lqin uzunligi tinglovchi boshi o'lchamidan kichik, shuning uchun ular chap quloqqa yetib bormaydi. Bunday difraksiya natijasida sodir bo'ladigan akustik soya chap quloqqa keladigan tovush jadalligini susaytiradi (1.14-rasm).



1.14-rasm. Akustik soya sodir bo'lishi.

Chap va o'ng quloqqa kelayotgan tovush tebranishlari vaqtidagi farq

$$\Delta t = \Delta r / c,$$

bunda,  $\Delta r$  – chap quloqdan o'ng quloqqacha bo'lgan to'lqin yo'li farqi, sm;  $c$  – tovushning havodagi tarqalish tezligi, m/s.

Odam tovush to'lqinlarini eshitganda tovush kelish yo'nalishini gorizontal tekislikda  $3 \div 4^\circ$  aniqlik bilan, vertikal tekislikda esa, bu ko'rsatgich  $20^\circ$  dan oshmaydi. Bir quloq bilan eshitadigan odam binaural effekt xususiyatidan mahrumdir.

Tinglashdagi stereoaakustik effekt shundan iboratki, odam tovush manbayining «ko'ndalang» o'lchamlarini hamda uning «chuqurligini», ya'ni tovush to'lqini yo'nalishi bo'yicha tovush manbayining o'lchamlarini «sezadi». Tinglovchi esongina u yoki bu musiqa asbobining orkestrda joylashgan joyini aniqlay oladi. Boshqacha qilib aytganda, ikki quloq bilan tinglash **akustik istiqbolni yaratadi**

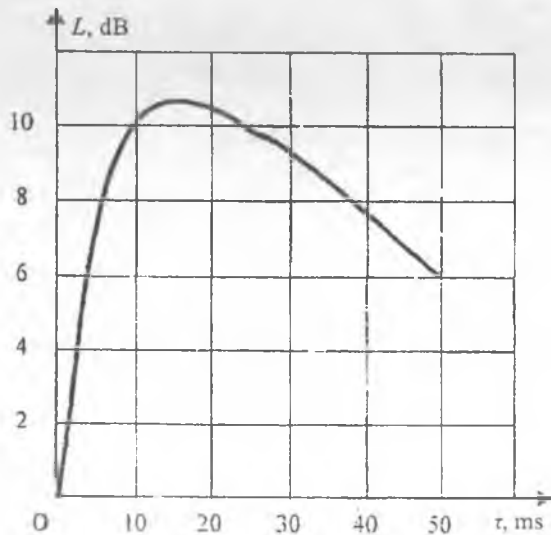
Agar odam eshittirishni ikkita turli joyda joylashgan va oralari tinglovchiga yaqin bo'lgan bir xil tovush manbayidan eshitsa, tovush manbalari sathi bir xil bo'lganda mavhum tovush manbayi, go'yo shu ikki tovush manbalari o'rtasida joylashgandek tuyuladi.

Manbalar sathi bir xil bo'lmaganda mavhum manba sathi balandroq tovush manbayi tomon siljigandek tuyuladi. Mavhum manba joylashgan joyni tovush manbalari hosil qilayotgan jadallikka nisbatan aniqlash mumkin (jadalliklar nisbati taxminan mavhum manba va haqiqiy manbalar oralig'i nisbatiga teng).



Agar tinglovchi tovush manbayidan (masalan, radiokarnaydan) bitta eshittirishni turli masofalarda eshitsa yoki undan bir xil masofada joylashgan ikki manbaning biridan kelayotgan signal ikkinchisidan kelayotgan signalga nisbatan biroz kechiksa, unda asosiy va kechikkan manbalar sathi teng bo'lganda mavhum manba asosiy manba joylashgan yerda joylashgandek tuyuladi. Boshqacha qilib aytganda, kechikkan signalning qo'shilishi tovush jarangdorligini oshirsa ham: uning manbayi go'yo yo'qdek tuyuladi. Demak, asosiy signal kechikkan signalni (agar ularning sathi bir xil bo'lsa) butunlay bosadi. Agar kechikkan signal sathini asta-sekin oshirsak, ikkala tovush manbayi, hatto kechikish vaqti 50 ms dan kam bo'lganida ham, alohida-alohida eshitaladi.

1.15-rasmda kechikkan signal sathining ortishi va ushlanish vaqti orasidagi bog'liqliq egri chizig'i keltirilgan. Ordinata o'qi bo'yicha asosiy va kechikkan sathlar farqi berilgan. Ushlanish vaqti  $15 \div 20$  ms ga teng bo'lganda ikkala signal birdek eshirilishi uchun kechikkan signal sath bo'yicha 10 dB ga oshirilishi kerak.



1.15-rasm. Kechikkan signalning qaytarilishi mavhum signal manbayini aniqlashga ta'siri.

Kechikish vaqti 50 ms bo'lganda asosiy va kechikkan manbalar sathlari farqi 6 dB ni tashkil etadi. Bu bog'lanish ko'pgina olimlar tomonidan, jumladan, G.Xaas tomonidan batafsil o'rganilgan. Shuning uchun 1.15-rasmdagi egri chiziq **Xaas egri chizig'i** deb ataladi. Yuqorida bayon etilgan xususiyatlar **stereoakustik effekt** va akustik istiqbolni yaratish uchun ishlatiladi, ya'ni stereofonik eshittirishlarda qo'llaniladi.

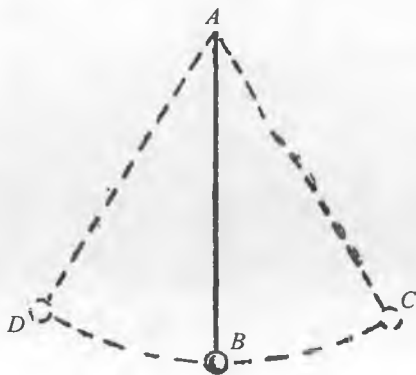
### NAZORAT SAVOLLARI

1. Akustika fani nimanı o'rganadi?
2. Akustika fanining asosiy tarkibiy qismlarini tushuntiring.
3. Odam eshitish a'zosining asosiy qismlarini sanab o'ting.
4. Odam eshitish a'zosini tavsiflovchi asosiy parametrlarni sanab o'ting.
5. Odam eshitish a'zosining chastota diapazoni nimaga teng?
6. Odam eshitish a'zosining dinamik diapazoni nimaga teng?
7. Chanoqning ekvivalent-elektr sxemasini chizing va tushuntiring.
8. Ton balandligi intervallarini tushuntiring.
9. Tovush balandligi va balandlik sathi o'rtasida qanday bog'lanish bor?
10. Tovushning teng balandlik egri chiziqlarini tushuntiring.
11. Shovqin o'lchagichning struktura sxemasini chizing.
12. Niqoblash hodisasining mohiyati nimadan iborat, radioeshittirishda undan qanday foydalaniladi?
13. O'z-o'zini niqoblash deb nimaga aytiladi?
14. Binaural effektning mohiyati nimadan iborat?
15. Akustik soya sodir bo'lish sabablarini tushuntiring.
16. Xaas effektini tushuntiring.

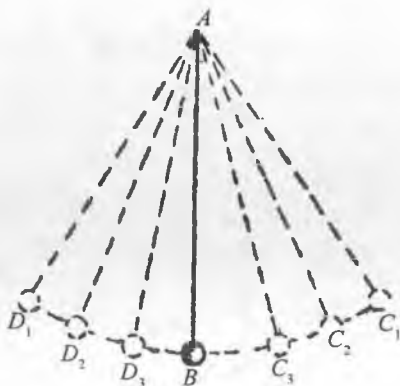
## 2-bob. TOVUSH TEBRANISHLARI

### 2.1. TEBRANISHLAR HAQIDA TUSHUNCHA

Odam tovush eshitsa, bu uning qulog'iga atrof muhit zarracha tebranishlari ta'sir etadi degani. Bu tebranishlar tovush tebranishlari yoki, oddiy, tovush deb ataladi. Tebranish deb ma'lum vaqt oralig'ida takrorlanuvchi harakatga aytiladi. Bunday harakatning oddiy misoli sifatida mayatnikning tebranishini olish mumkin (2.1-rasm).



2.1-rasm. Mayatnikning tebranishi.



2.2-rasm. Mayatnikning so'nuvchi tebranishi.

Ipga osilgan massasi  $m$  ga teng bo'lgan sharni qo'limiz yordamida  $B$  nuqtadan  $C$  nuqtaga ko'chiramiz. So'ng sharni qo'limizdan chiqaramiz. Erkin holdagi shar og'irlik kuchi ta'sirida dastlabki ( $B$ ) holatiga tomon harakatlanadi. Bunday harakatlanishda shar inersiya hisobiga  $B$  nuqtadan o'tib, chap tomonga siljiydi. Qandaydir  $D$  nuqtada sharning inersiya kuchi og'irlik kuchi bilan tenglashib, shar to'xtaydi va o'ng tomonga harakatlana boshlaydi.

Yana dastlabki muvozanat holatdan o'tib, shar o'ng tomonga siljiydi va avvalgi harakat takrorlanadi va h.k.

Agar ishqalanish kuchi bo'lmaganda shar cheksiz tebranar edi, u holda sharning  $B$  nuqtadan  $D$  nuqttagacha va  $B$  nuqtadan  $C$  nuqttagacha bosib o'tgan masofasi teng bo'lar edi. Tashqi kuch ta'sir etmagada energiyaning so'nishi hisobiga har bir keyingi tebranish amplitudasi ilgarigisidan kichikroq bo'ladi, natijada tebranishlar so'nuvchi tebranishlarga aylanadi.

Mayatnikning muvozanat holatidan eng katta og'ishi, ya'ni  $BD$  yoki  $BC$  yoyi tebranish amplitudasi deb ataladi, mayatnik bitta to'la tebranishi uchun (mayatnikning  $B$  nuqtadan  $C$  nuqttagacha,  $C$  nuqtadan  $D$  nuqttagacha va qayta  $B$  nuqttagacha) sarf bo'lgan vaqt **tebranish davri** deb ataladi va  $T$  bilan belgilanadi. So'nmaydigan tebranishlarda tebranish amplitudasi o'zgarmas, so'nuvchi tebranishlarda esa, tebranish davri o'zgarmas qoladi, chunki so'nuvchi tebranishlarda mayatnikning tebranish amplitudasi pasaygan sari uning tebranish tezligi ham pasayadi. Mayatnikning so'nuvchi tebranishi 2.2-rasmda ko'rsatilgan.  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  va  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  nuqtalar sharning ketma-ket og'ish holatiga mos keladi, bu nuqtalarda uning harakat yo'nalishi o'zgaradi. Ko'rinib turibdiki,  $BC_1$  yoyi  $BD_1$  yoydan katta,  $BD_1$  yoyi  $DC_2$  yoydan katta,  $BC_2$  yoyi  $BD_2$  yoydan katta va h.k. Agarda biz so'nmaydigan tebranishlarni hosil qilmoqchi bo'lsak, unda tebranuvchi jismga muhit qarshiligini, ishqalanish kuchini yengishga sarflaydigan energiyani tashqi manbadan to'ldirishimiz kerak. Boshqacha qilib aytganda, mayatnikka har gal qo'shimcha energiya berib, uning tebranish amplitudasini birday saqlab turmog'imiz kerak. So'nmaydigan tebranishlar misoli tariqasida soat mayatnigi tebranishini keltirishimiz mumkin, unda ishqalanishga sarflanadigan energiya soat murvatini burash bilan tiklanadi.

Tebranuvchi jism 1 sekundda sodir etgan tebranishlar soni **tebranishlar chastotasi** deb ataladi va  $f$  harfi bilan belgilanadi,

o'lchov birligi Hz. Tebranishlar chastotasi, tebranish davriga teskari bo'lgan kattalik:

$$f = \frac{1}{T}, \text{ Hz.} \quad (2.1)$$

## 2.2 TA'RIFLAR

**Tovush to'liqini** deb, elastik muhitda o'zgaruvchan g'alayonlarning tarqalish jarayoniga aytiladi, **tovush tebranishlari** deb esa havo zarrachalarining shu qo'zg'alish kuchi ta'sirida siljishiga aytiladi. Bu jarayon sodir bo'ladigan fazo **tovush maydoni** deb ataladi.

Tovush tebranishlari mexanik tebranishlarning xususiy ko'rinishidir. Suyuq va gazsimon muhitlarda tovush tebranishlari **bo'ylama tebranishlarga** ega, ya'ni muhit zarrachalari to'liqin tarqalishi yo'nalishi bo'ylab harakatlanadi. Qattiq jismlarda esa bo'ylama tebranishlardan tashqari **ko'ndalang tebranishlar** ham sodir bo'ladi, ya'ni muhit zarrachalari to'liqin tarqalishi chizig'iga perpendikular harakatlanadi. Tovush to'liqinlarining tarqalish yo'nalishi **tovush nuri**, bir xil fazali yonma-yon zarrachalarni birlashtiruvchi sirt **to'liqin fronti** deb ataladi. Odatda, to'liqin fronti tovush nuriga perpendikular. Umumiy holda, to'liqin fronti murakkab shaklga ega, ammo amaliyotda to'liqin frontlari **yassi, sharsimon va silindrik shaklga** ega bo'ladi.

Tovush to'liqlari **tovush tezligi** deb ataluvchi ma'lum bir tezlikda tarqaladi.

Agarda  $T$  tebranish davri,  $c$  tovush tezligi va  $f$  tovush chastotasi bo'lsa, unda to'liqin uzunligi

$$\lambda = cT = \frac{c}{f} \text{ m.} \quad (2.2)$$

Aloqa va eshittirishda qo'llaniladigan tovush tebranishlari chastotasi  $16 \div 20000$  Hz oralig'ida yotadi.

**Bosim deb,** birlik yuzaga ta'sir etayotgan kuchga aytiladi. **Bosim**  $r$  bilan belgilanadi va o'lchov birligi  $N/m^2$  yoki Pa:

$$p = \frac{F}{S}, \quad (2.3)$$

bunda  $F$  – jisimga ta'sir etayotgan kuch;  $S$  – kuch ta'sir etayotgan yuza. Tovush bosimi deb maydonning ma'lum nuqtasidagi oniy yig'indi va atmosfera bosimlarining ayirmasiga aytiladi.

$$r(t) = p_{\Sigma} - p_0, \quad (2.4)$$

bunda  $r(t)$  – tovush bosimi;  $p_{\Sigma}(t)$  – maydonning ma'lum nuqtasidagi oniy yig'indi bosim;  $p_0$  – atmosfera bosimi.

Muhit zarrachalari zichlashgan joyda  $p_{\Sigma}(t)$  atmosfera bosimidan katta va ishorasi musbat, siyraklashgan joyda esa atmosfera bosimidan kichik va ishorasi manfiy.

Akustikada, odatda, amplitudasi 100 Pa dan oshmaydigan bosim bilan ish ko'riladi. Agar atmosfera bosimi  $1,01 \times 10^5$  Paskalligini inobatga olsak, tovush bosimi qanchalik kichik ekanligiga iqror bo'lamiz.

Texnik hisoblarda tovush bosimining amplituda qiymati emas, balki effektiv qiymati inobatga olinadi.

**Tebranma tezlik** zarrachalarning muvozanat holatiga nisbatan siljish tezligidir. Bu kattalikni tovush tezligi bilan adashtirishmaslik kerak. **Tovush tezligi** – bu manbaga yaqin bo'lgan muhit zarrachalari qo'zg'alishining manbadan uzoqdagi zarrachalarga tarqalish tezligi. Bunda energiyaning bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chishi amalga oshadi.

Agarda muhit zarrachalarining qo'zg'almas nuqtaga nisbatan oniy siljishi  $x = X_m \cdot e^{j\omega t}$  bo'lsa, unda tebranma tezlik:

$$V = \frac{dx}{dt} = j\omega X_m \cdot e^{j\omega t} = j\omega t, \quad (2.5)$$

bunda  $X_m$  – zarrachalarning maksimal amplitudasi.

Texnik hisoblarda tebranma tezlik, bosim singari, effektiv qiymatlarda o'lanadi.

**Tovush quvvati** – bu tovush to'liqining birlik vaqtda butun to'liq fronti yuzasi orqali tarqalishi yo'nalish bo'yicha ko'chirayotgan energiya. Tovush quvvati o'zining fizik xususiyatlariga ko'ra, mexanik quvvatdir. Ma'lumki, quvvat birlik vaqtda bajarilgan ish. Elektroakustikada bajarilgan ish deb, muhit tomonidan nurlatgichga ta'sir etayotgan kuchga qarshi bajarilgan ishga aytiladi.

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{Fdx}{dt} = FV = pSV, \text{ W}, \quad (2.6)$$

bunda  $P$  – tovush quvvati;  $A$  – ish;  $F$  – muhit tomonidan nurlatgichga ta'sir etayotgan kuch;  $x$  – nurlatgichning siljishi;  $p$  – tovush bosimi,

**Jadallik yoki tovush kuchi** – to'liq frontining birlik yuzasidan birlik vaqt ichida o'tayotgan tovush energiyasi oqimi.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{pSV}{S} = pV, \text{ W/m}^2, \quad (2.7)$$

bunda  $I$  – tovush kuchi;  $S$  – to'liq fronti yuzasi.

**Tovush energiyasining zichligi** – birlik hajmga to'g'ri keladigan o'rtacha tovush energiyasi. U  $\epsilon$  bilan belgilanadi, o'lchov birligi  $[\text{J/m}^3]$ .

$$I = \epsilon c \text{ yoki } \epsilon = \frac{I}{c}, \quad (2.8)$$

bunda  $c$  – tovush tezligi.

**Harakat tenglamasi.** Tovush maydoni ikkita parametr: tovush bosimi  $p$  va tebranma tezlik  $V$  bilan tavsiflanadi. Bular o'zaro qanday bog'langanligini ko'rib chiqamiz. Buning uchun  $dS$  maydonchalar bilan chegaralagan elementar havо qatlamini ajratamiz. Qatlam qalinligini  $dx$  deb belgilaymiz.

Faraz qilaylik, ajratilgan qatlamga chap tomondan  $p$  bosim, o'ng tomondan esa  $p + dp$  ta'sir etsin. Mos holda qatlam tomonlariga ta'sir etayotgan kuchlar:  $F_1 = pdS$ ;  $F_2 = (p + dp)dS$  ga teng bo'ladi.

Qatlamga tezlik beruvchi natijaviy kuch yuqoridagi kuchlar ayirmasiga teng:

$$dF = F_2 - F_1 = dpds. \quad (2.9)$$

Inersiya qonuniga asosan bu kuch teskari ishorali inersiya kuchiga teng:

$F_{in} = -ma$ , bunda  $a = \frac{dV}{dt}$  tezlanish;  $m = \rho dSdx$  qatlam massasi;  $\rho$  – havo muhitining zichligi.

$$dF = F_{in} \text{ yoki,} \quad (2.10)$$

$dS$  ga qisqartirganimizdan so'ng:

$$\frac{dp}{dx} = -\rho \frac{dV}{dt}. \quad (2.11)$$

Shunday qilib, teskari ishora bilan olingan bosim gradienti muhit zichligi va tezlanish ko'paytmasiga teng. Bu tenglama **harakat tenglamasi** deb ataladi va har qanday shakldagi to'liqlarning tovush bosimi va tebranma tezligini bog'laydi.

Frontlarining shakli bo'yicha tovush to'liqini yassi va sferik to'liqlarga ajraladi.

### 2.3. TOVUSH TEBRANISHI TURLARI

Suvning yuqori qatlam tebranishlari yuqori va pastga, ya'ni tebranishlar tarqalishi yo'nalishiga perpendikular tebranadi. Tovush tebranishlari birmuncha boshqacharoq, aynan tebranishlar tarqalishiga mos yo'nalishda bo'ladi.

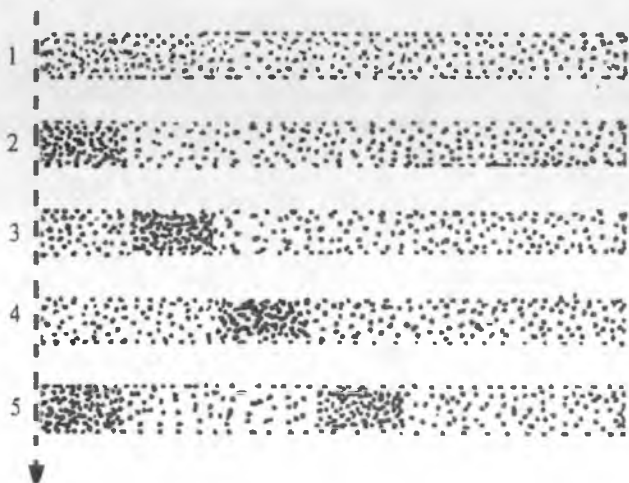
Birinchi turdagi tebranishlar **ko'ndalang**, ikkinchisi – **bo'ylama** tebranish deb ataladi. Bo'ylama tebranishlarning hosil bo'lishini aniqlash uchun quyidagi misolni ko'rib chiqamiz: aytaylik qator



material – havo molekulari, suv yoki boshqa modda zarrachalari mavjud (tovush tebranishlari har qanday elastik muhitda tarqaladi) va bu zarrachalar bir-birlaridan teng masofada va turg'un muvozanatda joylashgan (2.3.1-rasm).

Agar birinchi zarrachani turtib, chapdan o'ngga siljitsak, u ikkinchi zarrachani turtadi, ikkinchi zarracha uchinchisini turtadi va h.k.

Shunday qilib, bir nechta birinchi zarrachalar yaqinlashib zichlashadi (2.3.2-rasm). O'ng tomonga ma'lum masofagacha siljib, zarrachalar dastlabki holatga qaytishga intiladi, siljish kuchi natijasida hosil bo'lgan energiya keyingi zarrachalarga o'tadi, ular oldingi zarrachalar singari o'zaro zichlashadi, shunday qilib, zarrachalarning zichlashishi o'ng tomonga suriladi, avval zichlashish bo'lgan joyda zarrachalar siyraklashadi (2.3.3-rasm). Keyingi zichlashish va siyraklashish 2.3.4 va 2.3.5-rasmlarda ko'rsatilgan.



2.3-rasm.

Biz zarrachalarning chapdan o'ngga va o'ngdan chapga muvozanat holati oldida harakatlanishini ko'ramiz. Zichlashish va

siyraklashishning barchasi bir tomonga yo'nalgan to'liqinni tashkil etadi.

Ko'rib chiqilgan misoldan real voqealariga o'tsak, tovush tebranishlari havoda tarqalib, havo zarrachalarining ketma-ket zichlashishi va siyraklashishini ta'kidlab o'tamiz. Tovush to'liqlari tarqalishi yo'nalishida o'rnatilgan sezgir asbob tovush bosimining davriy o'zgarishini qayd etadi. Boshqacha aytganda, mavjud nuqtadagi o'zgarmas bosim vaqt-vaqti bilan goh oshib (siqilib), goh pasayib (siyraklashib) turadi. Bosim o'zgarishi qiymati bosim amplitudasi ( $p_0$ ) deb ataladi, uning o'lchov birligi Paskal (Pa). Ko'p hollarda effektiv bosim ( $p$ ) deb ataluvchi o'lchov birlik qo'llaniladi va u bosim amplitudasi bilan quyidagicha bog'liq:

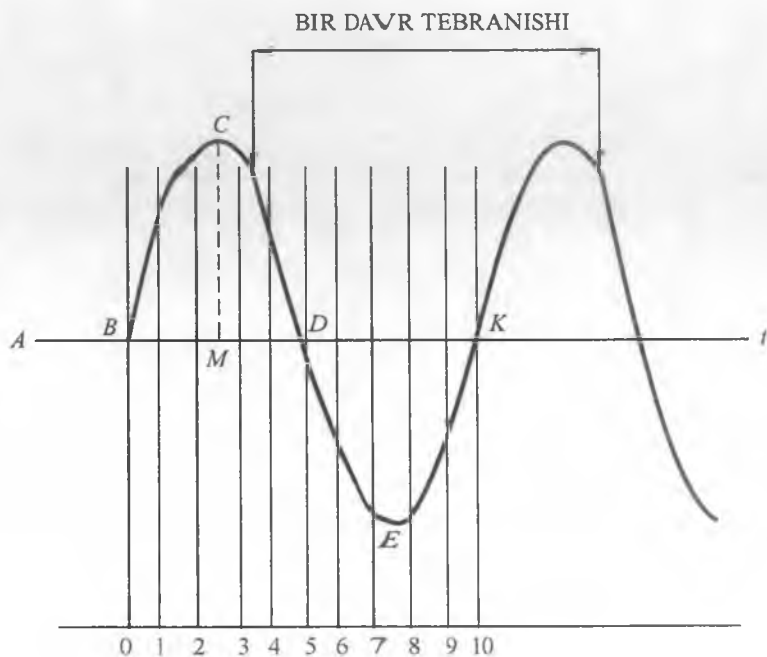
$$p = \frac{p_0}{\sqrt{2}}, \text{ Pa.} \quad (2.12)$$

#### 2.4. SINUSOIDAL TEBRANISH

Tebranishlar jarayonini grafik usulda tasvirlash mumkin. Buning uchun absissa o'qi (gorizontal chiziq) bo'yicha chapdan o'ngga tebranishlar sodir bo'layotgan vaqtni, ordinata o'qi bo'yicha esa (vertikal chiziq) har bir vaqt uchun tebranuvchi mayatnikning muvozanat holatidan og'ish qiymatini (shar siljiyotgan yoy uzunligini) belgilaymiz. 2.4-rasmda  $AB$  chiziq mayatnikning muvozanat holatiga mos.

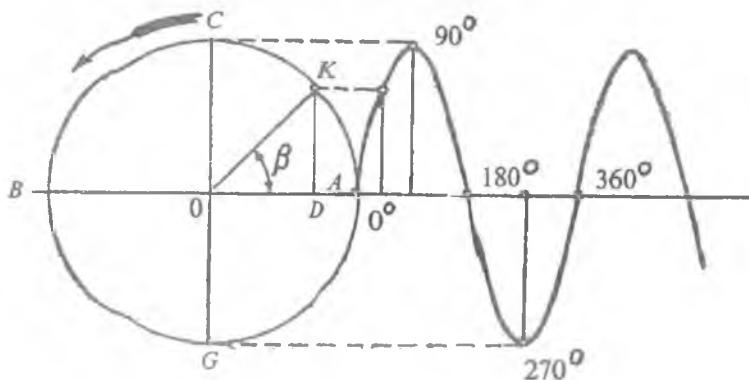
Og'ishlar shu chiziqdan yuqori va past tomon sari sodir bo'ladi. Misol uchun tebranishlar chastotasi sekundiga 100 marta yoki qabul qilingan belgilanish bo'yicha 100 Gers tebranishini ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, vaqt  $t=0$  bo'lganda  $B$  nuqta tebranuvchi jismning harakatsiz (tinch) holatiga mos. Vaqtning keyingi onlarida jism tezlikni asta-sekin yo'qotib  $C$  nuqtaga yetadi va bu  $t=1/4$  davr vaqti, ya'ni 0,0025 s ga mos keladi.  $MC$  bo'lak tebranish amplitudasi. So'ng jism yana muvozanat holatiga

(D) harakatlanadi va bu holatga sanoq boshlangan vaqtdan  $\frac{1}{2}T=0,005$  s o'tgandan so'ng yetadi. Mulohazani shu yo'sinda davom ettirib, pastki maksimal og'ishga  $t=3/4T=0,0075$  s dan so'ng erishiladi. Jismning to'liq tebranishi  $K$  nuqtaga yetganda tugaydi. 2.5-rasmida keltirilgan egri chiziq shakli eng oddiy tebranish turiga mos bo'lib **sinusoida** deb ataladi. Sinusodani ordinata o'qi bo'yicha (2.5-rasm)  $\beta=KOA$  burchak sinusini ( $KD$  chizig'iga proporsional) ketma-ket ordinata o'qi bo'yicha,  $K$  nuqtani strelka bo'yicha bir tekis yo'nalishi sharti bilan hosil qilish mumkin. 2.4 va 2.5-rasmlarni solishtirib shuni ko'ramizki, 2.5-rasmida abssissa o'qi bo'yicha 2.4-rasmdagi  $t$  vaqtga proporsional  $\beta$  burchak qo'yilgan.

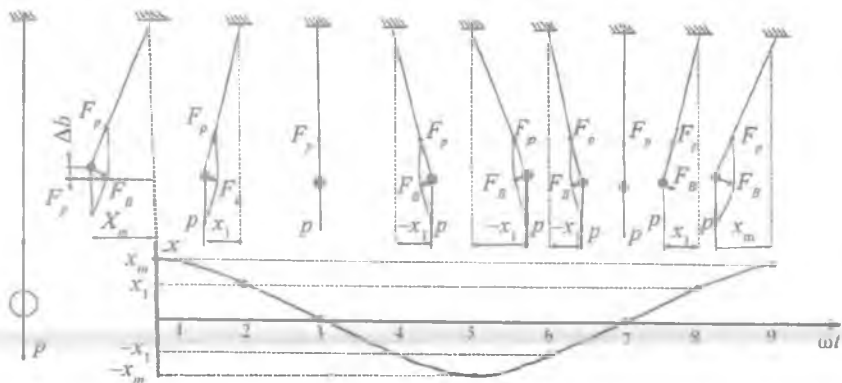


2.4-rasm. Oddiy sinusoidal tebranish.

$\beta$  qiymat tebranishlar fazasi deb ataladi.



2.5-rasm. Sinusoidal tebranish hosil bo'lishi.



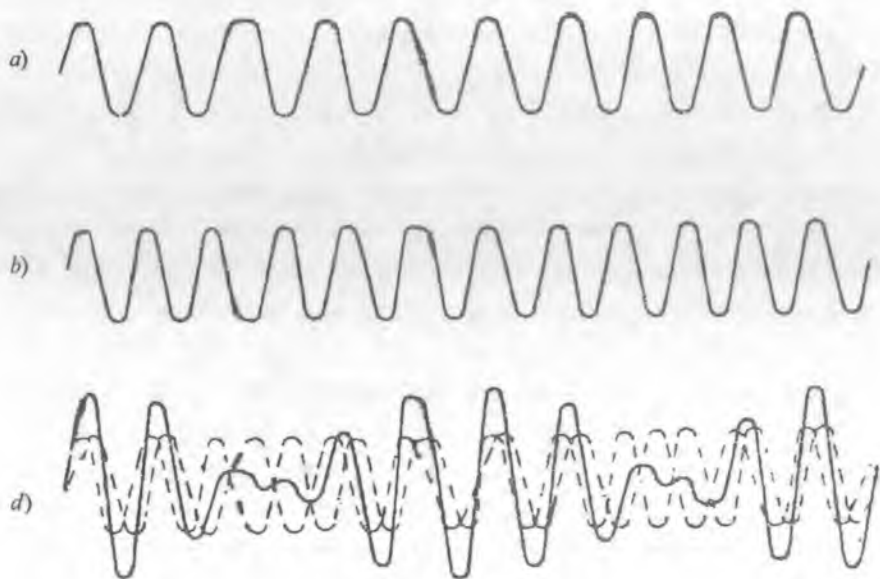
1	$x = X_m$	3	$x = 0$	5	$x = -X_m$	7	$x = 0$	9	$x = X_m$
	$x^0 = 0$		$x = X_m$		$x^0 = 0$		$x = -X_m$		$x^0 = 0$
	$x^0 = -X_m$		$x^0 = 0$		$x = X_m$		$x^0 = 0$		$x = X_m$
	$\Delta E_n = mg\Delta h$		$\Delta E_n = 0$		$\Delta E_n = mg\Delta h$		$\Delta E_n = 0$		$\Delta E_n = mg\Delta h$
	$E_k = 0$		$E_k = \frac{mX^2}{2} m$		$E_k = 0$		$E_k = \frac{mX^2}{2} m$		$E_k = 0$

2.6-rasm. Sinusoidal tebranish hosil bo'lishiga oid yana bir misol.

## 2.5. TEPKILI TEBRANISHLAR

Bir vaqtda bir necha tovushlarni qabul qilish qo'shimcha eshitish hodisalariga sababchi bo'ladi. Balandligi va tembri bo'yicha bir xil ikkita tovush eshitish a'zoimiz asosiy membranasining bir bo'lagini qo'zg'atadi va ikkala tovush eshitish a'zoimizda qo'shilib ketadi. Ikkita tovushning bir-biridan balandligi bo'yicha ozgina farqlanishi asosiy membrananing qo'shni qismini qo'zg'atadi va biz bitta tovushni eshitamiz. Ammo bu holda **tebranish tepkili**, ya'ni eshitiladigan tovush amplitudasi va chastotasining davriy (vaqt-vaqti bilan) o'zgarishi ro'y beradi.

Tepkili tebranishlarning kelib chiqish sabablarini 2.7-rasmda ko'satilgan chastotalari bo'yicha bir-biriga yaqin bo'lgan ikkita tizim to'liqlarining jamlanishida ko'rib chiqamiz.



2.7-rasm. Tepkili tebranishlar.

2.7-a rasmda ajratilgan bo'lakda 10 ta to'liqin, 2.7-b rasmda shu bo'lakda 12 ta to'liqin tebranishlari mavjud, bundan ikki tizim tebranish chastotalari farqiga teng son bo'lagida ikkita tepkili tebranish (2.7-d rasmdagi uzluksiz chiziq) hosil bo'ladi.

Ikkala tovush chastotalari ayirmasi farqi oshganda biz har bir tovushni alohida-alohida eshitamiz. Tez-tez tepkilanish yoqimsiz xirillashga olib keladi. Ayniqsa chastotasi sekundiga 30 marta tebranish juda yoqimsizdir. Chastotalar farqi oshganda tepkili tebranish kamroq seziladi va nihoyat butunlay sezilmaydi.

## 2.6. TEBRANISHLARNING TO'LIQINSIMON TARQALISHI

Hovuzdagi suvga kichik tosh tashlaymiz. Tosh tushgan joyda halqasimon to'liqin paydo bo'ladi va u tezda tarqala boshlaydi. Tarqalayotgan to'liqindan so'ng kengayayotgan halqasimon chuqurcha paydo bo'ladi, so'ngra yana halqasimon dolga (do'nglik), chuqurcha paydo bo'ladi va h.k. Halqasimon do'nglik va chuqurchalarning barchasi to'liqin deb nomlanadi. To'liqinlar tosh tushgan joydan har tomonga bir xil tezlikda tarqala boshlaydi. Agarda hovuz yuzasi tekis va toza bo'lsa, u holda bizga go'yoki hovuzdagi suv tosh tushgan joydan ko'chayotgandek tuyuladi. Agar hovuzdagi suv yuzasida biron-bir cho'p yoki barglar bo'lsa, unda biz hovuz yuzasidagi suv harakatlanmay, shunchaki yuqori va past tomonga tebranayotganini yaqqol ko'ramiz. Bunda, suv yuzasidagi barglarning to'liqin o'tishi vaqtida ko'tarilishi va tushishi, ammo o'z joyidan qo'zg'almasligi yaqqol ko'rinadi.

Tosh tushgan joydagi suv zarrachalarining muvozanat holatidan chiqishi, qo'shni qatlamdagi suv zarrachalarining muvozanat holatidan chiqishiga olib keladi. Keyingi tebranishlar biroz kechikishi bilan barcha tebranish jarayonlarini takrorlab, o'zidan keyingi qatlam zarrachalariga oldingi qatlam zarrachalaridan olgan energiyaning bir qismini uzatadi va h.k. Bayon etilgan jarayon tebranishlar ning to'liqinsimon tarqalishi nomini olgan. Bir sekund davomida tebranishlar tarqalishi masofasi tebranishning tarqalish tezligi deb ataladi va  $c$  harfi bilan belgilanadi. Ikki nuqta orasidagi bir xil masofa to'liqin uzunligi deb ataladi va grekcha  $\lambda$  (lyambda) harfi bilan belgilanadi.

Shunday qilib, tovush tebranish tezligi, tebranish chastotasi va to'liqin uzunligi o'rtasida quyidagi bog'liqlik mavjud:

$$c = f \cdot \lambda, \quad (2.13)$$

ya'ni tebranish tarqalish tezligi tebranish chastotasi va to'liqin uzunligi ko'paytmasiga teng.

## 2.7. TOVUSH TEBRANISHLARI ENERGIYASI

Tovush tebranishlari amplitudasi yoki effektiv bosim qanchalik katta bo'lsa, tebranish tarqalishida uzatiladigan **energiya** shunchalik ko'p bo'ladi. Bir sekundda tovush tebranishlari tarqalishiga perpendikular bo'lgan, bir kvadrat santimetr yuzadan o'tayotgan energiya miqdori **tovush kuchi** deb ataladi. Tovush kuchi va effektiv bosim o'rtasida quyidagi bog'liqlik mavjud:

$$I = \frac{p^2}{\rho c}. \quad (2.14)$$

Bunda:  $I$  – tovush kuchi,  $p$  – effektiv bosim,  $\rho$  – havo zichligi va  $c$  – tovushning havodagi tezligi, tovush kuchi birligi  $I = \frac{\text{erg}^2}{\text{sm}^2 \cdot \text{c}}$ .

Havo harorati va bosimi normal bo'lganda  $\rho c$  ko'paytmasi taxminan 41 ga teng.

## 2.8. TOVUSH TEBRANISHLARINING TARQALISH TEZLIGI

Tovushning tarqalish tezligi tovush tarqalayotgan muhitning fizik xususiyatlari, ya'ni zichligi va elastikligiga bog'liq.

Tovush tezligi havo harorati 0°C bo'lganda sekundiga taxminan 330 metrga teng. Havo harorati +15°C oshganda tovush tezligi sekundiga taxminan 340 metrni tashkil etadi.

2.1-jadvalda ayrim materiallarda tovush tarqalish tezligi keltirilgan.

T/r	Material nomi	Tovush tarqalish tezligi, m/s
1	Shisha	5500
2	Alumin	5100
3	Temir	4900
4	Qo'rg'oshin	1300
5	Suv	1430
6	Vodorod	1280

### 2.9. TOVUSH TO'LQININING QAYTISHI

Agarda tovush to'lqini o'z yo'lida qandaydir to'siq yoki boshqa parametrli muhitga duch kelsa, unda tovush to'lqinining qaytishi kuzatiladi. Qaytishning samaradorligi qaytish koeffitsiyenti bilan tavsiflanadi. Akustikada qaytish koeffitsiyenti deb, qaytgan tovush to'lqin intensivligining  $I_{\text{qayt}}$  tushayotgan to'lqin intensivligi  $I_{\text{tush}}$  ga nisbatiga aytiladi, ya'ni  $\alpha_{\text{qayt}} = I_{\text{qayt}} / I_{\text{tush}}$ . Qaytarishda tushayotgan va qaytgan tovush to'lqini bosimlari o'rtasida faza siljishi paydo bo'ladi.

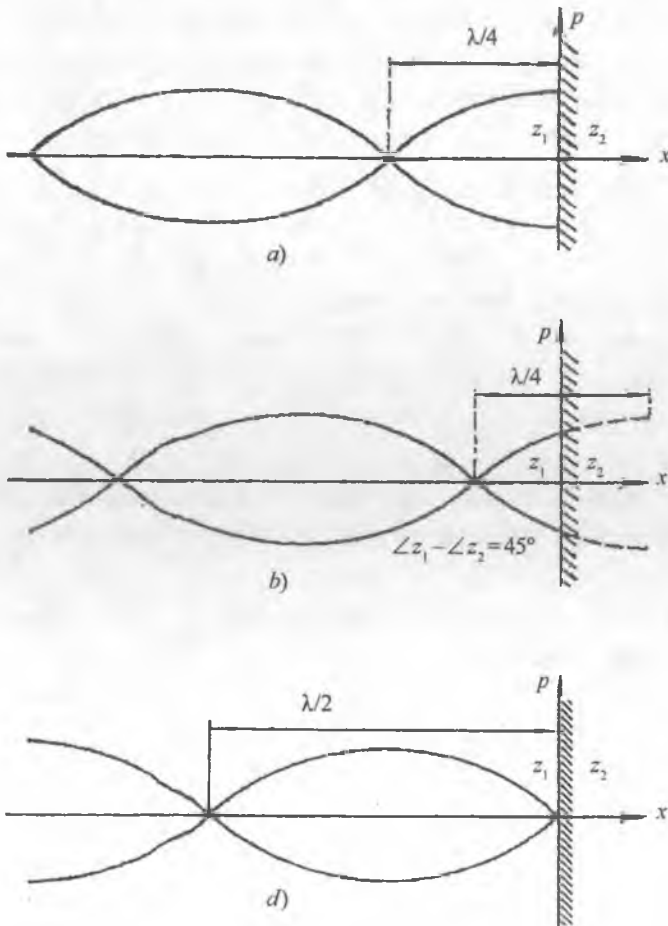
Ikkala muhitning qarshiligi aktiv bo'lsa, unda faza siljishi nolga teng (qaytaruvchi muhitning qarshiligi birlamchi muhit qarshiligidan katta) yoki  $180^\circ$  (qaytaruvchi muhitning qarshiligi birlamchi muhit qarshiligidan kichik). Bir yoki ikkala akustik qarshiliklar reaktiv tarkibga ega bo'lsa, unda faza siljishi  $0^\circ$  yoki  $180^\circ$  o'rtasida bo'ladi.

Tovush qaytganda bosim bo'yicha siljish fazasi nolga teng bo'lsa (atrof-muhit akustik qarshiligi birlamchi muhit qarshiligidan ancha katta), unda muhitlar chegarasida tovush bosimining do'ngligi (2.8-a rasm), tebranish tezligi esa tugun hosil qiladi. Ikkala muhitning akustik qarshiliklari nisbati teskari bo'lganda tovush bosimi uchun siljish fazasi  $180^\circ$ , muhit chegarasida tovush bosimining tuguni (2.8-d rasm) va tebranish tezligining do'ngligi hosil bo'ladi.



Agarda tovush bosimi bo'yicha qaytarishda faza siljishi nol va  $180^\circ$  ga farqlansa, unda tugun va do'nglik mos holda muhitlarni bo'lib turuvchi chegara yuzasidan siljiydi.

2.8-b rasmda siljish fazasi  $90^\circ$  bo'lgan holat ko'rsatilgan.



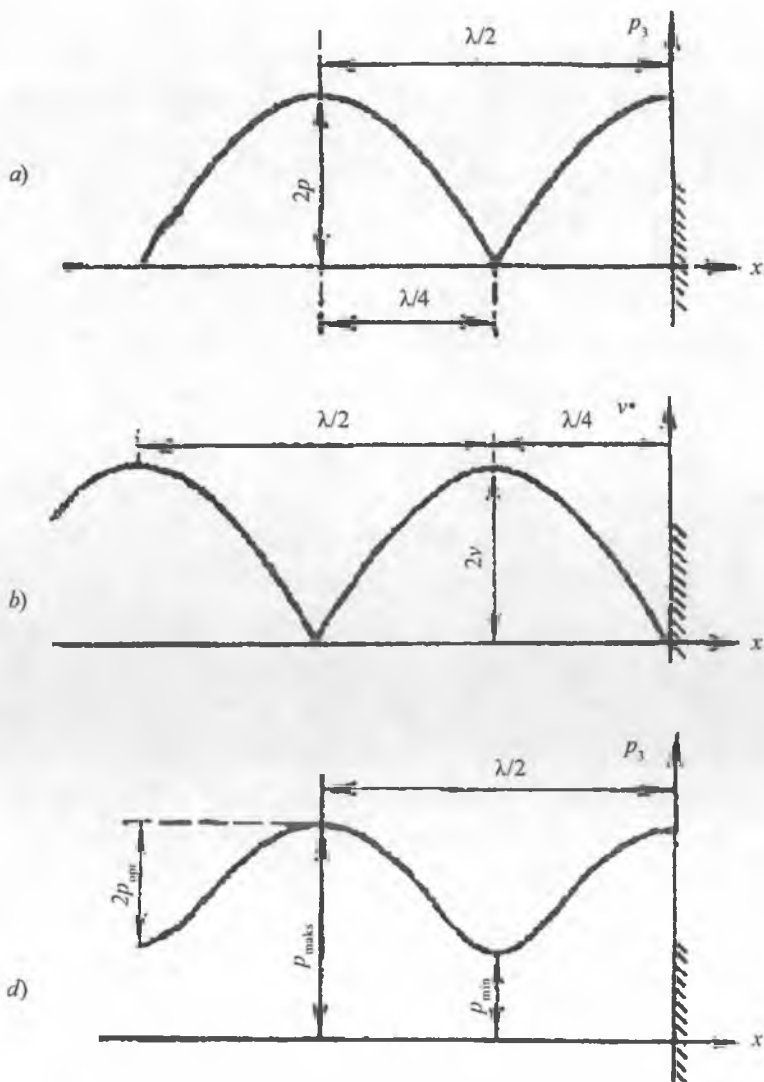
2.8-rasm. Qaytgan tovush bosimi amplitudalarining turli faza siljishdagi taqsimoti:  
 a) faza siljishi 0; b) faza siljishi  $90^\circ$ ; d) faza siljishi  $180^\circ$ .

## 2.10. TOVUSH TO'LIQLARINI JAMLASH VA TO'LIQLAR INTERFERENSIYASI

Ko'pincha elastik muhitda bir emas, bir necha manba to'liqlari tarqaladi. Bunda to'liqin superpozitsiyasi, ya'ni to'liqin tarqalishi boshqa to'liqinlar bo'lmagan holdagidek kuzatiladi. Haqiqatan ham, bir necha to'liqinlar havoda bir-biriga halaqit bermasdan tarqalishi mumkin. Muhitda murakkab tovush maydoni hosil bo'ladi. To'liqinlarni jamlashning turli holatlaridan eng oddiysi va muhim ahamiyatga ega bo'lgani chastotalari bir xil, ammo amplitudalari va tarqalish yo'nalishlari turlicha bo'lgan to'liqinlarni jamlashdir. Ularni jamlaganda tovush interferensiyasi paydo bo'ladi. Bu hodisa quyidagidan iborat: tovush to'liqlari ko'rilayotgan maydonning ayrim nuqtalarida, shu nuqtalarga ko'rilayotgan to'liqinlar bir xil fazada yetadi va to'liqin tebranishining kuchayishi kuzatiladi; agar ushbu to'liqin tebranishlari qarama-qarshi fazada bo'lsa, unda muhitning bunday uchastkalarida to'liqin harakati susayadi yoki butunlay yo'qoladi. Boshqacha qilib aytganda, bir xil uzunlikdagi to'liqinlar qo'shilganda tebranishlarning kuchayishi yoki susayishi to'liqin interferensiyasi deb ataladi.

Barqaror interferensiya manzarasini hosil qilish uchun kogerent to'liqin manbalari kerak, ya'ni faza siljishsiz bir xil chastota nurlatuvchi manbalar kerak.

Agarda ikkita bir xil amplitudali tovush to'liqlari qarama-qarshi yo'nalishda tarqalayotgan bo'lsa, unda do'nglik va tugunli turg'un to'liqin hosil bo'ladi. Qo'shni tugunlar va do'ngliklar orasi yarim to'liqin uzunligiga teng (2.9-rasm), tugun va do'nglik oralig'i esa chorak to'liqin uzunligiga teng. Do'nglikda tovush bosimi amplitudasi ikkilangan yuguruvchi to'liqin amplitudasiga, tugunda esa amplituda nolga teng. Bosim va tebranish tezligi do'ngligi bir-biri bilan mos kelmaydi, balki ular bir-biridan chorak to'liqin oralig'ida bo'ladi (2.9-a va b rasm). Xuddi shunday, do'nglikda tebranish tezligi amplitudasi ikkilangan qiymatga ega.



2.9-rasm. Interferensiya vaqtida tovush bosimi va tebranish tezligining taqsimlanishi: a) bir xil amplitudali tovush bosimi uchun; b) tebranish tezligi uchun; d) turli amplitudali tovush bosimi uchun.

Turg'un to'qlinlarda energiya oqimi nolga teng, shuning uchun ularni energiya yoki tovush bosimining kvadrati bilan tavsiflaydilar. To'g'ri va teskari to'qlin amplitudalari teng bo'lmaganda turg'un to'qlin, qaytgan to'qlin va amplitudasi qaytgan to'qlin amplitudasiga teng to'g'ri to'qlin yig'indisi natijasida sodir bo'ladi. To'g'ri to'qlinning qolgan qismi yuguruvchi to'qlin hosil qiladi (2.9-d rasm).

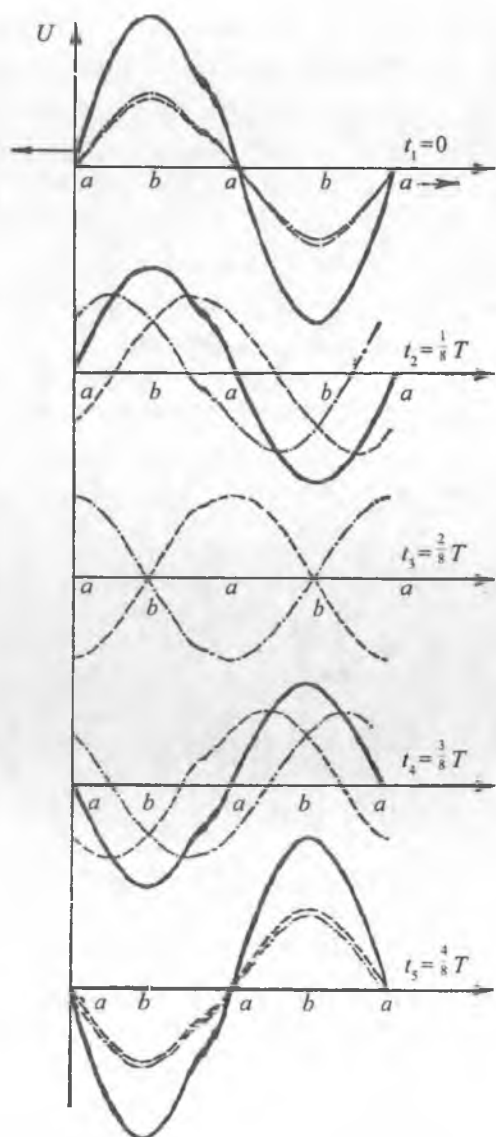
Bir xil amplituda va chastotaga ega bo'lgan, ammo bir-biriga qarama-qarshi tomon yo'nalgan to'qlin jamlanishining xususiy holini ko'rib chiqamiz (2.10-rasm).

Faraz qilaylik,  $t=0$  bo'lganda ikkala to'qlinning fazalari bir xil. Undan tashqari, uzoq chiziqli to'qlin o'ng tomonga, nuqtali uzoq chiziqli to'qlin chap tomonga tarqaladi. Dastlabki vaqtda muhitning barcha nuqtalari tebranish bo'lmayotgan  $\alpha$  nuqtadan tashqari (siljish nolga teng) ikkilangan siljishga ega.  $t_2 = \frac{T}{8}$  to'qlin manzarasi o'zgaradi, chunki bu vaqt ichida uzoq-uzoq chizimli to'qlin  $\frac{1}{8}\lambda$  qiymatga o'ng tomonga siljidi, boshqa to'qlin esa shunday masofaga chap tomonga siljidi. Har bir zarrachaning umumiy siljishini aniqlash natijaviy to'qlin holatini olish imkonini beradi.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, bu vaqtda ham  $\alpha$  nuqta zarrachalari tinch holatda qolmoqda. Qolgan zarrachalarning holati o'zgaragan. Bir-biridan  $\frac{T}{8}$  vaqt orlig'ida bo'lgan  $t_3, t_4, t_5$  vaqt jarayonlarini kuzatishni davom ettirsak, har bir vaqt uchun to'qlin yig'indisi shaklini olish mumkin. Grafikdan shu narsa ko'rinib turibdiki,  $\alpha$  nuqtada hamma vaqt tebranish yo'q,  $b$  nuqtada zarrachalar maksimal amplitudada tebranadi.

Yig'indi to'qlinning harakatsiz nuqtalari tugunli deb aytiladi. Tebranishlar jadal bo'layotgan nuqtalar do'nglik nuqtalari deb ataladi.

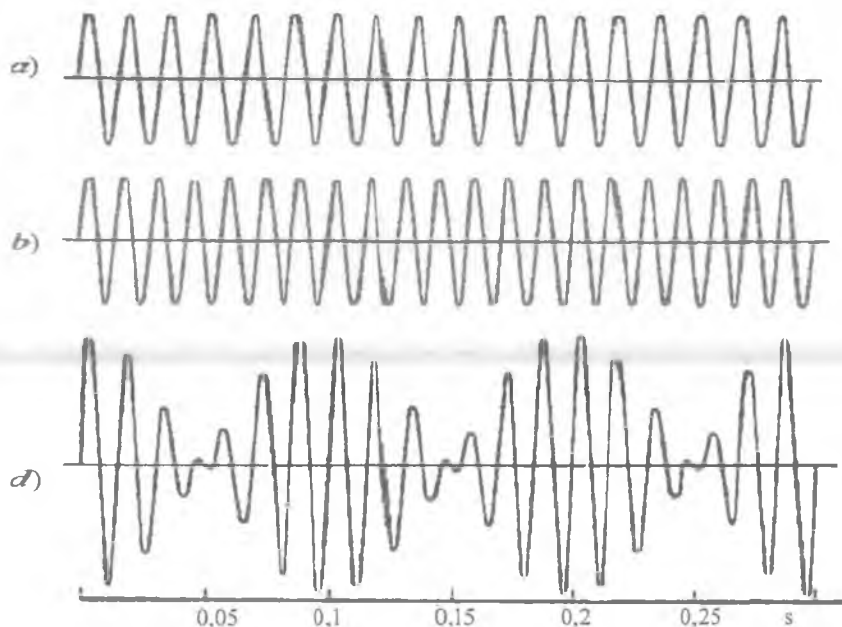
Do'ngliklar tugunlar o'rtasida joylashgan. Bunday holdagi to'qlin jarayoni turg'un to'qlin deb ataladi.



2.10-rasm. To'lqinlarning jamlanishi.

Turg'un to'liqin holatida yuguruvchi to'liqinning har bir tarkibi bir xil energiyani ko'chiradi, ammo qarama-qarshi tomonga. Natijada, tovush intensivligi nolga teng. Turg'un to'liqin maydon energiyasini tovush energiyasi zichligi bilan ifodalash ma'qul. Havoda turg'un to'liqin paydo bo'lishi tovush maydonida energiyaning notekis taqsimlanishiga olib keladi. Real tovush maydonida ancha murakkab interferension hodisalar ro'y beradi. Ular xonada tovushni eshitishga va elektroakustik apparaturalarning ishlashiga ta'sir ko'rsatadi.

Tebranish to'liqlarini jamlashni yana bir misolda ko'rib chiqamiz. Tebranish chastotalari 60 va 70 Hz bo'lgan to'liqlarni qo'shganimizda o'rtacha chastotasi 65 Hz teng bo'lgan tovush tebranishini olamiz (2.11-rasm).



2.11-rasm. Tebranishlarni qo'shganda «tepkili» tebranish hosil bo'lishi.

Bunday tebranish «tepkili» tebranish deb ataladi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bunday murakkab tebranish amplitudasi davriy o'sish va so'nish xususiyatiga ega. Tepki chastotasi  $f$ , ya'ni amplitudaning bir sekundda o'zgarish soni, ikkita tebranishlar chastotasi ayirmasiga bog'liq va uning miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$f = |f_1 - f_2|,$$

bunda ayirma  $|f_1 - f_2|$  «tepkili» tebranishlar soni ikkita  $f_1$  va  $f_2$  tebranish chastotalari ayirmasining absolut qiymatiga bog'liq bo'lib,  $f_1 > f_2$  va  $f_2 > f_1$  shartlarda bir xil bo'ladi. 2.11-d rasmda bir sekundda 10 tepkili tebranish beradigan yig'indi tebranish keltirilgan.

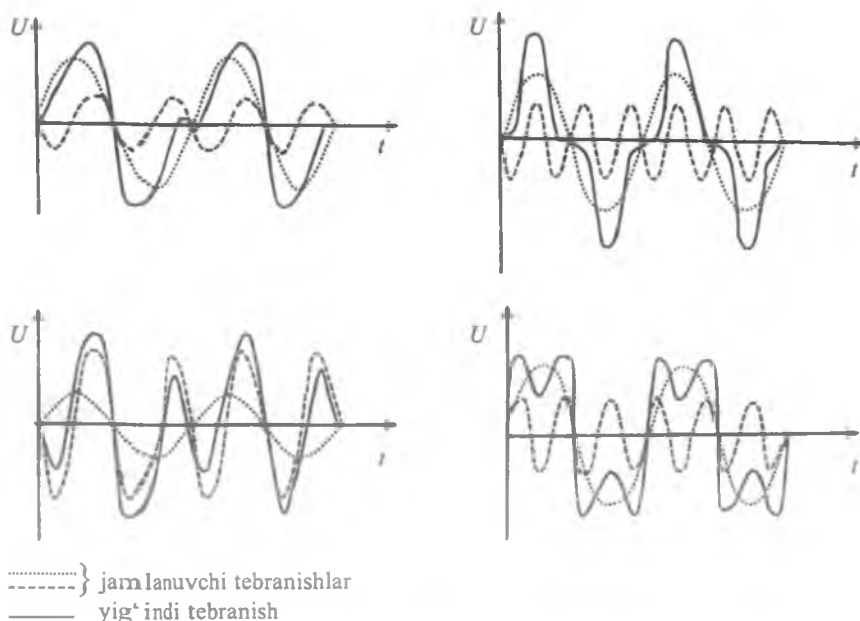
«Tepki» o'rtacha chastotasi  $\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$  ga teng bo'lgan tovush kuchining o'sishi va susayishi bilan kuzatiladi. Tepkili tebranish eshitish a'zomizda notekis («to'lqinsimon») tovush hissini paydo qiladi. Musiqada bunday tebranishni «vibratsiya» yoki «titrash» deb ham ataydilar. Vibratsiya ijro uslubi hisoblanib, tovush o'zgarishi va jozibadorligini oshiruvchi nozik qo'shimcha tembrni beradi.

Tovush, ayniqsa, musiqa tovushlari vibratsiyasiz jonsiz, kam ta'sirchan tuyuladi.

Akustikada ikkita ovozning o'zaro ohangdoshligini sozlashda beqiyos ahamiyatga ega. Unisonda, ya'ni ikkita tovush balandligi mutlaq mos bo'lganda (amplitudalari bir xil bo'lgan ikkita tebranish to'lqinlari chastotalari mos bo'lganda) tepki yo'qoladi, chastotalari o'zgarganda yana paydo bo'ladi, ayniqsa tebranish amplitudalari  $A_1 = A_2$  bo'lganda, chunki «tepkili» paytida tebranish amplitudasi  $2A$  dan nolgacha keskin o'zgaradi. Tovush kuchi mos holda eng katta qiymatdan nolgacha o'zgaradi. Tovush kuchining bunday o'zgarishini qulog'imiz aniq eshitadi.

Amalda ikkita ovozni, bitta ovoz chastotasini o'zgartirish bilan unison sozlashda «tepki nol» bo'lishga erishguncha, ya'ni u mutlaq yo'qolgunga qadar harakat qilinadi.

Teng chastotali garmonik tebranishlarni jamlash 2.12-rasmda keltirilgan.



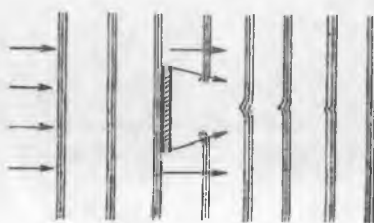
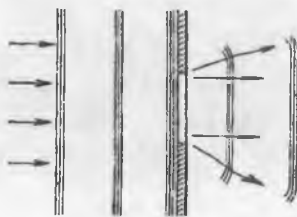
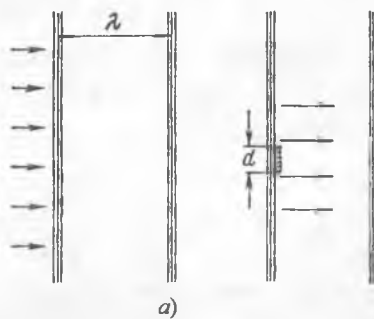
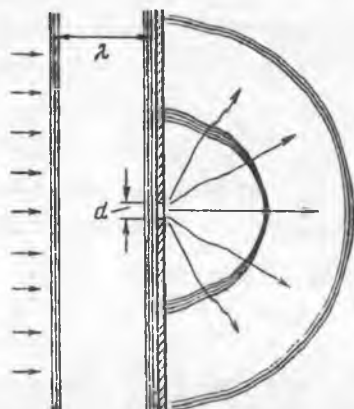
2.12-rasm. Teng chastotali garmonik tebranishlarni jamlash.

## 2.11. TOVUSH DIFRAKSIYASI

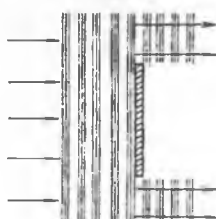
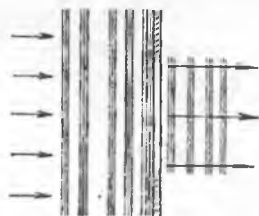
Yuqorida ta'kidlaganimizdek, tovush to'liqining tarqalishi yo'nalishida biron-bir to'siq bo'lsa, tovush to'liqini shu to'siqdan qaytadi. Agarda to'siq o'lchami tovush to'liqini uzunligidan kichik bo'lsa, tovush to'liqini to'siqni aylanib o'tib, o'z yo'nalishi bo'yicha tarqaladi. Bu hodisa diffraksiya deb ataladi (2.13-rasm). Elektroakustika va radioeshittirishda radio tinglovchining boshiga teng o'lchamdagi to'siqlar yuqori chastota tovush to'liqlarining



tarqalishiga xalaqit beradi va past chastota to'liqlariga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi.



b)



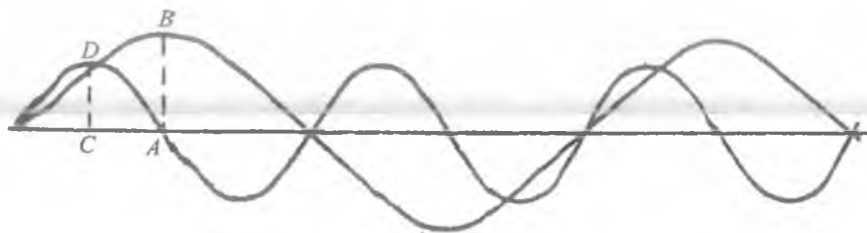
d)

2.13-rasm. Tovush to'liqlarining tirqishli to'siqqa tegishi yoki to'siqdan o'tishi.

## 2.12. MURAKKAB TEBRANISHLAR

Agar bir yoki bir necha tomondan bir vaqtda bir necha tovush tarqalsa, ularning har biri fazoning tovush tarqalayotgan nuqtasida boshqa tovushlar bor-yo'qligidan qat'iy nazar, ularga bog'liq bo'lmagan holda tarqaladi. Boshqacha qilib aytganda, bir manbadan chiqayotgan tovushning tarqalishida ishtirok etayotgan havo zarrachalari boshqa manbadan chiqayotgan tovush tarqalishida ham qatnashadilar, har bir tovush havo zarrachalari go'yo muvozanat holatda turgandagidek tarqaladi. Shunday qilib, havo zarrachalarining holati har onda unga ta'sir etayotgan to'liq kuchlari yig'indisi bilan aniqlanadi. Bunday to'liqlar **murakkab to'liqlar** deb ataladi.

Misol tariqasida bir tomonga yo'nalayotgan, chastotalari turlicha bo'lgan ikkita sinusoidal signaldan murakkab signal tashkil bo'lishini grafik asosida ko'rib chiqamiz. 2.14-rasmda ikkita tebranish tizimining sinusoidal signallari ko'rsatilgan: birinchi tizim signalining amplitudasi ( $AB$ ) ikkinchi tizim signalining ( $CD$ ) amplitudasidan ancha katta, chastotasi esa ikki marta kichik.

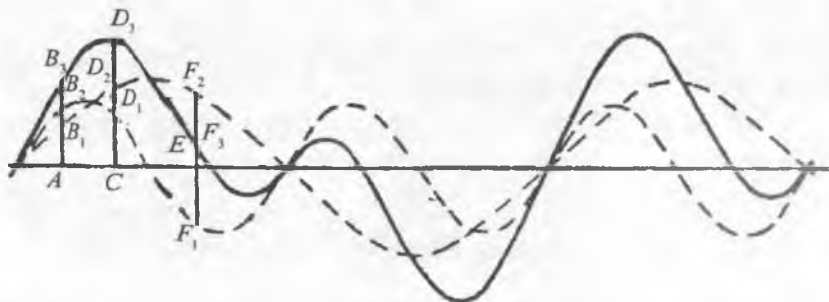


2.14-rasmi. Murakkab to'liqlar.

Birinchi tizim signalning har bir to'liqiga ikkinchi tizimning ikkita to'liqini to'g'ri keladi.

Murakkab to'liq shakli ikki tizimning o'zaro ta'siri natijasi bo'lib, absissa o'qi bo'yicha har bir nuqta uchun ordinata o'qidagi

to'liqin amplitudalari qiymatini geometrik qo'shish natijasida olinadi (2.15-rasm).



2.15-rasm. Murakkab to'liqinlarni qo'shish.  
 $AB_3$  – zarrachaning murakkab to'liqidagi holati.

$$AB_3 = AB_2 + AB_1;$$

$$CD_3 = CD_2 + CD_1;$$

$EF_3 = EF_1 - EF_2$ , chunki  $EF_1$  ning og'ishi qarama-qarshi tomonga yo'naltirilgan. 2.15-rasmda murakkab to'liqin shakli uzluksiz egri chiziq bilan ko'rsatilgan. Shunday usul bilan turli chastota va amplitudali sinusoidal signallarni qo'shib, murakkab to'liqinlarni hosil qilish mumkin.

Tebranishlarning paydo bo'lishi va tarqalishi haqida gap yuritganimizda faqat oddiy yoki sinusoidal tebranishlarni ko'rib chiqdik. Ammo amalda bunday turdagi tebranishlar juda kam uchraydi. Deyarli barcha tovush manbalari (nutq, qo'shiq, musiqa) juda murakkab tebranish shakllariga ega. Shuning uchun ularni yuqorida ko'rganimizdek, tebranishlarni qo'shish bilan emas, balki murakkab tebranishlarni tarkiblarga ajratish bilan shug'ullanishga to'g'ri keladi.

Tebranishlar qanchalik murakkab bo'lmasin, u takrorlanadi. Bunday takrorlanadigan tebranishlar **davriy tebranishlar** deb ataladi.

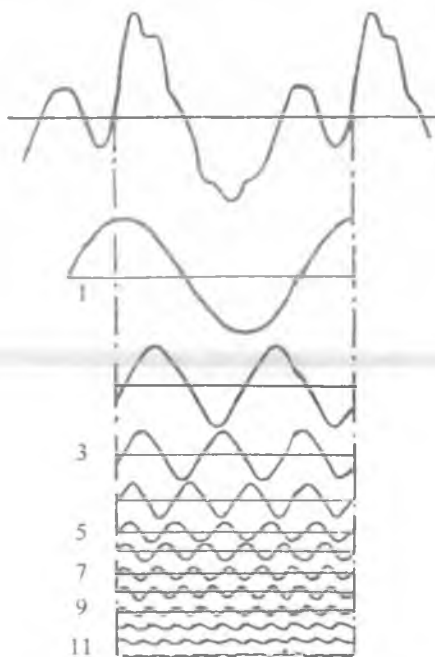
**Nodavriy tebranishlar** ham mavjud. Nodavriy tebranishlarning davriy tebranishlardan farqi shundaki, nodavriy tebranishlarning bir davri qachon tugashi va qachon yangisi boshlanishi noma'lum.

Ma'lumki, har qanday murakkab davriy tebranishlarni qator oddiy sinusoidal tebranishlarga ajratish mumkin. Ularning chastotalari bir-biriga nisbatan 1:2:3:4:5:6 va h.k. nisbatda bo'ladi. Bunday tarkibiy qismlar **obertonlar** yoki **garmonikalar**, eng past tarkibiy qismlar esa, **asosiy ton** deb ataladi.

2.16-rasmda murakkab tebranishlarni tarkibiy qismlariga (komponentlarga) ajratish ko'rsatilgan.

Vertikal uzun chiziqlar bilan tebranishning bir davri ajratilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, garmonikalar raqami tebranishlar chastotasiga proporsional.

Nodavriy tebranishlarni tarkibiy qismlarga ajratish anchagina murakkab. Nodavriy tebranishlarning tarkiblari chastota bo'yicha bir-biriga o'zaro oddiy son nisbatda emas.



2.16-rasm. Murakkab to'lqinlarni tarkiblarga ajratish.

### 2.13. TOVUSH MANBALARI VA REZONANS

Ma'lumki, havoda tovush hosil qilish uchun havo zarrachalariga qandaydir kuch ta'sir etib, havo qatlamlarini harakatga keltirish va o'zgaruvchan siqilish va siyraklashish holatiga keltirish kerak. Musiqa asboblari va odam ovozi, hayvonot olami, tabiat mo'jizalari: momaqaldiroq, kuchli shamol va boshqalar tovush manbayi hisoblanadi. Ular havo zarrachalarini harakatga keltirib, ovoz tebranishlarini hosil qiladi.

Musiqa asboblari va odam ovozi elastik tizimga o'xshashdir. Sim torli musiqa asboblari, go'yo trubadagi havo ustuni kabi, xonandaning ovoz mushaklari esa tashqi energiya ta'sirida (ijrochi qo'li, xonanda o'pkasi yordamida) tebranish qobiliyatiga ega. Bu tebranishlar ushbu tizimlarga xos tavsiflar bilan aniqlanadigan xususiy chastota bilan tebranadi. Masalan, simli tor musiqa asboblarining xususiy tebranish chastotasi: simning uzunligi, diametri, tortilish tarangligi, solishtirma og'irligi, materiali va boshqalar bilan bog'liq.

Manbadan tarqalayotgan tovush kuchi manba quvvatiga bog'liq. Tovush manbayi **quvvati** deb, manba 1 sekund davomida nurlatayotgan tovush energiyasiga aytiladi. O'lchov birligi

$$1 \text{ Vatt} = 10^7 \frac{\text{erg}}{\text{s}}.$$

Elastik tizim tebranganda unda turg'un to'liqin paydo bo'ladi. Misol tariqasida shuni aytish kerakki, ikki tomoni birlashtirilgan tor simi chekkalarida tugun, o'rtasida esa do'nglik hosil bo'ladi.

Agarda biror-bir elastik tizimga tovush to'liqlari ta'sir etsa va uning chastotasi elastik tizim chastotasiga teng bo'lsa, unda elastik tizim tebrana boshlaydi. Bunday holat **birga tebranish** yoki **rezonans** deb ataladi. Bunga misol tariqasida Gelmgols rezonatorini keltirish mumkin. Gelmgols rezonatori arxitektura akustikasida keng qo'llaniladi va uning tuzilishi, ishlash prinsipi haqida akustik tebranish tizimlari bobida kengroq ma'lumot beriladi.

## 2.14. TURG'UN TO'LQINLAR

Agar uzun va tomonlari parallel shisha idishga suv to'ldirib, suvning yuzasi qo'zg'atilsa va idishning qisqa yon devoridan ikkinchi yon devorigacha to'liq yarim to'lqin joylashsa, u holda **turg'un to'lqin** hosil bo'lishining guvohi bo'lamiz. Bu hodisani shunday izohlash mumkin: to'lqinlar idishda bo'ylama harakatlanmaydi, suvning barcha yuzasi zonalarga taqsimlanadi, shu bilan birga ayrim zonalarda galma-galdan goh do'nglik, goh tugun paydo bo'la boshlaydi, boshqa zonalarda suvning yuzasi deyarli harakatsiz qoladi.

Do'nglik va botiq paydo bo'lgan zonalar turg'un to'lqin do'ngligi va nisbatan tinch zonalarda esa turg'un to'lqin tuguni deyiladi.

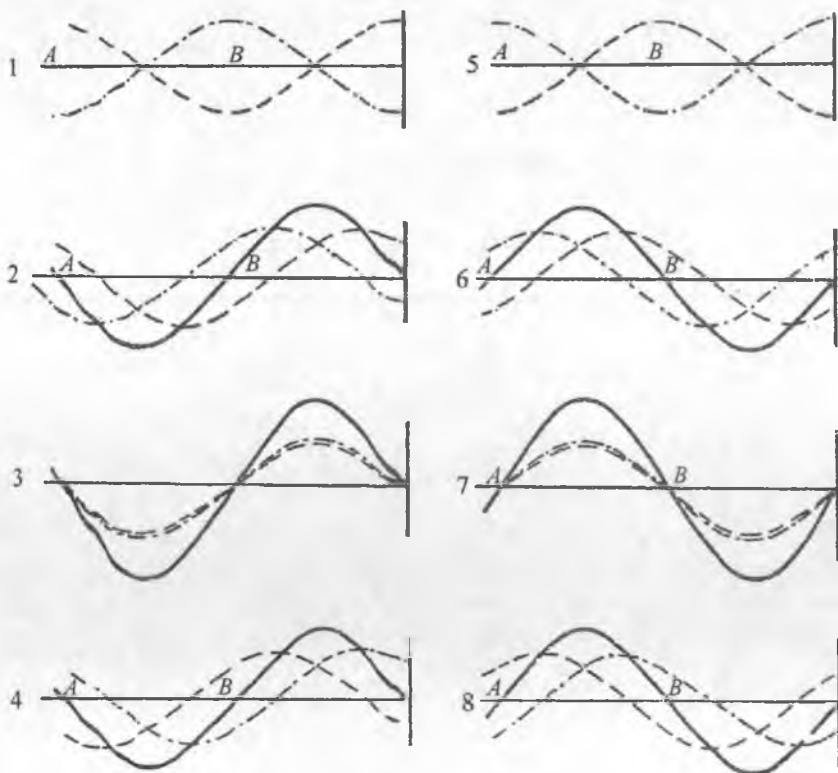
Idishning qisqa devorlari ikki tomonida albatta tugunlar bo'ladi. Ikkita qo'shni tugun yoki do'nglik orasidagi masofa yarim to'lqin uzunligiga teng.

Turg'un to'lqin hosil bo'lishining sababi – idishning qisqa devoridan qaytgan to'lqinlarga ularga qarama-qarshi kelayotgan to'lqinlar ta'sir qiladi.

2.17-rasmda nuqtali uzuq chiziq bilan suvli idishda chapdan o'ngga ketma-ket yo'nalayotgan to'lqin holati ko'satilgan.

Qaytgan to'lqin uzuq chiziqchalar bilan belgilangan. Agarda tushayotgan to'g'ri va qaytgan to'lqin amplitudalarini qo'shsak, natijaviy uzluksiz chiziqli to'lqini olamiz, 2.17.1 va 2.17.5-rasmlarning barchasida bu chiziq yuza chizig'iga mos keladi. 2.17.2 va 2.17.8-rasmlarda har xil burchak fazalarda to'g'ri (uzuq chiziq), qaytgan to'lqin (nuqtali uzuq chiziq) va ularning yig'indi amplituda qiymatlari (uzluksiz chiziq) ko'rsatilgan. Shuni aytish lozimki, barcha rasmlarda bir-biridan yarim to'lqin uzunligida joylashgan *A* va *B* nuqtalarda yig'indi uzluksiz chiziq yuza chizig'idan chetga chiqmadi. Bu ushbu nuqtalarda tugun mavjudligi va suv yuzasi tinch holatda ekanligidan dalolat beradi. Ikkita tugun oralig'ida esa jarayon jadal kechadi – bu do'nglik.

Turg'un to'liqlar arxitektura akustikasi masalalarida muhim rol o'ynaydi.



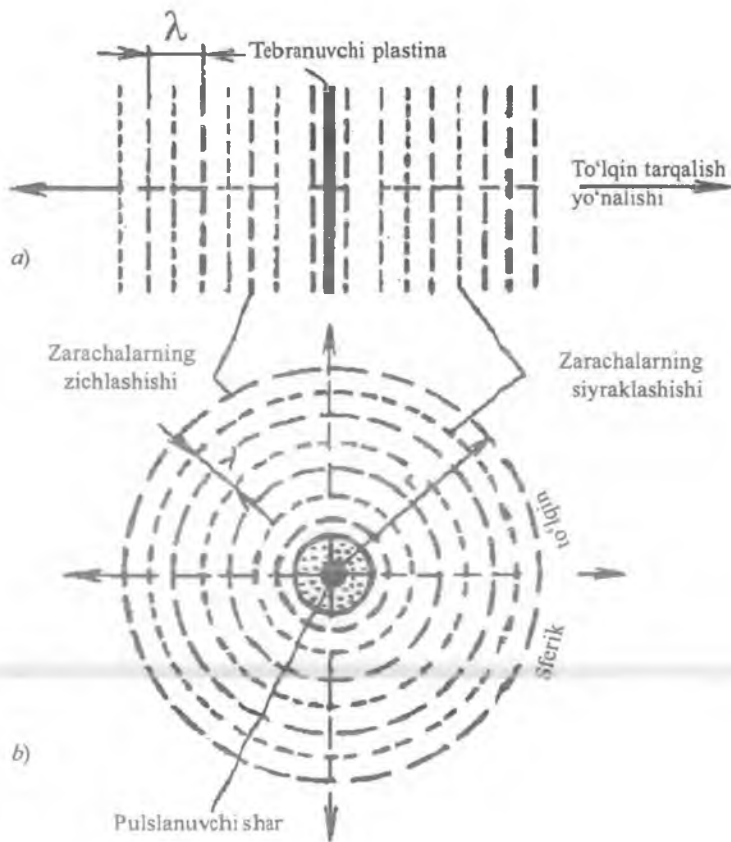
2.17-rasm. Turg'un to'liqlarning qo'shilishi.

## 2.15. YASSI TO'LIQIN

Tebranuvchi havo zarrachalarining tarqalishi quyidagi sxema bo'yicha amalga oshadi: muhitning bitta zarrachasi unga yaqin bo'lgan qo'shni zarrachani tebranishli harakatga keltiradi, so'ngra bu jarayon zanjir bo'yicha boshqa zarrachalarga tarqaladi. Shuni inobatga olish kerakki, zarracha deganda o'lchamlari tovush to'liqiniga nisbatan kichik, molekula o'lchamlariga nisbatan ancha

katta bo'lgan muhit elementi tushuniladi, demak, bu elementni bir jinsli deyish mumkin.

Bunday jarayon natijasida zarrachalarning zichlashishi va siyraklashishi bilan almashinadigan tovush to'liqini paydo bo'ladi (2.18-rasm).



2.18-rasm. Tovush to'liqini: a) yassi; b) sharsimon.

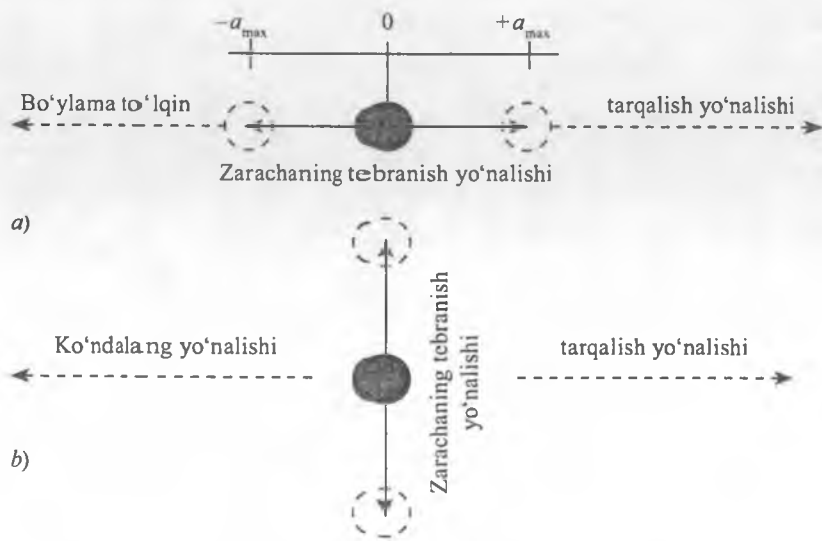
Muhitda tebranishni qo'zg'atish usuliga bog'liq holda to'liqlarni quyidagi turlarga ajratish mumkin: **yassi tovush to'liqlari** (katta o'lchamli yassi tebranuvchi sirt), **silindrik tovush to'liqlari**



(radial tebranyotgan silindrning yon sirti) va sferik (sharsimon) tovush to'liqlar (tebraniş manbasi o'lmagan, ya'ni tovush manbasi nuqta) yoki bunday manba sifatida pulsatsiyalanuvchi shar bo'lishi mumkin.

Silindrik va sferik (sharsimon) to'liqlar tovush manbaidan sezilarli uzoqlashganda yassi to'liqga aylanadilar. Tebraniş zarrachalari yuzasining to'liq tarqalish yo'nalishiga nisbatan joylashishiga bog'liq holda bo'ylama va ko'ndalang to'liqlarga ajratiladi 2.19-rasm.

Agar zarracha tebranişlari to'liq tarqalish yo'nalishiga mos kelsa, unda bo'ylama to'liq sodir bo'ladi. Ko'ndalang to'liq zarrachalar to'liq tarqalish yo'nalishiga perpendikular yuzada tebranganida sodir bo'ladi (tor, prujina, plastina va membranalarining tebranişi).



2.19-rasm. Tovush to'liqini: a) bo'ylama; b) ko'ndalang.

Demak, yassi tovush to'liq deb, front sirti to'liq tarqalishiga perpendikular bo'lgan to'liqga aytiladi. To'liq frontiga perpendi-

kular bo'lgan tovush nurlari bir-biriga parallel bo'ladi. Bu shuni ko'rsatadiki, tovush energiyasi fazoda sochilmasdan, g'uj bo'lib tarqaladi, ya'ni biz yo'nalgan nurlanish holatini kuzatamiz. Yassi to'lqin nurlatgich o'lchamlari nurlanuvchi to'lqin uzunligidan katta bo'lgandagina yuzaga kelishi mumkin. Bu shart radiokarnay yuqori chastotalarda ishlaganda bajariladi. Devorlari qattiq trubaga radiokarnaylarni yuklab, yassi to'lqinni sun'iy ravishda hosil qilish mumkin. Nurlatgich to'lqin uzunligidan kichik bo'lganda ham truba devorlari to'lqin tarqalishiga yo'l bermaydi.

Yassi to'lqin xususiyatlarini bilish uchun bosim va tebranma tezlik o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz. Faraz qilaylik, nurlatgich qattiq porshen ko'rinishida bo'lib,  $X$  o'qi bo'ylab tebranadi va yassi to'lqin tarqatadi.

Garmonik tebranishlar nurlatayotgan manba sirti yaqinidagi nuqtada tovush maydoni quyidagicha aniqlanadi:

$$p = p_m \cdot e^{j\omega t}. \quad (2.14)$$

Nurlatgichdan  $X$  masofadagi nuqtada bosim faza bo'yicha  $t = \frac{x}{c}$  vaqtga kechikadi va unda yassi to'lqin uchun tovush bosimi

$$p = p_m \cdot e^{j\omega t} = p = p_m \cdot e^{j(\omega t - k)}, \quad (2.15)$$

bunda,  $k$  - to'lqin soni.

$$k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2.16)$$

$c = \frac{\omega}{k} = \frac{x}{t}$  ni inobatga olsak, unda (2.12) va (2.13) ko'ra  $\omega t = kx$ .

Koordinatalari ixtiyoriy bo'lgan  $X$  nuqtadagi tovush bosimini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$p = p_m \cdot e^{j(\omega t - k)}. \quad (2.17)$$

Tebranish tezligi ifodasini olish uchun harakat tenglamasi  $dV = \frac{dp}{\rho dx} dt$  dan foydalanib,  $p = p_m \cdot e^{j(\omega t - k)}$  va  $k = \frac{\omega}{c}$  qiymatlarini qo'yib, tovush tebranish tezligi formulasini olamiz:

$$V = \frac{P_m}{\rho c} e^{j(\omega t - kx)} \text{ yoki } V = \frac{P}{\rho c}. \quad (2.18)$$

Tovush bosimi va tebranish tezligi o'rtasidagi bog'lanish yassi to'liqlarning xususiyatlarini aniqlaydi.

1. Tovush bosimi va tebranish tezligi amplitudalari tovush manbayidan uzoqlashgan sari kamaymaydi. Shunga mos holda muhit zarrachalarining siljishi ham o'zgarmaydi. Buni fizik nuqtayi nazaridan quyidagicha tushuntirish mumkin: to'liqin tarqalmaganligi sababli to'liqin fronti maydoni masofa o'zgarishi bilan o'zgarmaydi, shuning uchun istalgan masofada birlik to'liqin fronti maydoniga bir xil qiymatdagi energiya to'g'ri keladi.

2. Yassi to'liqinda tovush bosimi va tebranish tezligining fazalari teng.

3. Tovush bosimi (muhit zarrachalarining zichlashish va siyraklashish sohasi) yassi to'liqlarlarda nurlatgichdan uzoqdagi zarrachalarning nurlatgich yaqinidagi zarrachalarga nisbatan faza bo'yicha kechikishi hisobiga paydo bo'ladi, chunki energiya cheklangan tezlikda ko'chadi.

$\rho c = \frac{P}{V}$  - solishtirma akustik qarshilik deb ataladi.

Bu kattalikni, quyidagicha belgilaymiz:

$$z_0 = \rho c = \frac{P}{V}. \quad (2.19)$$

Texnik hisoblar uchun  $z_0 = 1,23 \times 340 = 418 \text{ kg/m}^2\text{s}$  qabul qilingan.

Fizik nuqtayi nazaridan  $z_0$  nurlatgichning birlik yuzasiga ko'rsatayotgan qarshiligi. Agarda bu kattalik nurlatgichning butun yuzasiga ko'paytirilsa, unda muhitning reaksiya qarshiligi, boshqacha qilib aytganda, nurlanish qarshiligi hosil bo'ladi.

$$z_R = z_0 S = \rho c S = \frac{P}{V} S = \frac{F}{V}. \quad (2.20)$$

Yassi to'liqlarlarda bosim va tebranish tezligi o'rtasida faza siljishi bo'lmaganligi uchun nurlanish qarshiligi aktiv kattalik.

Tovush kuchi formulasini qo'yidagi ko'rinishda ifodalaymiz:

$$I = pV = \frac{p^2}{z_0} V^2 z_0. \quad (2.21)$$

Tovush kuchi amplituda qiymatlarda quyidagicha ifodalanadi:

$$I = \frac{p_m^2}{2z_0}. \quad (2.22)$$

Manba nurlatayotgan akustik quvvat aktiv va u quyidagicha ifodalanadi:

$$P = IS = V^2 z_0 S = V^2 z_R. \quad (2.23)$$

## 2.16. SFERIK TO'LQINLAR

Sferik (sharsimon) to'lqin fronti gumbaz shaklida bo'lib, tebranish manbai o'lchami juda kichik, natijada tebranish manbai nuqta bo'lib, tovush nurlari sferaning radiusi bilan mos.

Manbadan chiqayotgan va har tomonga tarqalayotgan tovushning to'la quvvati, tovush manbayidan uzoqlashgan sari, muhitning qovushqoqligi va molekular sochilishni inobatga olmaganida o'zgar-  
maydi, ya'ni  $p = \text{const}$ . Tovush jadalligi manbadan uzoqlashgan sari kvadratik qonun bo'yicha kamayadi:  $I_r = I_1 r^2$ , bunda  $I_1$  – manbadan bir o'lcham oraliqdagi tovush jadalligi;  $r$  – to'lqin frontining shu markazgacha bo'lgan masofasi. Tovush bosimi shar to'lqinlarda masofa oshishi bilan giperbolik qonun bo'yicha pasayadi  $p_r = p_1/r$ , bunda  $p_1$  – tovush manbai markazidan bir to'lqin uzunligi masofasidagi tovush bosimi.

Sferik to'lqinning solishtirma akustik qarshiligi quyidagicha ifodalanadi:

$$Z_A = \rho c \left[ \frac{k^2 r^2}{1+k^2 r^2} + i \frac{kr}{1+k^2 r^2} \right]. \quad (2.24)$$

Akustik qarshilikning aktiv tarkibi

$$r_R = \rho c \frac{k^2 r^2}{1+k^2 r^2}. \quad (2.25)$$

Reaktiv tarkibi

$$X_R = \rho c \frac{kr}{1+k^2r^2}. \quad (2.26)$$

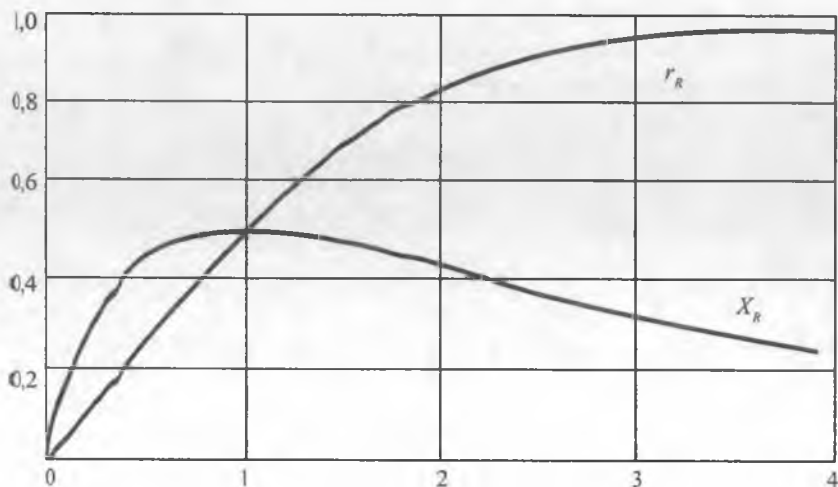
Qarshilik moduli

$$|Z_A| = \rho c \cos \psi, \quad (2.27)$$

ya'ni sferik to'liqning akustik qarshiligi yassi to'liqin akustik qarshiligidan katta emas.

Reaktiv qarshilik inersion qarshilik bo'lib, birga tebranuvchi massa qarshiligi xarakteriga ega.

Har bir turdagi nurlatgichlar uchun o'lchamsiz  $r_R \cdot x_R$  koeffitsiyentlarning chastotaga bog'liqligi turli ko'rinishga ega. Tepkili shar tavsifi 2.20-rasmda ko'rsatilgan.



2.20-rasm. Tepkili sharning o'lchamsiz aktiv va reaktiv koeffitsiyentlari tarkibining chastota tavsifi.

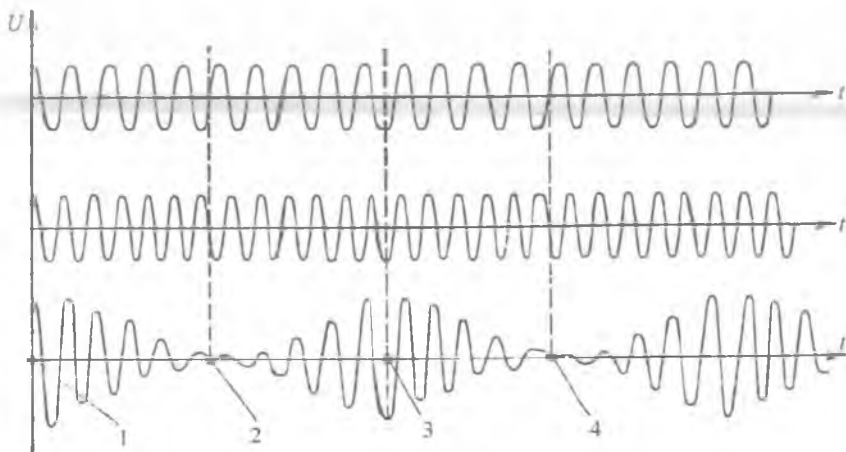
Agarda nurlanish qarshiligining aktiv tarkibi, ya'ni  $r_R > x_R$  shart bajarilsa, nurlanish samaradorli hisoblanadi. Koeffitsiyentlarning tengligi samarador nurlanish chegarasini aniqlaydi.

2.20-rasmdan ko'rinib turibdiki, tepkili shar uchun samaradorli nurlanish chegarasi  $kr=1$  ga teng. Bunda  $k = \frac{\omega}{c}$  to'liqin son, nurlanishning reaktiv tarkibi  $X_R$  chastotaga proporsional o'zgaradi.

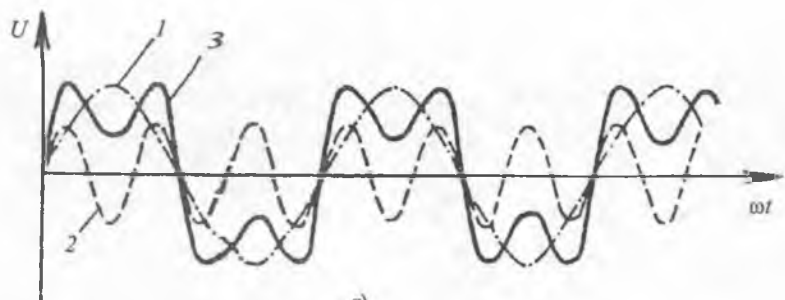
Aslida shunday bo'lishi ham kerak, chunki,  $X_R = \omega m_R$ . Ammo  $X_R$  maksimumga erishib, keyin nolga intiladi. Bu o'zgarish chastota oshganda to'liqin uzunligi kamayishi bilan tushuntiriladi. Bu holda yaqin zona band etadigan hajm ham kamayadi, demak, muhitning birga qo'zg'aluvchi massasi ham chastota oshishi bilan nolga intiladi.

### NAZORAT SAVOLLARI

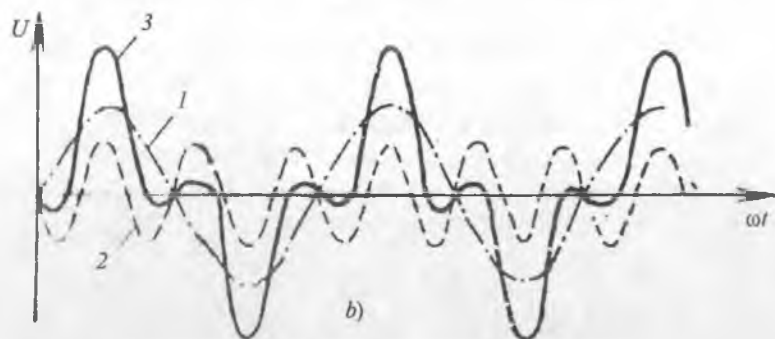
1. Tovush maydonini tavsiflaydigan asosiy: tovush tezligi, o'lqin uzunligi, tovush bosimi, tovush quvvati, tovush kuchi, tovush energiyasining zichligi tushunchalarini tushuntiring.
2. Tepkili tebranishlarning sodir bo'lish sabablarini tushuntiring.
3. Tovush difraksiyasi hodisasini tushuntiring.
4. Rezonans hodisasini tushuntiring.
5. Teng chastotali garmonik tebranishlar qanday jamlanadi?
6. 2.21-rasmni tushuntiring.
7. 2.22-rasmni tushuntiring.



2.21-rasm. Yaqin chastota tebranishlarni jamlash.



a)



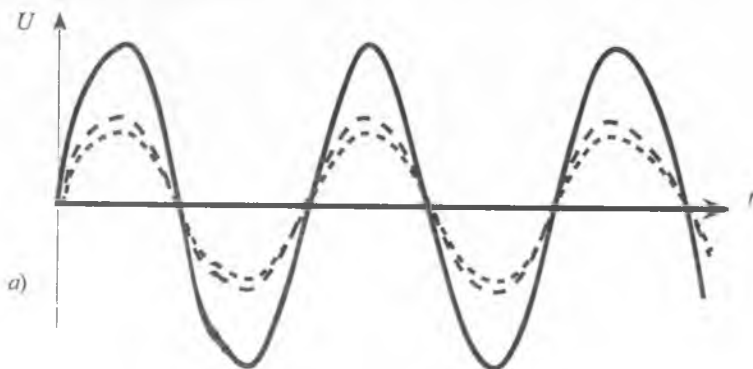
b)

2.22-rasm. Karrali chastota tebranishlarni jamlash.

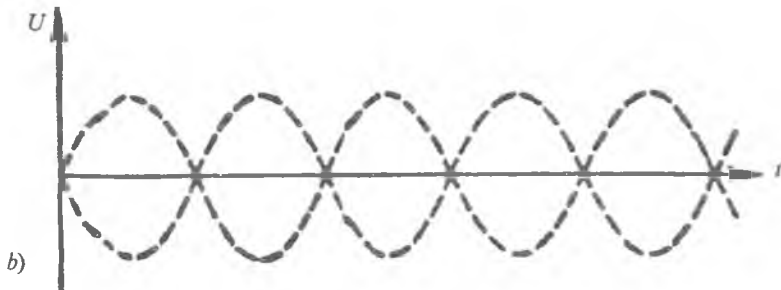
8. 2.23-rasmni tushuntiring.

9. 2.24-rasmni tushuntiring.

10. 2.25-rasmni tushuntiring.

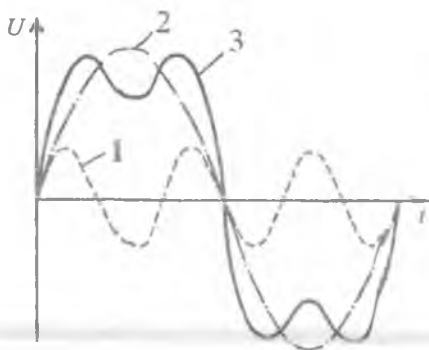


a)

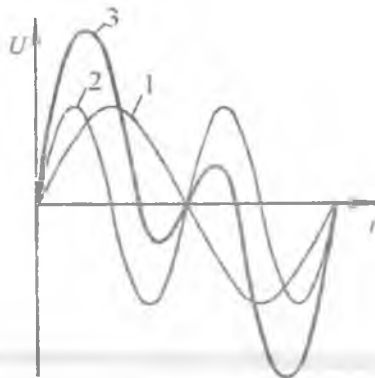


2.23-rasm. Tebranish amplitudasi va davri bir xil tebranishlarni jamlash.

11. Murakka**b** to'liqlar haqida tushuncha bering.
12. Murakka**b** to'liqlar tarkibiy qismlarga qanday ajratiladi?
13. Yassi to'liqlar tarqalishining qanday xususiyatlarini bilasiz?



2.24-rasm. Karrali chastota tebranishlarni jamlash.



2.25-rasm. Davri 1: 3 nisbatdagi tebranishlarni jamlash.

14. Sferik to'liqin tarqalishining qanday xususiyatlarini bilasiz?
15. Sferik to'liqinda yaqin zona o'lchami qanday aniqlanadi?
16. Sferik to'liqinda, yaqin zonada bosim va tebranish tezligi nima hisobiga paydo bo'ladi?
17. Turg'un to'liqlarning paydo bo'lish sharti nimadan iborat?
18. «Nurlanish qarshiligi» nima, tushuntiring.
19. «Muhitning birga qo'zg'aluvchi massasi» nimani anglatadi?



## 3-bob. TOVUSH SIGNALLARI

---

### 3.1. BIRLAMCHI VA IKKILAMCHI TOVUSH SIGNALLARI

Tovush signallari birlamchi va ikkilamchi signallarga bo'linadi. Birlamchi signallarga musiqa asboblari, ashula, nutq, musiqa va badiiy nutq eshittirishlarida qo'llaniladigan fonogramma signallari (poezd shovqini, dengiz shov-shuvi, shamol hushtagi va boshqalar) kiradi. Aloqa va eshittirish traktlarini baholaganda shunday faraz qilinadiki, har bir akustik signal har doim tasodifiy va o'zida hajmiga mos axborot tashiydi. Tinglovchilarga bu signallar axborot emas, balki estetik huzur baxshida etadi. Musiqa signallarining ko'p uchastkalari davriy tavsifga ega bo'lsa ham katta vaqt oralig'ida ularni tasodifiy deb ko'rish mumkin. Shuning uchun tovush signallari parametrlarini ularning sathi bo'yicha, chastota diapazoni va vaqti bo'yicha taqsimlanishiga qarab aniqlaydilar.

Ikkilamchi signallarga elektroakustik qurilmalar yordamida qayta eshittiriladigan signallar, ya'ni elektroakustik aloqa va eshittirish traktlaridan o'tgan va mos holda parametrlari o'zgartgan birlamchi signallar kiradi.

### 3.2. TOVUSH SIGNALLARINING DINAMIK DIAPAZONI

Har qanday eshittirish jarayonida akustik signalning sathi uzluksiz o'zgaradi, shu bilan baravar uning o'zgarish diapazoni keng. Tovush signallarini tahlil qilish uchun signallarning kvazimaksimal  $L_{maks}$  va kvaziminimal  $L_{min}$  sathlar tushunchasi kiritilgan. Ular berilgan signal sathidan nisbiy vaqt bo'yicha oshishi bilan aniqlanadi. Kvazimaksimal sathlar uchun bu vaqtni

musiqa signalining 2%, nutq signalining 1%, kvaziminimal sathlar uchun, mos holda, 98 va 99% olishga kelishilgan. Aynan shunday qiymatlarni  $L_{maks}$  va  $L_{min}$  tanlash, signallarning o'tkir cho'qqi va cho'kmalari amalda eshitilmasligiga asoslangan.

Signalning maksimal va minimal sathlari ayirmasi **dinamik diapazon** deb ataladi:

$$D = L_{maks} - L_{min} \quad (3.1)$$

Ayrim tovush signallari uchun dinamik diapazon 3.1-jadvalda keltirilgan.

3.1-jadval

Signal turi	Dinamik diapazon, dB
Diktor nutqi	25÷35
Badiiy o'qish	35÷45
Telefon orqali so'zlashuv	35÷45
Katta bo'lmagan ansambllar	45÷65
Simfonik orkestr, 40–45 ijrochi	75÷55
Rok-musiqa	118 gacha
Reaktiv samolyot motori, 3 m masofada	120

Signalning dinamik diapazonini tovush uzatish kanali dinamik diapazoni  $D_k$  bilan solishtirish kerak:

$$D_k = 20 \lg \frac{U_{nom}}{U_{sh}} - (\Delta N_1 + \Delta N_2) \text{ dB}, \quad (3.2)$$

bunda,  $U_{sh}$  – kanaldagi shovqin sathi,  $\mu\text{V}$ ;  $U_{nom}$  – nominal kuchlanish, V;  $\Delta N_1$  – shovqin va halaqitlarni bosuvchi signal sathi, dB (odatda 10 dB dan kam emas);  $\Delta N_2$  – ortiqcha yuklama qiymat (3÷6) dB.

3.1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, tabiiy signallarni uzatish uchun yuqori sifatli apparaturalar talab etiladi. Ko'pchilik hollarda

birlamchi akustik signal dinamik diapazoni analogli aloqa va eshittirish vositalarining imkoniyatlaridan yuqori. Shuning uchun ularni ishlatishdan oldin dinamik diapazonini siqish lozim yoki uzatish traktlarida paydo bo'ladigan sezilarli buzilishlarga ko'nikish kerak.

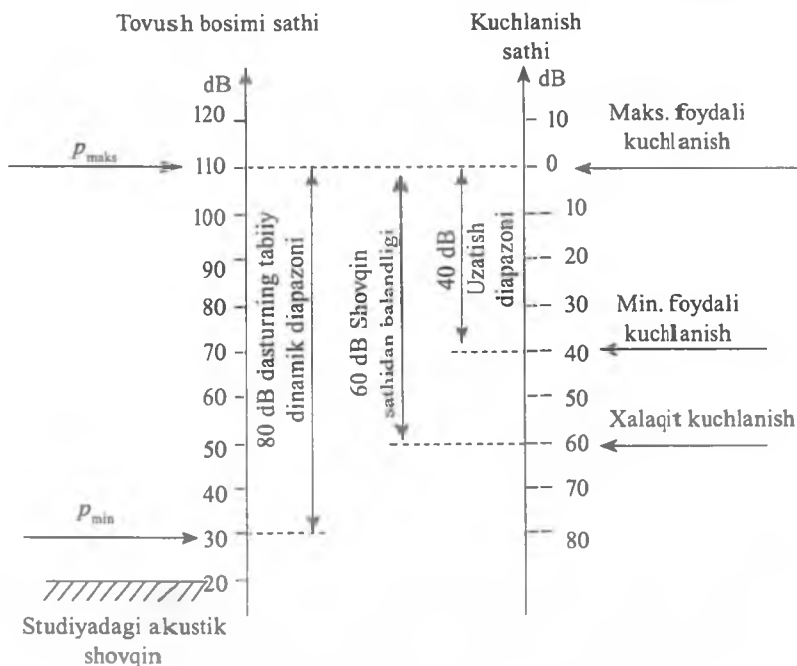
Amalda zallarda bevosita ijro etiladigan dasturlarning dinamik diapazoni (eshittirishlarning tabiiy dinamik diapazoni) taxminan quyidagi qiymatlarga ega:

- katta simfonik orkestrlar uchun 80 dB;
- katta bo'lmagan guruh ijrochilari uchun 60 dB;
- nutq eshittirishlarda 50 dB.

Tabiiyki, eshittirishlar elektroakustik qurilmalar orqali tovush bosimi yoki tebranish tezligiga mos bo'lgan kuchlanish uzatiladi. Tovush bosimining eng katta qiymatiga maksimal  $U_{\text{mak}}$  kuchlanish to'g'ri keladi. Bu kuchlanishni uzatish qurilmalari buzmasligi kerak. Tovushlarning tabiiy va elektroakustik qurilmalardan uzatiladigan dinamik diapazoni 3.1-rasmda keltirilgan. Kuchlanishning maksimal qiymati qurilmaning noxiziqli buzilishlari bilan cheklanadi. Elektroakustik apparatning chiqishidagi minimal kuchlanish shu qurilmaning xususiy shovqini bilan belgilanadi. Elektroakustik qurilmaning maksimal foydali kuchlanish qiymati uning xususiy shovqin sathidan taxminan  $30 \div 60$  dB yuqori.

Eshittirish dasturining tabiiy dinamik diapazoni (50–80 dB) ni tashkil etadi, foydali signalning xususiy shovqindan (30–60 dB) oshishini oddiy taqqoslash shuni ko'rsatadiki, elektroakustik uzatish qurilmasi eshittirishning barcha tabiiy dinamik diapazonini tiklay olmaydi.

Shunday qilib, elektroakustik qurilmalar orqali eshittiriladigan dasturlarning dinamik diapazoni uzatiladigan dasturlarning tabiiy dinamik diapazonidan farqlanadi.



3.1-rasm. Tovushlarning tabiiy va elektroakustik qurilmalardan uzatiladigan dinamik diapazoni.

### 3.3. O'RTACHA SATH

Akustik signal jadalligining o'rtacha sathini eshitish a'zosi bilan (o'rtacha subyektiv), uzoq vaqt oraliqlari uchun o'rtacha statistik (o'rtacha davomiy) yoki inersionligi katta bo'lmagan o'lchov asbobi bilan aniqlash mumkin (o'rtacha obyektiv). Ikkilamchi signal uchun o'rtacha sathni sezgi a'zo bilan aniqlash kifoya, birlamchi signal uchun barcha o'rtacha sathlarni bilish zarur, chunki bu signallar bizga eshittirish va aloqa apparaturalari tizimi orqali o'tadi. O'rtacha signal sathlarni o'lchash asbobining inersionligini o'zgartirish yo'li bilan o'lchash mumkin. Signalning oniy quvvati noldan amplituda qiymatigacha o'zgarishini hisobga olgan holda, o'rtacha obyektiv sathni o'lchovchi asbobning minimal vaqt doimiyliigi, signalning

maksimal yarim davr tebranishidan ( $f=30$  Hz uchun,  $T_{maks}/2=17_{ms}$ ) oshmasligi kerak. Chunki eshitish a'zosining o'zgarish vaqti o'rtacha 150 ms, u holda o'rtacha sathni sezgi a'zo bilan aniqlash uchun vaqt doimiysi 150 ms atrofida bo'lishi kerak.

Signal sathining davomiyligini oshirish uchun o'lchash asbobining o'rtacha interatsiya vaqtini nutq uchun 15 s va musiqa uchun 1 daqiqa qilib olish kerak.

O'rtacha akustik signal sathi quyidagicha ifodalanadi:

$$L_{ort} = 10 \lg \frac{I_{ort}}{I_0}, \text{ dB.} \quad (3.3)$$

Kvazimaksimal va o'rtacha sathlar ayirmasi **pikfaktor** deb ataladi:

$$P = L_{maks} - L_{ort} = N_{el.maks} - N_{el.ort} \quad (3.4)$$

Pikfaktor kanalni ortiqcha yuklanishdan saqlash uchun signalning uzatish sathi belgilangan maksimal sathidan qancha kam olinishini ko'rsatadi. Musiqa signallari uchun pikfaktor 20 dB va undan yuqori, nutq signallari uchun 12 dB dan oshmasligi kerak. Bu ma'lumotlar akustik qayta ishlanmagan, shu jumladan, xonaning akustik xususiyatlari ta'sir etmagan signallar uchun taalluqlidir.

#### 3.4. SIGNALLARNING CHASTOTA DIAPAZONI VA SPEKTRLARI

Eshittirish va aloqa tizimlarida qo'llaniladigan birlamchi tovush manbayidan chiqadigan akustik signal, odatda, uzluksiz o'zgaradigan shakl va spektr tarkibga ega. Spektrlar yuqori va past chastotali, diskret va uzluksiz bo'lishi mumkin. Har bir tovush manbayida, xatto orkestrdagi skripkaning ham tovushiga xos ohang beradigan xususiy spektrlari bor. Bu ohangni **tembr** deb ataydilar. Skripka tembri, trambon tembri, organ tembri va h.k musiqa asboblari tembrlari degan tushuncha bor, shuningdek, jarangdor va bo'g'iq ovoz tembrlari mavjud bo'lib, birinchisi signalning yuqori

chastotali tarkiblarini chizib o'tadi, ikkinchisi esa uni bostiradi. Birinchi navbatda har bir turdagi tovush manbalari uchun o'rtacha spektr qiymati qiziqish uyg'otadi, buzilishlarni baholash uchun esa davomli vaqt oralig'idagi (15 s axborot signallari uchun va 1 daqiqa badiiy signallar uchun) spektr o'rtachalashtirilgan. O'rtachalashtirilgan spektr, odatda, uzluksiz va shakli bo'yicha nisbatan tekis bo'ladi.

Uzluksiz spektrlar spektral zichlikning chastotaga bog'liqligi bilan tavsiflanadi (bu bog'liqlikni energetik spektr deb ataydilar).

Qulay bo'lishi uchun spektr zichligini baholashda logarifmik o'lchov kiritilgan. Bu o'lcham spektral zichlik sathi yoki spektral sath deb ataladi.

Spektral sath  $B = 10 \lg J/I_0$ , bunda,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  – nolinchi sathga mos jadallik. Ko'pincha spektral zichlik o'rniga spektrni tavsiflash uchun oktava, yarim oktava va uchdan bir oktava chastota polosalarida o'lchangan jadallik va jadallik sathlaridan foydalaniladi.

Signal spektri ma'lum bo'lsa, uning yig'indi jadalligini aniqlash mumkin. Uchdan bir oktavali polosa uchun spektr jadalligi sathlarda berilgan bo'lsa, unda har bir polosadagi bu sathlarni jadallikka o'tkazish  $I_{\text{okt}} = I_0 10^{0,11 \text{ okt}}$  va barcha jadalliklarni qo'shish kifoya. Barcha  $I_{\text{okt}}$  yig'indisi hamma spektrlar uchun yig'indi jadallik  $I_{\Sigma}$  ni beradi. Yig'indi sath

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \frac{I_{\Sigma}}{I_0}. \quad (3.5)$$

Akustik signalning chastota diapazonini spektral sathlarning chastotaga bog'liqligidan aniqlash mumkin. Buni spektral sathlarning pasayishidan yoki eshitish yo'li bilan aniqlash mumkin. 75% tinglovchilar uchun eshitish diapazoni chegaralanishining sezilishi **subyektiv chegara** deb hisoblanadi. 3.2-jadvalda bir qancha birlamchi akustik signallarning chastota diapazonlari keltirilgan.

Tovush manbayi	Chastotalar diapazoni, Hz
Erkak tovushi	100 ÷ 7000
Ayol tovushi	200 ÷ 9000
Royal	100 ÷ 5000
Skripka	200 ÷ 15000
Nay	250 ÷ 14000
Likobcha	400 ÷ 12000
Nog'ora	65 ÷ 3000
Bas-truba	50 ÷ 6000
Organ	20 ÷ 15000
Oyoq tovushi	100 ÷ 10000
Qarsaklar	150 ÷ 15 000

Agar spektrlar u yoki bu tomonga tekis og'sa, unda ularni yana moyillik bilan, ya'ni spektr sathlarining past yoki yuqori chastotalar tomon o'rtacha og'ishi bilan baholaydilar. Masalan, nutq spektri 6 dB/okt yuqori chastota tomon og'ishga moyilligi bor.

Ayrim hollarda, akustik signallar qatoriga akustik shovqinlarni ham qo'shadilar. Nutq shovqinlariga bir vaqtda bir necha kishi gaplashishi natijasidagi shovqinlar kiradi.

### 3.5. SIGNALNING BIRLAMCHI PARAMETRLARI

Har bir odam o'ziga xos tarzda nutq tovushlarini talaffuz etadi. Nutq tovushlarini talaffuz etish qo'shni tovushlarga urg'u berish va boshqa omillarga bog'liq. Cheklangan sondagi umumlashtirilgan nutq tovushlarinig amalga oshirilishi fonema deb ataladi. Fonema odam aytmoqchi bo'lgani, **nutq tovushi**, odam talaffuzi. Fonema tovushga nisbatan **grafema** deb ataluvchi namunaviy harf rolini o'ynaydi. Nutq tovushlari jarangdor va bo'g'iq'larga bo'linadi. Jarangdor tovushlar tarang bo'lib turgan tovush mushaklari ishtirokida paydo bo'ladi: o'pkadan chiqayotgan havo oqimi

natijasida tovush mushaklari vaqt-vaqti bilan siljiydi, natijada uzoq-uzuq havo oqimi paydo bo'ladi. Tovush mushaklari yordamida hosil bo'layotgan havo oqimi impulslarini davriy deb hisoblasa bo'ladi. Impulslarning mos holdagi takrorlanishi **asosiy tonning tovushi**  $T_0$  deb ataladi. Unga teskari bo'lgan kattalik **asosiy tonning chastotasi**  $f_0 = 1/T_0$  deb ataladi.

Asosiy ton chastotasining o'zgarishi **intonatsiya** deb ataladi. Har bir odamda o'ziga xos asosiy ton chastotasining o'zgarish diapazoni va o'zining intonatsiyasi bor. Intonatsiya odamlarni farqlashda juda katta ahamiyatga ega. Asosiy ton, intonatsiya, og'zaki «uslub» va tovush tembri odamlarni aniqlashda xizmat qiladi.

Nutq tovushlarini talaffuz qilishda til, lablar, tishlar, pastki jag', tovush mushaklari har bir fonema uchun ma'lum holatda yoki harakatda bo'lishi kerak. Bu harakatlar **nutq a'zosining artikulatsiyasi** deb ataladi.

Tovushlarni talaffuz qilganda nutq trakti orqali tonal impuls signali yoki shovqin yoki ikkalasi ham birgalikda o'tadi. Nutq trakti artikulatsiya a'zolari yordamida bir qator murakkab akustik filtrlarni tashkil qiladi. Buning natijasida bir xil egib o'tayotgan tonal yoki shovqin spektrlari bir qator maksimum va minimumlarga ega bo'lgan spektrlarga aylanadi.

Spektrning maksimumi **formanta**, minimum yoki nol qiymatlari – **antiformanta** deb ataladi. Spektrning egilishi har bir fonema uchun shaxsiy va ma'lum shaklga ega. Nutqlarni talaffuz qilganda nutq spektri uzluksiz o'zgaradi, natijada formant o'zgarishlari bo'ladi. Nutqning chastota diapazoni 70÷7000 Hz oralig'ida.



### 3.6. IKKILAMCHI SIGNAL

Ideal holatda ikkilamchi signal birlamchi signalni aniq qayta eshittirishi kerak, ammo bunday aniqlik hamma vaqt ham kerak bo'lmaydi, chunki odam eshittirishdagi noaniqliklarni sezmasligi mumkin. Undan tashqari amalda bunday aniqlikni ta'minlash yoki saqlash ancha mushkul. Badiiy eshittirishlarda, televidenie va ovoz yozishda moslikka imkoniyat boricha harakat qilish kerak, unda tinglovchilarda hosil bo'ladigan tovush eshinishi, tinglovchi aynan shu tovushni akustik sharoitlari yaxshi bo'lgan joyda eshitganiga mos bo'lsin. Eshittirishning axborot vositalari va telefon aloqasi uchun bu moslik faqatgina nutq aniqligini ta'minlash bilan, keyinchalik esa eshittirish sifatini oshirish bilan bog'liq. Faqat shu hollardagina ikkilamchi signalning birlamchi signalga mosligini ta'minlash zarur. Ikki holatda ham iqtisodiy ko'rsatkichlar alohida ahamiyatga ega.

Eshittirish aniqligining buzilishi turlicha bo'lishi mumkin. Ulardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

**Akustik kelajakning yo'qolishi.** Tovush signalini bir kanalli tizimdan uzatganda, xonada bir necha mikrofonlar bo'lishiga qaramay, eshinish bir quloq bilan tinglagandek tuyuladi. Eshinish a'zosi uchun tovush manbayi har doim amaldagi ikkilamchi manbalarga nisbatan qandaydir o'rtacha holatda joylashgandek tuyuladi, chunki vaqt siljishi va tinglovchining ikki quloq idagi sathlar farqi birlamchi manbaning joylashgan joyiga bog'liq emas. Bu buzilishni qisman stereofonik uzatish tizimi, ya'ni signallarni ko'pkanalli uzatish tizimi yordamida tuzatish mumkin.

**Sathlarning siljishi.** Signallarni uzatish trakti bo'yicha birlamchi signal jarangdorligining absolut sathi bo'yicha axborot berilmaganligi tufayli, tinglovchi ikkilamchi signal sathi to'g'risida o'zicha fikr yuritadi. Bundan tashqari, qabul qilish tomonidagi apparaturaning quvvati yetmasligi hamda tinglash sharoiti o'zgarishi natijasida birlamchi signal sathini tiklab bo'lmaydi. Sathlarning

siljishi birlamchi va ikkilamchi signallarning past va o'rta chastotali tarkiblarini nurlatayotgan radiokarnaylar o'rtasidagi nisbat o'zgarishiga olib kelishi mumkin. Chunki ikkilamchi signal o'rtacha sathining birlamchi signal o'rtacha sathiga nisbatan yuqoriga siljishi past chastotali signallar tarkibini subyektiv ko'tarilishiga, pastga siljishi esa, ularning pasayishiga olib keladi.

**Tovush signali dinamik diapazonining cheklanishi.** Tovush signallarining dinamik diapazoni signal uzatish kanali dinamik diapazonidan katta bo'lganligi  $D_s \gg D_k$  sababli signallarni kanaldan buzilishlarsiz o'tkazish maqsadida, uzatish kanali boshlanishda siquvchi va tugashida kengaytiruvchilardan foydalaniladi. Uzatish kanalining dinamik diapazoni 40 dB ga teng. Shunday qilib, dinamik diapazoni 40 dB dan yuqori bo'lgan eshittirish signallarining dinamik diapazoni 40 dB kompressor yordamida siqiladi. Natijada signal sifati birmuncha o'zgaradi. Bu kamchilik uzatish kanalining oxirida kengaytiruvchi – ekspander ulash bilan yo'qotiladi. Ekspander yordamida dinamik diapazonni kengaytirish apparaturaning murakkablashuviga olib keladi.

**Chastota diapazonining cheklanganligi.** Yuqorida aytilgan akustik signallarni uzatish trakti barcha chastota diapazonini o'tkazmaydi, shuning uchun chastota diapazonini cheklash haqida fikr yuritiladi.

**Xalaqitlar.** Signalni uzatish vaqtida unga turli xalaqit va shovqinlar, shu jumladan, elektr va akustik shovqinlar qo'shiladi. Akustik shovqinlar birlamchi tovush manbayi joylashgan joyda va tinglovchi joylashgan joyda ham mavjud.

**Buzilishlar.** Birlamchi va ikkilamchi signallarning mos emasligining sababi keng ma'nodagi buzilishlardir. Odatda, buzilishlarni tor ma'noda tushunadilar va ularga: chiziqli, nochiziqli, parametrik va o'tuvchi buzilishlar kiradi. Ulardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

### 3.7. SHOVQIN VA XALAQITLAR

Shovqin va xalaqitlarning ta'siri, ikkilamchi akustik signallarning kelib chiqishidan qat'iy nazar, ularni niqoblashga olib keladi. Shovqinlar, eshitish bo'sag'asini siljitadi, u agarda «tekis» bo'lsa, vaqtga bog'liq emas. Bu shovqinlarga turli fluktuatsiya shovqinlari kiradi, masalan, toshni maydalashdagi shovqini effekti, bir vaqtda bir necha odamlarning so'zlashuv shovqinlari va h.k. kiradi.

Elektr shovqinlarning spektrlari bir tekis, akustik shovqinlarning spektrlari esa, nutq spektrlariga yaqinroq. Shuning uchun birinchisining eshitish bo'sag'asi yuqori chastotalar tomon o'sishga moyildir. Nutq shovqinlari eshitish bo'sag'asida chastotaga deyarlik bog'liq emas.

### 3.8. CHIZIQLI BUZILISHLAR

Traktning uzatish koeffitsiyenti umumiy ko'rinishda aniqlanadi:

$$K = \frac{p_2}{p_1} = |K|e^{j\varphi}, \quad (3.6)$$

bunda,  $p_1$  va  $p_2$  – traktning kirish va chiqishidagi tovush bosimlari;  $|K|$  – uzatish koeffitsiyenti moduli;  $\varphi$  – traktdagi faza siljishi. **Uzatish koeffitsiyenti**, odatda, chastotaga bog'liq. Eshitish a'zosi signallarning faza siljishiga ta'sir ko'rsatmaganligi sababli ularni tahlil etmaymiz va «uzatish koeffitsiyenti» iborasida uning modulini tushunamiz.

Uzatish koeffitsiyentining chastotaga bog'liqligi uzatish traktning **chastota tavsifi** deb ataladi. U birlamchi signal chastotalari tarkibiga kiruvchi amplitudalar nisbatining o'zgarishiga olib keladi. Bu buzilishlar subyektiv birlamchi signalning tembri o'zgargandek seziladi. Masalan, past chastota tarkiblari bostirilganda, eshittirishlar jarangdor bo'ladi, yuqori chastota tarkiblari bostirilganda esa tovush bo'g'iq bo'ladi.

Buzilishlar chiziqli yoki amplituda-chastotali bo'lib, chastota tavsifining notekisligi bilan baholanadi:

$$M = K_{\text{maks}} / K_{\text{min}}, \quad (3.7)$$

bunda,  $K_{\text{maks}}$  va  $K_{\text{min}}$  – berilgan chastota diapazonidagi maksimal va minimal uzatish koeffitsiyentlari.

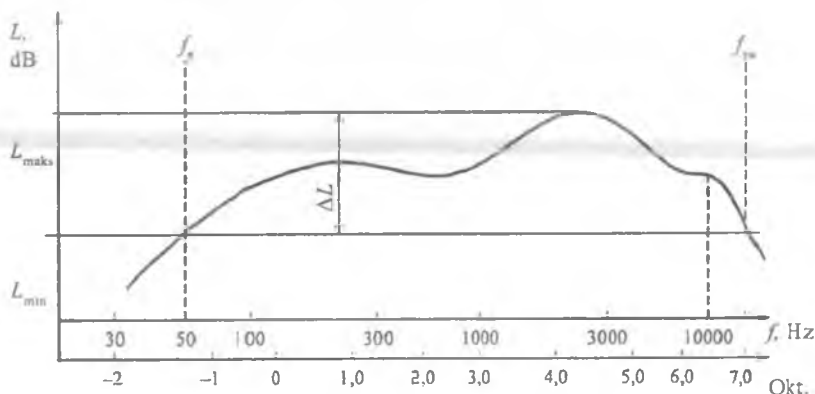
Notekislik, odatda, logarifmik masshtabda o'lchanadi, unda

$$\Delta L = L_{\text{maks}} - L_{\text{min}}. \quad (3.8)$$

Bu yerda  $L_{\text{maks}}$  va  $L_{\text{min}}$  – ikkilamchi signalning maksimal va minimal sathlari.

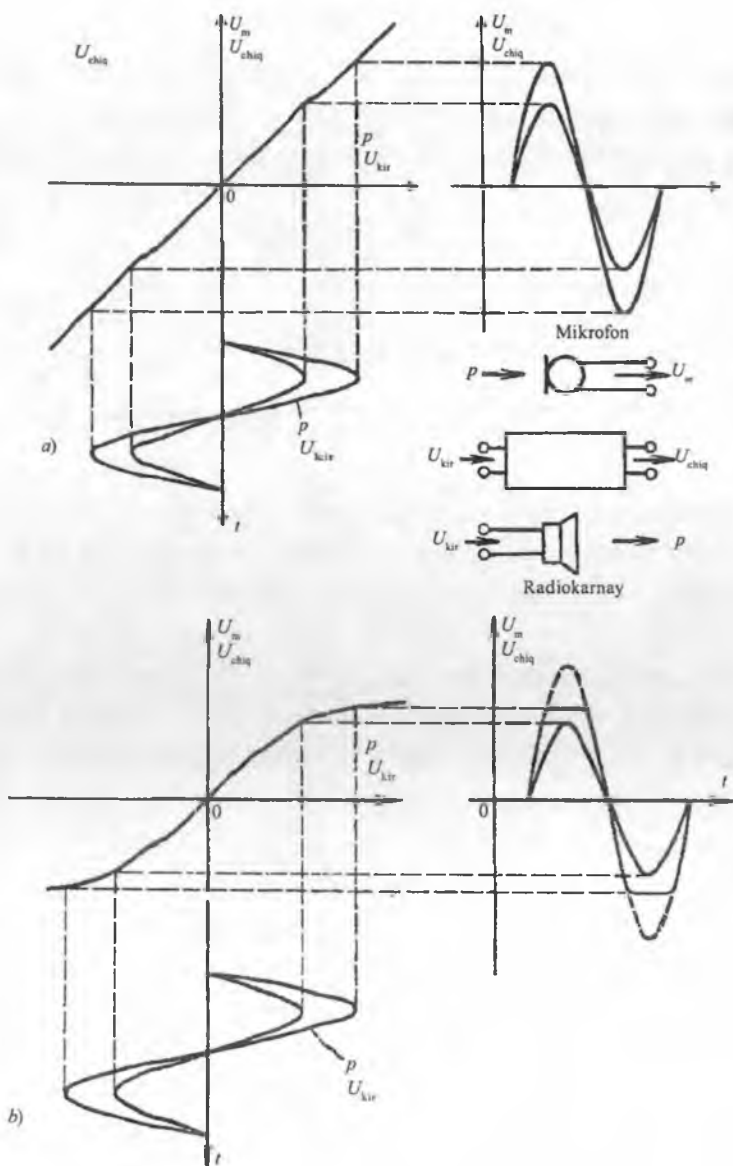
3.2-rasmda uzatish trakti signalining tavsiflaridan biri keltirilgan. Amplituda-chastota tavsiflarini tahlil etganda eni 1/8 oktavadan tor cho'qqi va cho'kmalar inobatga olinmaydi. Bu shart eshitish a'zosining keng kritik polosalari hamda birlamchi signal tez o'zgarganda uning spektri kengayib, bu cho'qqi va cho'kmalar tekislanishi hisobiga kiritilgan.

Amplituda-chastota buzilishlari, odatda, buzilishlarga moyil bo'lgan zvenolarda paydo bo'ladi. Chastota buzilishlarining normalari tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Past chastotali buzilishlar yuqori chastotali buzilishlarga nisbatan ko'proq seziladi. Buzilishlar chastota korreksiyasi yo'li bilan yo'qotiladi.



3.2-rasm. Chastota diapazoni va chastota tavsifining notekisligini aniqlash.

Tovush bosimi o'zgarishini elektr signalga o'zgartirish va uzatish 3.3-rasmda ko'rsatilgan.



3.3-rasm. Tovush bosimi o'zgarishini elektr signalga o'zgartirish va uzatish: a) chiziqli qurilma orqali o'zgartirish; b) elektr signalga nochiziqli buzilishlar bilan o'zgartirish.

### 3.9. NOCHIZIQLI BUZILISHLAR

Nochiziqli buzilishlar deb tabiiy tovush manbai spektri tarkibida bo'lmagan va eshittirish signalida yangi chastota tarkiblarining paydo bo'lishi bilan bog'liq buzilishlarga aytiladi.

Faraz qilaylik,

$$u_{kir} = U_m (\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t). \quad (3.9)$$

Chiqishdagi signal

$$u_{chiq} = aU_m (\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t) + bU_m^2 \left[ 1 + \frac{1}{2} \cos 2\omega_2 t + \cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t \right]. \quad (3.10)$$

Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, asosiy chastota  $\omega_1$  va  $\omega_2$  lardan tashqari signalda yangi, asosiy chastotadan ikki marta katta  $2\omega_1$  va  $2\omega_2$  parazit tarkiblar hamda  $\omega_1 \pm \omega_2$  yig'ma-ayirma tonlar paydo bo'ldi.

Yig'ma-ayirma tonlar birinchi hadli kombinatsiya tonlari deb ataladi, hosil bo'lgan nochiziqli buzilishlar esa kvadratik buzilish deb ataladi. Nochiziqli buzilishlar garmonika koeffitsiyenti bilan baholanadi:

$$K_r = \frac{\sqrt{U_{m2}^2 + U_{m3}^2 + \dots}}{U_{m1}} + 100\%, \quad (3.11)$$

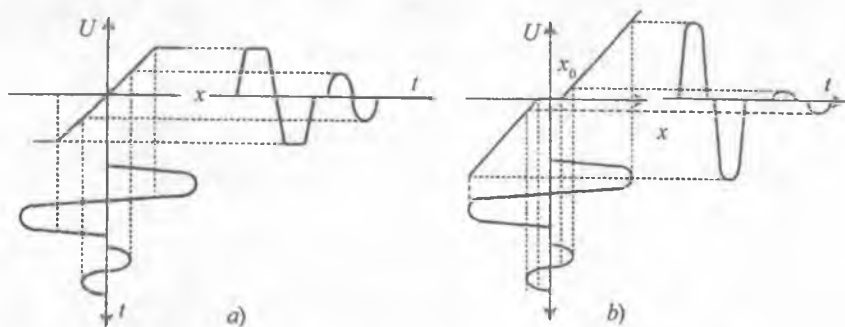
bunda,  $U_{m1}$  – signalning asosiy tarkib amplitudasi.

Garmonika koeffitsiyentlarini baholashning turli usullari mavjud, bular: garmonika usuli, tonlar ayirmasi usuli.

Tajribalar shuni ko'rsatdiki, tinglovchi nosimmetrik buzilishlarni kamroq sezadi. Yuqoridan amplituda cheklanishi bilan bog'liq buzilishlar eshitishga kamroq ta'sir etadi, markazdan cheklashda esa buzilishlar ko'proq seziladi.

Nosimmetrik buzilishlar  $y=f(x)$  bog'lanishning toq darajalarida, simmetrik buzilishlar juft darajalarda paydo bo'ladi.

Tinglovchilar uchun ovozni qayta eshittirish sifati yetarlicha yuqori bo'lishi uchun ovoz eshittirish elektr kanali traktlarining parametrlari GOST 11515-91bo'yicha belgilangan talablarga javob berishi lozim.



3.4-rasm. Katta va katta bo'lmagan signal amplitudalarining cheklanishi:  
a) yuqoridan cheklash; b) pastdan (markazdan) cheklash.

Tovush eshittirish elektr kanallari va traktlarining parametrlari sifatini me'yorlash shu kanal va tarktlarda signallarning ruxsat etilgan shovqin sathlarini subyektiv-statistik ekspertiza yo'li bilan aniqlashga asoslangan.

Buzilishlar quyidagi bosqichlar bilan belgilanadi:

**umuman sezilmaydigan buzilishlar**, 15% dan kam hollarda seziladi;

**amaliy sezilmaydigan buzilishlar**, 30% hollarda seziladi;

**ishonchsiz seziladigan buzilishlar**, 50% hollarda seziladi;

**ishonchli seziladigan buzilishlar**, 75% hollarda seziladi;

Buzilishlarning sezilishi hamda texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlariga qarab tovush jarangdorligining uch klassi belgilangan;

**oliy klass** – buzilishlar yuqori malakali ekspertlarga deyarli sezilmaydi;

**birinchi klass** – buzilishlar yuqori malakali ekspertlarga ishonchsiz seziladi va oddiy tinglovchilarga amalda sezilmaydi;

**ikkinchi klass** – buzilishlar yuqori malakali ekspertlarga ishonchli seziladi va oddiy tinglovchilarga ishonchsiz seziladi.

Har bir klass aniq ruxsat etilgan buzilishlar bilan xarakterlanadi. Shu bilan birga quyidagi sifat parametrlarni reglamentlaydi:

- **uzatish chastotalari kengligi;**
- **amplituda-chastota tavsifining notekisligi;**
- **garmonikalar koefitsiyenti;**
- **aniq sezilarli o'tish halaqitlardan himoyalanganlik;**
- **stereofonik eshittirishda chap va o'ng kanallardagi fazalar farqi;**
- **chap va o'ng kanallar o'rtasidagi sathlar farqi;**
- **chiqish sathining nominal qiymatidan og'ishi.**

#### NAZORAT SAVOLLARI

1. Birlamchi tovush signalining qanday parametrlarini bilasiz?
2. Ikkilamchi tovush signallarini tushuntiring.
3. Tovush signalining dinamik diapazoni qanday aniqlanadi?
4. Tovush signallarining o'rtacha sathi qanday aniqlanadi?
5. Qanday shovqinlarni bilasiz, spektr tarkiblari nima bilan farqlanadi?
6. Chiziqli va nochiziqli buzilishlarning kelib chiqish sabablarini tushuntiring.
7. Asosiy ton, fonema, formanta, intonatsiya tushunchalarini tushuntiring.
8. Ikkilamchi signalda qanday turdagi buzilishlar sodir bo'lishi mumkin?
9. Eshittirish kanali va traktlari parametrlari sifatini normalash prinsipini tushuntiring.
10. Akustik signalning eshutilishiga chastota, nochiziqli va faza buzilishlari qanday ta'sir ko'rsatadi?



## 4-bob. ELEKTROMEXANIK TIZIMLAR VA ELEMENTLAR

---

### 4.1. ELEKTROMEXANIK O'ZGARTIRISH

Eshittirish tovushlarini uzatish ovoz eshittirish elektr kanali orqali amalga oshiriladi, ovoz eshittirish elektr kanalining boshida akustik energiyani elektr energiyaga o'zgartiradigan **o'zgartirgich-mikrofon**, chiqishida esa elektr energiyani akustik energiyaga o'zgartiradigan **o'zgartirgich-radiokarnay** o'rnatilgan. Signallarni bir shakldan ikkinchi shaklga o'zgartiradigan boshqa apparatlar turi ham mavjud. Masalan, grammofon plastinkasidagi yozuvni qayta eshittirganda adapter ignaning mexanik tebranishini elektr kuchlanishga, quloq telefoni quloq eshitish yo'lakchasida telefonga berilgan tovush chastota tonini tovush bosimiga o'zgartiradi.

Signallarni bir turdan ikkinchi turga o'zgaradigan apparatlar **elektromexanik o'zgartirgichlar** deb ataladi.

Agar o'zgartirgich elektr energiyani mexanik yoki akustik energiyaga aylantirsa, bu – **o'zgartirgich-dvigatel** deb, agar o'zgartirgich mexanik energiyani elektr energiyaga o'zgartirsa, bunday o'zgartirgich **o'zgartirgich-generator** deb ataladi.

**O'zgartirgich-dvigatelga radiokarnaylar, o'zgartirgich-generatorga mikrofonlar** misol bo'la oladi. Elektroakustika fanining asosiy vazifasi tuzilishi va belgilanishi turlariga qarab tovush chastota tebranishlarini elektromexanik o'zgartiruvchi asboblarni loyihalash va hisoblashdan iborat.

O'zgartirgichlarning umumiy nazariyasi to'rt qutbliklar nazariyasiga asoslanadi.

#### 4.2. CHIZIQLI O'ZGARTIRGICHLARNING UMUMIY TENGLAMASI

Akustik signallarni elektr signallarga va, aksincha, elektr signallarni akustik signallarga o'zgartirish eshittirish kanalining uzatish va qabul qilish tomonlarida amalga oshiriladi. Yuqorida aytilgandek, bunday o'zgartirishlarni amalga oshiradigan apparatlar, **elektromexanik o'zgartirgichlar** deb ataladi, ya'ni mexanik tebranishlarni elektr tebranishlarga aylantiradigan o'zgartirgichlar **generator**, elektr tebranishlarni mexanik tebranishlarga aylantiradigan o'zgartirgichlar **dvigatel** deb ataladi.

Signallarni o'zgartirish noxiziqli buzilishlarga olib kelmasligi uchun eshittirish texnikasida qo'llaniladigan elektromexanik o'zgartirgichlar yetarli aniqlikda chiziqli o'zgartirish shartini qanoatlantirishi kerak. Bu shart vaqt bo'yicha o'zgaruvchan qiymat, o'zgartirgichning ikki tomonidagi elektr va mexanik signallar o'zaro chiziqli tenglamalar bilan bog'langan.

Shartli ravishda o'zgartirgichning aynan o'zgartirishni amalga oshiradigan qismiga bir tomondan kuchlanish ulash, ikkinchi tomonini tashqi kuch ta'sir etish yoki mexanik yuklama ulash uchun muallaq sterjen bo'lgan qurilma sifatida qabul qilamiz (4.1-rasm). Bunday qurilmaning ishlash prinsipi vaqt bo'yicha to'rt qutblikning qiymatlari o'zgarishi bilan belgilanadi: elektr tomonida kuchlanish  $V$  va tok  $I$ , mexanik tomonida esa kuch  $F$  va tebranish tezligi  $U$ .



4.1-rasm. Elektromexanik o'zgartirgichning umumiy sxemasi,

Bunda tok  $I$  va kuchlanish  $V$  yo'nalishlari o'zgartirgichning kirish qismidan chiqish tomoniga yo'nalgan bo'lsa, ishorasi musbat, agarda kuch o'zgartirgich tomon yo'nalgan bo'lsa, ishorasi musbat, kuchlanishning yo'nalishi o'zgartirgichning elektr tomoni kirish qismi bo'lib, tok yo'nalishi soat strelkasiga mos bo'lsa, musbat, agarda elektr tomoni chiqish qismi bo'lsa va tok soat strelkasiga teskari yo'nalgan bo'lsa, musbat deb qabul qilinadi. Demak, o'zgartirgichning 4.1-rasmdagi ko'rinishida chap tomoni kirish va uning o'ng tomoni chiqish qismi hisoblanadi.

Statsionar rejimda hamma o'zgaruvchan ( $U, I, F, V$ ) qiymatlar vaqt bo'yicha, ya'ni  $e^{j\omega t}$  ko'rinishda o'zgarsa, ular o'rtasidagi chiziqli nisbatlarni algebraik tenglama ko'rinishida yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} U &= Zi + K_1 V \\ F &= zV + K_2 i \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

Tenglamadagi ko'effitsiyentlar ma'nosini aniqlaymiz.  
(4.1) tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$Z = \left( \frac{U}{I} \right)_{V=0} \quad (4.2)$$

$Z$  tormozlangan (to'xtatilgan) o'zgartirgichning to'la elektr qarshiligi (umumiy holda kompleks), ya'ni o'zgartirgichning mexanik tomoni to'xtatilganda ( $V=0$ ) elektr tomonining to'la qarshiligi.

(4.1) tenglamadan quyidagi hosil bo'ladi:

$$z = \left( \frac{F}{V} \right)_{i=0} \quad (4.3)$$

bunda,  $z$  – o'zgartirgichning to'la mexanik qarshiligi (umumiy holda kompleks), ya'ni o'zgartirgichning elektr tomoni salt yurishi rejimida ( $i=0$ ) mexanik tomonining to'la qarshiligi.

(4.1) tenglamadan

$$K_1 = \left( \frac{U}{V} \right)_{i=0}, \quad K_2 = \left( \frac{F}{i} \right)_{V=0} \quad (4.4)$$

qiymatlar qurilma bajarayotgan elektromexanik o'zgartirishni belgilaydi va elektromexanik bog'lanish koeffitsiyentlari deb ataladi. Elektromexanik bog'lanish koeffitsiyentlari energiyalarning o'zgartirilish ko'lamini aniqlaydi.

Ko'pchilik elektromexanik o'zgartirgichlar qaytariluvchan, ya'ni ular o'zgartirishni ikki tomonlama bajaradi. Qaytarilmaydigan o'zgartirgichlar turi kam, ularga ko'mirli mikrofonlar misol bo'laoladi.

Ishlash prinsipiga qarab o'zgartirgichlar induktivli va sig'imli turlarga bo'linadi.

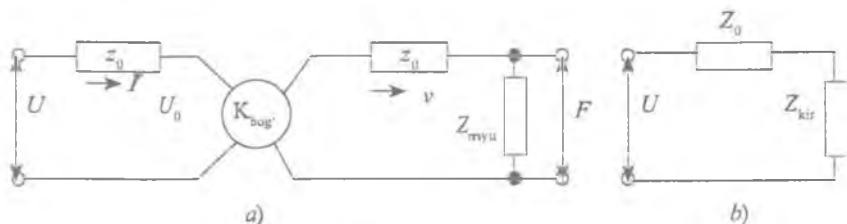
Induktivli o'zgartirgichlarda siljitivchi kuch toklarning o'zaro ta'siri tufayli paydo bo'ladi, elektr yurituvchi kuch esa magnit oqimi o'zgarishiga bog'liq.

Sig'imli o'zgartirgichlarda siljitivchi kuch zaryadlarning o'zaro ta'siri natijasida paydo bo'ladi, hosil bo'lgan o'zgaruvchan kuchlanish esa sig'imlarning o'zgarishi natijasidir.

Pezelektir o'zgartirgichlar alohida guruhga kiritiladi, ammo rasmiy ravishda ular sig'imli turdagi o'zgartirgichlarga kiradi.

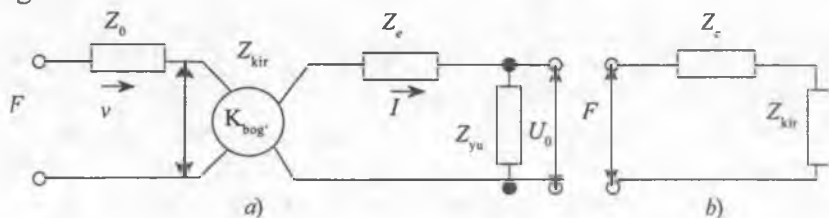
#### 4.3. O'ZGARTIRGICHNING EKVIVALENT SXEMALARI

O'zgartirgich-dvigatelning umumiy ekvivalent sxemasi 4.2-a rasmda keltirilgan.  $K$  o'zgartirgich bo'lib, uning chap qismi o'zgartirgichning elektr sxemasini ko'rsatadi,  $K$  ning o'ng tomoni esa o'zgartirgichning mexanik ekvivalent sxemasi. 4.2-b rasmda ikkita: elektr  $Z_0$  va kiritilgan  $Z_{kir}$  qarshilikdan iborat elektr-ekvivalent sxema keltirilgan.



4.2-rasm. O'zgartirgich-dvigatelning sxemalari: a) umumiy; b) elektr-ekvivalent.

O'zgartirgich-generatorning ekvivalent sxemasi 4.3-rasmda ketirilgan.



4.3-rasm. O'zgartirgich-generatorning ekvivalent sxemalari:  
a) umumiy; b) mexanik.

Generatorning mexanik kirish qarshiligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{F}{V} = z + \frac{K^2}{Z + Z_n} = z + z_{kir} \quad (4.5)$$

#### 4.4. ELEKTROMEXANIK O'XSHATISHLAR USULI




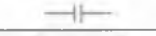
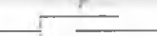





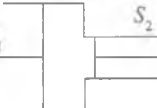
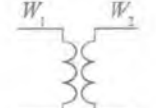
Elektroakustik qurilmalarda murakkab mexanik yoki mexanoakustik tebranish tizimlari qo'llaniladi. Ularning har bir elementi uchun mexanikaning oddiy tenglamalarni tuzish va yechish anchagina qiyinchilik tug'diradi. Murakkab tebranish tizimlarining texnik hisobi elektr-mexanik o'xshatishlar usulini qo'llaganda ancha soddalashadi. Bu usul asosida turli fizik tabiat – elektr va mexanik tebranish xodisalarini ifodalovchi tenglamalarning o'xshashligi yotadi. Agar tenglamalar o'xshash bo'lsa, ularning yechimi ham o'xshash. Shuning uchun u yoki bu mexanik masalaning yechimi elektrotexnik masala yechimi bilan o'zgartirilishi mumkin.

Shunday qilib, elektromexanik o'xshatishlar usulining asosi shundan iboratki, istalgan mexanik tebranish tizimini unga o'xshash elektr sxema bilan almashtirish mumkin. O'xshash rezonans chastotalarni ham aniqlash mumkin: elektr zanjir uchun  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ , mexanik zanjir uchun esa  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{mc}}$ .

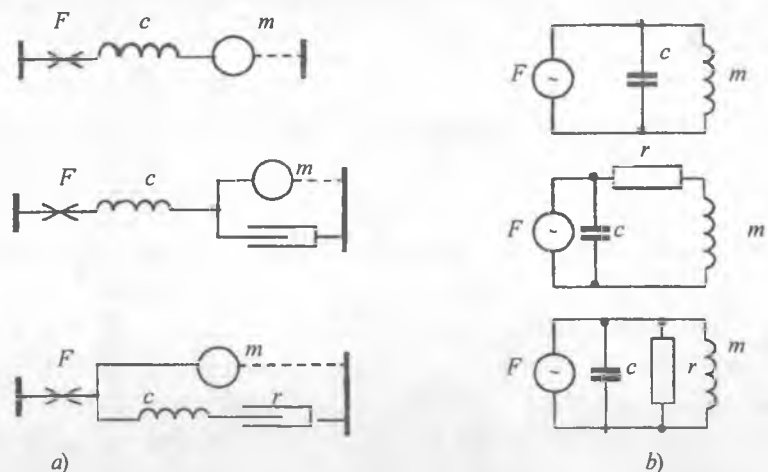
Demak, induktivlik, aktiv qarshilik va sig'ım mos holda massa, ishqalanish qarshiligi va egiluvchanlikka o'xshash. Shuni aytish kerakki, yuqoridagi o'xshashlik rasmiy bo'lib, fizik ma'noga ega. Elektr zanjirdagi induktivlik kuchlanish manbayini uzib, ulaganda tokning oniy o'sishi va kamayishiga to'sqinlik qiladi. Mexanik tizimlardagi massa ham xuddi shunday vazifani bajaradi. Jism inersionligi unga kuch ta'sir etganda tezlikning oniy oshishiga va to'xtashiga to'sqinlik qiladi. Elektr zanjirdagi aktiv qarshilik hisobiga energiyaning bir qismi issiqlik energiyasiga aylanadi. Ishqalanish bo'lganda mexanik energiyaning bir qismi ham issiqlik energiyasiga aylanadi. Kondensatordagi zaryadlangan energiya siqilgan prujinaga o'xshash.

Barcha aytilganlarni elektromexanik o'xshashlik 4.1-jadvaliga kiritamiz. 4.1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, mexanik bog'lanishlarning elektr tizimidagi o'xshashliklari mavjud: mexanik elementlarni zanjir usulida bog'lanishi ikki qutblik elektr zanjirlarning parallel ulanishiga o'xshash; mexanik tizimdagi tugun bog'lanish elektr zanjirdagi ketma-ket ulanishga mos.

4.1-jadval

Nomi	Belgilanishi	Nomi	Belgilanishi
Massa	$m$ 	Induktivlik	$L$ 
Egiluvchanlik	$s$ 	Sig'ım	$C$ 
Ishqalanish	$r$ 	Aktiv qarshilik	
Kuch	$F$ 	EYK kuchlanish	$E, U$ 
Teburanish tezligi	$v$	Tok	$I$
Kompleks mexanik qarshilik	$z$ 	Kompleks elektr qarshilik	$Z$ 
Akustik transformator $n = \frac{S_2}{S_1}$		Elektr transformatori $n = \frac{W_2}{W_1}$	

4.4-rasmda keltirilgan oddiy mexanik tizimlarning elektr-ekvivalent sxemalarini tuzish qiyinchilik tug'dirmaydi. Murakkab mexanik tizimlar uchun umumiy qoidalarga rioya qilgan holda elektr-ekvivalent sxemasini bexato tuzish lozim.

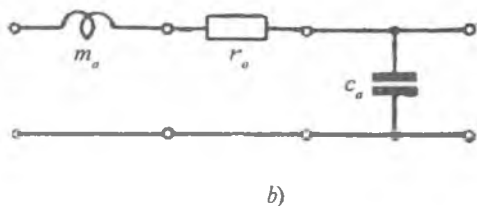
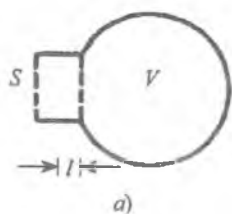


4.4-rasm. Oddiy mexanik modellarning elektr-ekvivalent sxemalari.

#### 4.5. AKUSTIK TEBRANISH TIZIMLARI

Mexanik tebranish tizimlaridan tashqari elektroakustik o'zgartkichlarda **akustik tebranish tizimlari** deb ataluvchi tizimlar qo'llaniladi. Ulardagi ayrim elementlar gazsimon muhitdan iborat. Akustik tizimlar bo'shliq, kanallar, hajm rezonatorlari turida bo'lib, birgalikda murakkab qurilmalarni tashkil etadi, o'zining harakati bilan rezonans konturlari, filtrlar va boshqalarga o'xshaydi. Akustik tebranish tizimining oddiy misoli sifatida kolba shaklidagi **Gelmgols rezonatorini** keltirish mumkin (4.5-rasm).

Rezonator **parametrlari tarqalgan tizimni** ifodalaydi. Ammo rezonatorning o'lchamlari unga ta'sir etayotgan to'liq uzunligidan kichik bo'lganda, bunday tizimni **parametrlari mujassamlangan tizim** deb qarash mumkin.



4.5-rasm. Gelmgols rezonatori:  
a) va b) uning elektr-ekvivalent sxemasi.

Rezonator hajmi  $V$  va ko'ndalang kesimi  $S$  ga teng, bo'g'iz uzunligi  $l$  bo'lgan kolba idishdan iborat. Kolbadagi havo shartli ravishda ikki bo'lakka bo'linadi: bir qismi idish tubida, qolgan qismi esa rezonator bo'g'izida deb faraz etiladi.

Rezonatorning barcha havo massasi  $m$  kolbaning bo'g'izida, elastikligi esa uning tubida mujassamlangan, kolba bo'g'izidagi havo massasi amalda siqilmaydi va qattiq porshen kabi harakatlanadi deb faraz qilamiz. Bunday porshenning harakatlanishida uning devori bilan havo zarrachalari o'rtasida ishqalanish  $r$  paydo bo'ladi. Rezonatorning tubida joylashgan havo elastiklik hususiyatiga ega, ya'ni egiluvchanlik  $C_v$  rolini bajaradi. Bunday taqsimlash faqat taxminiydir, chunki rezonator tubidagi havoning bir qismi inersial qarshilikka ega. Ammo  $\frac{S_l}{S}$  nisbat katta bo'lgandagina bunday taxmin qoniqarlidir, chunki tebranish kinetik energiyasining asosiy qismi rezonator bo'g'izida bo'ladi.

Shuning uchun olingan oldingi natijalar akustik tebranish tizimlari uchun ham haqlidir. Masalan, rezonatorning mexanik rezonans chastotasi

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{m_a c_v}}$$

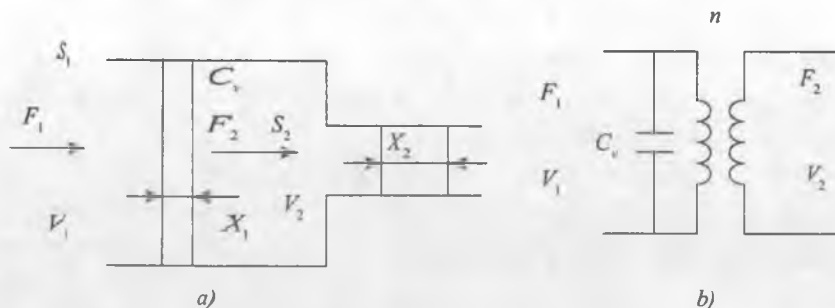
Rezonatorlar amalda ko'p qo'llaniladi. Uning aktiv qarshiligi qiymati va xarakteriga qarab qo'llanilishi turlicha bo'lishi mumkin. Agar aktiv qarshiligini inobatga olmasak, unda rezonator tovush kuchaytirgich vazifasini bajaradi. Ishqalanish qarshiligi sun'iy



ravishda oshirilsa, unda rezonator tovush energiyasini yutuvchi xususiyatga ega bo'ladi, ulardagi ishqalanish rezonator bo'g'izini berkituvchi ham hisobiga oshadi.

Radioeshittirish va televidenie studiyalarida, arxitektura va qurilish inshootlarida, konsert zalilarida keng qo'llaniladigan rezonansli tovush so'ndirgichlarning ishlashi shu prinsipga asoslangan.

**Akustik transformator.** Ko'pincha elektroakustik apparatlar konstruksiyasida tebranuvchi havo oqimini o'zgaruvchi yuz kesimi ta'minlaydigan qurilmalar qo'llaniladi. Oddiy ko'rinishda bunday qurilmani ikkita ideal turli yuzadagi o'zaro tutash kameradagi havo hajmi orqali bog'langan porshen sifatida ko'rish mumkin.



46-rasm. a) akustik transformator va b) uning elektr-ekvivalent sxemasi.

Faraz qilaylik, yuzasi  $S_1$  ga teng porshen (4.6-a rasm)  $F_1$  kuch ta'sirida  $v_1$  tezlikda tebranadi. U siqib chiqarayotgan havo oqimi  $v_1 S_1$  hajmiy tezlikka ega. Kameradagi havoning siqilishini inobatga olmagan holda barcha siqib chiqarilgan havo oqimi  $S_2$  kesim yuzasidan o'tadi, shunday qilib,  $v_1 S_1 = v_2 S_2$  yoki:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{S_1}{S_2} = n. \quad (4.5)$$

Kameradagi birinchi porshenning  $x$  qiymatga siljishi natijasida, tashqi kuchni muvozanatlashtiruvchi ortiqcha  $p_{tov}$  bosim hosil bo'ladi, u  $F_1 = p_{tov} S_1$  ga teng.

Bu bosim kameraning barcha devorlariga ta'sir etadi, shu jumladan  $S_2$  porshenga ham. Shuning uchun  $F_1 = p_{\text{ov}} S_2$ .

Ammo  $p_{\text{ov}} = \frac{F_1}{S_1}$  teng bo'lgani uchun  $F_2 = \frac{F_1 S_2}{S_1}$  yoki

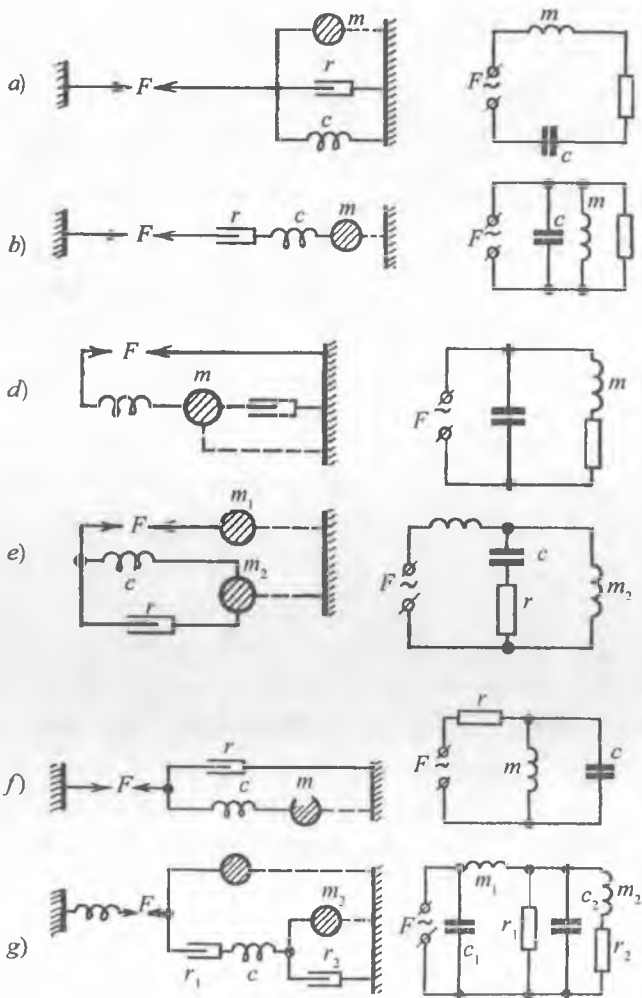
$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = n. \quad (4.6)$$

Olingan qiymatlar 4.4-b rasmdagi elektr transformatoridagi nisbatlarga mos.

Elektr transformatori o'ramlariga, akustik kameraning yuzasi analog bo'lib hisoblanadi. Shunday qilib, kamera kuch va tezliklarning akustik transformatori hisoblanadi. Amalda kameradagi havo siqiladi, demak, harakatlanayotgan  $S_1$  porshendan havo zarrachalari  $S_2$  yuzaga kameradagi havo hajmining elastikligi orqali o'tadi. Bu elastik element akustik transformatorning elektr analogi sxemasida transformatorning birlamchi yoki ikkilamchi o'ramiga parallel ulanishi mumkin. Elektr transformatorida bir necha ikkilamchi o'ram bo'lganligi kabi, akustik kamerada ham bir necha chiqish teshiklari bo'lishi mumkin.

#### NAZORAT SAVOLLARI

1. Elektromexanik o'zgartirgichning umumiy sxemasini chizing, differensial tenglamasini yozing va tushuntiring.
2. Elektr zanjiri va mexanoakustik tebranish tizimlari uchun rezonans chastota formulalarini yozing va tushuntiring.
3. O'zgartirgich-dvigatelning elektr-ekvivalent sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
4. O'zgartirgich-generatorning mexanik-ekvivalent sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Elektromexanik o'xshashlik uslubi prinsipini tushuntiring.
6. 4.7-a rasmini tushuntiring.
7. 4.7-b rasmini tushuntiring.
8. 4.7-d rasmini tushuntiring.
9. 4.7-e rasmini tushuntiring.
10. 4.7-f rasmini tushuntiring.
11. 4.7-g rasmini tushuntiring.



4.7-rasmi. Mexanik elementlarning ulanishi va ularning elektr analogi.

12. Akustik transformatorning elektr va mexanik transformatorlardan qanday farqi bor?
13. Gelmgols rezonatorining elektr-ekvivalent sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
14. Akustik transformatorning ishlash prinsipini tushuntiring.

## 5-bob. MIKROFONLAR

---

### 5.1. MIKROFONLARNING KLASSIFIKATSIYALARI VA TEXNIK TAVSIFLARI

Elektroakustik signal uzatishning asosiy maqsadi uni tabiiyligicha qayta eshittirishdir. Tovush eshitish taassurotlari faqatgina tovush bosimiga bog'liq bo'lmasdan, balki to'lqin fronti egriligiga ham bog'liq. Shuning uchun tovushni qayta eshittirish nuqtasida tovush bosimi va to'lqin fronti egriligining tabiiyligicha saqlanishiga erishish zarur. To'lqin frontining egriligi o'tish jarayonlari xarakterini belgilaydi, chunki, ularning egrilik radiusi qanchalik kichik bo'lsa, yaqin tovush maydoni shunchalik kuchliroq va past chastotaning nisbiy kuchi shunchalik katta bo'ladi. Yo'nalganlik taassurotini hosil qilish uchun esa bir necha uzatish kanallaridan foydalanish kerak yoki eshittirishlarni bir necha radiokarnaylar orqali uzatish lozim. To'lqin fronti egriligini inobatga olmasak, bu holda tinglovchilar o'tish jarayonlariga munosabatlarini bildirishlari uchun o'rnatilgan radiokarnaylardan eshittirishlarni bevosita tinglagandagi masofalarga mos ravishda joylashishlari kerak. Ammo mikrofonlarning sifatli bo'lishi uchun yana bir qator omillar kerak, ulardan biri, foydali kuchlanishning shovqin kuchlanishiga bo'lgan nisbati.

Har qanday mikrofonning vazifasi fazoning qandaydir nuqtasida tovush maydonini xarakterlaydigan parametrlarni, elektr kuchlanishi yoki tokiga o'zgartirishdir.

Mikrofonlarning ko'pdan-ko'p turlari mavjud bo'lib, ular radioeshittirish va televidenie tizimlarida, telefoniya, ovozlantirish, tovush kuchaytirish, ovoz yozish va boshqalar qo'llaniladi. Mikrofon har qanday elektroakustik va radioeshittirish traktlarining

birinchi va eng asosiy elementlaridan hisoblanib, u eshittirish kanalining sifat ko'rsatkichini belgilaydi.

**Mikrofonlar bir-birlaridan quyidagi ko'rsatkichlari bilan farqlanadi:**

– akustik tebranishlarni elektr tebranishlariga o'zgartirish usuli bilan;

– tovush tebranishlarining mikrofon diafragmasiga ta'sir etish usuli bilan;

– yo'nalganlik diagrammasi hamda belgilanishi bilan.

**Akustik tebranishlarni o'zgartirish usuli bo'yicha mikrofonlar:**

– elektrodinamik (g'altakli va tasmali);

– kondensatorli (sig'imli, shu jumladan, elektretli);

– elektromagnitli;

– pezoelektrik;

– ko'mirli;

– tranzistorli turlariga bo'linadi.

**Mikrofon diafragmasiga tovush tebranishlarining ta'siri bo'yicha:**

– tovush qabul qilgich; tovush gradienti qabul qilgich va kombi-natsiyalangan turlariga bo'linadi.

**Mikrofonlar yo'nalganlik diagrammasi bo'yicha:**

– yo'nalmagan (doira);

– bir tomonlama yo'nalgan – kardioda, superkardioda, giperkardioda,

– ikki tomonlama yo'nalgan (sakkizsimon va kosinusoidali) turlariga bo'linadi.

Mikrofonlarning asosiy texnik ko'rsatkichlarini ko'rib chiqamiz.

**Sezgirlik** – erkin tovush maydonda mikrofon akustik o'qi bo'yicha, akustik o'qidan 1 m masofada mikrofon membranasiga ta'sir etayotgan  $p_{\text{tov}}$  tovush bosimi mikrofon chiqishida rivojlan-tirayotgan  $U$  kuchlanishning shu bosimga nisbati bilan aniqlanadi:

$$E_0 = \frac{U}{P_{\text{tov}}}, \left[ \frac{\text{mB}}{\text{Pa}} \right]. \quad (5.1)$$

Sezgirlik kuchlanishning salt yurishi holatida yoki yuklamadagi nominal kuchlanish qiymati bo'yicha aniqlanadi. Mikrofonning nominal yuk qarshiligi sifatida 1000 Hz chastotadagi uning ichki qarshiligi moduli qabul qilingan.

O'lchash sharoitlariga qarab mikrofon sezgirligini erkin maydon va diffuziya maydoni bo'yicha belgilaydilar.

**Erkin tovush maydoni** deb, to'g'ri tovush maydoni ustunlik qiladigan, qaytgan to'lqinlar bo'lmagan, bo'lsa ham kam miqdorda bo'lgan maydonlarga aytiladi.

**Diffuziyali tovush maydoni** – bu shunday maydonki, undagi har bir nuqtada tovush energiyasi zichligi bir xil va uning turli yo'nalishlariga bir vaqtda bir xil energiya oqimi yo'naladi, bir jinsli va izotrop maydon yig'indilaridan iborat.

**Sezgirlik sathi** – 1 V/Pa nisbatda ifodalangan sezgirlik.

**Sezgirlikning standart sathi** – 1V/Pa tovush bosimda nominal  $R_{\text{nom}}$  qarshilikda rivojlanayotgan, detsibellarda o'lchanadigan kuchlanishning  $P_0 = 1 \text{ mW}$  quvvatga mos kuchlanishga nisbati, ya'ni  $R_{\text{tov}} = 1 \text{ Pa}$  ga teng bo'lgandagi mikrofonning nominal yuklanishga berayotgan quvvat sathi.

$$N_{\text{st}} = 20 \lg \frac{U_{\text{nom}}}{\sqrt{R_{\text{nom}} P_0}} = 20 \lg \frac{E_{\text{nom}}}{\sqrt{R_{\text{nom}} 10^{-3}}}. \quad (5.2)$$

**Yo'nalganlik diagrammasi** – mikrofonga tovush  $\theta$  burchak ostida tushganda o'lchangan sezgirligi  $Y_{e_0}$  uning o'qi bo'yicha sezgirligiga nisbati bilan baholanadi:

$$D_0 = \frac{E_0}{E_{\text{o'q}}} \quad (5.3)$$

Mikrofonning yo'nalganlik tavsiflari qutb koordinatalarida chiziladi va bunday grafik **yo'nalganlik diagrammasi** deb ataladi.

Mikrofonning yoʻnalganligi hisobiga uning diffuziya maydoni boʻyicha sezgirligi  $E_{\text{dif}}$  oʻqi boʻyicha sezgirligidan kichik. Bu kamayishni hisobga olish uchun **yoʻnalganlik koeffitsiyenti** kiritilgan.

$$\Omega = \frac{E_{\text{oq}}^2}{E_{\text{dif}}^2}. \quad (5.4)$$

Detsibellarda ifodalangan yoʻnalganlik koeffitsiyenti **yoʻnalganlik indeksi** deb ataladi:

$$Q = 10 \lg \Omega. \quad (5.5)$$

Yoʻnalganlik indeksi mikrofonning ikkita tovush manbalaridan: biri mikrofon oʻqida joylashgan va boshqasi tarqalgan tovush toʻlqinlari manbayi rivojlantirayotgan quvvat sathlari farqini koʻrsatadi (agar ikkalasi mikrofon joylashgan nuqtada bir xil bosim yaratsa). Boshqacha qilib aytganda, yoʻnalganlik indeksi mikrofon oʻqidan oʻtayotgan signalga nisbatan shovqinning bostirilishini koʻrsatadi.

**Diffuziya maydonidagi sezgirligi** – mikrofonning oʻqi boʻyicha sezgirligi yoʻnalish koeffitsiyentining ildiz osti qiymati nisbatiga teng, yaʼni

$$E_{\text{dif}} = \frac{E_0}{\sqrt{\Omega}}. \quad (5.6)$$

Yoʻnalganlik tavsifi qanchalik oʻtkir boʻlsa, diffuziya maydonidagi sezgirligi shunchalik kichik, yaʼni reverberatsiyalanuvchi tovushga boʻlgan sezgirligi kichik.

Mikrofonning **front boʻyicha sezgirligi** – old yarimfazodan tushayotgan tovushlarga boʻlgan integral sezgirlik:

$$E_f = \frac{E_0}{\sqrt{\Omega_f}}, \quad (5.7)$$

$$\Omega_f = \frac{2}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} D^2(\theta) \sin \theta d\theta}, \quad (5.8)$$

«Front/orqa tomon» sezgirligining farqi mikrofon akustik o'qi bo'yicha sezgirligining  $E_{180^\circ}$  sezgirligiga nisbati:

$$Q_{f/180^\circ} = 20 \lg \frac{E_{o'q}}{E_{o'q, \text{ tomon}}} \quad (5.9)$$

Shuni aytib o'tish lozimki, mikrofoniga hech qanday signal ta'sir etmaganda ham uning chiqishidagi kuchlanish nolga teng emas. Mikrofon chiqishidagi mavjud kuchlanish atrof-muhit zarrachalarining fluktuatsiyasi va mikrofon elektr qismidagi issiqlik shovqinlari bilan belginaladi.

Mikrofonning xususiy shovqin sathini akustik kirishiga keltirilgan, o'lchamlari ekvivalent tovush bosimi  $P_{shov}$  sathi sifatida aniqlaydilar, ya'ni u mikrofoniga ta'sir etganda, mikrofon chiqishidagi kuchlanish  $U_{shov}$  mikrofonning kirishida tovush to'lqinlari bo'lmagandagi rivojlantirayotgan kuchlanish nisbatiga teng:

$$P_{shov} = \frac{U_{shov}}{E_0} \quad (5.10)$$

yoki

$$L_{shov} = 20 \lg \frac{P_{shov}}{P_0}$$

bunda

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}, \text{ Pa.}$$

Yuqorida qayd etilgan ko'rsatkichlardan tashqari mikrofon yana boshqa ko'rsatkichlar, jumladan, chastota diapazonida berilgan chastota tavsifi notekisligi bilan ham farqlanadi.

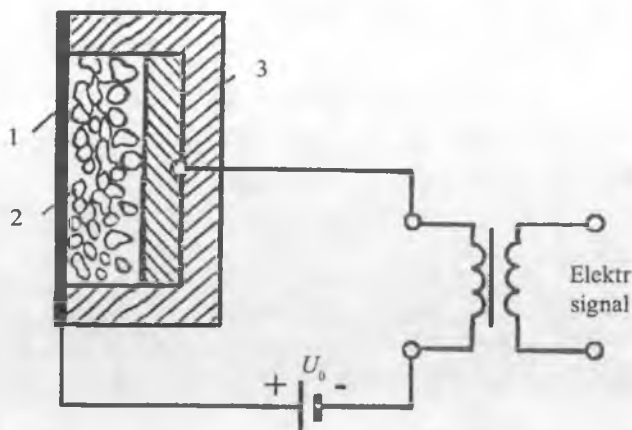
Mikrofonlarning ishlash prinsipini qisqacha ko'rib chiqamiz.

Tovush qabul qilgichlar orasida keng tarqalgani bu ko'mirli mikrofondir. Ko'mirli mikrofonning ishlash prinsipi (5.1-rasm) diafragma tovush bosimi ta'sir qilganda ko'mir kukunining aktiv qarshiligi o'zgarishiga asoslangan.

Diafragma bosim ta'sirida tebrana boshlaydi, bu tebranishlar chastotasiga mos holda ko'mir kukuni 2 zarrachalarining siqilish kuchi o'zgaradi. Qo'shimcha  $U_0$  manbadan ko'mir kukunli kapsul



2 va transformatorning birinchi chulg'ami orqali o'zgaras tok o'tadi. Aktiv qarshilikning o'zgarishi natijasida 1 va 3 elektrodlar o'rtasidagi aktiv qarshilik va transformatorning birinchi g'altigidan oqayotgan tok diafragma tebranishlariga mos holda o'zgaradi, transformatorning ikkinchi chulg'amida o'zgaruvchan kuchlanish – elektr signali paydo bo'ladi. Ko'mirli mikrofonlar ta'sir etadigan mexanik yuklamalarga nisbatan mustahkam, yuqori sezgirliги bilan xarakterlanadi ( $1V/Pa$ ), chiqish energiyasi unga tushayotgan tovush energiyasidan taxminan 10 baravar ko'p.



5.1-rasm. Ko'mirli mikrofonning konstruktiv sxemasi:  
1 – diafragma; 2 – ko'mir kukuni; 3 – qo'zg'almas elektrod.

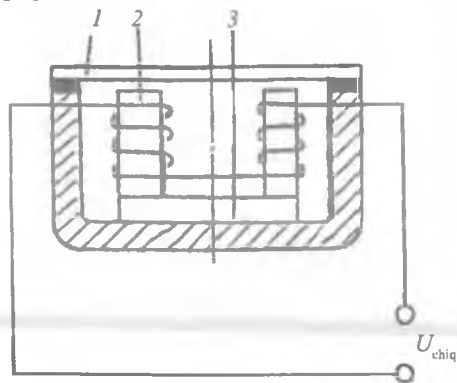
Amalda  $U_0$  kuchlanish 0,5V dan oshmasligi kerak, aks holda elektr yoyi ko'mir kukunini kuydirib yuboradi.

Ko'mirli mikrofonning to'la qarshiligi (qo'llanilishiga qarab) bir necha yuz omni tashkil etadi. Buning evaziga ko'mirli mikrofonlar liniyalarga bevosita, kuchaytirgichlarsiz ulanishi mumkin, bu uning asosiy afzalligi hisoblanadi. Kamchiligi sifatida chastota tavsifining notekisligi va u bilan bog'liq bo'lgan nochiziqli buzilishlarning kattaligini aytish mumkin. Ko'mirli mikrofonning bu kamchiliklari tufayli yuqori sifatli tovush eshittirish, ovoz yozish va o'lchashlarda

undan foydalanmaydilar. Bu turdagi mikrofonlar hozirgi vaqtda ham maishiy telefon apparatlarda keng qo'llaniladi.

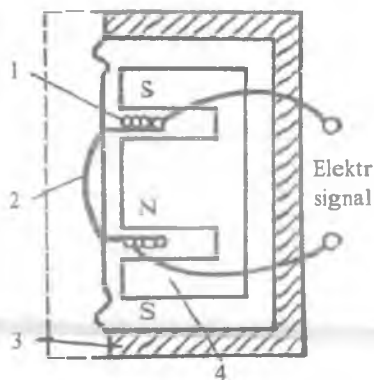
Ko'mirli mikrofonlardan keyin elektromagnit mikrofon ixtiro etilgan (5.2-rasm).

Elektromagnit mikrofonlarning ishlash prinsipi tovush bosimi  $l$  diafragma ta'sir etganda diafragma bilan magnit o'zagi 2 o'rtasida magnit oqimi o'zgarishi natijasida, o'zaka o'ralgan g'altakda EYK paydo bo'lishiga asoslangan. Diafragma tebranganda diafragma bilan magnit o'zagi qutblari oralig'i o'zgaradi, natijada magnit oqimi o'zgaradi. Bu oraliq diafragma tebranganda o'zgaradi va magnit oqimini modulatsiyalaydi. Magnit o'zagiga o'ralgan g'altakdan oqayotgan tok diafragma tebranishlariga mos holda o'zgaradi, natijada mikrofon chiqishida o'zgaruvchan kuchlanish elektr signali paydo bo'ladi.



5.2-rasm. Elektromagnit mikrofon konstruksiyasi:

- 1 - diafragma; 2 - g'altak;
- 3 - qo'zg'almas elektrod.



5.3-rasm. Elektrodinamik mikrofon konstruksiyasi:

- 1 - g'altak; 2 - diafragma;
- 3 - korpus; 4 - o'zgarmas magnit.

Tovush eshittirishda elektrodinamik mikrofonning eng ko'p tarqalgan ikkita: g'altakli va tasmali turlari qo'llaniladi. G'altakli elektrodinamik mikrofon, halqasimon magnit tizimi tirqishida qo'zg'aluvchi g'altak 1 diafragma 2 bilan mustahkam birlashtirilgan.

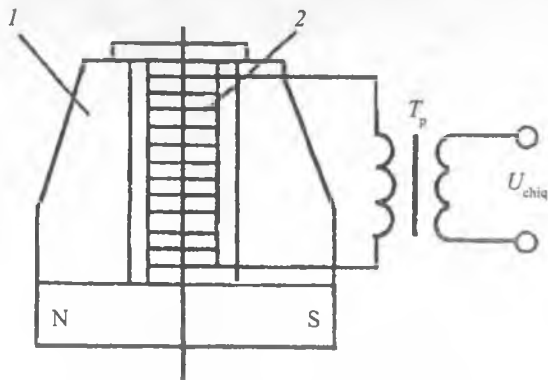
Diafragma tovush bosimi ta'sir etganda u qo'zg'aluvchi g'altak bilan birgalikda vertikal tebranadi (5.3-rasm).

Natijada, g'altak o'zgarmas magnit 4 va magnit o'zagi orasidagi magnit kuch chiziqlarni kesib o'tadi va g'altakdan oqayotgan tok diafragma tebranishlariga mos holda o'zgaradi natijada, mikrofon chiqishida o'zgaruvchan kuchlanish – elektr signali paydo bo'ladi.

G'altakli elektrodinamik mikrofon konstruktiv mustahkam, ishlashi barqaror, chastota diapazoni keng, ammo chastota tavsifining notekisligi nisbatan katta.

G'altakli elektrodinamik mikrofonning konstruktiv bosim qabul qilgich, bosim gradienti qabul qilgich va kombinatsiyalangan turlari mavjud.

**Tasmali elektrodinamik mikrofonning tuzilishi** g'altakli mikrofondan birmuncha farqlanadi. Magnit tizimi stakansimon ikki qutbli 2 o'zgarmas magnitdan iborat bo'lib, ular orasida yengil va ingichka ( $2 \mu\text{m}$ ) goflangan (qat-qat buklangan) alumin tasma 3 tortilgan (5.4-rasm). Tasmaning ikki tomoni tovush bosimi uchun ochiq (bosim gradienti qabul qilgich). Tasmaga tovush bosimi ta'sir etganda u tebranadi va o'zgarmas magnit kuch chiziqlarini kesib o'tadi, natijada tasmaning uchlarida kuchlanish paydo bo'ladi.



5.4-rasm. Tasmali elektrodinamik mikrofon konstruksiyasi:  
1 – o'zgarmas magnit; 2 – goflangan alumin tasma.

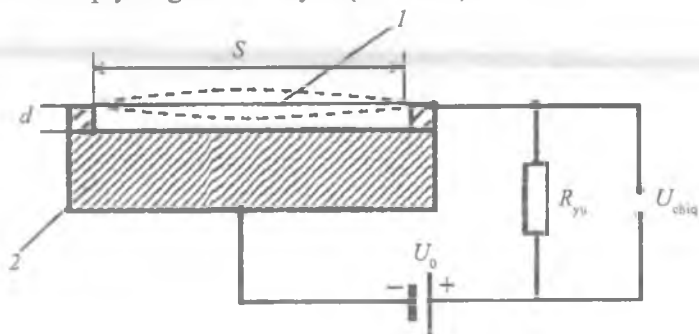
Tasmaning qarshiligi kichik bo'lganligi sababli, ulovchi simlarda tushish kuchlanishini kamaytirish maqsadida, tasma uchlaridagi kuchlanish, unga bevosita yaqin joylashtirilgan kuchaytiruvchi transformatorning (Tr) birlamchi o'ramiga uzatiladi va transformatorning ikkinchi o'ramida o'zgaruvchan kuchlanish – elektr signali paydo bo'ladi.

Tasmali elektrodinamik mikrofonlarning konstruktiv: bosim qabul qilgich, bosim gradienti qabul qilgich va kombinatsiyalangan turlari mavjud. Tasmali mikrofon yuqori sezgirlikka ega, chastota diapazoni keng va chastota tavsifining notekisligi juda kichik, bu uning asosiy afzalligi.

Tasmali mikrofonning kamchiligi, o'lchamlarining nisbatan kattaligi (transformator tasmaga bevosita ulangan), yupqa diafragma ikki tomondan ochiq bo'lganligi sababli uni «yelvizak» dan qo'rqadi deyishadi va ochiq maydonlarda ishlatish tavsiya etilmaydi.

Shu sababli bu turdagi mikrofonlar ko'proq televidenie studiyalarida kadrqa tushmasligining oldini olib, «turna»ga ilib foydalaniladi.

Zamonaviy elektroakustika traktlarida eng ko'p qo'llaniladigan mikrofonlar kondensatorli (sig'imli) mikrofonlardir. Kondensatorli mikrofonlar quyidagicha ishlaydi (5.5-rasm).



5.5-rasm. Kondensatorli mikrofon konstruksiyasi:  
1 – diafragma; 2 – o'zgarmas magnet.

Tarang tortilgan membrana 1 tovush bosimi ta'sirida qo'zg'almas elektrodga 2 nisbatan tebranadi. Parametrlari yuqori bo'lishligi talab etiladigan kondensatorli mikrofonlarning membranasi qalinligi  $5 \div 20 \mu\text{m}$  yuqori polimerli (ftorplast, lavsan) materialdan tayyorlanib, unga tilla suvi purkaladi.

Membrana qo'zg'almas elektrod bilan birgalikda elektr kondensatorning elektrodlari hisoblanadi. Kondensator elektr zanjirga o'zgarmas tok manbai  $E$  va aktiv yuk qarshiligi  $R_{yu}$  ga ketma-ket ulanadi.

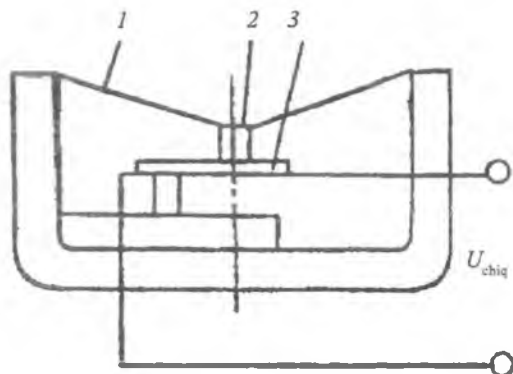
Tovush bosimi ta'sirida membrana tebranishi natijasida kondensatorning sig'imi o'zgaradi, elektr zanjirda o'zgaruvchan tok paydo bo'ladi va  $R_{yu}$  qarshilikda tushish kuchlanishi hosil bo'ladi, bu kuchlanish mikrofonning chiqish kuchlanishi hisoblanadi. Kondensatorli mikrofon keng chastota diapazonida yuqori sezgirlikka ega bo'lib, chastota tavsifi deyarlik gorizontal. Kondensatorli mikrofonlar radioeshittirish va televidenie studiyalarida keng qo'llaniladi.

Kondensatorli mikrofonlarning kamchiligi sifatida uning bahosi yuqoriligini hamda alohida ta'minot manbai talab etilishini ta'kidlash zarur. Bu kamchiliklar uning qo'llanilish imkoniyatlarini birmuncha cheklaydi.

Kondensatorli mikrofonlarning konstruktiv bosim qabul qilgich, bosim gradienti qabul qilgich va kombinatsiyalangan turlari mavjud.

**Elektretli mikrofon** kondensatorli mikrofondga o'xshash, ammo, qoplama potentsiallari farqi tashqi manbadan ta'minlanmaydi, aksincha, membrana yoki qo'zg'almas elektrodni elektr zaryadlash natijasida erishiladi. Membrana va qo'zg'almas elektrod elektr zaryadlarni uzoq muddat saqlab turish xususiyatiga ega bo'lgan materiallardan tayyorlanadi.

**Pezomikrofonlarning** (5.6-rasm) ishlash prinsipi quyidagicha: membrana 1 ga ta'sir etayotgan tovush bosimi 2 sterjen orqali pezo-element 3 ga ta'sir etadi. Pezo-element deformatsiyalanadi, natijada element qoplamida musbat va manfiy kuchlanish paydo bo'ladi. Pezo mikrofonlar keyingi yillarda keng qo'llanila boshladi.



5.6-rasm. Pezomikrofon konstruksiyasi.

Tranzistorli mikrofonlarning ishlashi qo'zg'aluvchi diafragma birlashtirilgan uchlik nayza bir vaqtning o'zida yarimo'tkazgichli triodning emitteri hisoblanib, tovush bosimi ta'sirida emitterning o'tish qarshiligi o'zgarishiga asoslangan. Bunday mikrofonlar anchagina sezgir bo'lsada, ammo qo'llanishda barqaror emas hamda tor va notekis chastota tavsifga ega. Shuni aytish kerakki, ko'mirli va tranzistorli mikrofonlar releli o'zgartirgichlar turiga kiradi va ular qaytariluvchan emas.

## 5.2. MIKROFON-ELEKTROMEXANIK O'ZGARTIRGICH

Mikrofon sezgirligi (5.1) formulaga asosan mikrofon chiqishidagi kuchlanishning unga ta'sir etayotgan tovush bosimi nisbatiga teng.

$$E = \frac{U}{P_{tov}}$$

Mikrofon yuk qarshiligiga ishlaganda uning chiqishidagi kuchlanish:

$$U = U_0 \frac{Z_{yuk}}{Z_0 + Z_{yuk}} \quad (5.11)$$

Salt yurishidagi kuchlanish:

$$U_0 = Kv, \quad (5.12)$$

o'z navbatida

$$v = \frac{F}{Z_0 + Z_{kir}} \quad (5.13)$$

Kiritilgan qarshilik

$$Z_{kir} = \frac{|K^2|}{Z_0 + Z_{yuk}}$$

Mikrofonga ta'sir etuvchi kuch erkin tovush maydonidagi tovush bosimiga proporsional:

$$F = ap_{tov} \quad (5.14)$$

Bunda  $a$  – **akustik xarakteristika** deb ataluvchi va yuza o'lchov birligiga ega bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti.

Oraliq matematik o'zgartirishlarni tushirib qoldirib, mikrofon sezgirligini quyidagicha ifodalaymiz:

$$E = a \frac{K}{Z_0 + Z_{kir}} + \frac{Z_{yuk}}{Z_0 + Z_{yuk}} \quad (5.15)$$

Bundan tashqari mikrofon sezgirligini quyidagi nisbatlar ko'paytmasi holida ham ifodalash mumkin:

$$E = \frac{U}{P_{tov}} = \frac{U}{V} \cdot \frac{U}{F} \cdot \frac{F}{P_{tov}} \quad (5.16)$$

$$\frac{U}{F} = \varphi_{mex} = \frac{K}{Z_0 + Z_{kir}} \text{ – mexanik xarakteristika;}$$

$$\frac{U}{V} = \varphi_{el} = \frac{Z_{yuk}}{Z_0 + Z_{yuk}} \text{ – elektr xarakteristika;}$$

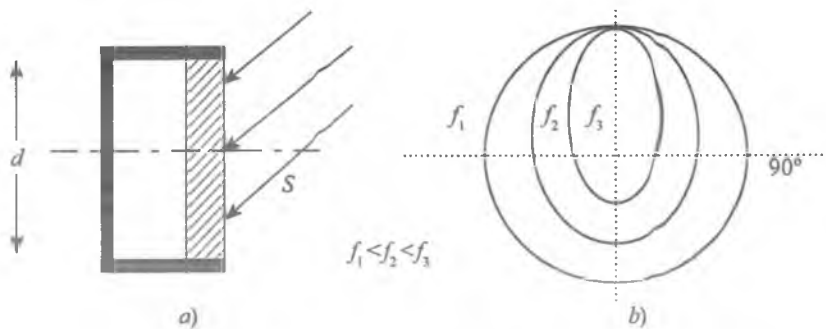
$$\frac{F}{P_{tov}} \text{ – akustik xarakteristika.}$$

Bu qiymatlarni (5.16) formulaga qo'ysak, mikrofonning umumiy sezgirligini aniqlaydigan quyidagi formulani olamiz:

$$E = \varphi_{ak} + \varphi_{mex} + \varphi_{ak} = \frac{K}{z + \frac{K^2}{z_0 + Z_{kir}}} \cdot \frac{Z_{yuk}}{Z_{yuk} + Z_0} \quad (5.17)$$

### 5.3. MIKROFON-TOVUSH BOSIMINI QABUL QILGICH

Mikrofonlarning akustik qismi tuzilishiga qarab ular **tovush bosimini qabul qilgich**, **tovush bosimi gradientini qabul qilgich** va **kombinatsiyalangan mikrofonlarga** bo'linadi. Bosim qabul qilgichning xarakterli xususiyatlaridan biri shuki, uning qabul diafragmasi ta'sir etuvchi tovush to'liqlari uchun birgina – frontal tomondan ochiq (5.7-rasm).



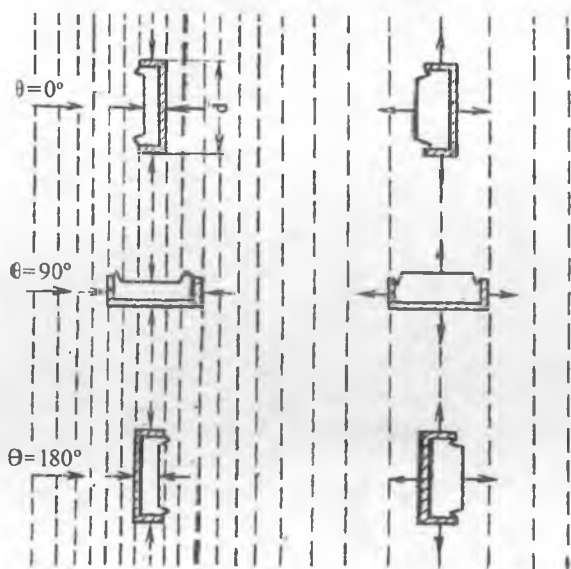
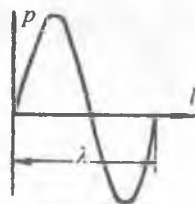
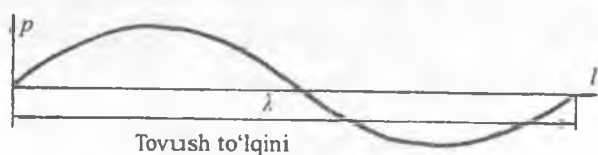
5.7-rasm. Mikrofon bosim qabul qilgich  
a) va b) uning turli chastotalarda yo'nalganlik diagrammasi.

Mikrofonlar, joylashgan tovush maydon manzarasini o'zgartirmasligi uchun mikrofon o'lchamlari ularga ta'sir etayotgan tovush to'liq uzunligidan ancha kichik bo'lishi kerak, ya'ni  $d \ll \lambda$ . Bunda mikrofon diafragmasiga ta'sir etayotgan kuch quyidagicha aniqlanadi:  $F = pS$ , bunda  $p$  – tovush bosimining effektiv qiymati, Pa;  $S$  – diafragmaning aktiv yuzasi,  $m^2$ ;  $F$  – diafragmaga ta'sir etayotgan effektiv kuch, N.

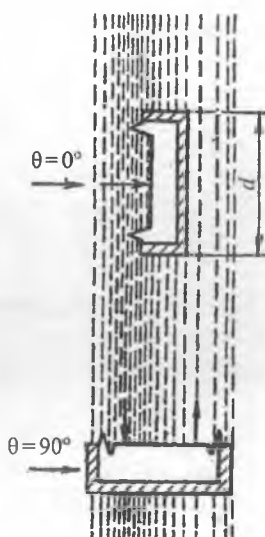
Bu kuch tovush to'liqini mikrofon markazi tomon yo'naltirilganda musbat va teskari, tovush to'liqini mikrofon markazidan yo'naltirilganda manfiy qiymatga ega bo'lib, mos holda, diafragmani qo'zg'atadi. Bu sharoitda bosim qabul qilgich yo'nalmagan xarakteristikali mikrofonni ifodalaydi. Yuqori chastotalarda diafragmaning o'lchami to'liqin uzunligi bilan baravar bo'lganda to'liqin interferensiyasi hodisasi ro'y beradi va diafragmaga ta'sir



etayotgan kuch  $F=(1-2) p_{\text{tov}} S$  bo'ladi. Shu bilan birga bosim qabul qilgich diagrammasi yo'nalgan bo'la boshlaydi (5.7-b rasm). Yuqorida keltirilgan  $d \ll \lambda$  bajarilish sharti 5.8 va 5.9-rasmlarda ko'rsatilgan.



5.8-rasm. Bosim gradienti  $d \ll \lambda$  tovush maydonida.



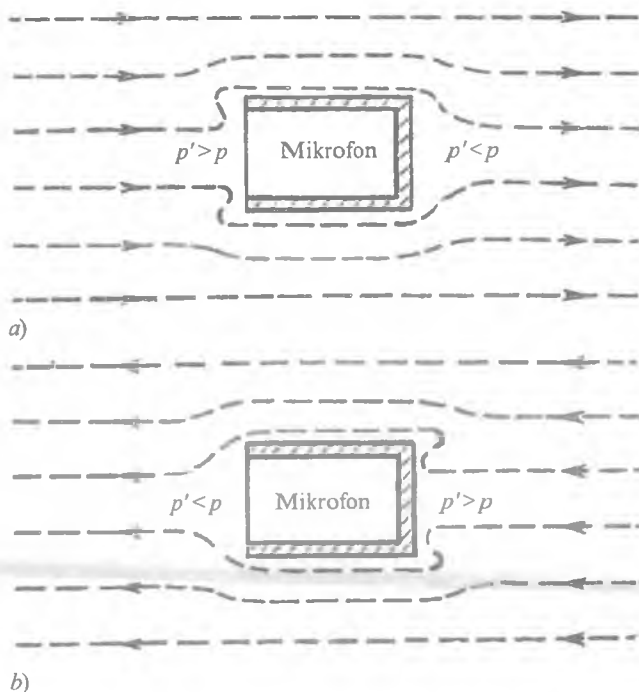
5.9-rasm. Bosim gradienti  $d \approx \lambda$  tovush maydonida.

$\theta=0^\circ$  qiymatdan boshqa burchak ostida tushayotgan tovush to'liqlari uchun diafragmaning barcha yuzasidagi bosim birdek bo'lmaydi. Masalan, mikrofonni  $\theta=90^\circ$  ga burganda (5.9-rasm) diafragma bir vaqtda ham musbat, ham manfiy tovush bosimi ta'sir etadi. Unda diafragma ta'sir etadigan natija kuch nolga teng bo'ladi va diafragma tebranmaydi. Bundan tashqari, mikrofonning

yuqori chastota tovush maydonida joylashtirilishi shu maydonning deformatsiyalanishiga olib keladi.

Bunda mikrofon o'ziga xos to'siq bo'lib, undan tovush to'lqinlari qisman qaytadi, bir qismi esa uni aylanib o'tadi. Bu hodisa suv oqimiga to'siq qo'yganga o'xshash. Bu, bevosita, to'siq oldida suv sathining oshishiga va to'siq orqasida suv sathining pasayishiga olib keladi (5.10-rasm).

Tovush to'lqini tushish yo'nalishi



5.10-rasm. Tovush maydonidagi mikrofondagi tovush to'lqini old va orqa tomondan tushganda maydon deformatsiyasi.

Bundan shunday xulosa kelib chiqadi, mikrofon diafragmasi oldidagi tovush bosimi  $p'$  dastlabki tovush bosimi  $p$  dan farq qiladi. Odatda,  $p'/p$  nisbati birdan farqlanadi va mikrofon o'lchami hamda tushayotgan tovush to'lqini burchagiga bog'liq bo'ladi.

Past chastotalar uchun, ya'ni to'liqin uzunligi katta bo'lganda, tovush to'liqini tushish burchagining ahamiyati yo'q. Bunda tovush to'liqini mikrofonni erkin aylanib o'tib, diafragma da bir xil bosim hosil qiladi. Chastota oshgan sari, ya'ni to'liqin uzunligi diafragma o'lchamidan kichik bo'lganda  $p/p$  nisbat birdan katta bo'ladi. Natijada diafragmaning qaytarish xususiyati hisobiga diafragmaning old tomonida tovush bosimi xatto ikki martagacha  $p/p=2$  oshishi mumkin. Yuqori chastotalarda diafragma oldidagi bosimning oshish hodisasi mikrofon sezgirligini yuqori chastotalarda pasayishini kompensatsiyalashda foydalaniladi.

Tovush bosimi diafragma ga burchak ostida tushganda, diafragmaning turli nuqtalari bir fazada qo'zg'almay, turli fazalarda qo'zg'aladi.

Bu holda diafragma ga ta'sir etuvchi yig'indi kuch kamaya boradi va mikrofon yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'la boshlaydi (5.7-*b* rasm). Shunday qilib, tovush bosimi qabul qilgich mikrofon uchun chastota oshishi bilan sezgirligi va yo'nalganlik diagrammasining oshishi xarakterlidir.

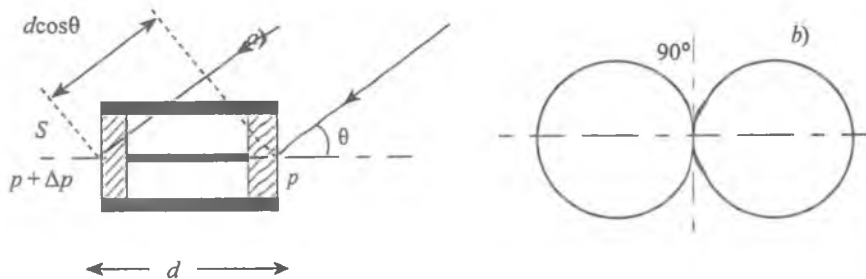
**Mikrofon – tovush bosimi gradientini qabul qilgich.** Bunday mikrofonning diafragmasi o'lchamlari cheklangan ekranda joylashgan deb faraz etish mumkin (5.11-*a* rasm). Diafragma ikkala tomondan ochiq bo'lganligi uchun unga tovush kuchlari farqi ta'sir etadi.

Masofa farqi esa:

$$\Delta r = d \cos \theta. \quad (5.18)$$

Mikrofonning yo'nalganlik diagrammasi «sakkizsimon» ko'rinishga ega (5.11-*b* rasm). Mikrofon akustik o'qi bo'yicha tarqalayotgan tovush to'liqlariga sezgir bo'lib, akustik o'qiga perpendikular bo'lgan to'liqlarni qabul qilmaydi ya'ni  $\theta = \pi/2$  (5.11-*a* rasm).

Past chastotalarda mikrofon diafragmasiga ta'sir etayotgan kuch, asosan front va front orti to'liqlari amplitudasi farqi bilan aniqlanadi.



5.11-rasm. Bosim gradienti qabul qilgich:  
a) va b) uning yo'nalganlik diagrammasi.

Yuqori chastotalarda faza farqlari kattaroq bo'lib, amplitudalarning o'zgarishi kam. Shuning uchun diafragmaning ikki tomonidagi bosimlar farqi tebranishlar fazasi farqi bilan aniqlanadi. Tovush manbayiga yaqin masofalarda standart mikrofonlar uchun past chastotalardagi sezgirlik yuqori chastotalardagiga qaraganda yuqori. Demak, mikrofon – bosim gradienti qabul qilgichlarni tovush manbayi yaqiniga joylashtirish mumkin emas, bunda mikrofon past chastotalarni «chizib» o'tadi. Bunday joylashtirilganda zarur hollarda mikrofon kuchaytirgichga mos holdagi korreksiya kiritiladi.

**Kombinatsiyalangan mikrofonlar** deb, ikki yoki uchta umumiy chiqishga ega bo'lgan bazaviy mikrofonlarga aytiladi. Bazaviy mikrofonlarning kichik tizimlarini birlashtirish turlicha – elektr, elektromexanik yoki mexanik ko'rinishda bo'lishi mumkin.

**Elektr kombinatsiyalangan mikrofonlar:** biri bosim qabul qilgich, ikkinchisi bosim gradienti qabul qilgichdan iborat. Ikkita mikrofonning birgalikda ishlashini ko'rib chiqamiz.

Faraz qilaylik, bosim qabul qilgichning sezgirligi  $E_1$ , bosim gradienti qabul qilgichning sezgirligi  $E_2 \cos \theta$ . Ularni ketma-ket ulab sezgirligi  $E_0$  ga teng bo'lgan qabul qilgichni olamiz.

$$E_0 = E_1 + E_2 \cos \theta. \quad (5.19)$$

Bunday qabul qilgichning akustik o'qi bo'yicha sezgirligi

$$E_0 = E_1 + E_2. \quad (5.20)$$

$q = \frac{E_2}{E_0}$  - bosim gradientining umumiy sezgirlikni tashkil etishdagi hissasini aniqlovchi parametрни kiritib, kombinatsiyalangan bosim qabul qilgichning sezgirligini aniqlaymiz:

$$E_\theta = E_0(1 + q + q\cos\theta). \quad (5.21)$$

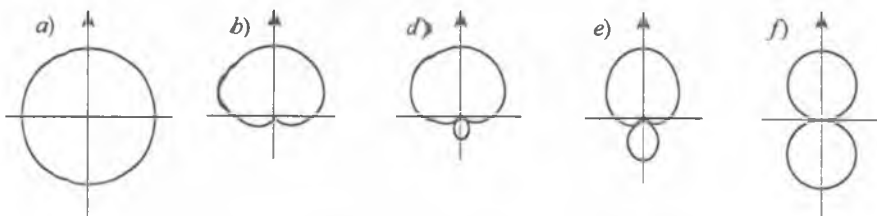
Bunday qabul qilgichning yo'nalganlik diagrammasi:

$$D_\theta = \frac{E_\theta}{E_0} = 1 + q + q\cos\theta. \quad (5.22)$$

Qabul qilgich umumiy sezgirlik  $E_0$  hosil qilishdagi umumiy ulushini aniqlovchi  $q = \frac{E_2}{E_0}$  - parametрни kiritib, uni  $0 \div 1$  qiymatlar orasida o'zgartirish yo'li bilan turli yo'nalganlik diagrammalarni olish mumkin. Masalan,  $q=0$  bo'lganda mikrofon bosim qabul qilgich sifatida ishlaydi va yo'nalganlik diagrammasi doira (5.12-a rasm) shaklida bo'ladi.  $q=0,5$  qiymatda:  $E_1 = E_2$  yo'nalganlik diagrammasi:

$$D_\theta = \frac{1}{2} (1 + \cos\theta) \quad (5.23)$$

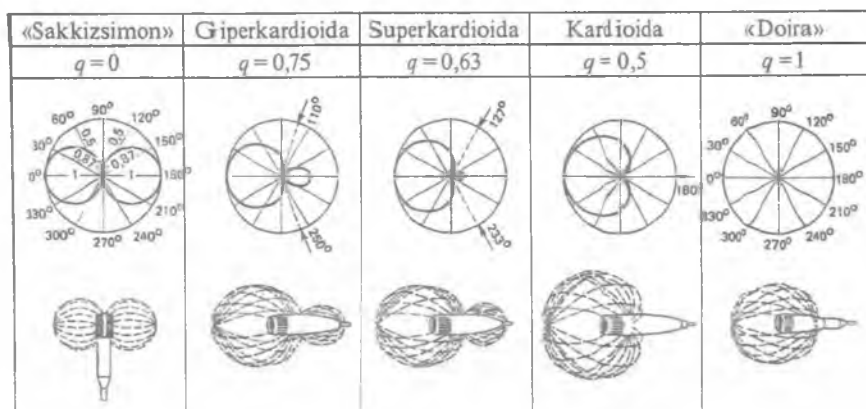
ko'rinishda ifodalanadi va kardioida (5.12-b rasm) ko'rinishida bo'ladi.  $q=1$  ga teng bo'lganda doira (5.12-a rasm);  $q=0,63$  qiymatda superkardioida (5.12-d rasm);  $q=0,75$  qiymatda giperkardioida (5.12-e rasm) va  $D_\theta = \cos\theta$  sakkizsimon yo'nalganlik diagrammalarni (5.12-f rasm) olish mumkin.



5.12-rasm. Mikrofonning yo'nalganlik diagrammalari: a) doira; b) kardioida; d) superkardioida; e) giperkardioida; f) sakkizsimon.

Chiziqli mikrofonlar kombinatsiyalangan mikrofonlar guruhiga kiradi. Bunday mikrofon «pistolet» mikrofon deb ham ataladi. Chiziqli mikrofonlar guruhining natijaviy yoʻnalganlik tavsifi alohida mikrofonlarning yoʻnalganlik tavsiflari koʻpaytmasiga teng.

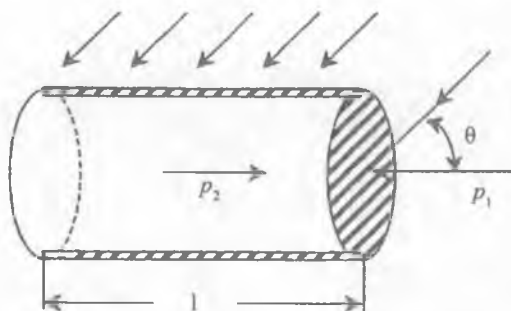
Mikrofonlarning bunday xususiyatlari oʻta yoʻnalgan xarakteristikalarini olish imkonini beradi.



5.13-rasm. Elektr kombinatsiyalangan mikrofonning  $q$  parametri boʻyicha yoʻnalganlik diagrammalari.

**Akustik kombinatsiyalangan mikrofonlar.** Bunday mikrofonlarning akustik tizimlari shunday tuziladiki, taʼsir etayotgan kuch ikki tarkibiy qismga boʻlinib, bittasi tovush toʻlqinining tushish burchagiga bogʻliq boʻlmagan holda, ikkinchisi esa  $\cos \theta$  proporsional boʻladi. Bunday mikrofonning sxemasi  $l$  uzunlikdagi trubaga joylashtirilgan diafragma koʻrinishida 5.14-rasmda keltirilgan.

Diafragmaning tebranishi  $F = F_1 - F_2$  kuchi taʼsirida boʻladi. Diafragmaning ikki tomoniga taʼsir etuvchi  $F_1$  va  $F_2$  kuchlar bir-biridan fazalari bilan ajralib turadi. Bunday qabul qilgichning yoʻnalganlik tavsifi  $D = (1 + \cos \theta)$  ga teng. Trubkaning ochiq qismi va uzunligini oʻzgartirib istalgan koʻrinishdagi yoʻnalganlik diagrammasiga ega boʻlgan mikrofonni olish mumkin.

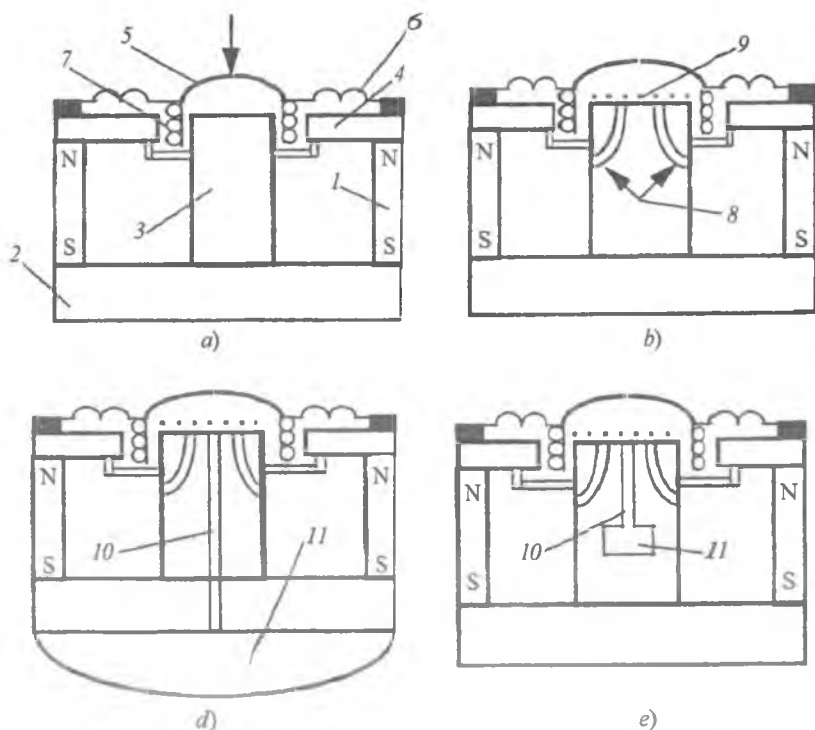


5.14-rasm. Bir tomonlama yo'naltirilgan qabul qilgichning sxematik ko'rinishi.

#### 5.4. G'ALTAKLI ELEKTRODINAMIK MIKROFON

G'altakli elektrodinamik bosim qabul qilgich mikrofonning soddalashtirilgan konstruktiv tuzilishi 5.15-a rasmda ko'rsatilgan. Mikrofon magnit va qo'zg'aluvchi tizimlardan tashkil topgan. Magnit tizimi silindr shaklidagi doimiy magnitdan 1 tashkil topgan va unga qalin po'lat disk shaklidagi gardish biriktirilgan. Pastki gardish 2 ning markazida kern deb ataluvchi dumaloq sterjen 3 (magnit o'zak) joylashtirilgan, yuqori gardish 4 ning markazida kern 3 dan katta diametrlidagi dumaloq oyna bor. Unda halqasimon tirqich mavjud bo'lib, undagi magnit maydoni radial yo'nalishga ega. O'zgarmas magnit yuqori koersitivli qorishmadan tayyorlangan bo'lib, gardish va kernlar kam uglerodli yuqori magnit o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan po'latdan tayyorlangan.

Mikrofonning qo'zg'aluvchi tizimi yengil diafragma 5 dan iborat bo'lib, unga qattqlik berish maqsadida qubbasimon shaklda yasalgan. Diafragma gofrlangan yoqa 6 orqali yuqori gardishga biriktirilgan va markazlashtirilgan shayba vazifasini bajarib, diafragmani faqat vertikal o'q bo'yicha erkin siljishiga imkoniyat beradi. Diafragma bilan g'altak 7 mahkam biriktirilgan va u ham radial maydonda joylashgan. Diafragma tovush bosimi ta'sirida tebranganda, g'altak radial magnit maydoni chiziqlarini kesib o'tadi va uning qisqichlarida EYK paydo bo'ladi. Har qanday



5.15-rasm. G'altakli elektrodinamik mikrofon-bosim qabul qilgich konstruksiyalari.

mikrofonning ishlash prinsipini uning sezgirligini tahlil etishdan boshlaymiz. G'altakli mikrofon sezgirligi formulasi:

$$E_0 = \frac{Bfa}{z_0 + \frac{Z_0 + Z_{yuk}}{B^2 l^2}} \cdot \frac{Z_{yuk}}{Z_0 + Z_{yuk}} \quad (5.24)$$

Mikrofon yuklamasi  $Z_{yuk}$  sifatida, odatda, mikrofon kuchaytirgichining kirish qarshiligi olinadi, xususiyligini esa:  $Z_0 = R_r + j\omega L$ , bunda;  $R_r$  va  $L_r$  — g'altakning aktiv va induktiv qarshiliklari.

G'altak, odatda, kam sonli o'ramlarga ega, shuning uchun uning elektr qarshiligini aktiv deb hisoblaymiz, ya'ni:  $Z_0 \approx R_r$ .



Mikrofonning o'lchamlari unga ta'sir etayotgan tovush to'liq uzunligidan kichik bo'lgan chastotalarda uning akustik tavsifi  $\varphi_{ak} = S$  yuza o'lchamga ega. Yuqorida aytilganlarga, asosan, mikrofonning sezgirligi:

$$E_0 = \frac{1}{2} \frac{BIS}{z_0 + \frac{B^2 l^2}{2R}}, \quad (5.25)$$

5.16-rasmda ko'rilayotgan mikrofonning elektr o'xshashlik sxemasi keltirilgan. Bunda  $S_1$  va  $S_0$  – diafragmaning ilinish va uning ostidagi havo hajmining egiluvchanligi;  $m_1$  – diafragma massasi;  $r_1$  – siljivchi tizimning aktiv yo'qolishlari. Sezgirlikning keltirilgan chastota tavsifi katta notekislikka ega,  $C_1$  va  $S_0$  ketma-ket ulanganligi sababli rezonans chastotasi yuqori.

Shuni aytish kerakki, ko'rib chiqilgan mikrofon sezgirligi kichik. Sezgirlikni oshirish maqsadida kernda qo'shimcha kanallar  $\delta$  ochiladi va shu yo'l bilan diafragma osti hajmi magnit ichi hajmi bilan tutashtiriladi (5.15-*b* rasm). Kanallar  $\delta$  va magnit ichi hajmlari Gelmgols rezonatorini tashkil etadi va ularning parametrlari:  $m_2$  – havo massasi;  $r_2$  – kanaldagi aktiv qarshilik va  $S_2$  – kanaldagi havo hajmining egiluvchanligi. Mikrofonning elektr o'xshashlik sxemasi 5.15-*d* rasmda va Gelmgols rezonatori parametrlari  $r_2$ ,  $s_2$ ,  $m_2$  bilan o'zgartirilib, transformatsiya koeffitsiyenti orqali hisoblangan sxema 5.15-*e* rasmda keltirilgan.

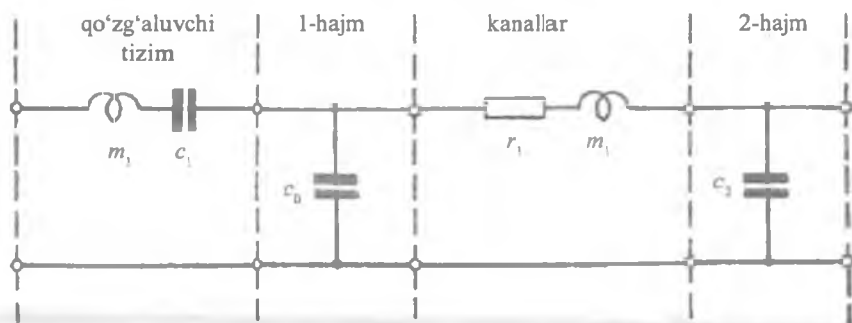
Sxemadan ko'rinib turibdiki, o'xshashlik sxema T-simon nosimmetrik filtrning zvenosini tashkil etadi. Filtr parametrlari simmetrik bo'lganda (5.16-*b* rasm), uning chastota tavsifi  $\omega_n = \frac{1}{\sqrt{m_1 c_1}}$  dan  $\omega_{yu} = \omega_n \sqrt{1 + \frac{2c}{c_0}}$  gacha bo'lgan chastota diapazonida tekis bo'ladi. Rezonans hodisalarini yo'qotish maqsadida kernga ipak mato 9 yopishtirish yo'li bilan  $r_2$  qarshilik oshiriladi.

Past chastotalarda chastota tavsifining pasayishi mikrofonning qo'zg'aluvchi tizimi bilan bog'liq, pasayishini diafragma massasi va uning egiluvchanligini oshirish evaziga kamaytirish mumkin.

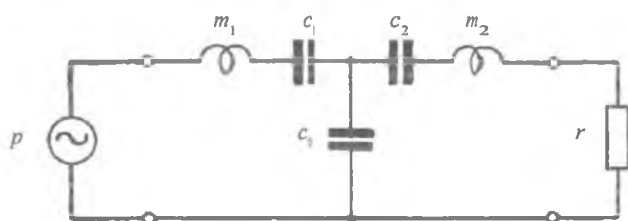
Ammo, mikrofon sezgirliğini oshirish maqsadida, diffuzorning massasini uning konstruksiyasi yo'l qo'ygan kichik qiymatda olinadi. Mikrofonning silkinishlarga chidamli bo'lishiga erishish, diafragma egiluvchanligini oshirish, chastota diapazonini kengaytirishdagidek natija bermaydi. Haqiqatan, bu diffuzorning o'ta qayishqoqligiga olib keladi va tasodifiy turtkilar magnit gardishi va o'zagi o'rtasidagi tirqishda joylashgan g'altakni og'ishiga sababchi bo'ladi.

Shuning uchun mikrofon chastota tavsifining pastki chegarasi taxminan 300 Hz gacha tekis bo'lishiga intiladilar.

Bu chegarani pastga tomon kengaytirish uchun qo'shimcha korreksiyalovchi elementlar kiritiladi. Shunday korreksiyalarning ikkita varianti 5.15-d, e rasmlarda ko'rsatilgan.



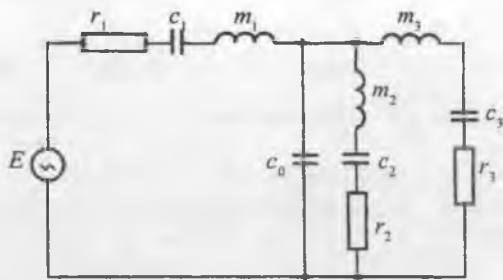
a)



b)

5.16-rasm. G'altakli mikrofonning elektr o'xshashlik sxemasi.

Birinchi variantda (5.15-d rasm), magnitning markaziy sterjnida kanal 10 ochiladi, undagi havo massasi  $m_3$  ga teng. Kanal magnit ortidagi  $S_3$  egiluvchanlik qo'shimcha hajm 11 ga qo'shiladi. Bu qo'shimcha rezonator past chastotaning pastki  $\omega_1$  chegarasiga sozlanadi va shu yo'l bilan pastki chastota chegarasi kengaytiriladi. 5.15-e rasmda ko'rsatilgan konstruktsiya ham xuddi shunday ishlaydi. Keng chastota polosasi talab etilganda bir necha shunday rezonatorlardan foydalanib, tekis chastota tavsifini olish maqsadida, ular  $\omega_1$  dan pastki chastotalarga sozlanadi. Bunday mikrofonning elektr-ekvivalent sxemasi 5.17-rasmda ko'rsatilgan. Elementlarni mos holda tanlash yo'li bilan pastki chastota chegarasini  $50 \div 80$  Hz gacha pasaytirish mumkin.

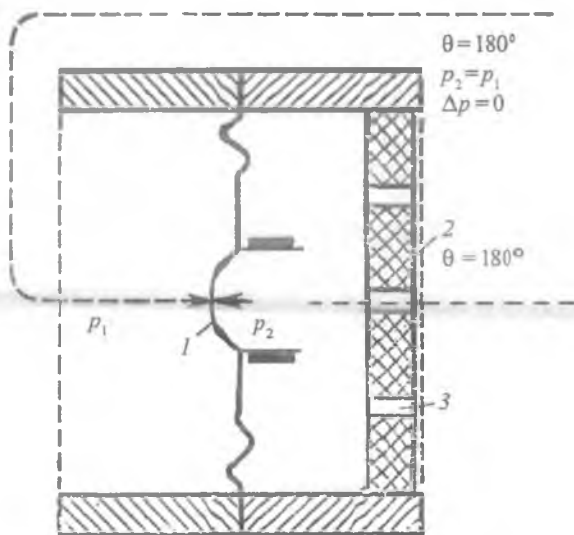


5.17-rasm. Past chastotalarda qo'shimcha korreksiya qo'llanilgan g'altakli elektrodinamik mikrofonning elektr-ekvivalent sxemasi.

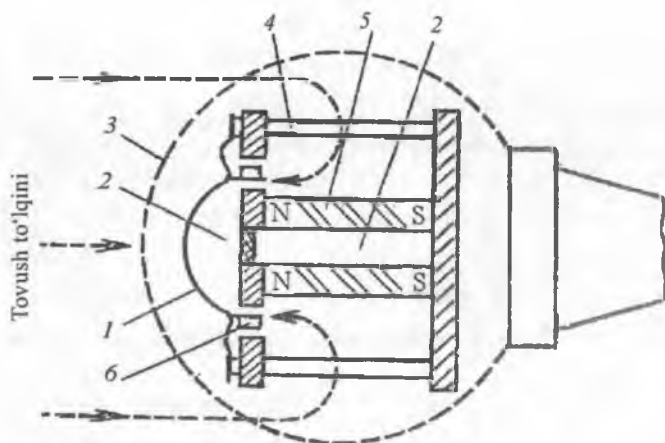
Elektrodinamik g'altakli mikrofonning asosiy afzalliklari: konstruksiyasining ishonchlilik, chastota diapazonining kengligi, alohida ta'minot manbayining yo'qligi, uzun mikrofon kabeli bilan ishlash mumkinligi. Kamchiligi – murakkab korreksiya tizimi qo'llanilishiga qaramay, ishchi chastota diapazonda katta notekislikka ega.

Endi bir tomonlama yo'nalganlik diagrammasi kardioidali elektrodinamik mikrofonning ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz. Bir tomonlama yo'nalgan elektrodinamik mikrofonni, bosim gradienti qabul qilgichni membranaga orqa tomondan ta'sir etuvchi tovush to'lqinini qo'shimcha kechiktiruvchi akustik tizim bilan qo'shimcha jihozlash natijasida olish mumkin (5.18-rasm).

Agarda membrananing old va orqa qismlariga tushayotgan tovush to'liqining kechikish vaqti (mos holda  $\Delta t_1$  va  $\Delta t_2$ )  $\Delta t_1 = \Delta t_2$  ko'rinishda tanlangan bo'lsa, tovush to'liqini membranaga orqa tomondan tushganda ( $\theta = 180^\circ$ ) unda membrananing ikki tomoniga ta'sir etayotgan bosim qiymati va ishorasi bo'yicha ham bir xil bo'ladi, bosimlar farqi  $\Delta p$  esa nolga teng bo'ladi. Bunday holda membrana tebranish harakatida bo'lmaydi, mikrofon sezgirligi esa nolga teng bo'ladi. O'sha shartlarda, ammo tovush to'liqini membranaga old tomondan  $\theta = 0^\circ$  burchak ostida tushganda bosimning bir qismi kechikmasdan, membrananing orqa tomoniga  $-\Delta t_1 + \Delta t_2$  vaqtga kechikib ta'sir etadi. Unda har onda membrananing old va orqa tomoniga ishorasi turlicha bo'lgan bosim ta'sir etadi va natijada kuchlar turli tomonga yo'nalgan bo'ladi. Tovush to'liqini shunday yo'nalishda tushganda diafragma siljiydi va mikrofon



5.18-rasm. Bir tomonlama yo'nalgan elektrodinamik mikrofon:  
 1 – diafragma tovush g'altagi bilan; 2 – akustik kechiktiruvchi tizim; 3 – akustik kechiktiruvchi tizim teshiklari.



5.19-rasm. Bir tomonlama yo'nalgan elektrodinamik g'altakli mikrofon kesimi:  
 1 – membrana; 2 – rezonans kamera; 3 – to'r; 4 – o'zgarmas magnitda teshiklar;  
 5 – halqasimon o'zgarmas magnet; 6 – g'altak.

sezgirliги maksimal qiymatga ega bo'ladi. Membranaga tovush to'liqini boshqa burchak ostida tushganda bosimlar farqi va sezgirlik kardioida bo'yicha o'zgaradi. Akustik kechikish tizimini membrananing orqa tomoniga tovush to'liqlari o'tadigan teshiklar, membrana ostidagi va mikrofon korpusidagi havo kameralari tashkil etadi (5.19-rasm).

Barcha chastotalar (tonlar) uchun bir tomonlama yo'nalgan diagrammani olish uchun tovush to'liqinining kechikish sharti barcha chastotalar polosasi uchun bir xil bo'lishi kerak.

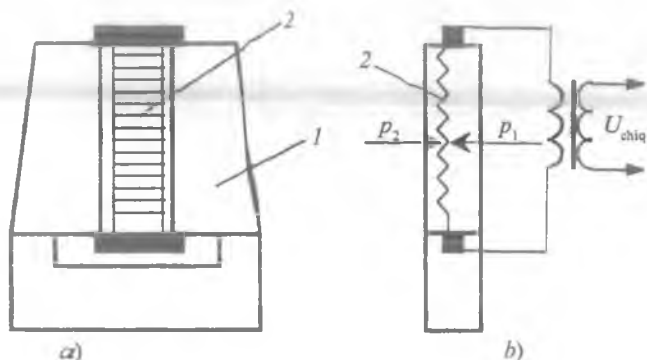
## 5.5. TASMALI MIKROFON

Tasmali mikrofonning ishlash prinsipi g'altakli mikrofon ishlash prinsipiga o'xshaydi, ammo konstruktiv tuzilishi tubdan farq qiladi (5.20-rasm). Magnet tizimi taqasimon shaklda bo'lib, magnet qutblari uchlari 1 da yupqa gofrlangan tasma 2 joylashtiriladi. Tasma magnet maydonining kuch chiziqlariga parallel joylashgan.

Mikrofonning o'zi tovush manbayiga nisbatan shunday joylashadiki, akustik to'liqin yaratayotgan kuch tasma yuzasiga perpendikular yo'nalgan bo'lishi kerak.

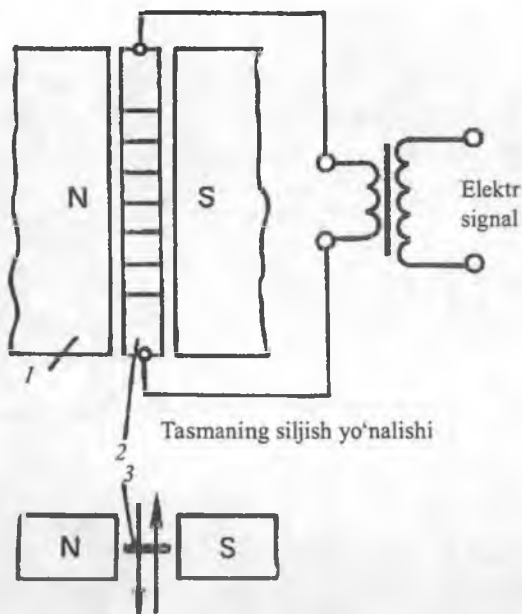
Tasmaga tovush to'liqini ikki tomondan ta'sir eta oladi, shuning uchun u ikkala tomondagi tovush bosimi ayirmasi ta'sirida tebranadi, shunday qilib, u tovush bosim gradienti qabul qilgichdir. Tasma radial magnit maydonda tebranib, magnit maydon kuch chiziqlarini kesib o'tadi va uning qisqichlarida akustik signalni aks ettiruvchi EYK induksiyanadi. Tasmali mikrofon induktiv turdagi o'zgartirgich. Mikrofon o'lchami unga ta'sir etayotgan to'liqin uzunligidan kichik bo'lganda, uning yo'nalganlik diagrammasi sakkizsimon ko'rinishda bo'ladi. Mikrofon konstruksiyasi ichki qarshilik  $R_1$  ni yuklama qarshilik  $R_{yu}$  bilan moslashtiruvchi mikrofon transformatorini o'z ichiga oladi. Transformator bevosita mikrofon yoniga o'rnatilib, kabel yordamida kuchaytirgichga ulanadi. Mikrofon konstruksiyasi shoyi mato tortilgan perforatsiyalangan g'ilof bilan qoplanadi.

5.21-rasmda tasmali bosim gradienti qabul qilgich konstruksiyasining yana bir ko'rinishi va ishlash prinsipi keltirilgan.



5.20-rasm. Tasmali bosim gradienti qabul qilgich konstruksiyasi:

a) old tomondan ko'rinishi: 1 – o'zgarmas magnit; 2 – tasma; b) yon tomondan ko'rinishi.



5.21-rasm. Tasmali bosim gradienti qabul qilgich:  
 1 – o'zgarmas magnit; 2 – tasma; 3 – transformator.

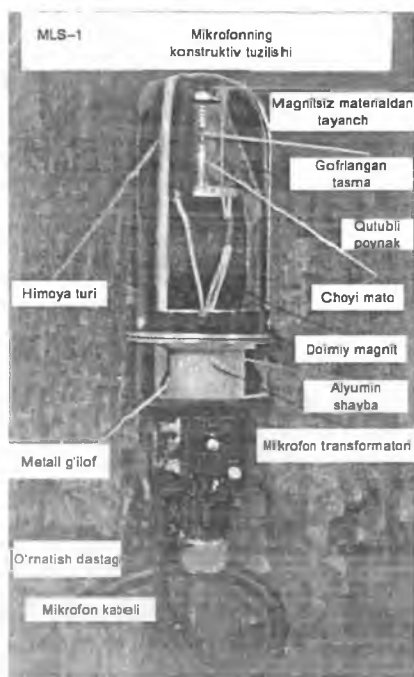
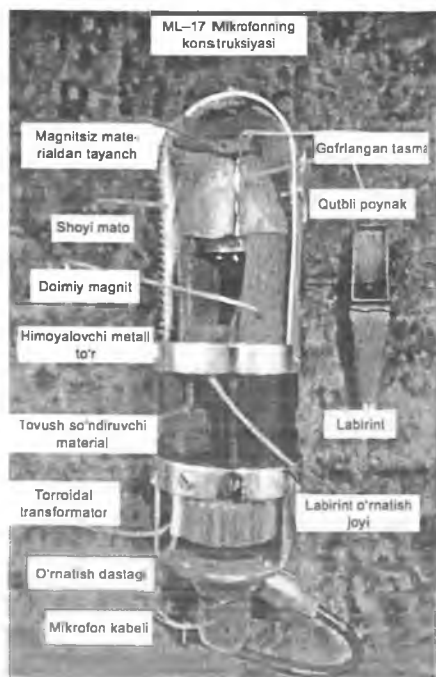
Tasmali tovush bosim gradienti qabul qilgich mikrofonining sezgirligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$E_{\theta} = \frac{\omega S d}{C_{B-2}} \cos \theta \cdot \frac{Bl}{Z_0 + \frac{B^2 l^2}{Z_0 + Z}} \cdot \frac{Z_{yu}}{Z_0 + Z_{yu}} \quad (5.26)$$

Formuladan ko'rinib turibdiki, mikrofon sezgirligi chastotaga proporsional.

Mikrofon sezgirligi chastotaga bog'liq bo'lmasligi uchun quyidagi ikki shart bajarilishi kerak:

$$1. \omega_0 \ll \omega; \quad 2. \frac{B^2 l^2}{2R} \ll \omega m. \quad (5.27)$$



5.22-rasm. Tasmali ML-17 va MLS-1 mikrofonlarning qirqim ko'rinishi.

Birinchi shartning bajarilishi juda oson, buning uchun tasmaning elastikligini oshirish kerak, u gofrlanadi va shu yo'l bilan tasmaning rezonans chastotasi  $10 \div 15$  Hz gacha pasayadi. Bu ko'rsatgich mikrofon paski qabul qilish chastotasidan ham past.

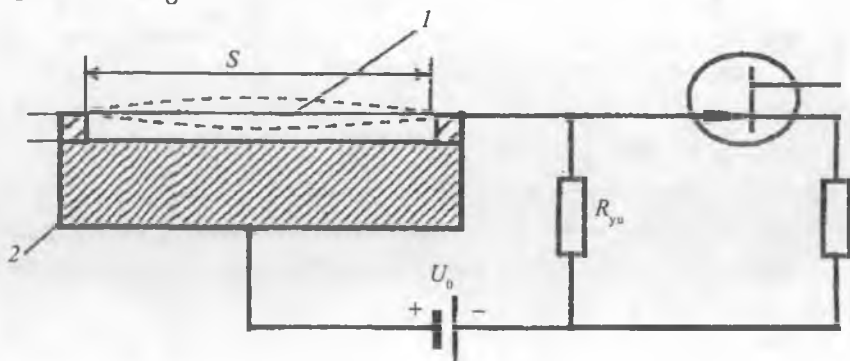
Mikrofon sezgirligini yaxshilashga tasmaning yuzasini oshirish yo'li bilan erishish hech qanday natija bermaydi, chunki tasma yuzasining oshishi uning massasining oshishiga olib keladi, u o'z navbatida egiluvchanlikni kamaytiradi hamda mikrofon o'lchamlarini oshiradi. Ikkinchi shart nisbatan o'rta va yuqori chastotalarda oson bajariladi. Past chastotalarda chastota tavsifining berilgan pasayishiga tirqishdagi induksiyani tanlash yo'li bilan erishiladi.



Tasmali mikrofonning eng nozik tomoni shundaki, tasma kuchsiz shamol ta'sirida uzilishi mumkin. Bu turdagi mikrofonni «yelvizak» dan qo'rqadi deyishadi. Shuning uchun bu turdagi mikrofonlardan xonalarda va binolar ichida foydalaniladi. Ko'proq telestudiyalarda qo'llaniladi.

## 5.6. KONDENSATORLI VA ELEKTRETLI MIKROFONLAR

Kondensatorli mikrofon (5.23-rasm) konstruktiv kondensatordan iborat bo'lib, bitta elektrodi qo'zg'almas massiv 1, ikkinchisi esa yupqa tarang tortilgan membrana 2 dan tashkil topgan. Kondensatorga yuqori 30–35 MΩ li yuk qarshiligi  $R_{yu}$  orqali qutblovchi  $U_0$  kuchlanish ulanadi.



5.23-rasm. Kondensatorli mikrofon konstruksiyasi.

Membrana tebranganda  $S_k$  kondensator sig'imi o'zgaradi, zaryad o'zgarmas bo'lgani uchun undagi kuchlanish o'zgaradi. Bu qo'shimcha kuchlanish membranaga tovush bosimi ta'sirida paydo bo'lgan EYKdir. Mikrofondan nochiziqli buzilishlar paydo bo'lmasligi uchun  $U_0 \gg U$  sharti bajarilishi kerak.

Kondensatorli mikrofon sezgirligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$E = \frac{U_0 S_c}{d \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right) \sqrt{1 + \frac{1}{(\omega R_{yu} C_0)^2}}}, \text{ Pa.} \quad (5.28)$$

Kondensatorli mikrofon sezgʻirligining chastotaga bogʻliq boʻlmaslik sharti quyidagicha:

$$1) R_{yu} \gg \frac{1}{\omega C_0}; \quad 2) \omega_0 \gg \omega. \quad (5.29)$$

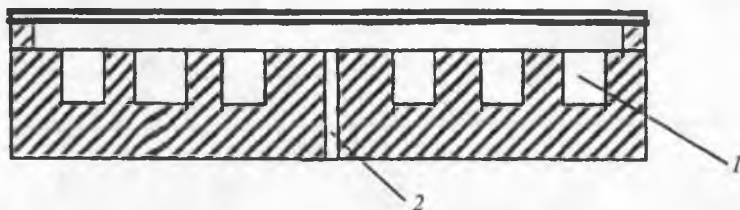
Bunda  $\omega_0$  va  $\omega$  – mikrofon ishchi diapazonining pastki va yuqori chastotalari.

(5.29) shartlarining bajarilishi xususiyatlarini koʻrib chiqamiz. Birinchi shart chastota diapazonining pastki chegarasida bajarilishi qiyin. Agarda, pastki chegara chastotasi  $\omega = \frac{1}{R_{yu} C_0}$  deb olinsa, bu chastotada sezgʻirlik oʻrta chastotalardagiga nisbatan 3 dB ga pasayadi. Mikrofonning sigʻimi  $S_0$  kichik boʻlganligi tufayli  $R_{yu}$  juda katta boʻladi. Masalan,  $S_0 = 100$  pF va  $f = 50$  Hz boʻlganda,  $R_{yu} = 30$  m $\Omega$  ga teng.  $R_{yu}$  ning bunday katta qiymatga ega boʻlishi mikrofonning xususiy shovqin sathining katta boʻlishiga olib keladi. Ikkinchi shartning bajarilishi uchun tebranish tizimining xususiy rezonans chastotasi juda yuqori boʻlishi talab etiladi. Qoʻzgʻaluvchan tizimning massasini kamaytirish maqsadida u, juda yupqa ( $20 \div 25$   $\mu$ m) duraluminiy folgadan yoki yuqori polimerli organik plyonkadan tayyorlanib, molekular tilla suvi purkaladi. Mikrofon xususiy rezonans chastotasini membranani tarang tortish hisobiga oshirish mumkin. Ammo membrana yupqa ( $20 \div 25$   $\mu$ m) boʻlganligi tufayli, birinchidan, uning tarangligi cheklangan. Ikkinchidan, membrana tarangligining oshishi uning egiluvchanligining susayishiga, oʻz navbatida, bu mikrofon sezgʻirligining pasayishiga sabab boʻladi.

Bunday qarama-qarshilik kondensatorli mikrofon konstruksiyasida murosali hal etiladi. Talab etilayotgan kichik bukiluvchanlik havo hajmining qayishqoqligi hisobiga erishiladi. Odatda, kondensatorli mikrofon hajmi berk boʻladi, ammo tashqi atmosfera bosimi tirqish  $d$  ga taʼsir qilmaydi (shu jumladan, mikrofon sezgʻirligiga ham), bu hajm tashqi muhit bilan qoʻzgʻalmas elektrodda kapillar kanallar ochish bilan tutashtiriladi. Shunday qilib, kondensatorli mikrofon hajmi bosimi tashqi atmosfera bosimi bilan

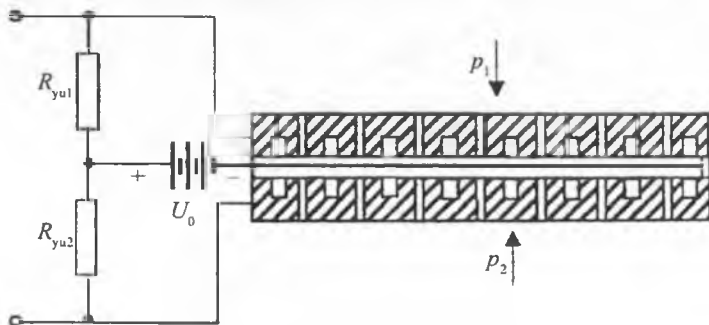
muvozanatlashtiriladi. Kondensatorli mikrofonning kichik sezgirliги yuqori xususiy shovqin sathiga to'g'ri kelmaydi. Sezgirlikni oshirish maqsadida qo'zg'almas elektrodda taroqsimon (5.24-rasm) kesimlar 1 va kapillar kanallar 2 ochiladi.

Shu yo'l bilan kondensator sig'imini o'zgartirmay membrana osti hajmini 10 martagacha oshirish mumkin, bu mikrofon sezgirligini 20 dB oshirish demakdir.



5.24-rasm. Mikrofon kapsulining qirg'imi.

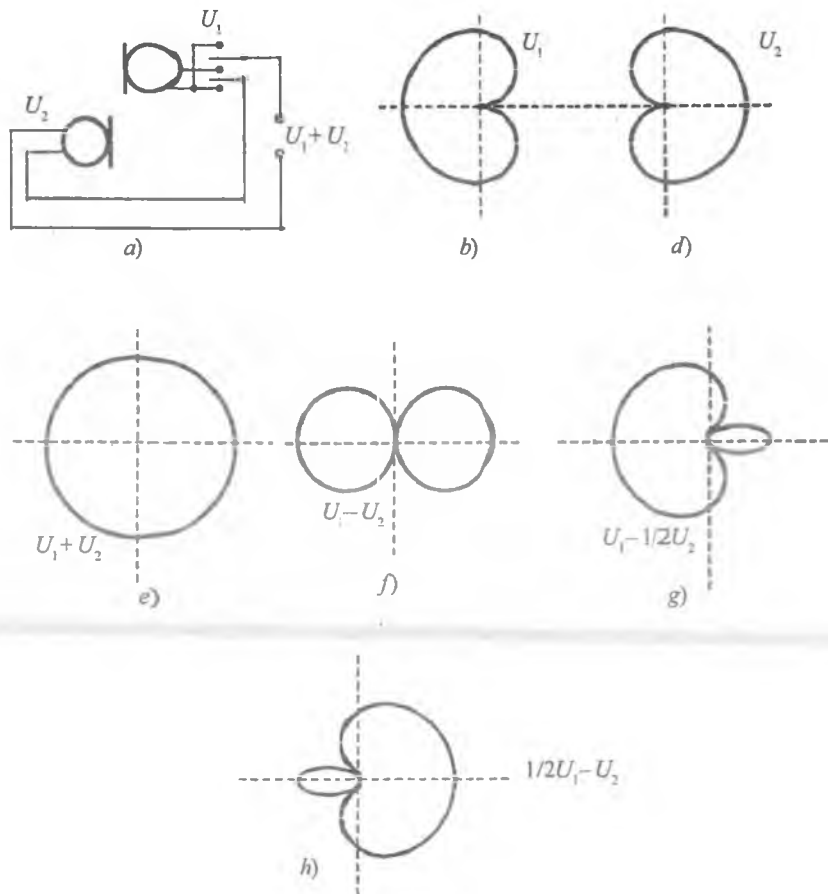
Kondensatorli mikrofonlarning sifat parametrlari yaxshi, sezgirlikning chastota xarakteristikasi keng chastota diapazonida tekis. Ammo konstruksiyasi ancha murakkab, tannarxi esa qimmat. Yana bir kamchiligi, alohida ta'minot manbayini talab qiladi, shu bois qo'llanilishi biroz cheklangan. Kondensatorli mikrofonlar bosim, bosim gradienti qabul qilgich va kombinatsiyalangan turlarida ishlab chiqiladi. Kondensatorli bosim gradienti qabul qilgich mikrofon konstruksiyasi 5.25-rasmda ko'rsatilgan.



5.25-rasm. Kondensatorli bosim gradienti qabul qilgich mikrofon.

## 5.7. ELEKTR KOMBINATSIYALANGAN MIKROFONLAR

Ilgari so'z yuritilgan elektr kombinatsiyalangan mikrofonlarning bir necha turlarini ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, qarama-qarshi tomonga yo'naltirilgan, yo'nalganlik diagrammasi kardiodali ikkita bir xil mikrofon kombinatsiyalangan (5.26-rasm).



5. 26-rasm. Elektr kombinatsiyalangan mikrofon va uning yo'nalganlik xarakteristikalari.

Akustik o'qlari bir-biriga nisbatan  $180^\circ$  bo'lganligi uchun birining  $\theta$  to'liq tushish burchagiga nisbatan chiqish kuchlanishi quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$u_1 = U_0 \frac{1 + \cos\theta}{2} . \quad (5.30)$$

Ikkinchisi esa:

$$u_2 = U_0 \frac{1 + (\cos\theta + 180^\circ)}{2} . \quad (5.31)$$

Ularning yig'indisi:

$$u = u_1 + u_2 = U_0 \frac{2 + \cos\theta + (\cos\theta - 180^\circ)}{2} , \quad (5.32)$$

ayirmasi:

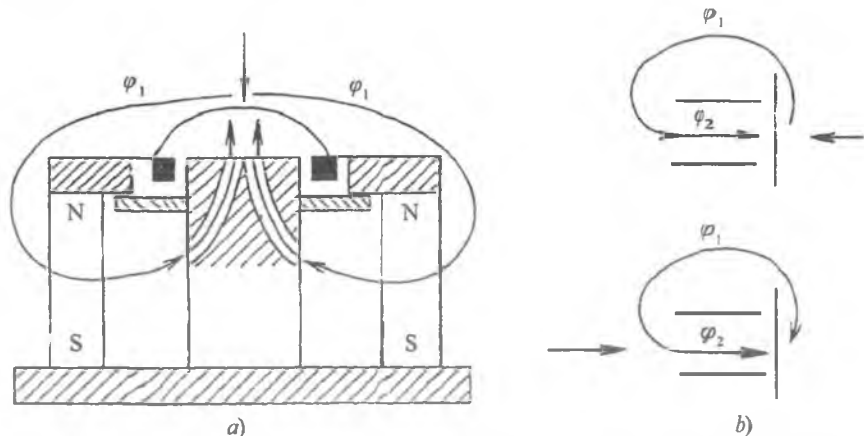
$$u = u_1 - u_2 = U_0 \cos\theta . \quad (5.33)$$

Chiqish kuchlanishlari qo'shilganda, tizim diagrammasi yo'nalmagan ko'rinishda (5.26-e rasm), kuchlanishlar ayirilganda esa, tizim diagrammasi yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'ladi (5.26-f rasm).

Birinchi yoki ikkinchi mikrofonni o'chirganimizda, chiqish kuchlanishlari teng bo'lmaganda yoki chiqish kuchlanishlarini ayirganimizda bir qator oraliq yo'nalganlik diagrammalarini olish mumkin. Ulardan ayrimlari 5.26-g, h rasmda keltirilgan. Mikrofonlarning akustik o'qini  $180^\circ$  ga emas  $90^\circ$  ga burib, kuchlanishlar  $u_1$  va  $u_2$  maksimumiga  $90^\circ$  burchak oralig'ida erishish mumkin.

Mikrofonlarning kombinatsiyalangan yo'nalganlik diagrammalarini olish uchun alohida asosiy mikrofonlardan foydalanish zarur emas, turli xarakteristikadagi mikrofonlarni bitta akustik-mexanik tizimda mujassamlashtirish mumkin. Kardioda xarakteristikali akustik kombinatsiyalangan mikrofonning sxemasi 5.27-rasmda keltirilgan. Mikrofon-bosim qabul qilgichdan farqli ravishda, doimiy magnit to'liq silindr shaklida emas, alohida o'zak shaklida yasalgan. Bu holda tovush maydoni mikrofonning old tomonigagina ta'sir etib qolmasdan, to'liq mikrofonni aylanib, kerndagi tor kanallardan

o'tib, diafragma ostidagi hajmda tovush bosimi hosil qiladi. Shuni aytish lozimki, kerndagi kanallar mikrofon chastota tavsifini korrektsiyalash uchun emas, tovush to'liqlarini uzatish uchun xizmat qiladi.

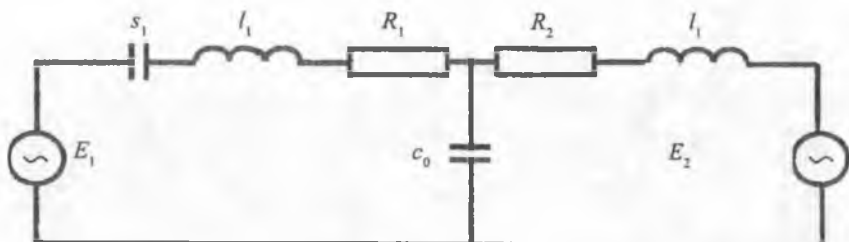


5.27-rasm. Kardioida xarakteristikali akustik kombinatsiyalangan elektrodinamik mikrofon konstruksiyasi: a) va b) ishlash prinsipi.

Mikrofonning konstruktiv parametrlari shunday tanlab olinadiki, tovush to'liqini frontal ( $\theta=0^\circ$ ) tushganda, fazalar farqi  $\varphi=180^\circ$  yoki unga yaqin bo'lib, uning ikki tarkibi qo'shiladi.

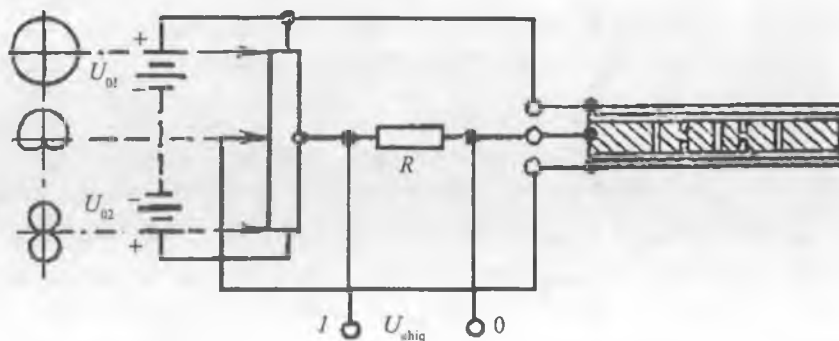
Tovush to'liqini mikrofonning orqa tomonidan tushib, ta'sir etganda diafragma ta'sir etayotgan bosim bir-biriga qarama-qarshi yo'naladi va ularning yig'indisi nolga teng bo'ladi. Yuqorida bayon etilgan mikrofonning elektr-ekvivalent sxemasi 5.28-rasmda keltirilgan.

Bunday qabul qilgichlarning yo'nalganlik diagrammasi kardioidaga yaqin. Fazalar farqi  $\varphi_1$  va  $\varphi_2$  chastotaga bog'liq bo'lganligi uchun  $\varphi_1=\varphi_2$  shartning bajarilishi qiyin, shuning uchun to'liqin orqa tomondan tushganda sezgirlik nolga teng bo'lmaydi. Bunday turdagi mikrofonlar uchun sezgirlikning «front-front orti» farqi  $12 \div 15$  dB tashkil etadi.



5.28-rasm. Akustik kombinatsiyalangan g'altakli mikrofonning elektr-ekvivalent sxemasi.

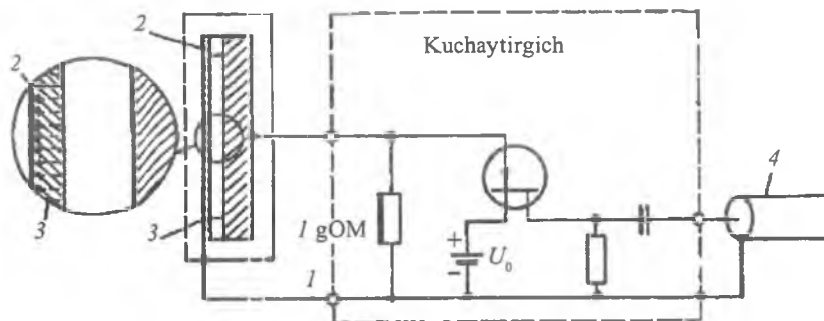
Ikki ta membranalni kapsuladan foydalanish mikrofonning yo'nalganlik diagrammasini boshqarish imkoniyatini beradi (5.29-rasm). Qutblovchi kuchlanish yo'nalganlik boshqargichi vazifasini bajaruvchi potentsiometr ga ulanadi.



5.29-rasm. Yo'nalganlik diagrammasi masofadan boshqariladigan kondensatorli mikrofon.

Qo'zg'almas elektrod potentsiometr o'rtasiga rezistor  $R$  orqali ulanadi. Chap membrana ta'minot manbayining musbat qutbiga ulangan. O'ng membrana potentsiometrning turli nuqtalariga ulanishi mumkin. 1 nuqtaga ulanishi yo'nalmagan mikrofon ga mos, 3 nuqtaga ulanishi esa ikki tomonlama yo'nalgan mikrofon ga mos. 2 holatda membrana qo'zg'almas elektrod o'layotgan elektr potensialini oladi, shuning uchun u elektr aktiv bo'lmaydi, uning yo'nalganlik diagrammasi kardioda shaklida bo'ladi.

Kondensatorli mikrofon sxemasi 5.30-rasmda keltirilgan.



5.30-rasm. Kondensatorli mikrofon sxemasi.

### 5.8. TOVUSH SIGNALLARINI QABUL QILUVCHI O'TKIR YO'NALTIRILGAN MIKROFONLAR

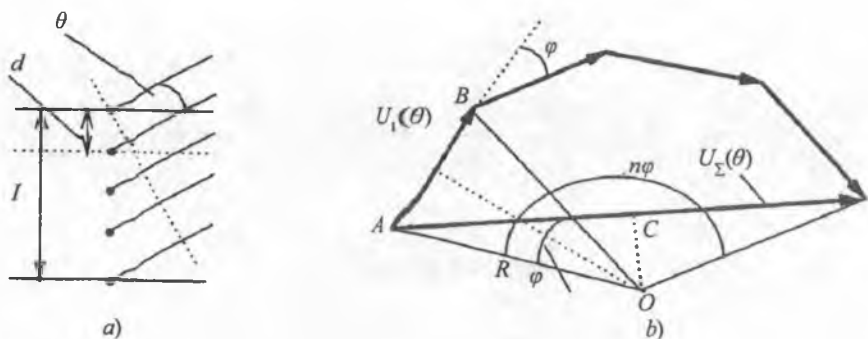
Ayrim hollarda, tovush kuchaytirishni tashkil etishda o'tkir yo'naltirilgan mikrofonlarni qo'llash zarurati tug'iladi. Bu masalaning yechimi chiziqli mikrofonlar guruhini yaratish orqali hal etiladi. Bunday mikrofonlar  $n$  ta bir xil mikrofonlardan iborat bo'lib, ular bir chiziqda bir-biridan  $d$  masofada joylashgan. Bu vaziyat yuqori sifatli tovush eshittirishni keskin og'irlashtiradi. Bunday vaziyatdan yuqori fazoviy tanlovchanlik xususiyatlariga ega bo'lgan mikrofonlarni qo'llash bilan chiqish mumkin. Bunday mikrofonlar o'tkir yo'naltirilgan mikrofonlar deb ataladi. Chiziqli guruh mikrofonlari 5.31-a rasmda keltirilgan.

Bunday mikrofonlar guruhining yo'nalganlik xususiyatlari shakllanishini ko'rib chiqamiz. Mikrofonlar ketma-ket ulanadi.

Agar tekis tovush to'lqini akustik o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'lsa, unda alohida mikrofonlar kuchlanishi o'rtasida faza siljishi bo'lmaydi va yig'indi kuchlanish

$$U_{\Sigma 0} = nU_{1\text{maks}} \quad (5.34)$$

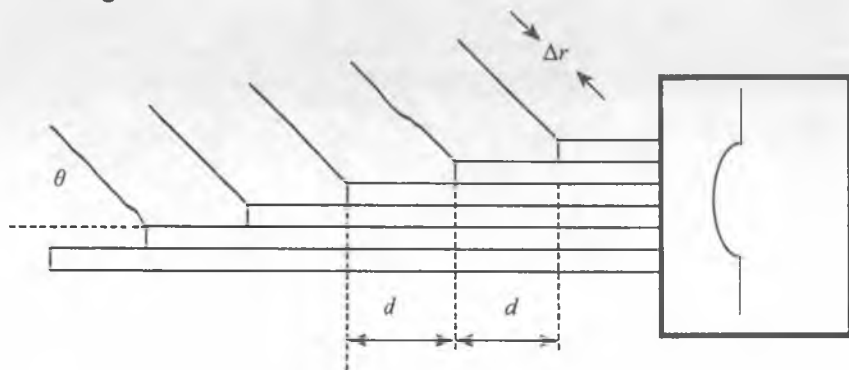




5.31-rasm. Chiziqli guruh mikrofonlari.

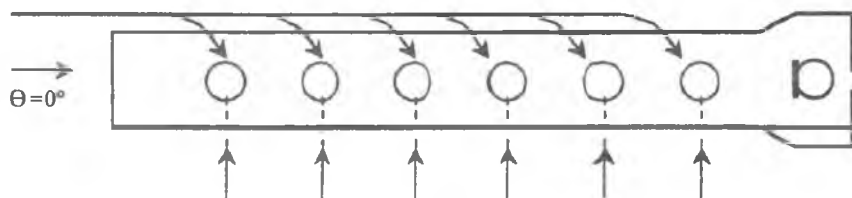
Simmetriya o'qiga perpendikular yuzadagi yo'nalganlik diagrammasi bitta mikrofonning yo'nalganlik diagrammasiga o'xshash.

Chiziqli guruh mikrofonlari naysimon yoki pistolet mikrofonlar deb ham ataladi. Uning sxematik tuzilishi 5.32-rasmda ko'rsatilgan.

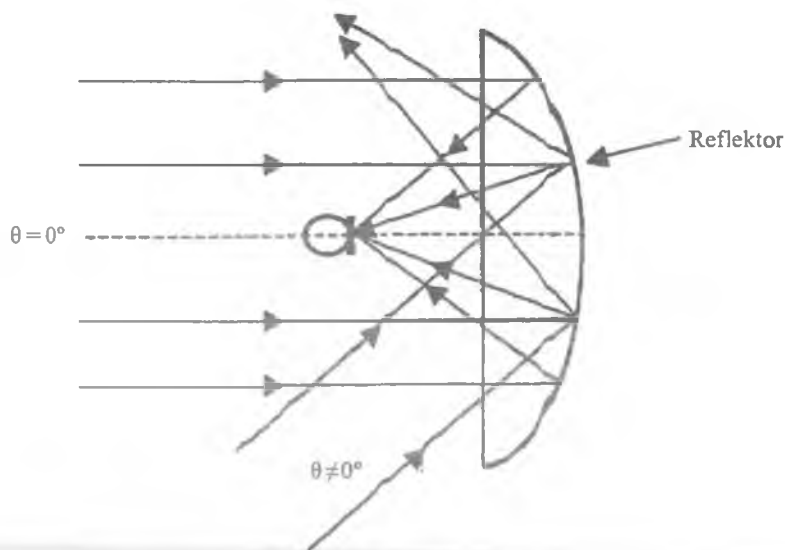


5.32-rasm. Naysimora mikrofonning tuzilishi.

Interferensiya turidagi o'tkir yo'naltirilgan mikrofonning boshqa ko'rinishi 5.33-rasmda ko'rsatilgan. Mikrofon teshikli naycha yoki uning orqa ko'ndalang kesimida yo'naltirilmagan yoki bir tomonlama yo'naltirilgan kapsula joylashtirilgan.



5.33-rasm. O'tkir yo'naltirilgan yuguruvchi to'liqin mikrofon sxemasi.



5.34-rasm. Reflektor turidagi o'tkir yo'naltirilgan mikrofon.

Naycha teshigi mato yoki g'ovak material bilan biriktiriladi. Yo'nalganlik diagrammasi naycha teshikchalaridan o'tayotgan parsial tovush to'liqlarining interferensiyasi hisobiga erishiladi. Tovush fronti naycha o'qiga parallel holda siljiganda barcha parsial to'liqlar siljuvchi element - membranaga bir xil fazada keladi. Naycha uzunligi to'liq uzunligidan katta bo'lganda, uning yo'nalganligi sezilarli oshadi. Shuning uchun uzunligi 1 metr va undan ortiq

bo'lganda yo'nalganlik past 150÷200 Hz chastotalarda faqat kapsula bilan belgilanadi. Amaldagi o'tkir yo'naltirilgan mikrofonlardan reflektorli mikrofonlarni aytish mumkin. Bunday mikrofonlarda kapsula parabolik qaytargich fokusida joylashtiriladi.

Parabolaning xususiyatlariga asosan, qaytarilgan tovush to'l-qinlari kapsula joylashgan nuqta parabola fokusida yig'iladi. Ularning fazasi bir xil. Parabola o'qiga burchak ostida tushayotgan  $I$  tovush to'lqinlari reflektor yordamida tarqatiladi, natijada ular mikrofoniga tushmaydi.

Reflektor tizimida yo'nalganlik diagrammasi interferensiya tizimidagiga qaraganda chastotaga ko'proq bog'liq va amalda past chastotada yo'nalmagan diagrammadan yuqori chastotada tor yo'nalganlikkacha o'zgaradi.

## 5.9. RADIOMIKROFONLAR

Azal-azaldan mikrofonlarni ishlatish bilan bog'liq bo'lgan muammo, bu mikrofonlarning apparaturalarga bo'lgan «bog'liqlig» – mikrofon kabellari artistlarga, jurnalistlarga, video va tovush operatorlariga, ovoz rejissorlariga ko'pgina tashvish keltiradi. Shuning uchun bir necha o'n yil-yigirma yillar ilgari paydo bo'lgan radiomikrofonlar tovush uzatish va eshittirish masalalarini hal etishda qo'l keladi. Hozirgi vaqtda ko'pgina radiomikrofonlar tizimi mavjud bo'lib, ular radiosignallarni uzatish hamda konstruksiyalari bilan farqlanadi. Ko'p tarqalgan radiomikrofonlar turiga uzatkich va antenasi «qo'l» mikrofonni g'ilofida joylashtirilgan radiomikrofonlar kiradi. Bunday mikrofonlar, asosan, konsert dasturlarida qo'llaniladi. Teatr-konsert eshittirishlarida bosh mikrofonlari ko'p qo'llaniladi, unda uzatkich belbog'ga birlashtirilgan yoki cho'ntakda bo'lib, ijrochi qo'llari maksimal bo'sh bo'lib qoladi.

Keyingi paytlarda bunday mikrofonlarni ijrochining bevosita lablariga yaqin joylashtirilganligi guvohi bo'lyapmiz. Bunday holat o'z-o'zidan akustik uyg'onishni bartaraf etishda juda qo'l keladi.

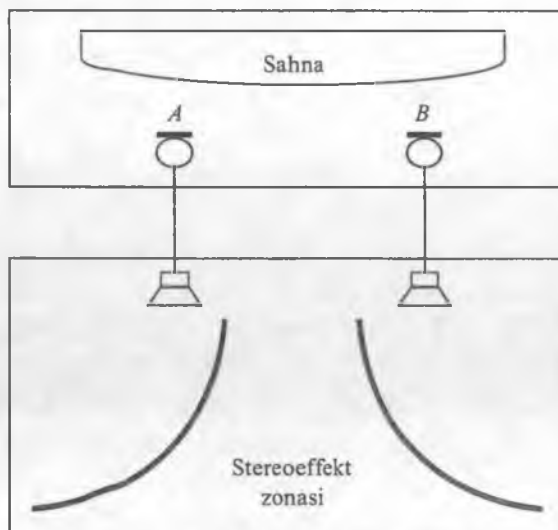
Radiomikrofonlarning boshqa turi musiqa asbobi mikrofonlaridir. Bunday mikrofonlar musiqa asbobiga (saksafon, truba) yoki elektrogitaraga birlashtirilib, uzatkichning chiziqli kirishiga ulanadi. Radiomikrofonlarning yana boshqa bir turi – bu **yoqa mikrofonlaridir**, ularning asosiy qo'llanilishi, televideniya, tok-shoularda, video tasvirga olishda, turli taqdimotlarda ishlatiladi. Bu mikrofonlarning o'lchamlari juda kichkina bo'lib, ular qistirgich sifatida birlashtiriladi. Uzatkich esa belbog'da yoki cho'ntakka joylashtiriladi. Ko'p radiomikrofonlarda radiokanalda chastota modulatsiyasi uslubi qo'llaniladi. Oddiy radiomikrofonlar 170 ÷ 220 MHz chastota diapazonida ishlaydi. Bu diapazonda bir vaqtning o'zida 8 tagacha tizimni ishlatish mumkin.

Murakkab va qimmat tizimlar esa yuqoriroq 1 GHz gacha bo'lgan chastota diapazonida ishlaydi. Ularning texnik yechimi ancha murakkab bo'lib, bir vaqtning o'zida 15 va undan ortiq tizimni ishlatish mumkin. Uzatkichning quvvati, odatda, 50 mW bo'lib, uni aniq qabul qilish masofasi 100 ÷ 150 metrni tashkil etadi.

Oddiy radiomikrofonlar, odatda, bitta antennaga ega. Ammo bu chastota diapazonida radioto'lqinlar turli jismlardan, devor va shunga o'xshash to'siqlardan qaytib, murakkab interferensiya hosil qiladi, shu sababli qabul qilish joyida «sokinlik» zonasi paydo bo'ladi. Shuning uchun murakkabligi va qimmatligiga qaramasdan ikki antennali tizimlar ishlatiladi. Ularning ishlash prinsipi quyidagicha: agar bitta antenna «sokinlik» zonasida bo'lsa, ikkinchisi fazoda birinchisi bilan ajratilgan holda ishonchli qabul qilishni davom ettiradi.

## 5.10. MIKROFONLI STEREOFONIK TIZIMLAR

Stereoeffekt ikkita omildan iborat: chap va o'ng quloqqa keluvchi signallarning turli vaqti va bu signallarning turlicha jadalligi. Bir qarashda bu ikki omil *AB* tizimda amalga oshiriladigandek, bu tizimda bir xil tavsifli *A* va *B* mikrofonlari xonaning ikki tomoniga simmetrik o'rnatiladi (5.35-rasm). Mikrofon chiqishidagi signallar alohida kabellar orqali xonadagi tinglovchiga nisbatan chap va o'ng tomondan joylashgan radiokarnaylarga keladi.



5.35-rasm. *AB* mikrofonli stereofonik tizim.

Stereofonik effektga tovush manbayiga yaqin turgan mikrofon qabul qilgan tovush sathi shu tovushni qabul qilgan ikkinchi mikrofon sathidan kattaligi hamda vaqt bo'yicha o'zishi hisobiga erishiladi. Bu sathlar nisbati va vaqt siljishi stereoeffekt zonasida turuvchi tinglovchilar uchun radiokarnaylar orqali eshittiruvchi tovushlarda ham mos ravishda saqlanadi. Radiokarnaylar yaqinida bu zona radiokarnaylar o'qi oldida mujassamlanadi va undan uzoqlashgan sari kengaya boradi. Mikrofonlar o'rtasidagi tovush

manbayining siljishi natijasida mikrofonlar qabul qilayotgan sathlar nisbati va tovushlarning vaqt siljishi ham o'zgaradi. Shunga mos ravishda, tovushlarni tinglash xonalarida qayta eshittirish sharoitlari ham o'zgaradi. Odam eshitish a'zosiga bu radiokarnaylar o'rtasidagi mavhum manbaning siljishidek tuyuladi.

*AB* stereofonik tizimining asosiy kamchiligi shundaki, ikkita stereofonik signallarning yig'indisi monofonik eshittirishda to'la moslashmaydi. Ammo, ko'rinib turibdiki, *A* va *B* mikrofonlari qabul qilgan signallarni qo'shganda, chastota buzilishlari bo'lishi shart, bu buzilishlar tovush manbayidan mikrofonlargacha bo'lgan masofa farqi va interferensiya effekti bilan bog'liq. Masofa farqi faza siljishini  $180^\circ$  gacha burishi mumkin, bunda monofonik signalda shu tovush chastotasi umuman bo'lmaydi.

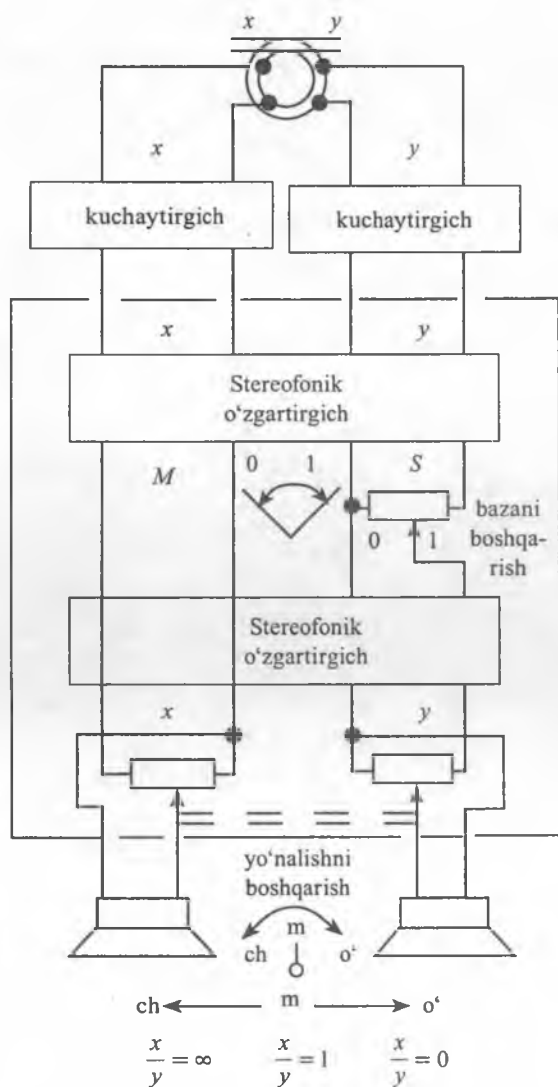
Interferensiya effektlarini yo'qotish uchun qo'shma mikrofonlar tizimi ishlab chiqilgan, ularda stereoeffekt signallar sathining farqi hisobiga shakllanadi. Buday tizimlarda mikrofonlar har xil va turlicha belgilangan yo'nalish diagrammalariga ega bo'lishi kerak.

*XY* tizimda (5.36-rasm) ikkita bir xil tavsifi va yo'nalganlik diagrammasi sakkizsimon mikrofon bir nuqtada shunday joylashganki, ularning yo'nalganlik diagrammasi o'qlari  $90^\circ$  ni tashkil etadi. Mikrofonlar chap va o'ng kanal radiokarnaylari bilan bog'langan. Bunda stereofonik effekt mikrofonlarning tovush manbayidan kelayotgan tovush to'lqinlariga turlicha sezgirligi hisobiga erishiladi.

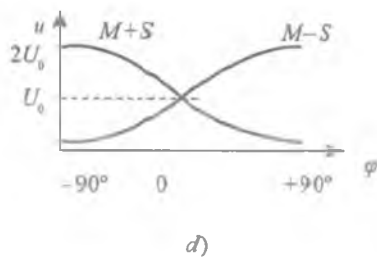
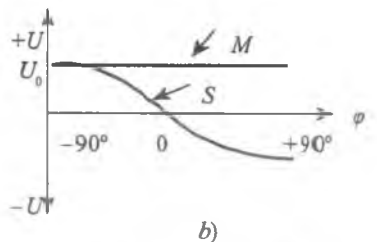
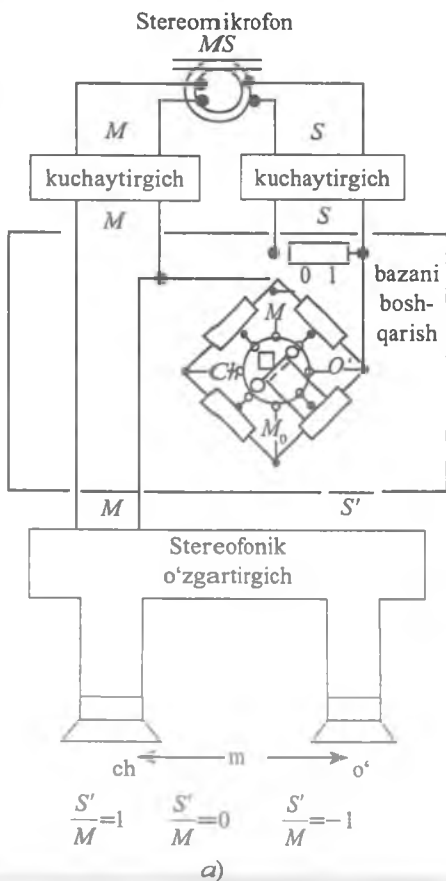
*XY* tizimi (5.36-rasm) *AB* tizimiga qaraganda ancha moslashuvchanroq, ammo, sahna markazida joylashgan tovush manbalari birmuncha baland tovushga ega va monofonik eshittirishlarda ular tinglovchilarga yaqinroq joylashgandek tuyuladi. *XY* tizimi sahnada qo'zg'almaydigan ijrochilarni yozishda qo'llaniladi, sahna markazidagi ijrochilar esa mikrofondan uzoqroqda joylashtiriladi.

Tovushni *MS* tizim orqali uzatishda mikrofonlar *XY* usulidagidek sahna markazida joylashtiriladi. Biroq bu holda mikrofonlardan bittasi yo'naltirilmagan, ikkinchisi yo'naltirilgan bo'lib, yo'nalganlik diagrammasi «sakkizsimon» shaklda bo'ladi (5.37-a rasm).

Stereomikrofon



5.36-rasm. XY mikrofonli stereofonik tizim.



5.37-rasm. MS mikrofonli stereofonik tizim.

Mikrofonlar chiqishidagi kuchlanishlarning tovush kelish burchagiga bo'lgan bog'liqligi 5.37-b rasmda ko'rsatilgan. *M* kanal mikrofonni kuchlanishi doimo o'zgarmas, *S* kanal mikrofonni chiqishida esa kuchlanish tovush kanali yo'nalishi  $-90^\circ$  va  $+90^\circ$  bo'lganda maksimal qiymatga ega.

Tovushlarni qayta eshittirishda chap radiokarnayga ikkala mikrofondan yig'indi ( $U_m + U_s$ ) kuchlanishlar, o'ng radiokarnayga esa ayirma kuchlanishlar ( $U_m - U_s$ ) beriladi. Chap va o'ng kanal



stereofonik signallarning bo'linishi qo'shma-ayirma o'zgartirgich yordamida amalga oshiriladi. Qo'shma-ayirma o'zgartirgichning ishlashi 5.37-d rasmda ko'rsatilgan.

MS tizimi aniq afzalliklarga ega. M kanali to'laqonli monofonik kanaldir, shunday qilib, MS tizimi to'laligicha monofonik kanal bilan mosdir.

### 5.11. MIKROFONLARNI ISHLATISH XUSUSIYATLARI

Mikrofonlar belgilanishi bo'yicha uchta katta guruhga bo'linadi: maishiy magnit yozuv apparatlar uchun; professional maqsadlar uchun va maxsus belgilanishi bo'yicha.

Professional mikrofonlar ham belgilanishi bo'yicha quyidagilarga ajratiladi: ovoz yozish va uzatish, musiqa va badiiy nutqlarni yozish studiyalari telekinostudiyalardan uzatish uchun; tovush va musiqa kuchaytirish tizimlari uchun; akustik o'lchovlar uchun; dispatcher aloqasi uchun.

Undan tashqari mikrofonlar konstruktiv yechimi va signal manbayiga nisbatan joylashishi bo'yicha:

- pol ustidagi ustunchaga o'rnatilgan;
- stolga yoki minbarga o'rnatilgan;
- ichiga o'rnatilgan (masalan, yig'ilishlar stoli);
- estrada solistlari uchun (qo'l mikrofonlari);
- yoqa mikrofonlari (kiyimga biriktiriladigan);
- radiomikrofonlar;
- inshootdan uzoq masofada joylashganda reportaj olib borish yoki hujjatli tasvirlarga tushirishda qo'llaniladigan (o'ta yo'naltirilgan mikrofonlar);
- qatlam chegarali mikrofonlari (RZM-mikrofonlari).

Mikrofonlarni tanlashda ularning ishlash sharoitlarini bilmasdan turib biror-bir tavsiya berish juda qiyin, chunki ma'lum konstruktiv yechimdagi mikrofon boshqa sharoitlarga va belgilanishiga mutloq to'g'ri kelmasligi mumkin.

**Studiya mikrofonlarining ekspluatatsiyasi.** Tovush yozish va televidenie eshittirish studiyalari yuqori elektroakustik parametrlarga ega bo'lgan keng polosali mikrofonlar bilan ta'minlangan bo'lishi shart. Shuning uchun studiyalarda yo'nalgan, diagrammalari o'zgaradigan keng chastota va dinamik diapazonli kondensatorli mikrofonlar ko'llaniladi. Undan tashqari, kondensator mikrofonlarining sezgirligigi dinamik mikrofonlarga qaraganda 5–10 marta yuqori bo'lib, eshitaladigan o'tish buzilishlari deyarli yo'q, chunki qo'zg'aluvchi tizimning rezonans chastotasi yuqori chastota chegarasiga yaqin bo'lib, juda kichik asllikka ega.

Shuning uchun ovoz yozish studiyalari va ovoz yozish tizimlarida, universal mikrofonlar sifatida, kardiodali yo'nalganlik diagrammaga ega bo'lgan kondensatorli mikrofonlar KM 84, KM 184 (Neman), C460B (AKG) va MKE–13 m (M-mikrofonlar) qo'llaniladi. Kondensatorli mikrofonlarning kamchiligi sifatida alohida ta'minot manbai va u bilan bog'liq bo'lgan kuchlanish bloki zarurligi, sezgirligi haroratning keskin o'zgarishi va namlikka bog'liqligini ham aytish kerak. Haroratga bog'liqligi shundaki, mikrofonga bevosita ulangan kuchaytirgichning kirish qarshiligi  $0,5 \div 2 \text{ G}\Omega$ , shuning uchun namlik katta bo'lganda bu qarshilik kamayadi, natijada past chastotalar susayib, shovqin sathi oshadi. Shu sababli kondensatorli mikrofonlar ochiq havoda deyarli qo'llanilmaydi.

Mikrofonlarni studiyalarda, odatda, poldagi ustunchalarga yoki «laylak» tayoqchalarga o'rnatiladi. Mikrofonlar studiyalarda yozuv vaqtida qo'zg'atilmaydi, tayoqchalar esa mustahkam etib amortizatorlarga o'rnatiladi. Mikrofonlarni o'rnatishga bo'lgan ko'p talablar, odatda, ko'z bilan chamlanadi. Masalan, televidenie yozuvida kadrda tushishi mumkin bo'lgan mikrofon o'lchamlari katta bo'lmasligi, qoplamalari yaltiroq bo'lmasligi kerak. Televidenie rang tasvirlarni aniq kafolatli uzatishi kerak. Kadrdan tashqarida ko'chma mikrofonlar qo'llaniladi. Ko'chma mikrofonlarni eshittirish

davomida joylaridan qo'zg'atish mumkin bo'lganligi uchun ularni shamoldan saqlash, titrash va silkinishlardan himoyalashning maxsus chora-tadbirlari ko'riladi. Tovush manbayigacha bo'lgan nisbatan uzoq masofa va katta shovqin, odatda, yo'nalgan yoki o'ta yo'nalgan mikrofonlarni qo'llashni taqozo etadi.

**Bir tomonlama yo'nalgan mikrofonlar** ijrochilar keng burchakda tashkil etib joylashganlarida va yozuv vaqtida bir necha mikrofonlardan foydalanib alohida guruhlarini ajratish zarurati bo'lganda va shuningdek, tashqi shovqinlarning yozuv jarayoniga ta'sirini kamaytirish maqsadida qo'llaniladi.

**Ikki tomonlama yo'naltirilgan mikrofonlar** duet yozuvlarda, ashulachi va akkompaniator muloqatlarda, kichik musiqa tarkibidagi yozuvlarda hamda shovqin manbayi yo'nalishini susaytirish maqsadlarida qo'llaniladi. Bu vaziyatda mikrofonlar shovqin manbayiga yoki to'lqin qaytaruvchi yuza zonalariga minimal sezgirlikdagi yo'nalishda o'rnatadilar.

**Yo'nalganlik diagrammasi «sakkizsimon» mikrofonlar** ham yakkaxon xonandani yoki alohida musiqa asboblari ajratish zarurati bo'lganda ijrochiga bevosita yaqin joylashtiriladi. Bunda tovush manbayidan yaqin masofalarda tovush to'lqinlarining doirasimon tarqalishi natijasida ro'y beradigan «yaqin zona effekti» foydalaniladi. Mikrofonning birinchi va ikkinchi akustik kirishlariga fazalarigina emas, balki amplitudalari ham boshqa bo'lgan signallar ta'sir etadi. Bu effekt ko'proq «sakkizsimon» diagrammali mikrofonlarda namoyon bo'lib, boshqalarida umuman kuzatilmaydi.

**Yo'naltirilmagan mikrofonlar** xonada bir necha mikrofonlar o'rnatilib, yozuv jarayoni olib borishda, umumiy akustik muhitni uzatish uchun qo'llaniladi, shuningdek, nutq, ashula va musiqalarni tovush kuchli so'ndirilgan xonalarda, turli uchrashuvlarni yozish uchun ham qo'llaniladi.

Keyingi paytlarda shunday yozuvlar uchun ko'proq RZM mikrofonlari qo'llanilmoqda. Ovoz rejissorlari orasida RZM

abbreviatura mikrofon turining belgilanishi sifatida o'rnashib qoldi. Uning bir necha alternativ nomlari, masalan «boundary-mikrofone» yoki «chegara qatlam mikrofonlari» kabi nomlari mavjud.

Ma'lumki, mikrofon to'liq qaytaruvchi yuzaga yoki to'siqqa yaqin joylashgan bo'lsa, unda qo'shimcha amalda yo'qotib bo'lmaydigan chastota tavsifining taroqsimon effekti paydo bo'ladi. RZM mikrofonlar chastota tavsifining taroqsimon effektini yo'qotadi, chunki ular to'liq tovushlarni yangicha prinsipda qabul qiladi. Tovush chegaraga yetgan zahoti (devor, stol, pol) uning oldida 4–5 millimetrli tovush qatlami paydo bo'ladi. Shu qalinlikda to'g'ri va qaytgan signallar kogerent, fazalari saqlangan holda qo'shiladi. RZM mikrofonlarda o'zgartirgich shu bosim zonasi chegarasida joylashgan, shu bois faza interferensiyasi paydo bo'lishini yo'qotadi. Bunday mikrofonlarning yo'nalganlik diagrammasi mikrofon joylashgan yuza yo'nalishi va o'lchamlariga bog'liq bo'lib, yarim doiraga yaqin. «Chegara qatlami» mikrofoniga misol tariqasida C562VL (AKG) va MK 403 (Nevaton) ni keltirish mumkin.

RZM mikrofonlari dekoratsiyalarda yaxshi niqoblanib, stolda o'rnatilganligi sezilmaydi. Chegara qatlamda tovush bosimining oshishi mikrofon sezgirligini 6 dB ga oshiradi.

RZM mikrofonlarining jaranglashi boshqalarnikidan ajralib turadi. Birinchidan, ijrochilardan uzoqda bo'lganda ularga tiniq tembr xos va diffuziya maydonining signal qiymati katta. Ikkinchidan, signal tushish burchagiga bog'liq bo'lmagan tekis amplituda chastota tavsifiga ega.

RZM mikrofonlari tovush manbayiga yaqin joylashgan yo'naltirilmagan mikrofonlarga qaraganda ko'proq subyektiv jarangroq tovushni beradi. Va nihoyat, ijrochi qo'zg'alganda uning tembr an'anaviy texnika yozuvlaridagiga qaraganda kamroq o'zgaradi. Gap shundaki, tovush signalini qabul qilish joyida signalning chastota tavsifi doimo cho'qqi va cho'kmalardan iborat bo'ladi. Agarda tovush manbayi mikrofoniga nisbatan siljiy

boshlasa, mikrofoniga tushayotgan tovush va birinchi tovush qaytarilishi fazalari nisbati ham o'zgaradi. Natijada, tavsif cho'qqi va cho'kmalari surila boshlaydi va tembr o'zgarish effektini beradi. Ikkita RZM mikrofonidan yaxshi stereomikrofon hosil qilish mumkin.

Alohida guruhni «kamera ustida» mikrofon tashkil etadi. Videokameralarda, odatda, nisbatan katta bo'lmagan yengil, yo'nalganligi kardioida diagrammasidan o'tkirroq bo'lgan mikrofonlar qo'llaniladi. Misol sifatida MKE-24 va MKE-25 (Mikrofon-M) mikrofonlarini aytish mumkin.

**Tovush kuchaytirish tizimlarida mikrofonlarning ishlash xususiyatlari.** Professional-musiqqa, tovush kuchaytirish tizimlari, teatr, konsert zallaridan eshittirishlarni translyatsiya qilish uchun yana bir guruh mikrofonlar qo'llaniladi. Tovush kuchaytirish tizimlarida mikrofonlarning ishlash xususiyatlaridan biri ayrim chastotalarda teskari (parazit) aloqa natijasida mikrofonlarning o'z-o'zidan uyg'onishidir. Bu hodisa mikrofoniga qaytarilgan to'lqin tovushlari to'g'ridan to'g'ri radiokarnaydan shift, devor va boshqa yuzalardan kelishi natijasida sodir bo'ladi. Bular, odatda, zalni ovozlashtirishdagi tovush bosimini cheklaydi. Tizimning barqarorligini oshirish, signalni maxsus elektron qayta ishlash quyida ko'riladigan bir necha oddiy yo'llar bilan amalga oshiriladi.

1. Mikrofonni bir lamchi signalga maksimal yaqinlashtirish (ijrochiga, notiqqa, musiqqa asbobiga), ya'ni yoqa va qo'l mikrofonlarni qo'llash tavsiya etiladi. Ta'kidlab o'tamiz, yoqa mikrofonlari, odatda, yo'naltirilmagan, shuning uchun ularning notiqqa yaqinlashtirilishi ularning chastota tavsiflariga ta'sir etmaydi.

2. Notiqni va mikrofonni radiokarnaydan hamda tovush qaytaruvchi yuzalardan imkon boricha uzoqlashtirish zarur.

3. Mikrofonning yo'nalganlik diagrammasini to'g'ri tanlash va uning ishchi o'qini shovqin manbayi hamda radiokarnay va tovush kolonkalariga nisbatan to'g'ri yo'naltirish kerak.

Tovush kuchaytirish tizimlarida va televidenie translyatsiyasida kichik mikrofonlardan ko'proq foydalanilishi maqsadga muvofiq.

Konsert zallarida, estrada minbarlarida katta halaqitlar va vibratsiyalar bo'lish ehtimoli bor, shuning uchun ko'p mikrofon ustunlari tebranish yutgichlarga ega. Bunday mikrofonlarda tebranishga qarshi maxsus choralar ko'riladi: mikrofon kapsulasi amortizatsiyalanadi yoki mikrofon g'ilofidan ajratiladi, past chastotalarni qirquvchi elektr filtrlar qo'llaniladi.

Yevropaning (AKG, Sennheiser, Vevdynamik), AQShning (Yelectro-Voice, Shure), Rossiyaning Bayton-2 firmalari shunday mikrofonlarni ishlab chiqaradi. Shuni aytish kerakki, dinamik mikrofonlar kondensatorli mikrofonlarga qaraganda tebranishlarga ancha chidamli.

Nutqlarni kuchaytirish tizimida (konferensiyalar zali, majlislar zali, dramteatrlar va boshqalar) asosiy mezon bo'lib tembrni to'g'ri uzatish emas, nutqning aniqligi hisoblanadi, shuning uchun mikrofonlarning chastota diapazonini  $100 \div 10000$  Hz bilan cheklash va past chastotalarda  $300 \div 400$  Hz dan boshlab  $10 \div 12$  dB gacha pasayishiga qoniqish hosil qilish kerak. Bunday mikrofonlarga Д541, Д558В, Д590, С580 (AKG) va МД-91, МД-96, МД-97 (Mikrofon - M) misol bo'la oladi. Chastota diapazonini yana ham siqish  $500 \div 5000$  Hz nutq aniqligiga zarar yetkazmagan holda notiq tovushi tembrining sezilarli o'zgarishiga olib keladi, bu esa yuqori sifatli tovush kuchaytirishda unchalik zarur emas. Shuning uchun chastota diapazoni  $500 \div 5000$  Hz va undan tor bo'lganda bunday mikrofonlardan faqat aloqa qurilmalarida, tovush tembrini saqlash unchalik ahamiyatga ega bo'lmagan, faqatgina harakatlar ma'nosini, komandalarni to'g'ri uzatish uchungina foydalaniladi.

**Yoqa mikrofonlari.** Alohida guruh mikrofonlariga ko'krak yoki yoqa mikrofonlari kiradi. Ular televidenie va tovush kuchaytirish tizimlarida qo'llaniladi.

Yoqa mikrofonlari, odatda, bosim qabul qilgich bo'lib, ular yengil va o'lchamlari kichik, kiyimga maxsus biriktiriladigan moslamaga ega (5.38-rasm). Bu mikrofonlar turiga CK97 – 0 (AKG), MKE10 (Sennheiser), KMKE400 (Nevaton) va boshqalar kiradi.



5.38-rasm. Yoqa mikrofonlari.

Bu mikrofonlarning afzalliklari va kamchiliklari bor. Birdan-bir afzalligi shundaki, bu notiqning erkinligi, mikrofonning foydali tovush manbayiga yaqinligi.

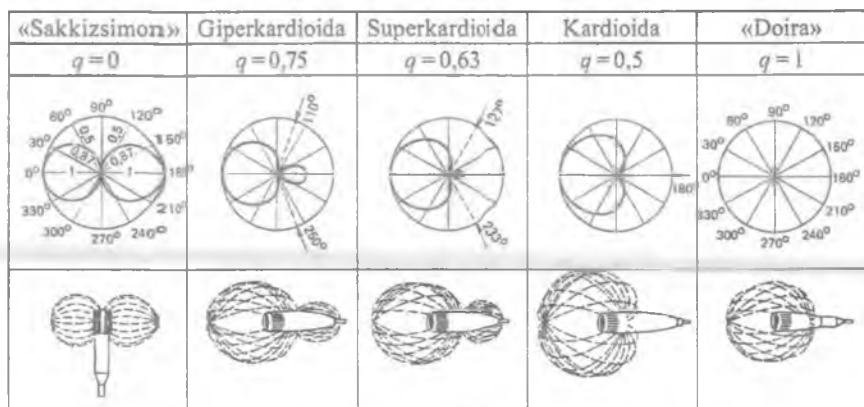
Kamchiligi – mikrofonning ko'krak qafasiga yaqinligi, bu past chastotalarning ravonligiga ta'sir ko'rsatadi. Ko'pchilik hollarda manba bloki notiqlarga noqulayliklar yaratadi. Mikrofon kabellari kiyimlarga ishqalanib, shovqin hosil qiladi. Undan tashqari, bunday mikrofonlarni qo'llashda psixologik noqulayliklar ham mavjud.

**Ochiq havoda ishlash uchun mo'ljallangan mikrofonlar** har qanday havoda ishlashga mo'ljallangan bo'lishi kerak: yomg'ir, qor, shamol va h.k. Shu maqsadlarda, odatda, dinamik mikrofonlar qo'llaniladi. Ular boshqa turdagi mikrofonlarga qaraganda chidamliroq. Shamolga qarshi chidamliligini oshirish maqsadida, ular shamolga qarshi qalpoqcha bilan jihozlanadi. Bu mikrofonlarda alohida ta'minot manbayining bo'lmasligi ularning afzalligidir. Ko'chalarda reportajlar olib borish uchun qo'l

mikrofonlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir, chunki ular shamol va tasodifiy turtkilarga chidamli. Bunday mikrofonlarga misol tariqasida F-115 (Sopu) va МД-83 (Mikrofon-M) ni keltirish mumkin. Ochiq joyda tovush kuchaytirishda yuqoridagi sabablarga ko'ra yo'nalgan mikrofonlardan foydalanish afzal, shuni aytish lozimki, mikrofonlarga qar, yomg'ir tegmasligi kerak (ayvoncha yoki kichik uychalar bo'lishi kerak).

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Mikrofonlar qanday klassifikatsiyalanadi va ularning qanday asosiy texnik tavsiflarini bilasiz?
2. Bosim qabul qilgich va bosim gradienti qabul qilgichlarni tushuntiring.
3. Elektr va akustik kombinatsiyalangan mikrofonlarning tuzilishini tushuntiring.
4. G'altakli mikrofonning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
5. G'altakli mikrofon sezgirligining chiziqli chastota tavsifini shakllantirish mexanizmini tushuntiring.
6. Tasmali mikrofonning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.



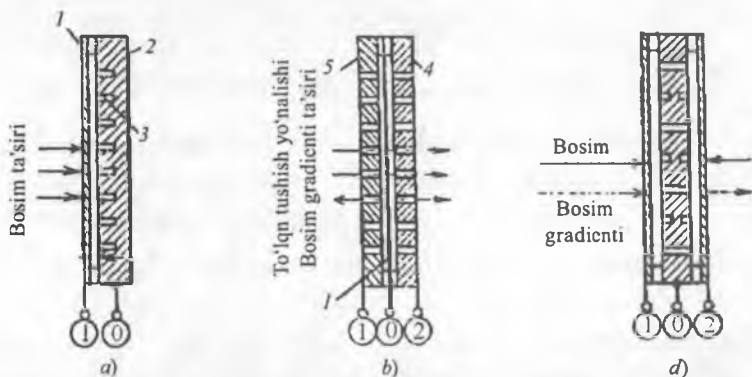
5.39-rasm.

7. Tasmali mikrofon bosim gradienti qabul qilgich qo'zg'aluvchi qismining xususiy chastotasini tanlash nimaga asoslangan?
8. Kondensatorli mikrofonning ishlash prinsipini tushuntiring.
9. 5.40-a rasmdagi mikrofonning ishlash prinsipini tushuntiring?
10. 5.40-b rasmdagi mikrofonning ishlash prinsipini tushuntiring?

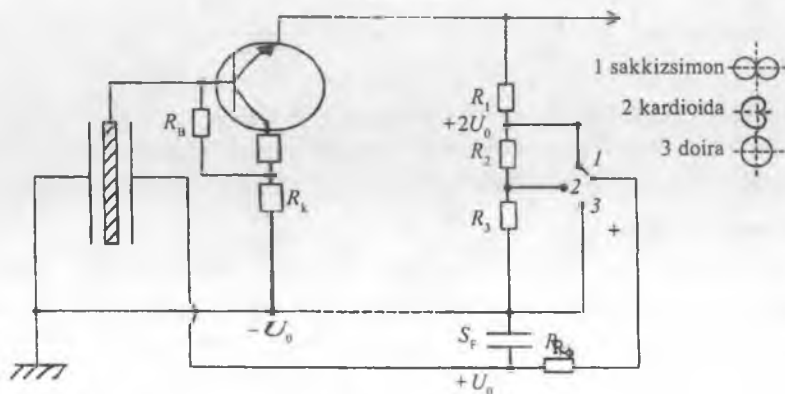


11. 5.40-*d* rasmdagi mikrofonning ishlash prinsipini tushuntiring?

12. 5.41-rasmdagi yo'nalganlik diagrammasi boshqarilidigan kondensatorli mikrofonning ishlash prinsipini tushuntiring?



5.40-rasm.



5.41-rasm.

13. Mikrofonning o'tkir yo'nalganlik xususiyatlariga erishish prinsipini tushuntiring.

14. RZM mikrofonlarning ishlash prinsipini tushuntiring.

15. AB mikrofonli stereofonik tizimning ishlash prinsipini tushuntiring.

16. XY mikrofonli stereofonik tizimning ishlash prinsipini tushuntiring.

17. MS mikrofonli stereofonik tizimning ishlash prinsipini tushuntiring.

18. Mikrofonlarni ishlatish prinsipi qanday?

## 6-bob. RADIOKARNAYLAR

---

### 6.1. RADIOKARNAYLARNING ASOSIY TEXNIK TAVSIFLARI

**Radiokarnaylar** – elektr tebranishlarni akustik tebranishlarga aylantiradigan o'zgartirgich-dvigatel. Radiokarnaylarning ko'p turlarida elektr energiya akustik energiyaga o'zgartiriladi. Rele prinsipiga asoslangan shunday radiokarnaylar turi borki, (masalan, pnevmatik radiokarnaylar) ularda akustik yoki mexanik tebranishlar ta'sirida havo oqimining doimiy energiyasi akustik energiyaga o'zgartiriladi. Radiokarnaylarning ishlashi quyidagi texnik ko'rsatgichlar bilan baholanadi.

**Nominal quvvat  $R_{nq}$**  – mexanik ta'sirga va issiqlikka chidamliligi va berilgan qiymatidan katta bo'lgan noxiziqli buzilishlar bilan cheklangan radiokarnay kirishiga beriladigan maksimal elektr quvvat. U, odatda, radiokarnay pasportidagi qiymatdan kichik. Bunday quvvat ta'sirida radiokarnay uzoq vaqt ishlaganda buzilmasligi kerak.

Tovush bosimi bo'yicha radiokarnayning chastota tavsifi – erkin maydonda radiokarnay ishchi markazidan ma'lum masofadagi nuqtada rivojlantirayotgan tovush bosimining chastotaga bog'liqligi tushuniladi.

**Akustik (ishchi) markaz** – nurlatgich nurlatish tirqishining geometrik simmetriya markazi. Radiokarnaylarning akustik o'qi, odatda, geometrik simmetriya o'qi bilan mos. Ishchi markazda nurlatish maksimal qiymatga ega. Murakkab nurlatgichlar uchun ishchi markaz uning xarakteristikasida ko'rsatiladi. Radiokarnayning effektiv eshitirish chastota diapazoni va xarakteristikasining notekisligi ishchi o'qida o'lchangan amplituda chastota xarakteristikasi bo'yicha aniqlanadi.

**O'rtacha tovush bosimi**  $R_{o'rt}$  – erkin maydonda berilgan nuqtada ma'lum chastota diapazonida radiokarnay rivojlantirayotgan tovush bosimining o'rtacha kvadrat qiymati.

**O'rtacha standart tovush bosimi**  $R_{st}$  – ishchi o'q markazidan 1 m masofada radiokarnay kirishiga 0,1 W quvvatga teng kuchlanish berilganda, nominal chastota diapazonida radiokarnay rivojlantirayotgan o'rtacha tovush bosimi.

**Karakteristik sezgirlik**  $E_x$  – ishchi markazdan 1 m masofada radiokarnay kirishiga 1,0 W quvvatga teng kuchlanish berilganda, nominal chastota diapazonida radiokarnay rivojlantirayotgan o'rtacha tovush bosimi  $P_{o'rt}$  ning radiokarnay kirishiga berilayotgan elektr quvvati  $R_{el}$  ildiz osti nisbatiga teng:

$$E_x = P_{o'rt} / \sqrt{P_{el}} = p_{nom} / \sqrt{P_{nom}} = p_{o'rt} / \sqrt{0,1}. \quad (6.1)$$

Karakteristik sezgirlik bilan o'rtacha standart tovush bosimi to'g'ridan to'g'ri bog'langan:

$$P_{st} = E_x \sqrt{0,1}. \quad (6.2)$$

**Kirish qarshiligi**  $z_{kir}$  chastotaga bog'liq bo'lganligi uchun ma'lumotnomalarda nominal elektr qarshilik beriladi.

**Yo'nalganlik tavsifi** – erkin maydonda ishchi markazdan bir xil masofadagi nuqtada radiokarnay rivojlantirayotgan tovush bosimi  $R_{\theta}$  radiokarnay ishchi o'qi va unga yo'naltirilgan burchagiga bog'liqligi. Odatda, bu tavsif ishchi o'qi bo'yicha tovush bosimiga nisbati bilan me'yorlanadi

$$D(\theta) = \frac{P_{\theta}}{P_{oq}}. \quad (6.3)$$

**Nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti** – berilgan chastotalarda radiokarnay kirishiga nominal quvvatga mos sinusoidal kuchlanish berib o'lchanadi.

**Foydali ish koeffitsiyenti** – radiokarnay nurlatayotgan akustik quvvat  $P_s$  ning radiokarnay kirishiga berilgan elektr quvvat  $P_{el}$  ga nisbatiga teng:

$$\eta = \frac{P_s}{P_{el}}, \% \quad (6.4)$$

Akustik o'qi bo'yicha sezgirligi quyidagicha ifodalanadi:

$$E_{o'q} = \frac{p_1}{U} = \frac{p_1}{v_m} \cdot \frac{v_m}{F} \cdot \frac{i}{U}, \quad (6.5)$$

bunda:  $\frac{p_1}{v_m}$  – akustik sezgirlik;  $\frac{v_m}{F} = \frac{l}{Z_m}$  – mexanik sezgirlik;  $\frac{F_i}{K_{cmb}}$  – elektromexanik bog'lanish koeffitsiyenti;  $\frac{i}{U} = z_{el}$  – elektr tavsifi;  $Z_m$  – qo'zg'alish tizimining to'la mexanik qarshiligi;  $p_1$  – radiokarnaydan 1 m masofadagi tovush bosimi;  $U$  – radiokarnay kirishiga berilayotgan kuchlanish.

**Radiokarnay energiyani o'zgartirish prinsipi bo'yicha:** elektrodinamik, elektrostatik va releli turlarga bo'linadi.

**Turlari bo'yicha:** diffuzorli, ruporli hamda yakka turdagi va guruhli radiokarnaylarga bo'linadi. Elektrostatik o'zgartirish turi bo'yicha: kondensatorli, elektretli va pezoradiokarnaylarga bo'linadi. Releli turiga pnevmatik radiokarnaylar kiradi.

## 6.2. NURLATGICH TURLARI

Shar to'lqinlar uchun qaytariladigan akustik quvvat quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P_{ak} = V^2 z_R = V^2 \rho c S (r_R + jx_R) \quad (6.6)$$

(6.6) formuladan ko'rinib turibdiki, nurlanish samaradorligi aktiv va reaktiv nurlanish qarshiligi tarkibiga bog'liq va ko'p jihatdan nurlatgichning chastota tavsifini belgilaydi. Nurlatgich qarshiligi tarkibining chastota tavsifi, nurlatgichning tuzilish shakli va akustik jihozlanishga bog'liq.

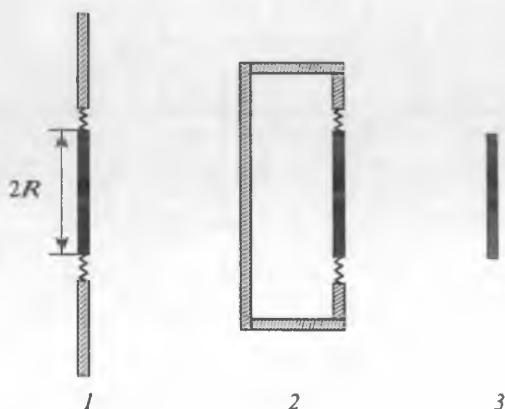
Nurlanish to'la qarshiligining nazariy hisobi murakkab matematik apparatni talab etadi. Aniq yoki taxminiy natijalarni ayrim ideallashtirilgan hollar uchungina olish mumkin. Misol tari-

qasida 6.1-rasmda uchta asosiy dumaloq shakldagi porshen turidagi nurlatgichlar keltirilgan.

6.1-rasmdagi 1 va 3 turdagi nurlatgichlar amalda deyarli uchramaydi. Odatda, cheklangan o'lchamlarda joylashtirilgan radiokarnaylar uchraydi. Bularga radioqabulqilgich va televizorda o'rnatilgan abonent radiokarnaylari kiradi.

To'lqin uzunligi katta bo'lgan past chastotalarda to'lqinlar uni osongina aylanib o'tadi. Shunday qilib, to'lqin difraksiyasi hisobiga nurlanish ikki tomonlama bo'ladi, bu uchinchi turdagi nurlatgichga mos keladi deb hisoblash mumkin.

Yuqori chastotalarda to'lqin uzunligi nurlatgich o'lchamlaridan kichik, bu holda difraksiya bo'lmaydi. Endi nurlatgich o'zining tomonlari bilan faqatgina o'zining yarim fazosiga nurlatadi, bu birinchi turdagi nurlatgichga xosdir.



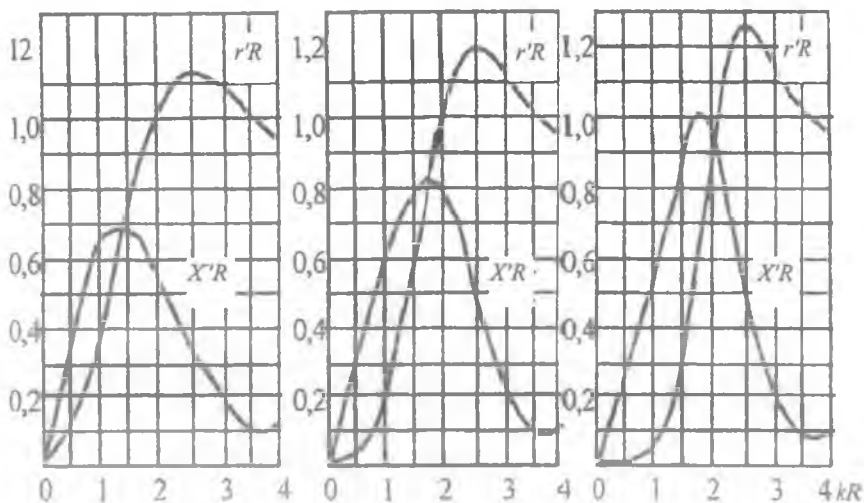
6.1-rasm. Porshen turidagi nurlatgichlar.

Nurlatgich turlari: 1 – cheksiz qattiq ekrandagi dumaloq porshen; 2 – bir tomoni berk porshen; 3 – ikkala tomoni ochiq porshen.

Ikkinchi turdagi nurlatgich amalda 6.1-rasmda ko'rsatilgandek ishlatiladi. Bu orqa tomoni berk qutiga joylashtirilgan radiokarnaydir.

6.2-rasmda nurlanish qarshiligi tarkiblarining chastota tavsiflari keltirilgan. Argument sifatida nurlatgich radiusining to'liq soniga ko'paytmasidan foydalaniladi. Eslatamiz,  $k = \frac{\omega}{c}$ , shuning uchun

$$kR = \omega \frac{R}{c} = 2\pi \frac{R}{\lambda}.$$



6.2-rasm. Uch turdagi o'lcamsiz nurlatgich aktiv va reaktiv qarshilik tarkiblarining chastota tavsiflari.

Agar nurlanish qarshiligida aktiv tarkib ustun bo'lsa, nurlatish samarali bo'ladi. Samarali nurlatish chegaralari  $g'_R$  va  $x'_R$  komponentlari qiymati tengligi bilan aniqlanadi. Keltirilgan grafiklarda birinchi turdagi nurlatgichlar uchun  $g'_R$  va  $x'_R$  komponentlar tengligi  $kR=1,38$  qiymatda bo'ladi, ikkinchisi uchun  $kR=1,85$ ; uchinchisi uchun  $kR=2,05$ .

Nurlatgich radiuslari teng bo'lgandagi nurlatish chastota chegaralari quyidagicha aniqlanadi:

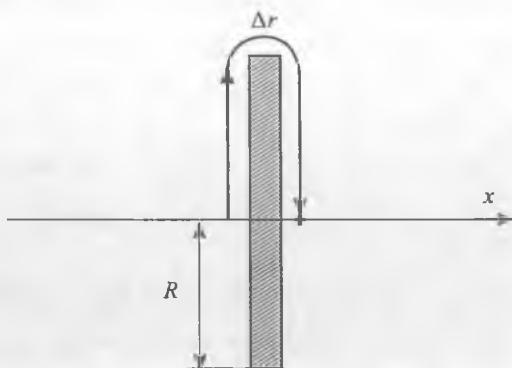
$$1\text{-turdagi: } kR = \omega \frac{R}{c} = 1,38, \quad \omega_p = 1,38 \frac{c}{R};$$

$$2\text{-turdagi: } kR = \omega \frac{R}{c} = 2,05, \quad \omega_p = 2,05 \frac{c}{R};$$

3-turdagi:  $kR = \omega \frac{\omega_p R}{c} = 2,05$ ,  $\omega_p = 2,05 \frac{c}{R}$ ;

$c$  – tovush tezligi, m/s.

Keltirilgan formulalardan ko‘rinib turibdiki, porshen radiuslari teng bo‘lganda eng past chastotani birinchi turdagi nurlatgich nurlatar ekan. Past chastotani samarali nurlatish uchun nurlatgich radiusi katta bo‘lishi kerak. Uchinchi turdagi nurlatgich samaradorligi eng kam bo‘lgan nurlatgich, chunki u ikki tomonlama nurlatadi (6.3-rasm).



6.3-rasm. Uchinchi turdagi nurlatgichda difraksiya bo‘lishi.

Bunda uning har bir old va orqa tomonida ikkita to‘g‘ri va teskari to‘lqin hosil bo‘ladi. Agarda porshen o‘ng tomonga siljisa, unda bu tomonda muhit zarrachalari siqiladi. Shu paytning o‘zida uning chap tomonida muhit zarrachalari siyraklashadi. Shunday qilib, nurlatgichning ikki tomonida hosil bo‘layotgan to‘lqinlar teskari fazada bo‘ladi. Bu siljishni **boshlang‘ich siljish** fazasi deb ataymiz:  $\varphi_{\text{bosh}} = \pi$ .

O‘ng yarim fazoga nurlanishni ko‘rib chiqamiz. Difraksiya sharoitida teskari to‘lqin porshenni aylanib o‘tib, to‘g‘ri to‘lqinga qo‘shiladi.

Natijalovchi bosim to'g'ri va teskari to'lqin faza siljishi yig'indisiga bog'liq bo'ladi. Kuzatuv nuqtasini porshen yuzasining o'ng tomonida, uning o'qida olamiz. Teskari to'lqin ushbu nuqtaga yetishi uchun porshenni aylanib, qo'shimcha  $\Delta r = 2R$  masofani bosib o'tishi kerak.

Bu yo'lda teskari to'lqinda qo'shimcha faza siljishi  $\varphi_{qo'sh} = k\Delta r$  ga teng bo'ladi. Umumiy faza siljishi  $\varphi_{\Sigma} = \varphi_{bosh} + \varphi_{qo'sh}$ .

Past chastotalarda  $R \ll \lambda$ , demak, qo'shimcha faza siljishi

$$\varphi_{\Sigma} = k\Delta R = \frac{2\pi}{\lambda} 2R \cong 0 \text{ chunki, } R/\lambda \cong 0.$$

Umumiy faza siljishi  $\varphi_{\Sigma} = \varphi_{bosh} + \varphi_{qo'sh} = \pi$ , ya'ni barcha chastota diapazonida to'lqinlar teskari fazada bo'ladi va  $R \ll \lambda$ . Bunda teskari to'lqin to'g'ri to'lqinni «so'ndiradi». Bunday hodisa **akustik qisqa tutashuv** deb ataladi.

Chastota oshishi bilan shunday vaziyat paydo bo'ladiki,  $f_1$  chastotada teskari to'lqinning qo'shimcha yo'li  $\Delta r$  yarim to'lqin uzunligiga teng bo'ladi:  $\Delta r = \lambda/2$ .

Shunda  $\varphi_{ko'sh} = k\Delta R = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} = \pi$ , umumiy faza siljishi  $\varphi_{\Sigma} = \varphi_{bosh} + \varphi_{qo'sh} = 2\pi$ . Ikkala to'lqin bir fazada bo'lib, tebranishlarning kuchayishi kuzatiladi.

Chastotalarning keyingi oshishida  $f_2, f_3$  va boshqa chastotalarda:

$f_2$ :  $\Delta r = \lambda$ ;  $\varphi_{qo'sh} = \frac{2}{\lambda} \lambda = 2\pi$ ;  $\varphi_{\Sigma} = \varphi_{bosh} + \varphi_{qo'sh} = 3\pi$  - to'lqinlar qarama-qarshi fazada bo'ladi va akustik qisqa tutashuv susayadi;

$f_3$ :  $\Delta r = 3/2\lambda$ ;  $\varphi_{ko'sh} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{3}{2} \lambda = 3\pi$ ;  $\varphi_{\Sigma} = \varphi_{bosh} + \varphi_{qo'sh} = 4\pi$  - to'lqinlar bir xil fazada bo'lib, tebranishlar kuchayadi va h.k.

Nurlatgich o'lchamlari to'lqin uzunligidan katta bo'lgan yuqori chastotalarda difraksiya bo'lmaydi va teskari to'lqin porshenni aylanib o'tmaydi. Davriy akustik qisqa tutashuv yo'qoladi va bunday nurlatgich birinchi turdagi nurlatgichga aylanadi. Agar AQT holatni inobatga olsak, nurlatgichning bosim chastota tavsifi 6.4-rasmda ko'rsatilganidek bo'lar edi. Shunday qilib, oddiy, akustik



jihozlanmagan nurlatgich akustik qisqa tutashuv natijasida past chastotalarni nurlata olmaydi. AQT yo'qotish uchun turli usullardan: ekran, yopiq quti va fazainvertorlardan foydalaniladi.

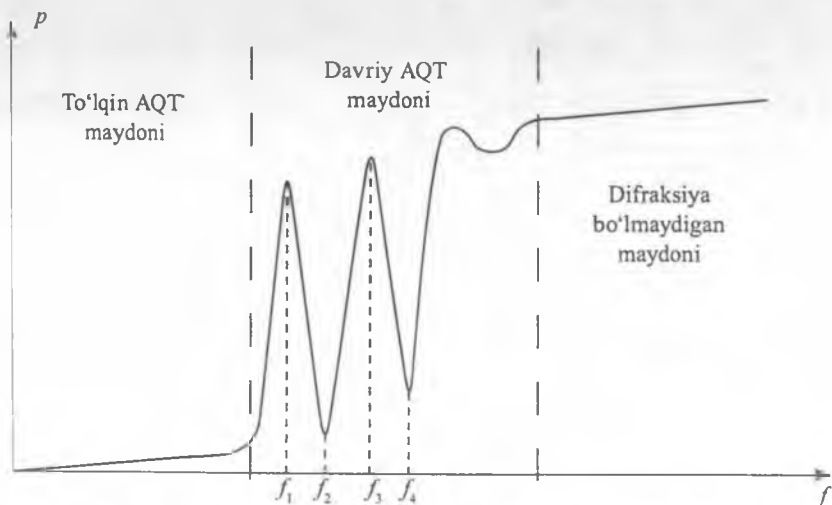
**Nurlatgichlarning yo'nalganligi.** Avval cheksiz ekranda joylashtirilgan birinchi ikki turdagi nurlatgichlarning yo'nalganlik xususiyatlarini ko'rib chiqamiz. Nurlatgichning diametri bo'yicha bir bo'lakchani ajratib olamiz va uni  $d$  o'lchamli uchastkalariga bo'lamiz (6.5-rasm).

Ikkita holatni ko'rib chiqamiz:

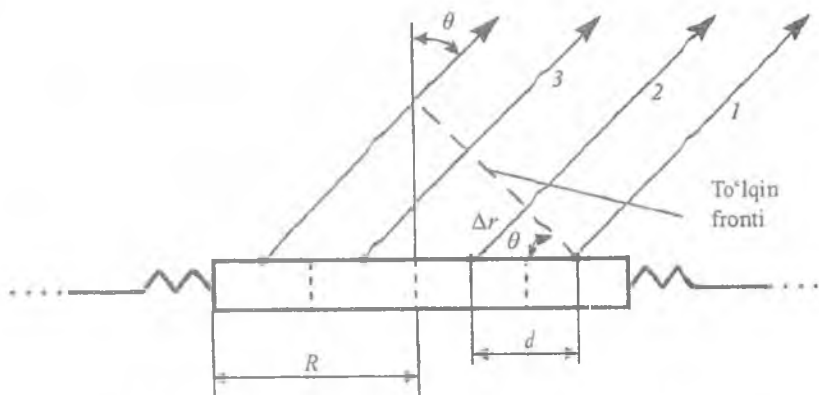
1. Kuzatuv nuqtasi akustik o'qda ( $\theta=0$ )  $r \gg R$  masofada joylashgan. Uchastkalarining alohida nuqtalaridan kelayotgan tovush to'liqlari, amalda, bir xil yo'l bosadi, demak, ularning fazalari ham bir xil. Kuzatilayotgan nuqtadagi umumiy tovush bosimi  $p_{0\Sigma}$ ,  $p_i$  nuqtadagi bosimlarning arifmetik yig'indisiga teng

$$p_{0\Sigma} = \sum_1^n p_i,$$

bunda,  $n$  – uchastkalar soni.



6.4-rasm. Uchinchi turda nurlatgichning akustik qisqa tutashuv hodisasi.



6.5-rasm. 1 va 2 turdagi nurlatgichlarning yo'nalganligi.

2. Kuzatuv nuqtasi akustik markazidan bir xil masofada  $\theta$  burchak ostida joylashgan. Endi tovush to'liqlari alohida uchastkalardan turli masofani bosib o'tadi.

Masalan, 1 va 2 nurlar farqi  $\Delta r = d \sin \theta$  ni tashkil etadi.

Nurlar o'rtasidagi faza siljishi:

$$\phi = k \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

ga teng.

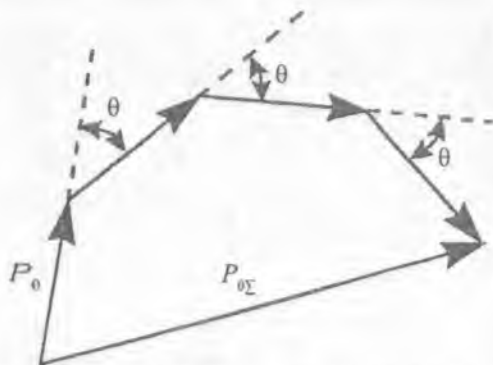
Kuzatilayotgan nuqtadagi umumiy bosim  $p_{\theta}$  bosimlarning geometrik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$p_{\theta\Sigma} = p_{\theta 1} + p_{\theta 1} e^{j\phi} + p_{\theta 1} e^{j2\phi} + p_{\theta 1} e^{j3\phi} + \dots$$

Buni vektorlar diagrammasi ko'rinishida tahlil qilib chiqamiz. Natijalovchi vektor birinchi vektorning boshlanishini oxirgi vektorning uchi bilan bog'laydi. Formuladan ko'rinib turibdiki, to'liqin tushish burchagi oshishi bilan siljish faza burchagi osha boradi, yig'indi bosim esa kamayadi.

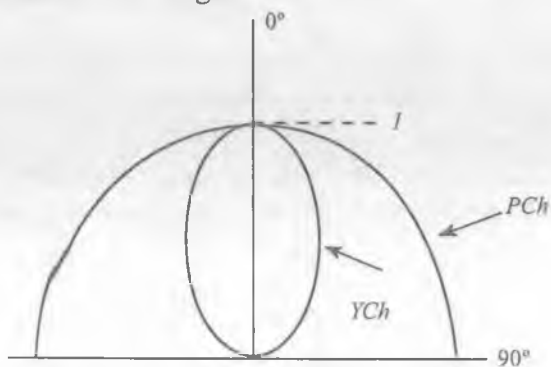
Ammo siljish fazasi  $d/\lambda$  ga ham bog'liq. Past chastotalarda  $d \ll \lambda$  va  $d/\lambda = 0$ . Demak, to'liqin nurlari o'rtasida faza siljishi bo'lmaydi. Bu  $d/\lambda$  nisbati qanchalik katta bo'lsa, faza siljishi ham shunchalik katta

bo'ladi. Yig'indi bosim to'liq tushish burchagi oshgan sari kamaya boradi va nurlatgich yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'la boshlaydi.



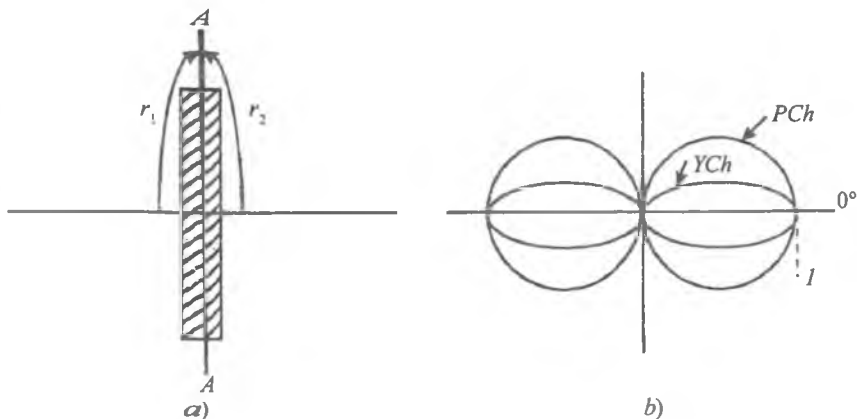
6.6-rasm. Turli uchastkalardagi tovush bosimlarini qo'shish.

6.7-rasmda nurlatgichning past va yuqori chastotalardagi yo'nalganlik diagrammasi keltirilgan.



6.7-rasm. 1- va 2-turdagi nurlatgichlarning past va yuqori chastotalarda yo'nalganlik diagrammasi.

3-turdagi nurlatgichning yo'nalganlik diagrammasiga kelsak, 6.8-rasmdan ko'rinib turibdiki, nurlatuvchi porshen joylashgan yuzada (AA yuzasi) nurlanish har qanday chastotada ham bo'lmaydi. AA yuzadagi har qanday nuqtagacha ikkala to'liq uchun masofa bir xil, ya'ni  $r_1 = r_2$ .



6.8-rasm. 3-turdagi nurlatgichning yoʻnalganlik xususiyatlari.

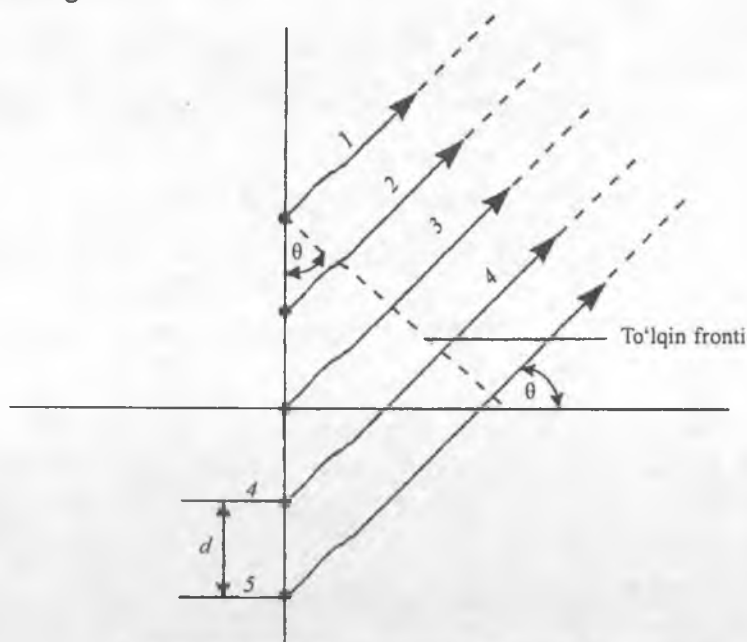
Toʻgʻri va teskari toʻlqinlar oʻrtasidagi faza nolga teng, faqat boshlangʻich siljish  $\pi$  ga teng. Shuning uchun  $AA$  yuzasidagi har qanday nuqtda toʻlqinlar teskari fazada toʻqnashadi va bir-birini «soʻndiradi».

$AA$  yuzaga perpendikular yuzada nurlanish samaradorli boʻladi.  $kR \ll 1$  boʻlganda, yoʻnalganlik diagrammasi sakkizsimon shaklda boʻladi:  $D(\theta) = \cos\theta$ .  $R > \lambda$  shartida yoʻnalganlik diagrammasi bir tomonlama yoʻnalgan nurlatgichlardan kam farq qiladi. Shuni aytish lozimki, yoʻnalganlik diagrammasi har doim nurlatgich yotgan yuzaga simmetrik boʻladi.

### 6.3. CHIZIQLI GURUH NURLATGICHLARI

**Chiziqli guruh nurlatgichlar (tovush kolonkalari).** Nurlatgichning quvvatini va yoʻnalganlik diagrammasini oshirish maqsadida guruhli bir nechta bir xil (ikkitanadan sakkiztagacha) maʼlum masofada vertikal liniyada joylashgan diffuzorli radiokarnaylar qoʻllaniladi. Ularning gorizontal maydondagi yoʻnalganlik diagrammasi yakka radiokarnayning yoʻnalganlik diagrammasidan farq qilmaydi. Ammo vertikal maydonda bunday guruhning yoʻnalganlik diagrammasi ayrim yakka radiokarnaylarning nurlanish interferensiyasi natijasida sezilarli kuchayadi.

6.9-rasmda chiziqli guruh nurlatgichlarning sxematik ko'rinishi keltirilgan.



6.9-rasm. Tovush kolonkasining yo'nalganlik diagrammasi.

Agarda kuzatuv nuqtasini kolonkaning akustik o'qida  $r \gg d$  masofada olsak, unda alohida kallaklarning  $p_i$  tovush bosimi bir xil fazada bo'ladi. Demak, umumiy tovush bosimi  $p_{0\Sigma}$  alohida kallak bosimlarining arifmetik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$p_{0\Sigma} = \sum_1^n p_i,$$

bunda  $n$  – guruhdagi kallaklar soni.

Endi yo'nalganlikni tovush kolonkasining akustik o'qidan tashqarida burchak ostida tushayotgan to'lqin fronti uchun ko'rib chiqamiz. Alohida kallaklardan kelayotgan tovush nurlari kuzatuv nuqtasigacha turli yo'lni bosib o'tadi. Masalan, 1 va 2 nurlar bosib o'tgan yo'l, 6.9-rasmga asosan, quyidagiga teng:

$$\Delta r = d \sin \theta$$

Nurlardagi faza siljishi:

$$\phi = k \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta.$$

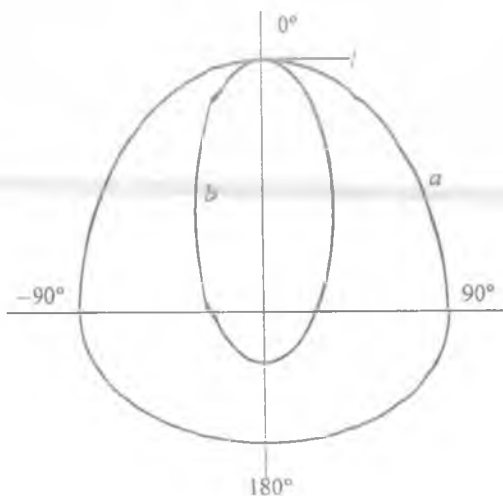
Kuzatuv nuqtasidagi umumiy bosim alohida  $p_i$  bosimlarning geometrik yig'indisiga teng, ya'ni:

$$p_{\theta\Sigma} = p_{\theta 1} + p_{\theta 1} e^{j\phi} + p_{\theta 1} e^{j2\phi} + p_{\theta 1} e^{j3\phi} + \dots$$

bunda  $p_{\theta 1}$  – kuzatuv nuqtasida yakka kallak rivojlantirayotgan tovush bosimi. Tovush kolonkalarining o'lchamlari past chastotalarda ham katta bo'lganligi sababli, u vertikal maydonida ham yo'nalganlik xususiyatiga ega bo'ladi.

Burchak  $\theta$  oshishi bilan tovush bosimi  $p_{\theta\Sigma}$  kamayadi. Chastota oshishi bilan kolonka o'lchamining to'lqin uzunligiga bo'lgan nisbati  $I = d(n-1)$  oshadi, natijada yo'nalganlik diagrammasi kuchayadi.

Yo'nalganlik diagrammasi yarimellipsni eslatadi (6.10-rasm).



6.10-rasm. Tovush kolonkasining gorizontal  $a$  va vertikal  $b$  yuzalardagi yo'nalganlik diagrammalari.

Chastota oshishi bilan yo'nalganlik diagrammasi oshadi va nurlanuvchi maydon kamayadi. Gorizontal maydonda yuqori chastotalarda yo'nalganlik diagrammasini kengaytirish uchun kolonkaga yana qo'shimcha akustik o'qlari  $60^\circ$  ga burilgan bitta, ayrim hollarda ikkita kallak o'rnatiladi.

Agar yo'nalganlik diagrammani vertikal yuzada oshirish zarurati tug'ilsa, unda ikki yoki uchta tovush kolonkalarni ustma-ust o'rnatishga to'g'ri keladi. Yo'nalganlik diagrammasi o'tkir bo'lganligi sababli, kolonkani o'rnatish balandligi shunday tanlanadiki, kolonkaning akustik o'qi tinglovchi qulog'i yuzasiga nisbatan  $5-10^\circ$  ni tashkil etsin. Shunda zalning birinchi qatorida tovush bosimi oshib ketmasligini nazorat etish kerak.

**Radial radiokarnaylar.** Ochiq maydonlarni ovozlashtirishda (ko'cha, hiyobon, maydon va h.k.) ayrim hollarda doira shaklidagi yo'nalganlik diagramma kerak bo'ladi. Bunday yo'nalganlik diagramma bir guruh elektrodinamik radiokarnaylarni doira bo'ylab o'rnatish hisobiga erishiladi. Ularning akustik o'qi pastga qarab  $45^\circ$  ostida o'rnatiladi. Kallaklar soni, odatda, 4 tadan 6 tagacha olinadi. Bunday radiokarnaylarning pastki qismida, odatda, doirasimon tovush qaytaruvchi to'siqlar o'rnatiladi.

#### 6.4. DIFFUZORLI RADIOKARNAYLAR

Diffuzorli radiokarnaylardagi mexanik harakatlanuvchi tizim, ya'ni diafragma mexanik tebranishlarni akustik tovush tebranishlarga o'zgartirib, uni atrof-muhitga nurlatish vazifasini o'taydi. Shuning uchun diafragma diffuzor, ya'ni sochuvchi deb, radiokarnay esa bevosita nurlatuvchi radiokarnay deb ataladi. Diffuzor murakkab shaklga ega bo'lgani uchun uni porshen kabi tebramayotgan yassi diafragma o'xshatish mumkin, bunday o'xshashlikka diffuzorni radiokarnay gilofiga mos ravishda birlashtirish bilan erishiladi: birinchidan, diffuzor egiluvchan bo'lishi, ikkinchidan akustik o'qi bo'ylab tebranishi kerak.

Tovush to'liqlarining nurlanish jarayoni sodda: diafragma o'zining tebranishida unga bevosita yondashgan muhit zarrachalarini tebratib, unda o'zgaruvchan siqilish va siyraklashish hosil qilib, muhitning qo'shni qatlamiga uzatadi, natijada, tovush tezligida harakatlanayotgan to'liq paydo bo'ladi. Gazsimon (va suyuq) muhit uzluksizligi prinsipida diafragmaning tebranish tezligi  $v_d$  va unga yondashgan muhit zarrachalari tezligi  $v_m$  bir xil bo'lishi kerak, ya'ni;  $v_d = v_m$ . Diafragma tebranishiga muhit qarshilik ko'rsatadi. Bu qarshilik **nurlanish** ( $z_{nur}$ ) **qarshiligi** deb, ataladi. Nurlanish qarshiligi diafragmaning mexanik  $z_{m_d}$  qarshiligiga qo'shiladi, ya'ni

$$F/v_m = z_{m_d} + z_{nur} = z_m. \quad (6.7)$$

Nurlanish qarshiligi aslida muhit bilan radiokarnay nurlatgich yuzasi tutashgan joydagi tovush to'liqining akustik qarshiligi

$$z_{nur} = \delta_{aR} S = R_{nur} + jX_{nur} \quad (6.8)$$

bunda,  $S$  – nurlatgich yuzasi,  $\delta_{aR}$  – nurlatgich yaqinidagi muhitning solishtirma akustik qarshiligi. To'la nurlanish quvvati:

$$P_{nur} = v_d^2 \cdot z_{nur}. \quad (6.9)$$

Umumiy holda nurlanish quvvati aktiv – cheksizlikka ketuvchi energiya quvvati va reaktiv – tovush maydonida hosil bo'lib, energiya zahirasini belgilovchi tarkiblardan iborat.

Nurlanish qarshiligining reaktiv tashkil etuvchisi **inersion** (kiritilgan) **qarshilik**  $\omega m_{kir}$ , boshqacha qilib aytganda, kiritilgan havo massasi qarshiligi  $m_{kir}$ :

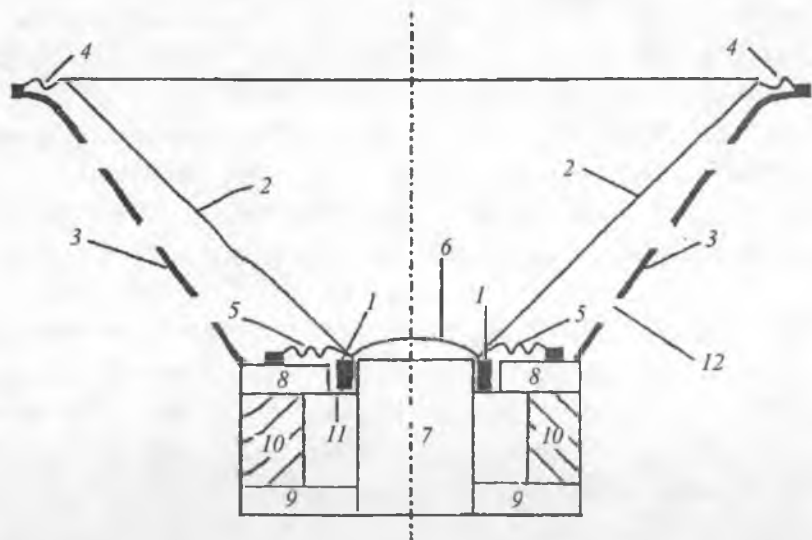
$$m_{kir} = \rho SR / \left( \frac{\omega^2 R^2}{c^2} + 1 \right). \quad (6.10)$$

Nurlatgichning massasi shu qiymatga oshgandek bo'ladi va shuning uchun u birga **qo'zg'aluvchi massa** deyiladi.

Endi to'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi diffuzorli elektrodinamik radiokarnayning konstruktiv tuzilishi va ishlash prinsipi bilan



tanishib chiqamiz. To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi elektrodinamik radiokarnayning konstruktiv tuzilishi 6.11-rasmda keltirilgan.



6.11-rasm. To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi elektrodinamik radiokarnayning konstruktiv tuzilishi,

- 1 – tovush g'altagi; 2 – diffuzor; 3 – diffuzor ushlagich (qobiq); 4 – gofirovkalangan ilgich; 5 – gofirovkalangan markazlashtiruvchi shayba; 6 – qubbasimon qalpoq; 7 – magnet o'zagi; 8, 9 – pastki va yuqori gardishlar; 10 – o'zgarmas magnet; 11 – halqasimon tirqish; 12 – orqa tomonga nurlatish tirqishi.

Diffuzorli elektrodinamik radiokarnayning ishlash prinsipi dinamikli mikrofon ishlash prinsipiga o'xshash. Magnet o'zak 7 va yuqori gardish 8 orasida halqasimon tirqish 11 bo'lib, unda erkin, vertikal qo'zg'aluvchi tovush g'altagi 1 joylashtirilgan. Radial magnet maydonda joylashgan simli g'altak 1 dan o'zgaruvchan tok o'tkazilganda paydo bo'ladigan ta'sir kuch  $F = Vli$  teng, bunda  $V$  – halqasimon tirqishdagi magnet induksiya;  $l$  – tovush g'altagi simi uzunligi;  $i$  – tovush g'altakdan oqayotgan tok.

Bu kuch tovush g'altagi 1 ning bir uchi qobiq 3 ning tashqi chekkalariga gofirovkalangan ilgich bilan, ikkinchi uchi gofirov-

kalangan markazlashtiruvchi «shayba» 5 bilan yuqori gardish 8 ga mahkam biriktirilgan diffuzor 2 ni harakatga keltiradi. Buning natijasida diffuzor akustik o'qi bo'yicha tebranadi. Halqasimon o'zgarmas magnit 10 yuqori, pastki gardishlar 8, 9 va magnit o'zagi 7 orasida o'zgarmas magnit maydoni paydo bo'ladi.

Tovush g'altagi va mustahkamlovchi moslamalardan iborat qo'zg'aluvchi mexanik tizimni, past va o'rta chastotalarda bir butun tebranish tizimi deb, ko'rish mumkin, ya'ni, barcha tebranish tizimi massalari  $m$ , birga qo'zg'aluvchi massa  $m_{kir}$ , uchta ketma-ket ulangan egiluvchanlik (ilmoq egiluvchanligi  $S_1$ , gofrirovkalangan markazlashtiruvchi shayba egiluvchanligi  $S_2$ , va havo egiluvchanligi  $S_3$ ); uchta aktiv qarshilik (g'altakning tirqishdagi havoga ishqalanish qarshiligi  $r_1$ , markazlashtiruvchi shayba, ilgich va diffuzordagi mexanik yo'qolish qarshiligi  $r_2$  hamda nurlanish qarshiligi  $r_{nur}$ ) dan iborat tebranish tizimi deb hisoblash mumkin. Bu holda mexanik qarshilik

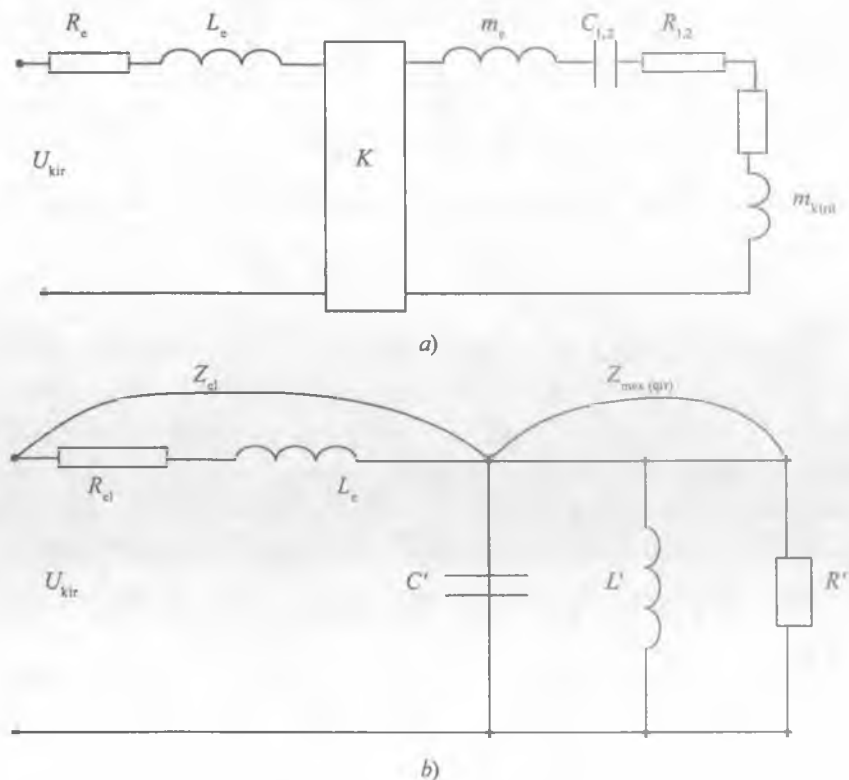
$$\begin{aligned} z_m &= (r_1 + r_2 + r_{nur}) + j\omega(m_d + m_{kir}) + \frac{1}{j\omega} \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) = \\ &= r_m + j\omega m + \frac{1}{j\omega C_m}. \end{aligned} \quad (6.11)$$

Diffuzor membrana kabi bukilmassligi uchun unga maxsus shakl beriladi. Diffuzor qattiqligini oshirish maqsadida u doirasimon yoki elliptik konus shaklida yasaladi. Shunga qaramasdan yuqori chastotalarda diffuzor membrana kabi tebranadi, ya'ni to'lqin diffuzor markazidan uning chetiga tomon tarqaladi. Shuning uchun mexanik tebranish tizimini past va o'rta chastotalar uchun parametrlari mujassamlangan tizim sifatida va yuqori chastotalar uchun parametrlari tarqoq tizim sifatida alohida-alohida ko'rish lozim.

Radio-karnayning elektr kirish qarshiligi  $Z_{EK}$  g'altakning xususiy  $z_g$ , va  $z_{kir}$  kiritilgan qarshiliklar yig'indisi bilan aniqlanadi, ya'ni;

$$Z_{ck} = z_g + z_{kir}. \quad (6.12)$$

Radiokarnayning xususiy qarshiligi g'altakning aktiv  $R_e$  va induktiv  $L_e$  qarshiliklaridan iborat. Kiritilgan qarshilik esa, to'la mexanik qarshilik  $z_m$  va elektromexanik bog'lanish koeffitsiyenti  $K_{cmb} = Vl$  bilan aniqlanadi. 6.12-rasmda elektrodinamik radiokarnayning kirish qarshiligi sxemalari keltirilgan.



6.12-rasm. Diffuzorli elektrodinamik radiokarnayning kirish qarshiligi sxemalari:  
 a) elektromexanik o'xshashlik sxemasi; b) elektr ekvivalent sxemasi.

6.12-b rasmdan kiritilgan qarshilik:

$$z_{kir} = B^2 l^2 / z_m = B^2 l^2 \left( r_m + j\omega m + \frac{1}{j\omega C_m} \right). \quad (6.13)$$

Kiritilgan qarshilikni kiritilgan o'tkazuvchanlik bilan almash-tiramiz:

$$\frac{1}{z_{kir}} = Y_{kir} = \frac{r_m}{B^2 l^2} + \frac{j\omega m}{B^2 l^2} + \frac{1}{j\omega C_m B^2 C^2}. \quad (6.14)$$

Quyidagi belgilanishni kiritamiz:

$$R' = B^2 l^2 r_m; \quad C' = m B^2 l^2 \quad \text{va} \quad L' = C_m B^2 l^2. \quad (6.15)$$

Bu holda, umumiy o'tkazuvchanlik

$$Y_{kir} = \frac{1}{R'} + j\omega C' + \frac{1}{j\omega C'}. \quad (6.16)$$

Uchta o'tkazuvchanlik  $R'$ ,  $C'$  va  $L'$  parallel ulangan. Shuni aytib o'tish kerakki, elektr-ekvivalent sxemada inersion qarshilik sig'im ekvivalentiga mos, egiluvchanlik qarshiligi induktiv ekvivalentiga mos.

Radiokarnay kirishidagi signal chastotasi  $f=0$  bo'lganda uning to'la kirish qarshiligi moduli  $|Z|=R_c$  ga teng. Chastota oshgan sari radiokarnay mexanik qismining induktiv qarshiligi oshaboradi, radiokarnay diffuzorining tebranish amplitudasi ham oshadi va mexanik rezonans sodir bo'ladi.

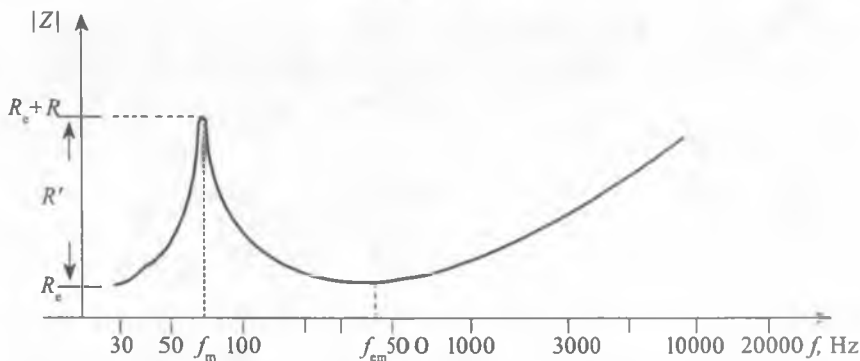
Mexanik tizimning rezonans chastotasi parallel kontur elementlari bilan aniqlanadi, ya'ni:  $f_m = \frac{1}{2\pi} \sqrt{L'C'}$ . Bu chastotada radiokarnay diffuzori maksimal amplituda bilan tebranib, uning to'la kirish qarshiligi moduli maksimum qiymatga ega bo'ladi, ya'ni tovush g'altagining aktiv va kiritilgan reaktiv qarshiliklari yig'indisiga teng:

$$|Z| = R_c + R' \quad (6.17)$$

(6.13-rasmga qarang).

Mexanik rezonans chastotasidan yuqori chastotalarda g'altakning to'la kirish qarshiligi moduli qiymati radiokarnay mexanik qismining elastikligi oshishi hisobiga radiokarnay aktiv qarshiligi qiymatigacha kamayadi va 150÷400Hz chastotalarda ketma-ket  $C'$   $L_c$  elementlar rezonansi sodir bo'ladi:

$$f_m = \frac{1}{2\pi} \sqrt{L'C'} \quad (6.18)$$



6.13-rasm. Elektrodinamik radiokarnay to'la kirish qarshiligi modulining chastotaga bog'liqlik grafi.

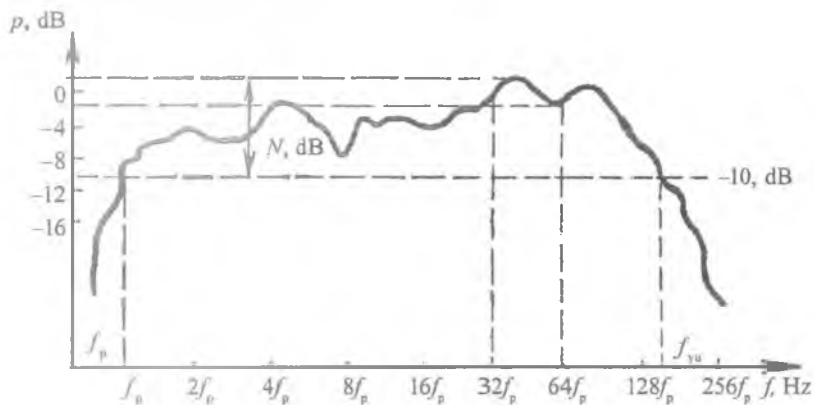
bu chastota **elektromexanik rezonans chastotasi** deyiladi. Elektromexanik rezonans chastotada radiokarnayning to'la kirish qarshiligi moduli qiymati minimal  $R_c$  qiymatgacha kamayadi, ammo undan kichik bo'lmaydi.

Elektromexanik chastotadan yuqori chastotalarda  $L_c$  oshishi hisobiga to'la kirish qarshiligi moduli oshadi (6.13-rasm).

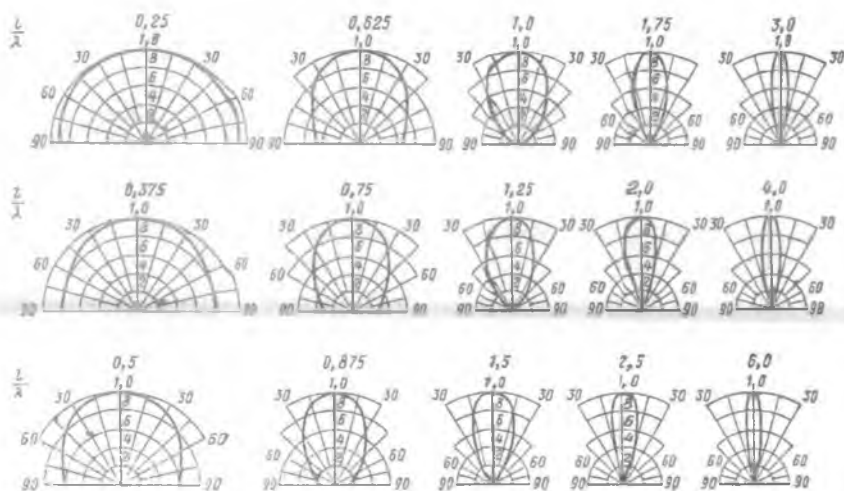
Rasmdan ko'rinib turibdiki, mexanik rezonans radiokarnay sezgirligi nochiziqiligini oshiradi, mexanik rezonansdan pastki chastotalarda esa uning sezgirligi keskin pasayadi.

Radiokarnay sezgirligi qo'zg'aluvchi tizim massasiga bog'liq bo'lganligi tufayli, mexanik rezonans chastotasini pasaytirish uchun diffuzorning egiluvchanligini oshirish zarur. Bu yo'l bilan sezgirlikni oshirish diffuzor tebranishidagi barqarorlikning buzilishi bilan cheklanadi. Demak, signalni uzatish pastki chastota diapazoni 50 ÷ 60 Hz dan past bo'lmas ekan, ko'pchilik hollarda bu ko'rsatgich 70 ÷ 80 Hz ni tashkil etadi. 6.14-rasmda diffuzorli elektrodinamik radiokarnay sezgirligining chastotaviy tavsifi keltirilgan. Yuqori

chastotalarda radiokarnay sezgirlik xarakteristikasida juda ko'p cho'qqi va cho'kmalar paydo bo'ladi.



6.14-rasm. Diffuzorli elektrodinamik radiokarnay sezgirlikning chastotaviy xarakteristikasi.



6.15-rasm.

Odam eshitish a'zosi katta inersionlikka ega bo'lganligi tufayligina, bu cho'qqi va cho'kmalarni sezmaydi. Yuqori chastotalarda radiokarnay sezgirlikni tovush g'altagi induktivligini kamay-

tirish yo'li bilan, masalan, Fuko toklari yordamida oshirish mumkin. Buning uchun magnit o'zakka halqasimon qalpoqcha kiygiziladi. Radiokarnaylarning yo'nalganlik diagrammasi, mikrofonlardek xarakteristika va yo'nalganlik diagrammasi, ya'ni akustik o'q va turli yo'nalishdagi nurlatish burchagiga bog'liqligi bilan baholanadi. 6.15-rasmda nurlatgichlarning turli o'lcham nisbatlari va tovush to'lqin uzunligi uchun yo'nalganlik diagrammalari keltirilgan.

#### 6.5. ELEKTRODINAMIK RADIOKARNAYLARDA NOCHIZIQLI BUZILISHLAR

To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi radiokarnaylarda nochiziqli buzilishlarning asosiy sababi, diffuzor ilgichning nochiziqli elastikligi va ishchi tirqishdagi magnit maydonning o'qi bo'yicha bir jinsli emasligi. Past chastotalarda konus katta amplituda bilan siljiydi, natijada tashqi gardish va markazlashtiruvchi shayba rivojlantirayotgan elastik kuch ilgichning elastik deformatsiyasiga nisbatan tezroq oshadi. Buning natijasida paydo bo'ladigan nochiziqli buzilishlar simmetrik bo'lib, 400 Hz chastotali nominal quvvatda garmonikalar koeffitsiyenti 3–4% tashkil etib, past chastota tomon oshib boradi. Ishchi tirqishdagi magnit maydonning bir jinsli emasligi bilan bog'liq bo'lgan buzilishlar tovush g'altagi egallagan uzunligidagi magnit maydoni induksiyasi  $V$  belgilaydigan elektromexanik bog'lanish koeffitsiyenti ( $VI$ ) bilan belgilanadi. Agarda magnit maydoni o'q bo'yicha bir jinsli bo'lmasdan tirqish qirralari tomon kamaysa, siljish tizimi o'rtacha holatidan u yoki bu tomonga siljiganda, tovush g'altagi bilan ilashgan maydon induksiyasi kamayadi, mos holda elektromexanik bog'lanish koeffitsiyenti ham kamayadi. Bu holat keltirib chiqaradigan sinusoidal signalning buzilishi juda ham kam. Agarda radiokarnay bir vaqtda ikkita signalni nurlatsa: g'altak past chastotada katta

amplituda bilan, yuqori chastotada kichik amplituda bilan qo'zg'alsa, unda ahvol birmuncha o'zgaradi. Amplituda bo'yicha modulatsiyalangan past chastota tebranishlari elektromexanik bog'lanish koeffitsiyentini o'zgartiradi. Bu eshittirish signali spektrida nochiziqli buzilishlarga olib keladi. Nochiziqli buzilishlarning boshqa bir sababi, radiokarnay diffuzori katta amplituda bilan tebranganda tebranishlarda eshittirish kallagi siljish tizimini mustahkamlash elastikligining o'zgarishidir. Nochiziqli buzilishlarning uchinchi sababi, diffuzor konusining parametrik tebranishi bilan belgilanadi.

G'altak o'ng tomonga elektrodinamik kuch  $F$  ta'sirida siljiganda diffuzor konusi asosi siqiladi, natijada u egiladi. Faraz qilaylik, g'altakdagi tokning birinchi (musbat) yarim davrida konus ichki tomonga egildi (6.16-rasm, 1-holat). Ikkinchi yarim davrida esa kuch  $F$  ning yo'nalishi teskari tomonga o'zgaradi, g'altak esa chap tomonga siljiydi, natijada konus asosi tashqi tomonga siljib uzayadi. Keyingi yarim davrda yana konus asosining siqilishi kuzatiladi, konus endi tashqi tomonga egiladi, chunki uzayishdan so'ng uning o'rtasi inersiya bo'yicha statsionar holatidan o'tib ketadi.

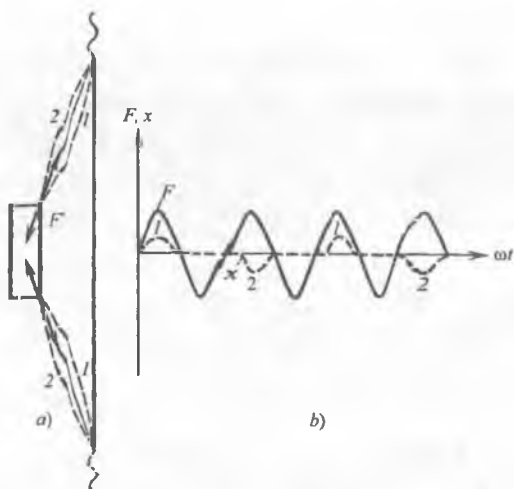
Keyingi uzayishdan so'ng konus yana ichki tomonga egiladi va h.k (6.16-rasm).

Shunday qilib, g'altakdagi tokning ikki davrida diffuzor asosi ko'ndalangiga bir davr tebranadi, ya'ni tebranishlar subgarmonikalarda bo'ladi.

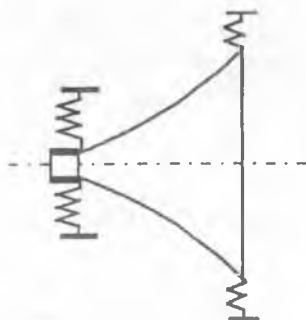
Akustik signal spektrida chastotalari g'altakdagi tok chastotasidan ikki marta kichik spektr tarkiblari paydo bo'ladi. Bu eshittirilayotgan tovushdan keskin ajraladigan tinglovchilarga titroq sifatida eshitiladigan qo'shimcha tovushlar paydo bo'ladi (6.16-b rasm).

Bunday buzilishlarni yo'qotish yoki kamaytirish maqsadida konus asosi bukiladi. Asosi bukilgan diffuzor ko'ndalang siqilganda, u bukilgan tomonga egiladi (6.17-rasm).





6.16-rasm. Radiokarnay diffuzor ushlagichdagi parametrik tebranishlar.



6.17-rasm. Diffuzor asosi bukilgan radiokarnay.

## 6.6. ELEKTRODINAMIK RADIOKARNAYLARDA CHASTOTAVIY BUZILISHLAR

Chastotaviy buzilishlar, asosan, past chastotalarda, akustik qisqa tutashuv natijasida ro'y beradi. 6.4-rasmda  $f_1$  chastotagacha kallak nurlanmasligi ko'rsatilgan. Teskari to'lqin kallakni aylanib o'tib, uni butunlay so'ndiradi, chunki ularning fazalari bir-birlariga teskari. Akustik qisqa tutashuvni yo'qotish yoki kamaytirish maqsadida, kallaklar maxsus yopiq quti, ekran yoki fazainvertoriga o'rnatilib, akustik jihozlanadi. Ammo har qanday akustik jihozlashda ham radiokarnayning pastki chastota diapazoni kallakning mexanik rezonansi  $\omega_0$  bilan cheklangan. Pastki chastotalarni yaxshi eshit-

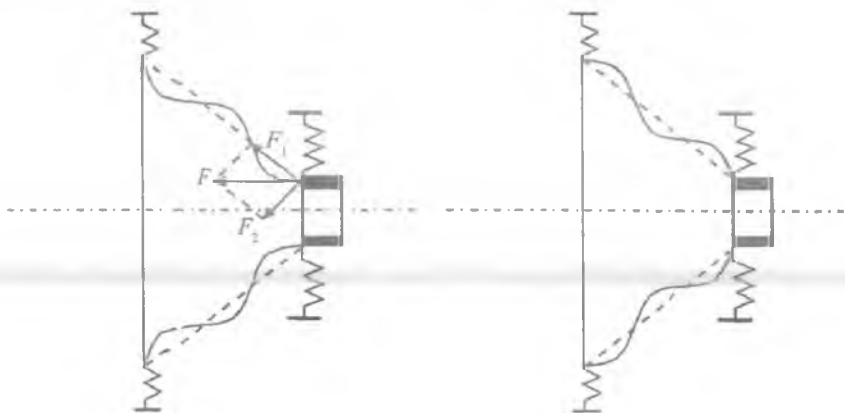
tirish uchun rezonans chastotasi  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{mc_0}}$  pasaytirish kerak.

Rezonans chastotani qo'zg'aluvchi tizim massasi  $m$  oshirish hisobiga kamaytirish samara bermaydi, chunki bu usul kallak sezgirligini pasayishiga olib keladi. Shuning uchun rezonans chastotani pasaytirish uchun markazlashtiruvchi shayba va diffuzorning

yuqori uchidagi gofri elastikligini oshirish kerak. Elastiklikni oshirish qo'zg'aluvcchi tizimning ishlash barqarorligiga bog'liq. Barqarorlikning buzilishi natijasida tovush g'altagi gorizontaal siljib, tirqish devorlariga ishqalanishi mumkin. Bu buzilishlarga sabab bo'ladi. Keng polosali kallaklarda mexanik rezonans chastotasi  $60 \div 80$  Hz, past chastotali kallaklarda esa  $20 \div 50$  Hz ni tashkil etadi.

Diffuzor qattiq porshen kabi ishlaydi g'oyasi faqat past va qisman o'rta chastotalarda haqli, yuqori chastotalarda esa, uning mustahkamligi susayib, bir necha nurlanuvchi zonalarga bo'linadi. Agar elektrodinamik g'altakning akustik o'qi bo'yicha berilgan  $F$  kuch 6.18-rasmida ko'rsatilganidek ikkita:

- $F_1$  kuch diffuzor bo'ylab (bo'ylama);
- $F_2$  kuch diffuzorga to'g'ri burchak ostida ko'ndalang tarkibga ajratilishi mumkin.



6.18-rasm. Diffuzorning sirt yuza chizig'ida ko'ndalang to'liqlarning paydo bo'lishi.

Diffuzor  $F_1$  kuch ta'sirida cho'ziladi va siqiladi, natijada diffuzor ichki va tashqi tomonlarga bukiladi. Bunday bukilish natijasida nochiziqli buzilishlar paydo bo'ladi. Agar tebranish chastotasi past

bo'lsa, unda to'liq uzunligi diffuzor o'lchamidan ancha katta bo'ladi.

Shuning uchun diffuzorning barcha nuqtalari bir xil amplituda va fazada tebranadi, ya'ni diffuzor bir butun porshen kabi tebranadi, tebranish chastotasi yuqori bo'lsa, diffuzor yuzasidagi nuqtalar turli amplituda va fazada tebranadi.

Diffuzor yuzasi teskari fazada doirasimon tebranayotgan bir necha zonalariga bo'linadi. Bunday chastotalarda nurlatayotgan akustik quvvat teskari fazalarda tebranayotgan zonalar yuzasi va soniga bog'liq bo'ladi.

Shuni aytish kerakki, bir zona nurlatayotgan tebranishlarni ikkinchi zona tebranishlari u yoki bu darajada so'ndiradi. Bu kallak tavsifning yuqori chastotalarida bir qator cho'qqi va cho'kmalar paydo bo'lishiga olib keladi

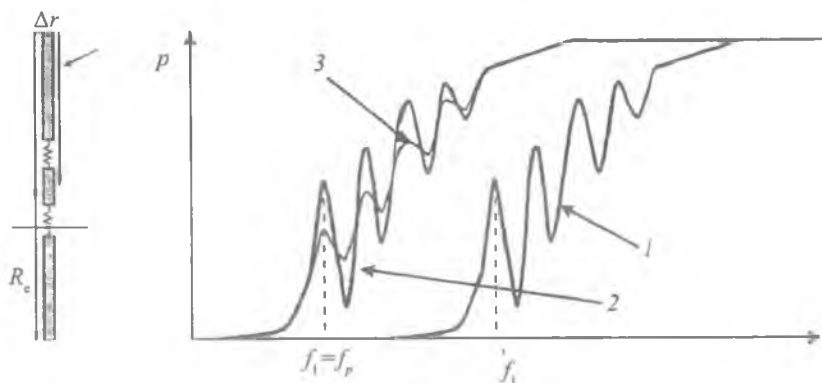
Yuqori chastotalarda chastota buzilishining yana bir sababi elektromexanik rezonans chastotada tovush g'altaning induktiv qarshiligi oshadi, natijada kallakning to'la kirish qarshiligi  $z_{kir}$  ham oshadi.  $z_{kir}$  oshsa, kallakni ta'minlayotgan quvvat kamayadi, demak, akustik quvvat ham kamayadi. Shunday qilib, o'rtaacha o'lchamdagi elektrodinamik radiokarnay 500 ÷ 800 Hz dan to 5000 ÷ 6000 Hz gacha bo'lgan diapazonda ishlay oladi, bu chastota diapazoni yuqori sifatli eshittirishlarni ta'minlay olmaydi.

## 6.7. TO'G'RIDAN TO'G'RI NURLATUVCHI RADIOKARNAYLARNING CHASTOTA DIAPAZONINI KENGAYTIRISH USULLARI

**Pastki chastotalar sohasi.** Yuqorida aytib o'tilganidek, pastki chastotalarda bo'ladigan buzilishlarning asosiy sababi – akustik qisqa tutashuv. U bilan kurashish maqsadida radiokarnaylar turlicha akustik jihozlanadi. Ulardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

**Akustik ekran.** Bu turdagi akustik jihozlash ma'lum o'lchamdagi shit bo'lib, unga nurlatuvchi kallak o'rnatilgan (6.18-rasm). Bunday ekranning qo'llanilish g'oyasi shundaki, uning

yordamida teskari to'liqin yo'li  $\Delta r$  shunday oshirish kerakki, birinchi tebranish ( $f_1$  chastota, 6.4-rasm) ishchi diapazonning pastki chastotasi  $f_p$  da bo'lsin. Shunda 6.19-rasmda keltirilgan chastota tavsifi grafigi (1 egri chiziq) past chastotalar tomon chapga siljib,  $f_p$  va  $f_1$  mos tushadi.

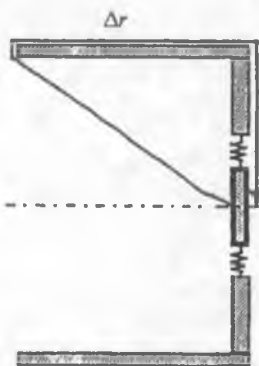


6.19-rasm. Nurlatuvchi kalakning chastota tavsiflari:

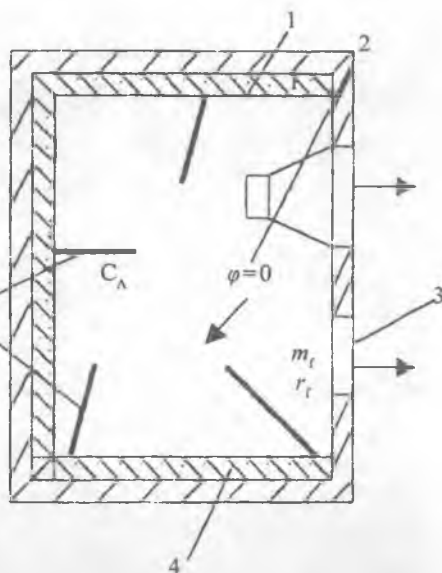
1 – ekransiz; 2 – kallak simmetrik ekranda; 3 – kallak nosimmetrik ekranda.

Aytaylik, 50 Hz chastotani samarali nurlatish uchun dumaloq ekran radiusi  $R_c = \lambda/4 = 6,8/4 = 1,7$  m ga teng bo'lishi kerak. Tabiiyki, bunday o'lcham o'ta noqulay. Shuning uchun kichik o'lchamli ekranlar qo'llaniladi. Ekranlarning o'lchamini kichraytirish maqsadida uning orqasi ochiq quti sifatida bajariladi (6.20-rasm). Bunday ekranlarga televizor va radioqabulqilgich qutilari kiradi.

**Fazainvertor.** Past chastotalarda – radiokarnay sezgiriligini fazainvertor yordamida oshirish mumkin. Fazainvertor (6.21-rasm), maxsus o'lchamli quti 1 bo'lib, unga radiokarnay 2 o'rnatilgan, qutining old tomonida radiokarnay yuzasiga teng teshik 3 bor, nurlatgichning orqa tomonga nurlatayotgan to'liqlari tashqariga shu teshikdan chiqadi. Qutining hajmi va teshigi parallel ulangan quti egiluvchanligi  $S_q$ , massasi  $m$ , va qarshilik  $r_f$  iborat rezonatorni tashkil etadi, 6.22-a rasm.



6.20-rasm. Radiokarnay simmetrik ekranda.



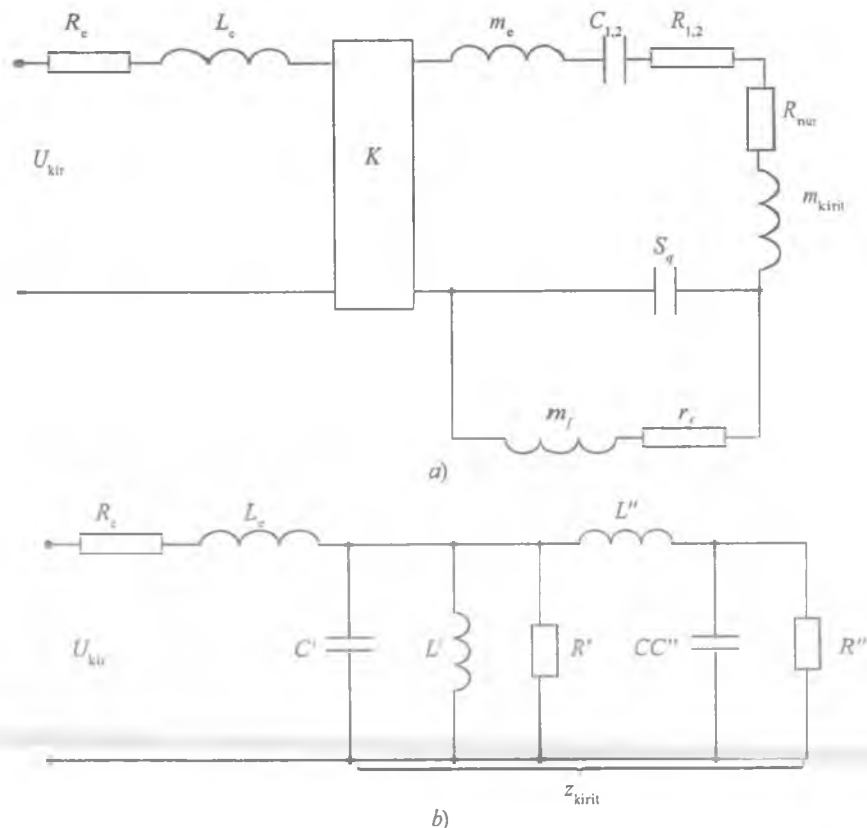
6.21-rasm. Elektro dinamik radiokarnay fazainvertorda: 1 - quti; 2 - radiokarnay; 3 - invertor tirqishi; 4 - tovush so'n'diruvchi materiallardan ichki qoplama; 5 - to'siqlar.

$m_f$  – tashqi muhit bilan birgalikda tebranayotgan quti teshigidagi havo massasi,  $g_f$  – aktiv qarshilik, bu qarshilik quti ichidagi havo massasini, quti teshigi devorlariga ishqalanish va nurlanish qarshiligini o'z ichiga oladi.

Qutining ichki devorlari so'ndiruvchi materiallar bilan qoplanadi. Radiokarnay old nurlanish fazasini fazainvertori tirqishidan chiqayotgan nurlatish fazasiga moslash maqsadida quti devorlariga maxsus to'siqlar o'rnatiladi. Bunday rezonator chastotasini qo'zg'aluvchi tizimning mexanik rezonans chastotasini  $\omega_m$  ga teng tanlaydilar. Natijada, ikkita ketma-ket rezonansli ( $m_d + m_{kir}$ );  $C_{1,2}$  ( $r_{1,2} + R_{nur}$ ) va parallel  $S_q$ ,  $m_f$ ,  $r_f$  elementlardan iborat mexanik rezonans tizimiga ega bo'lamiz (6.22-a rasm).

6.22-b rasmda radiokarnay elektr kirish qismiga keltirilgan ekvivalent sxema ko'rsatilgan. Bu sxemani 6.22-b rasm bilan solishtirganda qo'shimcha  $L'' = B^2 P C_q$ ,  $S'' = m_f / V^2 P$  va  $R'' = V^2 P / g_f$

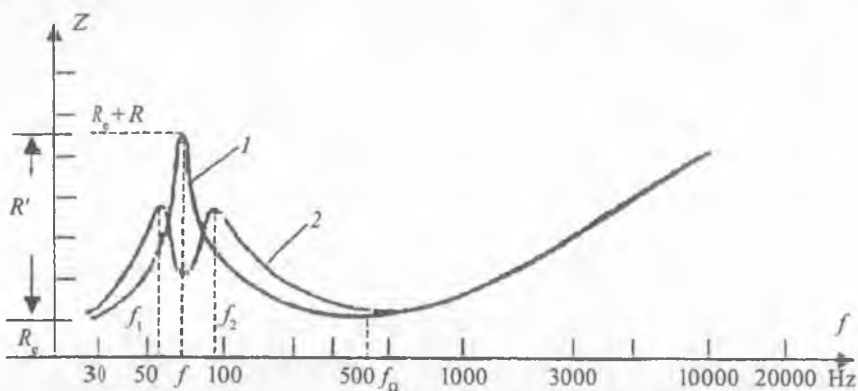
zvenolar paydo bo'lganligini ko'ramiz. 6.22-rasmda fazainvertorsiz va fazainvertordagi elektrodinamik radiokarnayning to'la kirish qarshiligi modulining chastota tavsiflari keltirilgan.



6.22-rasm. Fazainvertordagi radiokarnayning kirish qarshiligi o'xshashlik sxemalari: a) elektromexanik sxemasi; b) elektr-ekvivalent sxemasi.

Radiokarnay fazainvertoriga joylashtirilganda, uning to'la kirish qarshiligi modulining chastota tavsifi ikki o'rkachli egri chiziq ko'rinishida bo'ladi, ya'ni radiokarnay mexanik chastota rezonansidan pastda  $f_1$  va undan yuqori  $f_{el.mcx}$  chastotalarda ikkita cho'qqi hosil bo'ladi.

Shuning uchun radiokarnay kirish qarshiligi mexanik rezonansida cho'kma va undan past va yuqori chastotalarda esa ikkita cho'qqi paydo bo'ladi (6.23-rasmdagi 2 egri chiziq).



6.23-rasm. Radiokarnayning to'la kirish qarshiligi modulining chastota tavsifi:  
1 – fazainvertorsiz; 2 – fazainvertorda.

Pastki  $f_1 < f_{\text{mex}}$  rezonans radiokarnay qo'zg'aluvchi tizimining  $S_{1,2}$  egiluvchanligi va  $m_f$  massasi bilan, yuqori  $f_{\text{cl.mex}} > f_{\text{mex}}$  – esa, qo'zg'aluvchi tizimning barcha massasi  $m$  va quti ichidagi havo egiluvchanligi  $S_q$  bilan aniqlanadi. Rezonansning  $f_1$  chastotada paydo bo'lishi uzatish diapazoni pastki chegarasini birmuncha kengaytiradi. Bundan tashqari,  $f_{\text{cl.mex}}$  rezonans chastotada quti teshigidagi tebranish fazasi quti yuzasidagi diffuzor tebranishi fazasi bilan mos bo'ladi, ya'ni inverter fazani  $180^\circ$  ga buradi, diffuzorning old va orqa tomonlaridagi nurlanuvchi to'lqin fazalari  $180^\circ$  farqlanadi. Buning natijasida diffuzorning orqa tomonga nurlanishi old nurlanishga qo'shiladi. Mexanik chastota rezonansida inverter fazani faqat  $90^\circ$  ga buradi, shuning uchun orqa tomonga nurlanish energiyasi old tomon nurlanishiga ozroq qo'shiladi,  $f_1$  chastotada esa umuman qo'shilmaydi. Shuning uchun fazainvertor radiokarnayning standart bosimini mexa-

nik rezonansdan past ( $f_0 < f < f_1$ ) chastotalarda 3÷5 dB ga oshiradi.

Diffuzorli radiokarnaylarning foydali ish koeffitsiyenti mexanik tizimi qarshiligi havoning akustik qarshiligi bilan moslashmaganligi tufayli juda kichik,  $\eta = 0,3 \div 0,7\%$  xolos.

Radiokarnay sezgirligi chastota xarakteristikasi notekisligini kamaytirish, foydali ish koeffitsiyenti oshirishning bir necha usullari mavjud, ulardan: ikki diffuzorli radiokarnay, ruporli konstruksiya, seksiyalangan rupor, tovush kolonkalari, past, o'рта va yuqori chastota polosali filtrlardan foydalanish, tovush g'altagini demperlash va boshqa usullari mavjudki, ularni qo'llash natijasida radiokarnay texnik ko'rsatgichlari birmuncha yaxshilanadi.

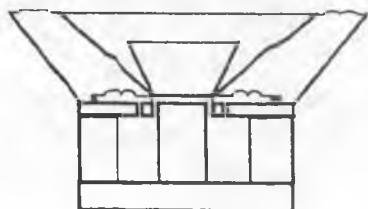
**Yuqori chastotalar sohasi. Ikki konusli kallaklar.** Yuqori chastotalarda ishchi chastota diapazonini kengaytirish maqsadida ikki konusli kallaklar qo'llaniladi (6.24-rasm). Kichik diffuzorga maxsus ishlov berilishi va konus burchagining kichikligi tufayli uning konstruksiyasi qattiq. Past chastotalarda ikkala konus bir butundek ishlaydi 600÷1000 Hz dan boshlab yuqori chastotalarda katta diffuzor yuzasi sekin-asta zonalarga bo'linib, kichik amplitudada tebrana boshlaydi. Eng yuqori chastotalarda katta diffuzorning tovush g'altagiga yaqin zonalari samarali qo'zg'ala boshlaydi va qo'g'alish sekin-asta yuqori chastotali (kichik) diffuzorga o'tadi.

Shunday konstruksiya hisobiga samarali nurlanish chastota diapazonini 12÷15 kHz gacha kengaytirish mumkin.

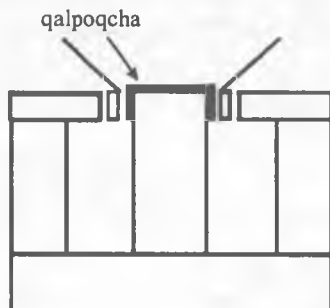
**Tovush g'altagining induktiv qarshiligini kompensatsiyalash.** Tovush g'altagining induktiv qarshiligi oshishi effektining oldini olish maqsadida, kernning yuqori qismiga misdan yasalgan qalpoqcha kiygiziladi (6.25-rasm). Qisqa tutashgan qalpoqcha tovush g'altagi bilan induktiv bog'langan. Qalpoqchada ilashgan o'zgaruvchan tok hosil qilgan magnit oqimi tovush g'altagi toki hosil qilgan magnit oqimiga qarama-qarshi yo'naltirilgan. Bu



tovush g'altagi induktivligining kamayishiga ekvivalentdir. Past chastotalarda o'zaro induksiyaning elektr yurituvchi kuchi kichik va qalpoqcha g'altak qarshiligiga qech qanday ta'sir ko'rsatmaydi.



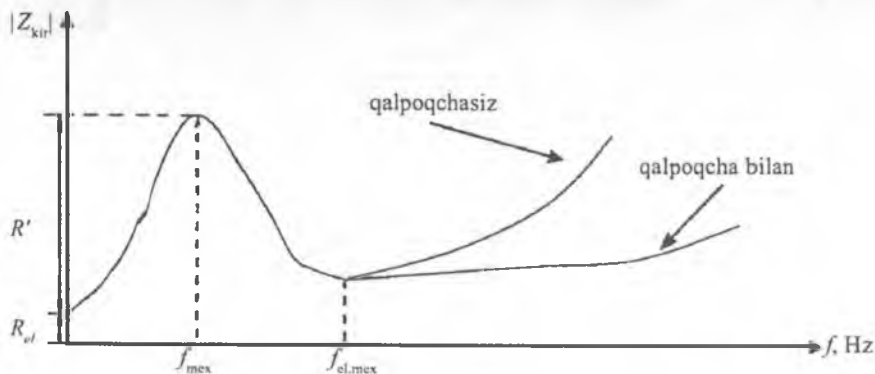
6.24-rasm. Qo'shimcha, yuqori chastota diffuzorli kallak.



6.25-rasm. Kern uchidagi qalpoqcha.

Chastota oshishi bilan o'zaro induksiya EYK ortadi, qalpoqcha hosil qilayotgan magnet oqimi ham oshadi. Natijada, tovush g'altagining induktiv qarshiligi sezilarli kamayadi. Kompensatsiyalovchi qalpoqchani qo'llanilishi tovush bosimini 2 kHz dan boshlab 5 ÷ 7 dB ga oshiradi.

Kallakning kirish qarshiligi chastota tavsifiga kompensatsiyalovchi qalpoqchani ta'siri 6.26-rasmda keltirilgan.

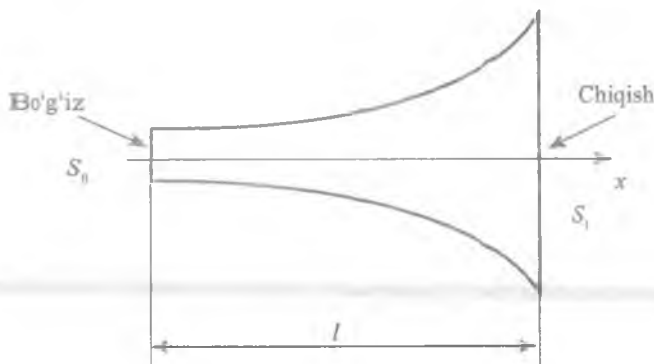


6.26-rasm. Kallak kirish qarshiligining chastota tavsifiga kompensatsiyalovchi qalpoqchani ta'siri.

## 6.8. RUPORLI RADIOKARNAYLAR

**Ruporning xususiyati va belgilanishi.** To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi kallaklarning asosiy kamchiligi ularning foydali ish koeffitsiyentining kichikligida, ya'ni  $\eta = 0,3 \div 0,7\%$  ni tashkil etadi xolos. Buning sababi, kallak siljувchi tizimi mexanik qarshiligining yuklama qarshiligi bilan moslashmaganligida. To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi kallaklar kichik zal yoki xonalarda ishlaganda uning kichik FIK sezilmaydi, ammo katta zallarni, maydonlarni ovozlashtirganda katta quvvatli radiokarnaylar talab etiladi. Bunday vaziyatda katta FIK ga ega bo'lgan radiokarnaylar zarur. Bularga ruporli radiokarnaylar mos keladi. Rupor kallakning mexanik qarshiligini atrof-muhit qarshiligi bilan moslashtiradigan qurilma.

**Rupor deb,** o'zgaruvchan kesimli qattiq trubaga aytiladi (6.27-rasm).



6.27-rasm. Eksponensial rupor:  $S_0$  – rupor bo'g'izi yuzasi;  
 $S_1$  – ruporning chiqish yuzasi;  $l$  – rupor uzunligi.

Ko'ndalang kesimi turli qonun bilan o'zgaradigan qonuni bo'yicha o'zgaradigan ruporlar qo'llaniladi. Eng ko'p tarqalgani eksponensial ruporlardir, ularning ko'ndalang kesimi eksponensial qonun bo'yicha o'zgaradi

$$S = S_0 e^{\beta x}. \quad (6.19)$$

$\beta = \frac{1}{s} \frac{dS}{dx}$  – uzunlik o'lchamiga ega bo'lib, ruporning kengayish ko'rsatkichi deb ataladi.

Eksponensial ruporda to'liqin tarqalishi faza tezligi  $V_\varphi$  chastota bilan quyidagicha bog'liq:

$$V_\varphi = \frac{A}{\sqrt{1 - \left(\frac{\beta A}{2\omega}\right)^2}} = \frac{A}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{kr}}{\omega}\right)^2}} \quad (6.20)$$

$\omega_{kr} = \frac{\beta A}{2}$  – ruporning kritik chastotasi;  $s$  – tovush tezligi.

Ruporda to'liqin jarayoni  $\omega_{kr}$  kritik chastotalardan yuqori joylashgan chastotalardagina bo'lishi mumkin, chunki  $\omega = \omega_{kr}$  bo'lganda faza tezligi cheksiz,  $\omega < \omega_{kr}$  bo'lganda esa mavhum bo'ladi. Bu ruporda to'liqin jarayoni bo'lmasligini anglatadi, chunki muhit zarrachalari fazali tebranishda bo'ladi. Aslida rupordagi havo bir butundek tebranadi. Rupor bu chastotalarda atrof-muhitga energiya tarqatmaydi, aksincha, uni mexanik tizimga qaytaradi. Chastota oshishi bilan ( $\omega > \omega_{kr}$ ) faza tezligi kamaya boradi va cheksiz muhitdagi tovush tezligiga yaqinlashadi.

Ruporning kirish qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

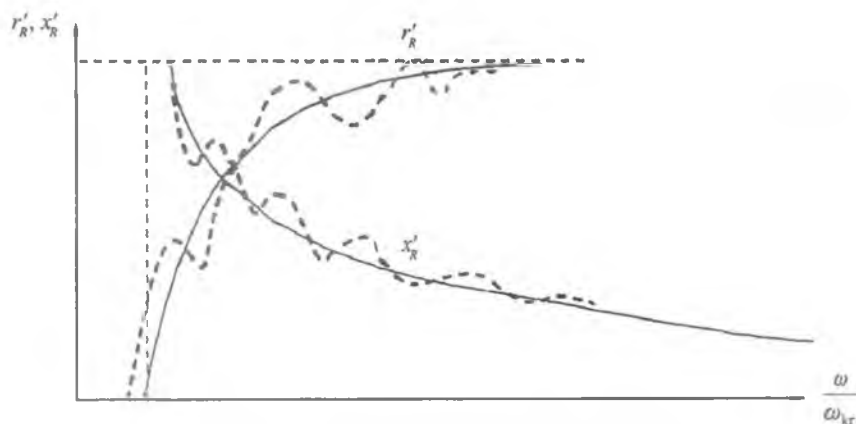
$$z = r + jX = \rho c S_0 (r'_R + jx'_R) = \rho c S_0 \left( \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{kr}}{\omega}\right)^2} + j \frac{\omega_{kr}}{\omega} \right) \quad (6.21)$$

Cheksiz uzunlikdagi rupor kirish qarshiligi tarkiblarining chastota tavsifi 6.28-rasmda keltirilgan.

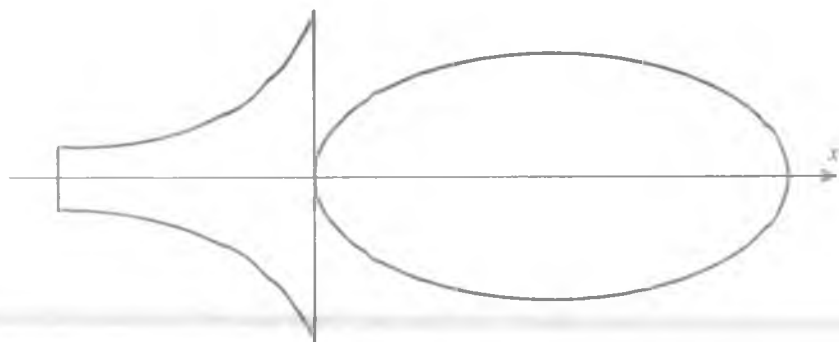
Rasmdan ko'rinib turibdiki, kirish qarshiligining aktiv qismi reaktiv qismidan  $\sqrt{2} \omega_{kr}$  chastotadan boshlab osha boradi va rupor kallakni samarali yuklaydi, natijada, nurlanish ham samarali bo'ladi.

Ruporning ajoyib xususiyatlaridan biri shundaki, u o'z nurlanishini o'qji bo'yicha konsentratsiyalashi mumkin.

Kesimi doira shaklidagi ruporning yo'nalganlik diagrammasi 6.29-rasmda ko'rsatilgan.



6.28-rasm. Cheksiz uzun va cheklangan uzunlikdagi (uzuq chiziq) rupor kirish qarshiligining aktiv va reaktiv tarkibi chastota xarakteristikallari.



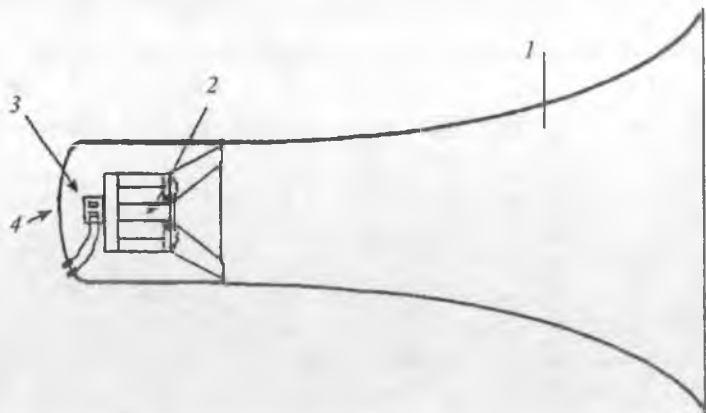
6.29-rasm. Kesimi doira shaklidagi ruporning yo'nalganlik diagrammasi.

Ruporning qo'llanilishi nurlatgichning FIK ini keskin oshiradi va  $5 \div 7\%$  ga yetadi. Ruporli radiokarnaylar ikki turga bo'linadi: keng va tor bo'g'izli.

**Keng bo'g'izli ruporli radiokarnaylar.** Bu turdagi konstruksiyalarda nurlatgich sifatida oddiy elektrodinamik radiokarnaylar qo'llaniladi. Kirish yuzasi kallak konusi yuzasiga teng bo'lganligi uchun u **keng bo'g'izli** deb ataladi.

Akustik qisqa tutashuvni yo'qotish maqsadida ruporning orqa tomoni qalpoqcha bilan berkitilgan. 6.30-rasmda keng bo'g'izli ruporli radiokarnay konstruksiyasi ko'rsatilgan.

Qalpoqcha kallakni mexanik va atmosfera ta'siridan saqlaydi. Moslovchi transformator kallakka uzatilishi kerak bo'lgan  $5 \div 7$  voltni ta'minlab beradi. Bunday radiokarnaylarning foydali ish koeffitsiyenti (FIK)  $7 \div 10\%$  ni tashkil etadi. Uning chastota tavsifi kallak chastota tavsifi bilan belgilanadi. Samarali ishlash chastota diapazoni  $150 \div 7000$  Hz.



6.30-rasm. Keng bo'g'izli ruporli radiokarnay konstruksiyasi:  
1 – rupor; 2 – elektrodinamik kallak; 3 – moslovchi transformator; 4 – qalpoqcha.

**Tor bo'g'izli ruporli radiokarnaylar.** Bunday turdagi konstruksiyalarda nurlatgich sifatida diafragma qattiq va yuzasi  $S_0$  rupor kirish yuzasi  $S_0$  dan anchagina katta bo'lgan kallak qo'llaniladi. Diafragma va rupor oralig'ida ruporoldi kamera mavjud va u akustik transformator rolini o'ynaydi. Ruporning to'la kirish qarshiligi  $Z_0 = \rho - S_0 = r_0$  ga teng. Ishlash chastota diapazonida  $Z_0$  aktiv va  $r_0$  ga teng.

Ruporoldi kameraning transformatsiya koeffitsiyenti:  $n = \frac{S_D}{S_0} > 1$ .

Ruporning transformator orqali hisoblangan kirish qarshiligi:

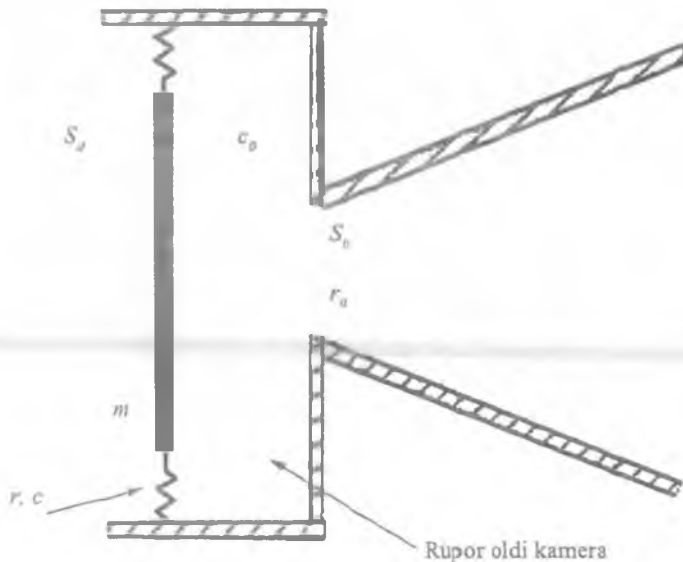
$$r_0 = r_0 n^2 = \rho c S_0 \left( \frac{S_d}{S_0} \right) = \rho c \frac{S_d^2}{S_0} \quad (6.22)$$

Tor bo'g'izli rупorli radiokarnaylarning FIK 15÷20% ni tashkil etadi.

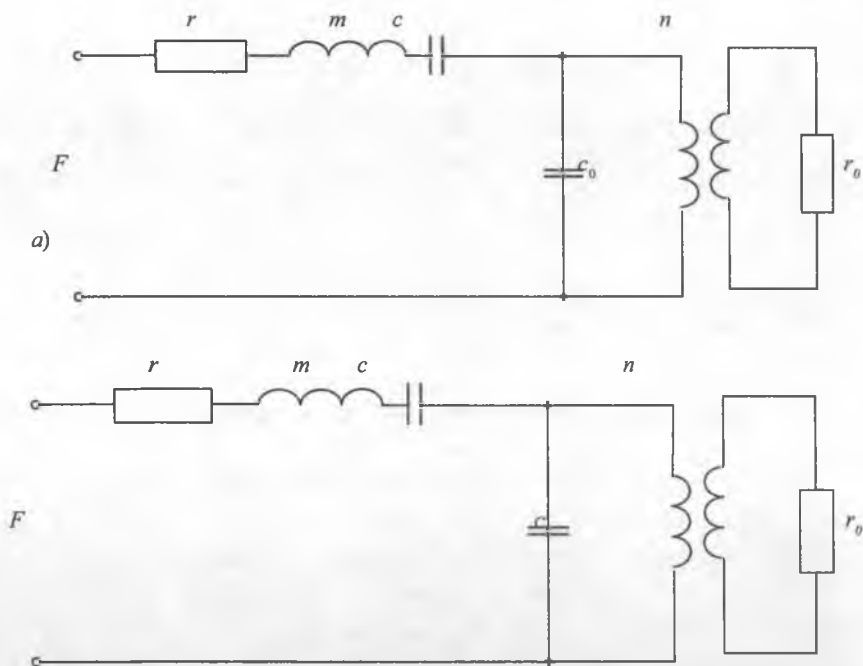
6.31-rasmda tor bo'g'izli rупorli radiokarnay konstruksiyasining kesimi ko'rsatilgan.

6.32-rasmda kallakning siljish tizimi va rупoroldi kameraning elektr-ekvivalent sxemalari berilgan.

6.32-rasmdan ko'rinib turibdiki, kameradagi havo elastikligi  $c_0$  rупorning kirish qarshiligi  $r_0$  ni shuntlaydi. Bu, o'z navbatida, rупorli radiokarnay chastota xarakteristikasining yuqori chastotada pasayishiga sabab bo'ladi. Ikkinchi sababi—rупor oldi kamerasidagi to'lqin interferensiyasi.



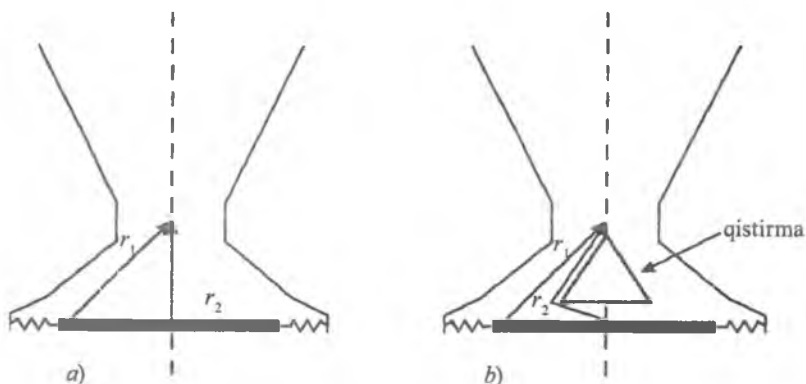
6.31-rasm. Tor bo'g'izli rупorli radiokarnay konstruksiyasining kesimi:  
 $S_d$ —nurlatuvchi diafragma yuzasi;  $S_0$ —rупor bo'g'izi yuzasi;  $S_b$ —rупoroldi kameradagi havoning elastikligi;  $r_0$ —rупorning kirish qarshiligi;  $m$ —diafragma massasi;  $r$ —yo'qotish qarshiligi;  $c$ —biriktirish elastikligi.



6.32-rasm. Tor bo'g'izli ruporli radiokarnayning elektr-ekivalent sxemalari:  
 a) akustik transformator bilan; b) rupor kirish qarshiligi transformatorining birlamchi o'ramiga hisoblangan sxema.

To'lqin uzunligi kamera o'lchamiga teng yoki undan kichik bo'lganda, diafragma markazidan va chekkalaridan rupor bo'g'iziga kelayotgan to'lqinlar fazasi bir xil bo'lmaydi.

Faza siljishi  $\varphi = k\Delta r = \frac{\omega}{c}\Delta r$ , bunda  $\Delta r = r_1 - r_2$  — nurlar yo'li farqi (6.33-a rasm). Bu holat yuqori chastotalarda chastota xarakteristikasining yanada pasayishiga sabachi bo'ladi. Diafragma chekkalari va markazidan rupor bo'g'iziga kelayotgan to'lqin yo'li farqini kamaytirish maqsadida kameraga qo'shimcha qistirma (vkladish) o'rnatiladi (6.33-b rasm).



6.33-rasm. Rupor oldi kamerada to'liq interferensiyasining ta'siri:  
 a) to'liq interferensiyasi diafragmaning markazi va chekkalarida;  
 b) qistirma bo'lgandagi to'liq interferensiyasi.

Natijada kameraning hajmi qisqaradi va undagi havo elastikligi  $c_0$  ham pasayadi va uning rupor kirish qarshiligini shuntlashi kamayadi. Natijada ruporning yuqori chastotalarda nurlanishini birmuncha yaxshilanadi va chastota xarakteristikasi  $3 \div 4$  kHz gacha kengayadi.

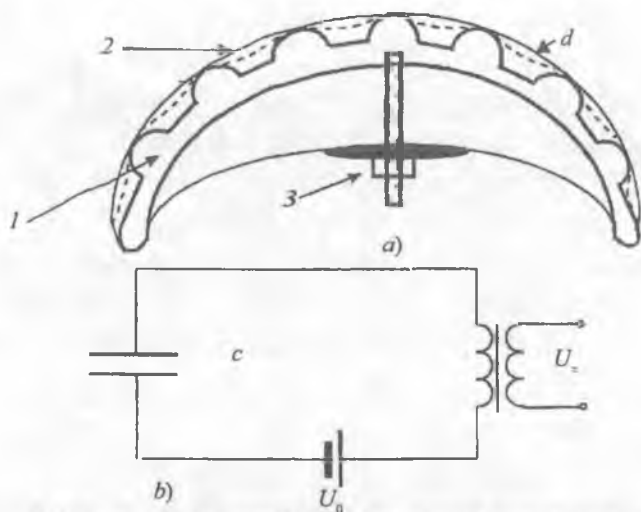
## 6.9. KONDENSATORLI RADIOKARNAYLAR

Kondensatorli radiokarnaylar elektrostatik o'zgartirgich dvigatel turiga kiradi. 6.34-rasmda shunday radiokarnayning konstruksiyasi va ulanish sxemasi ko'rsatilgan. Uning ishlash prinsipi quyidagicha: qirrali metall yarimsilindr  $1$  da uzun metall planka va gaykali 3 vint yordamida tashqi tomoni yupqa metall qatlami bilan qoplangan polimer  $2$  biriktirilgan.

Agar metall folga qo'llanilsa, uning ichki tomoni dielektrik bilan qoplanadi.

Yarimsilindr va metall qoplangan polimer kondensatorning elektrodleri bo'lib, unga qutblovchi  $U_0$  kuchlanish ulansa, elektrodleri tortuvchi elektrostatik kuch paydo bo'ladi.





6.34-rasm. Kondensatorli radiokarnayning konstruksiyasi (a) va uning elektr zanjirga ulanish sxemasi (b).

Agar kondensatorga qo'shimcha o'zgaruvchan  $U_2$  kuchlanish berilsa, yig'indi elektrostatik kuch  $U_0$  va  $U_2$  kuchlanishlar ishorasiga mos holda o'zgaradi. Natijada plyonkaning tebranish amplitudasi ham shunga mos o'zgaradi.

Kondensatorli radiokarnaylar  $5 \div 7$  kHz dan to 20 kHz gacha bo'lgan chastota diapazonida samarali ishlaydi. Chastota tavsifining notekisligi 3 dB. Kichik membrana o'tish tavsifini yaxshi ta'minlaydi.

Kamchiligi: past chastotalarni samarali nurlatmaydi va alohida ta'minot manbayi zarur.

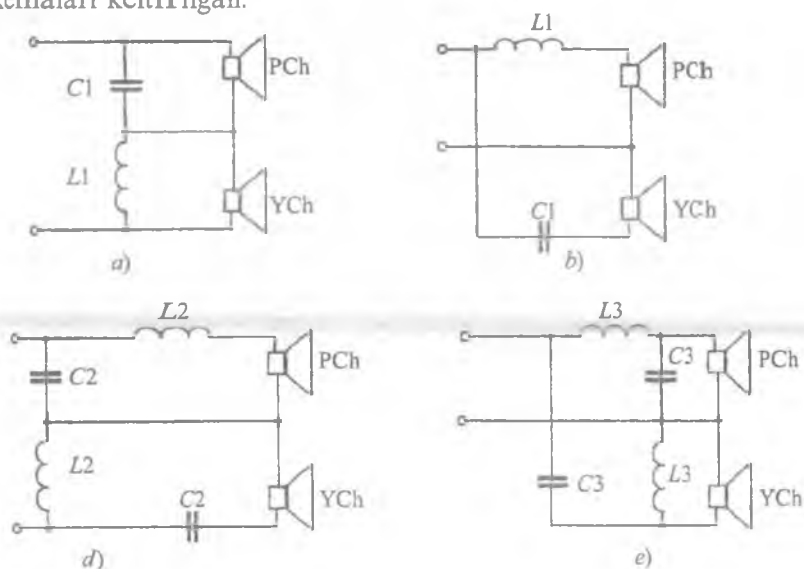
## 6.10. AKUSTIK TIZIMLAR

Oldingi bo'limlarda radiokarnaylarga nisbatan bir-biriga qarama-qarshi talablar qo'yilgan edi. Past chastotalarni samarali eshittirish uchun katta yuzaga ega bo'lgan porshen zarur, yuqori chastotalarni samarali eshittirish uchun esa kichik porshen

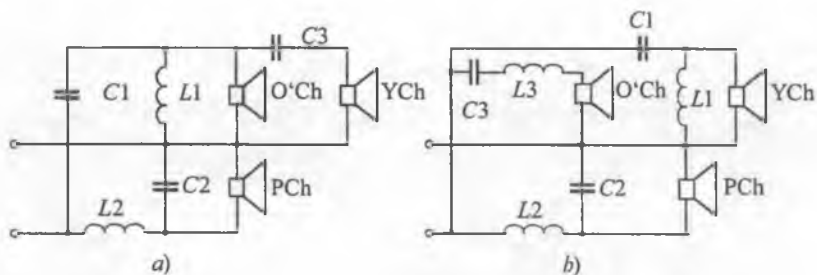
zarur. Bu masalaning yechimi eshittirish chastota diapazonini bir necha polosalarga bo'lishdir. Har bir polosa alohida kallakda eshittiriladi. Kallaklar konstruktiv akustik agregatlarga biriktiriladi va ular akustik tizimlar deb ataladi. Hozirgi vaqtda ikki va uch polosali akustik tizimlar mavjud. Ikki polosali tizimlar uchun  $300 \div 500$  Hz yoki  $2000 \div 4000$  Hz polosalar tanlanadi. Uch polosali akustik tizimlar uchun esa  $400 \div 4000$  Hz chegaralarida tanlanadi.

Bunda bitta-ikkita past chastotali, bitta yoki ikkita o'rta chastotali va bitta-ikkita yuqori chastotali radiokarnaylar qo'llaniladi. Polosalarni bo'lish uchun elektr filtrlari yoki krossoverlar qo'llaniladi.

6.35-rasmda ikki polosali va 6.36-rasmda uch polosali tizim filtri sxemalari keltirilgan.



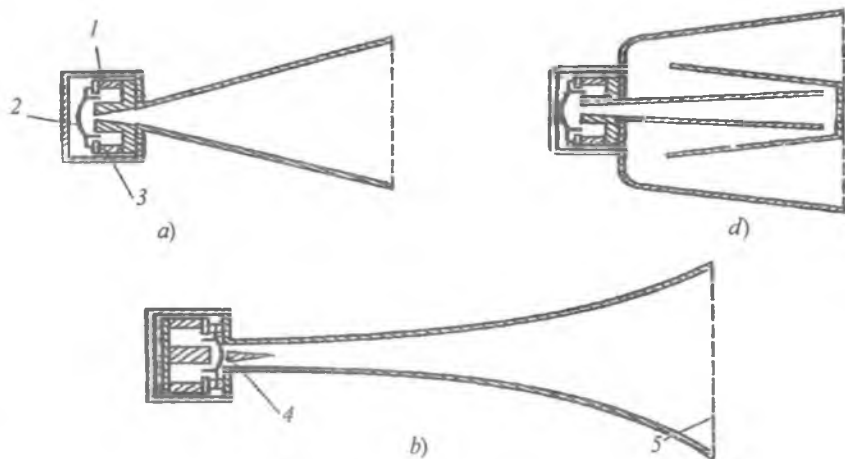
6.35-rasm. Ikki polosali tizimlarning ajratuvchi filtr sxemalari: a), d) kallaklar ketma-ket ulangan; b), e) kallaklar parallel ulangan.



6.36-rasm. Uch polosali tizim filtri sxemalari.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Radiokarnaylarning asosiy texnik tavsiflarini sanab o'ting.
2. Nurlatgichlarning qanday turlarini bilasiz?
3. Elektrodinamik radiokarnaylarda noxiziqli buzilishlar va ularni bartaraf etish yo'llarini tushuntiring.
4. Elektrodinamik radiokarnaylarda chastotali buzilish sabablarini tushuntiring.
5. To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi elektrodinamik radiokarnayning konstruktiv tuzilishini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
6. To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi elektrodinamik radiokarnayning to'la kirish qarshiligi modulining chastotaga bog'liqlik grafigini chizing va tushuntiring.
7. To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi elektrodinamik radiokarnayning FIK qancha va uni oshirishning qanday usullarini bilasiz?
8. Fazainvertorining konstruktiv tuzilishini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
9. Fazainvertorining elektr-ekvivalent sxemasini chizing va tushuntiring.
10. Fazainvertoridagi elektrodinamik radiokarnayning to'la kirish qarshiligi modulining chastotaga bog'liqlik grafigini chizing va tushuntiring.
11. Radiokarnayning chastota diapazonini kengaytirishning qanday usullarini bilasiz?
12. Ruporli radiokarnaylar elektrodinamik radiokarnaylardan nima bilan farqlanadi?
13. Tor va keng bo'g'izli ruporli radiokarnaylarning ishlash prinsipini tushuntiring.
14. 6.37-a rasmdagi ruporli radiokarnayning ishlash prinsipini tushuntiring.
15. 6.37-b rasmdagi ruporli radiokarnayning ishlash prinsipini tushuntiring.
16. 6.37-d rasmdagi ruporli radiokarnayning ishlash prinsipini tushuntiring.
17. Ovozlashtirish va ovoz kuchaytirish tizimlarida qanday radiokarnaylardan foydalaniladi?



6.36-rasm. Roporli elektrodinamik radiokarnaylar:

a) konussimon rporli; b) eksponensial rporli; d) buralgan rporli:

1 – harakatlanuvchi tovush g'altagi; 2 – diafragma; 3 – o'zgarmas magnit;

4 – tovush yo'lini tenglashtiruvchi element; 5 – rporning chiqish yuzasi.

18. Chiziqli guruh nurlatgichlarning ishlash prinsipini tushuntiring.
19. Kondensatorli radiokarnayning ishlash prinsipini tushuntiring.
20. Akustik tizimlarning afzalliklari nimalardan iborat?

## 7-bob. ARXITEKTURA AKUSTIKASI ASOSLARI

---

### 7.1. ARXITEKTURA AKUSTIKASINING RIVOJLANISH TARIXI

Arxitektura qurilish akustikasining boshlanishi qadim-qadimlarga yetib boradi. U vaqtlarda akustik masalalar avval ulkan shaxsga oid, keyinchalik esa boshqa jamoat inshootlari – tomosha va majlis zallarini qurish masalalarini yechishga qaratilgan edi.

Assiri, Vavilon, Qadimiy Misr bunyodkorlari e.a. V–II avvalgi ming yillikda ajoyib sanʼat koʻrinishidagi jonli arxitekturaga ega boʻlgan ibodatxonalarni qurgan edilar. Ulkan qurilish konstruksiyalari, skulptura va tasviriy sanʼat – hamma-hammasi ibodat qiluvchilarni ajablantirish, hayratga solishga qaratilar edi, bunday maqsadga erishar edilar ham. Oʻsha zamonlarda bunyodkorlarga tovush toʻlqinlarining tarqalish va qaytish qonunlari maʼlum boʻlgan. Ular shu qonunlardan oqilona foydalanib, ibodat qiluvchilarni hayratda qoldirar edilar.

Xuddi shunday his qadimiy yunonlar (e.a. IV–VII asr) sanʼatida ham boshqacharoq tusda sezilar edi. Qadimiy Yunon ibodatxonalari va boshqa ijtimoiy inshootlarda, ulardagi qismlar oʻlchamlariga mutanosiblik xosdir, ular yuqori akustik xususiyatlarni belgilaydi. Keyinchalik qadimiy yunonlarning qurilishda aql-idrokka asoslangan akustik yechimlari koʻpgina mamlakat olimlari tomonidan oʻz tasdigʻini topdi. Qadimiy Gretsiyaning tomosha inshootlari ikki turga boʻlinar edi: odeyonalar va teatrlar. Birinchisi kichik yopiq binolar boʻlib, repetitsiyalar va kichik sonli ijrochilar va tomoshabinlarga moʻljallangan boʻlsa, ikkinchisi ochiq turdagi tomosha inshootlari boʻlib, ularda tosh oʻrindiqlar tepalik etaklariga joylashtirilar edi.

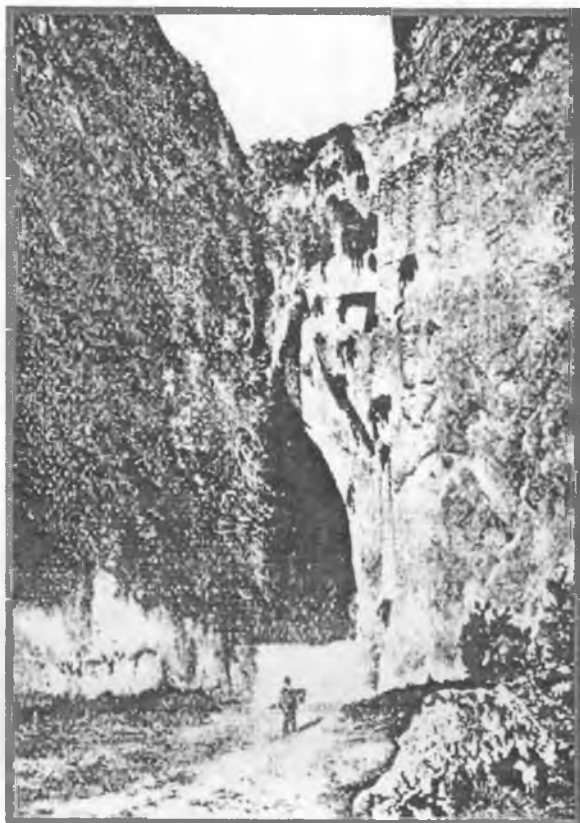
Gretsiya arxitektorlarining an'alarini Rim quruvchilari davom ettirdilar. Rim inshootlari grek inshootlaridek tepaliklarga qurilmasada, ularda juda ko'p o'xshashlik bor edi. Ana shunday inshootlardan biri y.e. dan avval 80–90-yillarda qurilgan 56 ming tomshabinga mo'ljallangan Flaviya-Kolizey amfiteatridir. Bunday katta inshootlarda ijrochilarning tovushini ko'p ming kishilik tomshabinlarga tabiiyligicha yetkazish haligacha hozirgi zamon kishilarini hayratga soladi. Gretsiyadagi 17800 o'rinli Pompey teatri, Rimda 20000 o'rinli Marsella teatrlari shular jumlasidandir. Rim shoiri, faylasufi va olimi Kar Lukretsiy (e.a. 99–55-yy.) «Tabiat buyumlari haqida» deb ataluvchi ilmiy asarida o'sha davrdagi akustikaga oid, shu jumladan, xona akustikasiga oid fikr-mulohazalarini bildirgan edi. Keyinchalik Vitruviy «Arxitektura haqida» kitobida antiqa arxitektorlarning tajribasini umumlashtirib, qator qonun-qoidalarni ta'riflab berdi, ular hozirda ham zamonaviy inshootlarda katta muvaffaqiyat bilan qo'llaniladi. Xonalardagi akustik hodisalar o'zining ajoyib tadbirlarini topdi. Bizgacha qadimiy Rim va Xitoydagi «shivirlovchi galereyalar» yetib kelgan.

Parij Panteoni yerto'lasidagi ohista qarsak ko'pdan-ko'p qaytarishlar natijasida momoqaldiroqdek aks sado paydo qiladi.

Darmshtaddagi cherkovda aks sado balandligi 47 m bo'lgan qubbadan tovushning qaytishi natijasida paydo bo'ladi.

Glochesterdagi (Angliya) ibodatxonada ohista so'zlashuv 25 m masofagacha eshitiladi. Bunday misollarni ko'pdan-ko'p keltirish mumkin.

Yana bir misol, aytishlaricha Sirakuza (Sitsiliya) tosh konlardagi (7.1-rasm) bir galereyaga asirga olinganlar joylashtirilar, yuqorida esa ular nimalar haqida gapirganlarini eshitar edilar, shunday qilib, ularning sirlarini bilib olar ekanlar. Shu sababli bu galereyani «Dionis qulog'i» nomi bilan ataganlar. «Dionis qulog'i»ni birinchi bo'lib V.Sebin tekshirgan.



7.1.-rasm. «Dionis qulog'i» galereyasi,

Eyler, Lagranj, Fure, Stoks, Yung, Gelmgols va boshqa olimlar akustikani fan sifatida dunyo miqyosida yuzaga chiqardilar. XIX asrning oxiri XX asrning boshlarida V.Sebin tajribalar o'tkazib, birinchi bo'lib, xonaning geometrik parametrlari, uning akustik tavsiflariga bog'liqligini aniqladi va shunday qilib, arxitektura akustikasiga asos soldi. Keyinchalik Eyring, Xant, Beranek, Ma Da-yu, Knudson, Mayer, Vatsonlar xonalar akustikasi nazariyasiga sezilarli hissa qo'shdilar. Sobiq ittifoq olimlari I.I.Andreyev, I.G. Dreyzen, A.N. Kacherovich, S.Y. Lifshits, A.V. Rabinovich,

S.N. Rjevkin, M.A. Sapojkov va V.V. Furduyevlar shu sohadagi nazariy va amaliy bilimlarni yanada chuqurlashtirib, yangi g'oyalar bilan boyitdilar.

Xona akustikasini o'rganish va tekshirishda Sebin asosan tovush energiyasining tarqalishi, to'siqlardan qaytishi masalalarini, ya'ni tovush nurining geometrik xususiyatlarini o'rgandi.

Tovush tarqalishining geometrik nazariyasi eng qadimiy nazariyadir.

Geometrik nazariya I.G. Dreyzen, A.N. Kacherovich, L. Kontyuri, S. Y. Lifshits ishlarida yana ham rivojlantirildi.

Sebin xonada tovush manbai o'chirilgandan so'ng to'lqinlarning to'siqlardan ko'p marta qaytishi va ularning energiyasi yutilishiga asoslangan **statistik nazariya** g'oyasini ilgari surdi. Ammo Sebinning g'oyasi katta amaliy ahamiyatga ega bo'lishi bilan birga, qattiq tanqidga uchradi. 1929-yili Shuster va Vetsman statistik nazariyani tan olmadilar, ularning fikricha tovush manbai o'chirilgandan so'ng so'nish majburiy tebranishlar natijasi bo'lmay, balki tovush manbai uyg'otgan xususiy rezonans tebranishlari natijasidir, u xonaning shakli va o'lchamlariga bog'liq degan fikrni bildirdilar. Bunday nazariya **to'lqin nazariyasi** deb atalib, Morze Bolt, Dreyzen, Furduyev va boshqalar tomonidan rivojlantirildi.

## 7.2. QADIMIY GRETSIYA VA RIM TEATRLARI

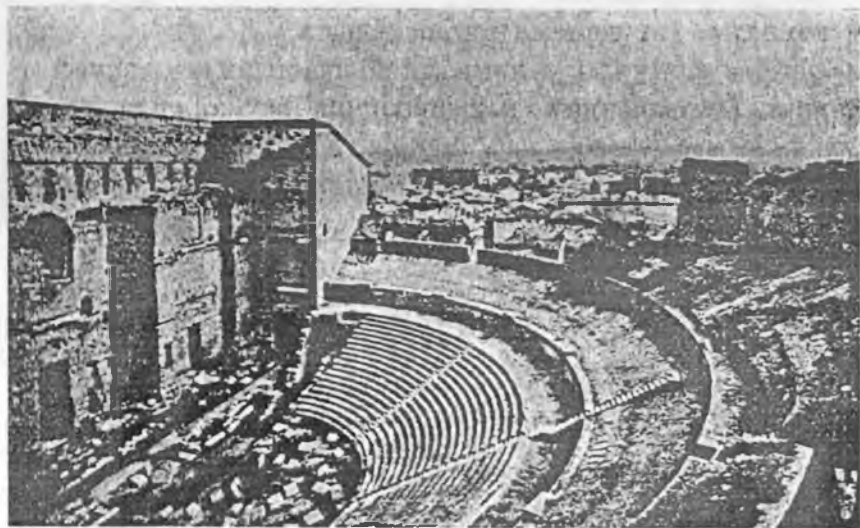
Gretsiya va Rim qadimiy teatr binolari ikki turga: teatr va odeyonalarga bo'linadi.

Odeyonalar katta bo'lmagan yopiq binolar bo'lib, ular kichik sonli ijrochilarning repetitsiyasi uchun mo'ljallangan. Teatrlar esa, tom ma'noda katta usti ochiq binolar bo'lib, juda katta sonli tomoshabinlarga (Afinadagi teatr 30000, Megapolisdagi teatr 40000 tomoshabin)ga mo'ljallangan.

Teatrlar drama va musiqa ijrolari uchun xizmat qilar edi, ayrim hollarda, asosiy vazifasi o'zgarmagan holda, ulardan aholi



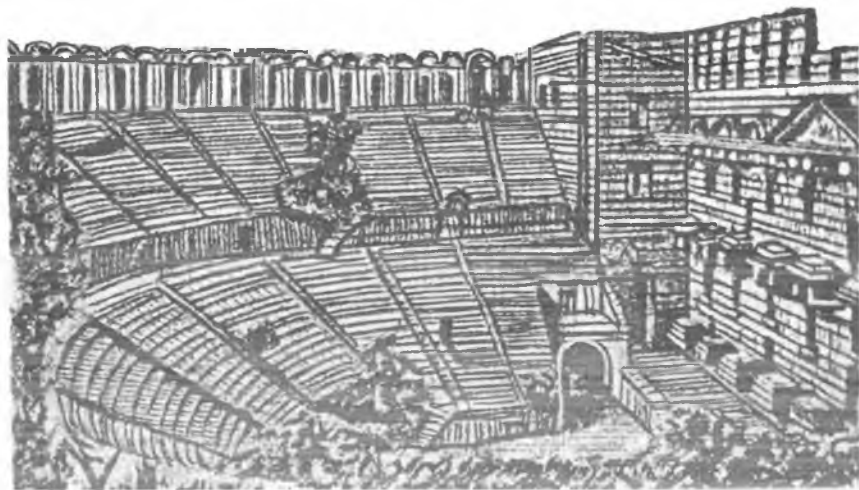
yig'ilishlari, gladiator o'yinlari uchun foydalanilar edi. Qadimiy teatrlarning usti maxsus polotnolar yordamida tortib bekitilgan degan ayrim fikrlar polotnolarni ushlab turuvchi ustunlar o'rnatiladigan teshiklarning izlariga asoslangan. Ammo hech narsa bu hol tasodifiy emasligini isbot eta olmaydi va zarur hollarda, aniqrog'i, rim imperiyasining so'nggi yillarida azalgi jismoniy chidamlilik va chiniqqanlik, buzuqlik, intizomsizlik va tushkunlik bilan almashgan edi. Undan tashqari, teatr ustini polotnolar bilan tortib yopish teatrning akustik sharoitlariga qanday ta'sir etishi to'g'risida hech qanday ma'lumotlar yo'q. Shuning uchun faqat ochiq teatrlar haqida gap yuritiladi. Biz asosan badiiyligi nuqtayi-nazaridan juda qiziq bo'lgan odeyonlarni ko'rib chiqmaymiz (Perikl qurgan odeyon dunyodagi eng go'zal va boshqalar uchun namuna bo'ladigan bino hisoblangan).



7.2-rasm. Oranje (Fransiya) dagi Rim teatri.

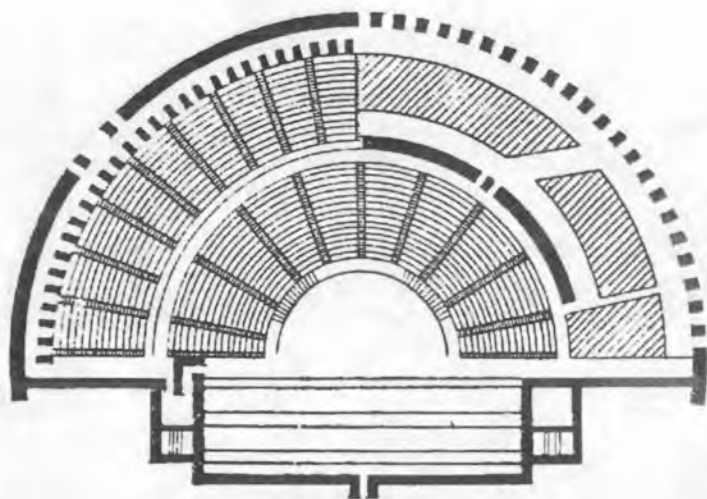
Qadimiy teatr bir-biridan keskin ajralib turuvchi uch qismga bo'lingan: 1) tomoshabinlar uchun yarim doira shaklida teatrning ichki qismidan yuqori qismlariga ko'tariladigan amfiteatr; 2) yarim

doira teshik oldidagi old va orqa qismlardan iborat sahna; 3) birinchi va ikkinchi orkestr o'rtasidagi tekis joy. Har bir qism o'lchamlarining bir-biriga nisbatlari bo'yicha teatrlar, grek va rim teatrlariga ajralar edi. Rim teatrlari deb nomlanishi faqat rimliklarda qabul qilinganligi uchun emas, balki xarakterli xususiyatlari faqat Italiyada va rim imperiyasi madaniyati ta'siridagi davlatlarda uchrar edi.



7.3-rasm. Aspenddagi teatr.

Rim teatrlarida tomoshabinlar uchun joy hech qachon yarim doiradan katta bo'lmagan va chekkalari sahnaga parallel bo'lgan (7.4-rasm.) Sahna unchalik baland bo'lmagan va keyingi grek teatrlari sahnalariga nisbatan uzunroq bo'lgan, sahnaning yon tomonlariga qurilishlar yoki fligellar (asosiy inshoot yoniga qurilgan bino) yondashar edi. Orxestrga (grekcha orcheomai – o'ynayapman) ma'nosini anglatadi va Qadimiy Gretsiyada teatr binosining asosiy qismi bo'lib, toshli amfiteatrli maydoncha, unda xor va aktyorlar ijro etishgan) kirish yo'li usti berk bo'lganligi uchun rim teatri bir butun bino ko'rinishiga ega edi.

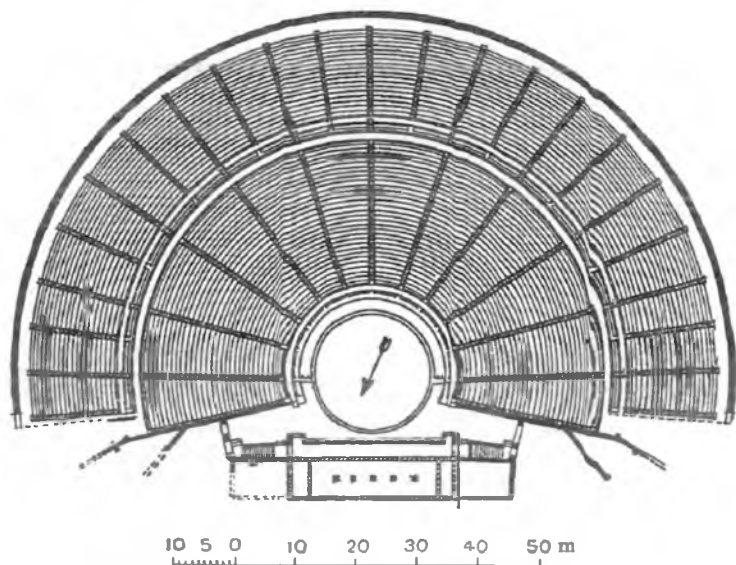


7.4-rasm. Aspenddagi teatr plani.

Grek teatrida tomoshabinlar uchun joylar yarim doiradan ko'proq maydonni egallab, sahnadan orkestr joyiga kirish yo'li bilan ajratilar edi. Qadimiy va keyingi grek teatrlari bir-biridan, birinchisida sahnaning old qismida rampalar yoki sahnaning yon qismlarida zinalar bo'lishi, keyingi teatrlarda esa bular yo'qligi bilan farq qilar edi.

Grek dramasini ijro etish uchun ikkita: dramaning asosiy qismini tashkil etuvchi xor va raqslar uchun tekis joy va aktyor uchun devor bilan old va orqa qismlarga ajratilgan baland joy talab etilar edi. Bu joyning baland bo'lishi sababi aktyorni hamma eshitishi va ko'rishi kerakligida, shuning bilan birga xorchilar aktyorni to'sib qo'ymasligi kerak edi. Devor va orqa qismlar akterning kiyinishi uchun zarur bo'lgan. Bu joylar: birinchisi tekis – orkestr uchun va ikkinchisi balandlikdagi sahna shunday kombinatsiyalangan ediki, amaliy akustik ko'rsatgichlar eng yaxshi natijalarni berar edi.

Bizga ma'lum bo'lgan Epidavrdagi qadimiy teatr sahnasi 7.5-rasmda ko'rsatilgan. Bu sahna tipik bo'lib, Orop shahridagi teatrdagi takrorlanadi. Sahna uzunligi 24 m, eni 3 m va balandligi 3,5 m bo'lib,



7.5-rasm. Epidavrdagi teatr plani.

uning o'ng va chap tomonlariga rampalar (sahna oldiga o'rnatilgan, yorug'i faqat sahnaga tushadigan chiroqlar yoki shunday chiroqlarni tomoshabinlardan yashirib turadigan to'siq) olib boradi.

Uning oldida chuqurligi kattaroq, eni 3 m bo'lgan tekis maydon bo'lib, uning o'rtasida diametri 20 m li doira bor. Sahnaning o'lchamlari dramatik o'yin talablari bilan belgilangan.

Grek teatrining rim teatriga o'zgartirilishi, asosan, dramaning mazmuni va harakatlari o'zgarishiga asoslangan. IV asrning boshlariga kelib xor o'zining mavqe'ini ancha yo'qotgan edi, vaqt o'tishi bilan butunlay yo'qotdi va rim dramasidan deyarli yo'qoldi. Shuning uchun ijro etishi kerak bo'lgan kichik sonli xorchilar orxestrda emas, balki boshqa aktyorlar turgan yerda joylashar edilar. Sahnani tomoshabin o'rindiqlari markaziga yaqinlashirish, sahna tugashini parallellashtirish, orxestr chuqurligini kamaytirish – mana shular yangi sharoitning to'g'ridan to'g'ri natijasi edi. Orxestrning

eni o'zgarmadi. Orxestrğa kirish yo'lagining qisqartirilishi va devorlarning parallelligi teatrning ikki qismini, ya'ni sahna va tomoshabin o'rindiqlarini to'liq birlashtirishga turtki bo'ldi. Rim teatri shunday bo'ldi.

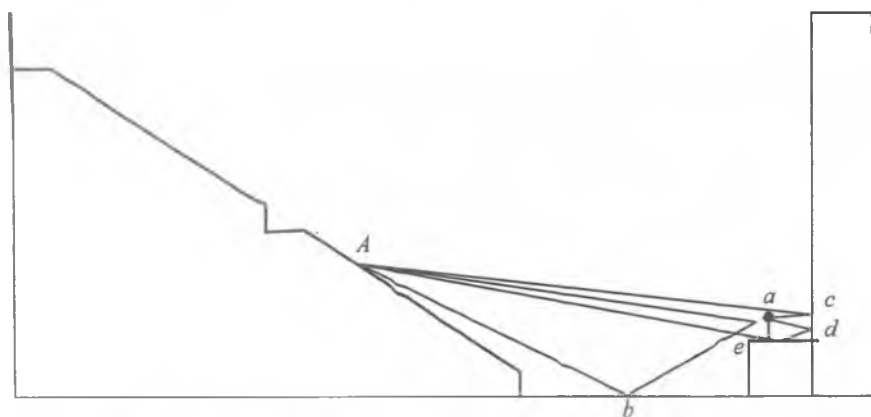
Akustik ma'lumotlarni aniqlash maqsadida teatr konstruktsiyalarining ayrim detallarini ko'rib chiqamiz.

Tomoshabin o'rindiqlarining ko'pgina qismi toshdan yasalgan bo'lib, ko'tarilish chizig'i bo'yicha amfiteatrlı joylashtirilgan. Bu rioya qilinishi kerak bo'lgan asosiy qoida edi. Qator mujassamlangan o'rindiqlardan so'ng eni 1,9 m yo'lakchalar qoldirilib, ularning oxirida yaxshi akustikaga erishish maqsadida ko'tarilish chizig'i balandligida devorlar o'rnatilar edi. Shunday yo'lakcha oxirgi qator o'rindiqlardan so'ng ham qoldirilib, devor bilan, ayrim hollarda esa portiklar (katta binoga tutashtirib solingan kolonnali peshayvon) tutashtiriladi edi. Orxestrlarga tosh to'shalmagan bo'lsa, unda ular konistrlar deb ataladi, ammo uning markazidagi ko'pgina qismiga tovushlarni yaxshi qaytarish maqsadida taxtalar to'shaladi.

Sahna bir-biridan baland devor bilan ajratilgan old va orqa qismlardan iborat, Vitruviyning tekshirish natijalari bo'yicha yaxshi akustikaga erishish maqsadida devorlarning balandligi oxirgi amfiteatr o'rindig'i balandligi bilan teng bo'lishi kerak, ammo bu shart hamma vaqt ham bajarilmaydi. Aktyorlar ijro etadigan old devor tovushni yaxshi qaytarish maqsadida taxta pollar yotqizilar edi. Orqa devor uchinchi qavatgacha yaxlit bino bo'lib, bir-biri va sahna bilan tutashgan qator xonalardan iborat.

7.6-rasmda qadimiy teatrdə tovush nurlarining yo'nalishi ko'rsatilgan.

Aktyordan tomoshabinigacha  $aaA$  tovush nuri bevosita yetib boradi, shuningdek, tomoshabiniga taxta poldan qaytgan  $ab\partial A$ , devordan qaytgan  $asA$ , devordan va sahna polidan qaytgan  $a\partial eA$  to'liqlar ham yetib boradi. Sahna unchalik chuqur va baland bo'lmaganligi sababli nurlarning o'tish yo'li farqi grek teatrlari uchun



7.6-rasm. Qadimiy teatrdan tovush nurlarining yo'nalishi.

7–8 m, rim teatrlari uchun esa 12–15 m ni tashkil etadi. Shunday qilib, barcha qaytgan nurlar bir-birini kuchaytirib tinglovchiga yetib boradi. Teatr tomining yo'qligi qolgan qaytgan to'lqinlarning fazoda so'nishiga sabab bo'ladi va tinglovchilarga yetib bormaydi. Shuning bilan birga teatr tomining yo'qligi tovush to'lqinlarining ko'p karra qaytmasligiga va reverberatsiya vaqtining kichikligiga sababchi bo'ladi. Aktyor ovozining aniqligi hisobiga biroz quruqligi bilan ajralib turadi. Aktyor tovushining kuchiga kelganimizda, uni kuchaytirish maqsadida tovush to'lqinining turli qaytishidan unumli foydalaniladi. Bularning barchasi yetarli bo'lganmi? Bunga aktyor ruporli maskalardan foydalanganligi ko'rsatib o'tilgan. Undan tashqari Vetruviy ta'kidlashicha oxirgi qator o'rindiqlarning orqasida loydan yasalgan ko'zalar o'rnatilganligini inobatga olish lozim. Yuqorida keltirgan mulohazalardan shunday hulosalar kelib chiqadiki, agar ko'p sonli tinglovchilarga mo'ljallangan ochiq teatr loyihalaniishi kerak bo'lsa, uning konstruksiyasi detallariga akustik nuqtayi nazardan biror-bir o'zgartirish kiritmasdan grek teatrlarini tanlab olgan bo'lardik.

Shunday qilib, qadimiy teatrlar arxitektura akustikasi nuqtayi nazardan qadimiy dramalarning ijrosiga bo'lgan talablarga to'la

javob bergan. Akustik masalalar mukammal hal etilgan va hozirgi kunda ham qadimiy teatr biz uchun ochiq teatrlarni loyihalash va qurishda namuna bo'lib qolmoqda.

### 7.3. ZAMONAVIY TEATR, KONSERT ZALLARI VA STUDIYALAR

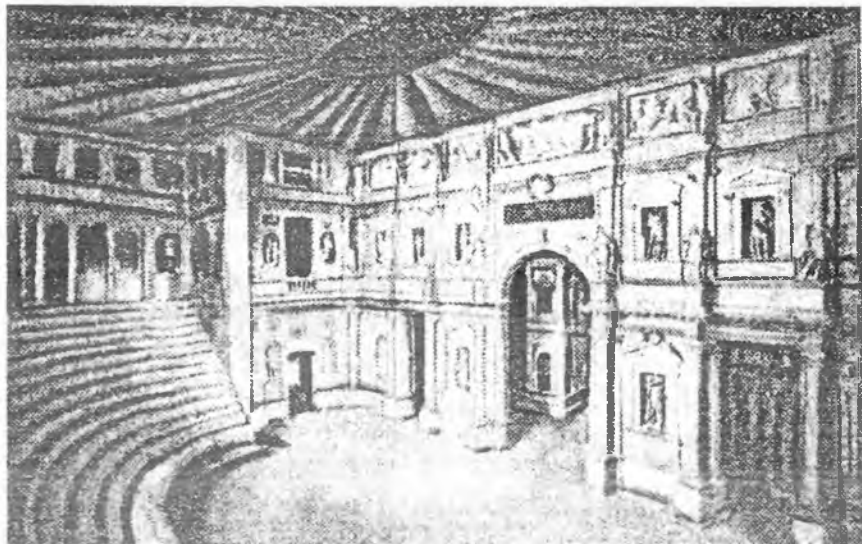
Zamonaviy teatr qadimiy teatrning sekin-asta evolutsiyasi va dramatik ijrolarning yangicha ijrosiga moslashishi natijasi hisoblanadi. Biz yuqorida rim teatrining grek teatridan dramatik ijrolarning evolutsiyalanishi natijasida o'zgarishini ko'rib chiqdik. Rim dramasi xor ijrosini keskin qisqartirdi va birinchi planda aktyorning tragik ijrosini, sahna sharoitining barcha holatlarini kuchaytirib berdi. Bu sahnani kengaytirishga va orxestr o'lchamlarini qisqartirishga olib keldi.

Keyinchalik teatr ijrosi xorni butunlay olib tashladi va sahnada murakkab dekoratsiya sharoitida tragik akterning yolg'iz o'zigina qoldi. O'z navbatida, murakkab dekoratsiya sahna yonlarini berkitish va uni chuqurlashtirish masalasini hal etdi. Undan tashqari, voqea va manzaralarning xarakteri ham o'zgardi. Teatr tomoshalarida, barcha mansabdorlar va davlat qonunchiligi xodimlarining qatnashishlari, an'analarning saqlanishi dramaning ochiq havoda o'tkazilishini talab etar edi. Zamonaviy teatr intim tomoshaga o'tib, cheklangan va yopiq xonada o'tkazilishi ma'qul bo'lib qoldi.

Zamonaviy teatrning haqiqiy beshigi Renessans davrida ko'pgina yangi shakllarning tashabbuskori bo'lgan Italiya hisoblanadi. Dastlab vaqtinchalik yog'och qurilishlar amalga oshirildi, ammo XVII asrning yarmilarida toshdan doimiy qurilishlar paydo bo'la boshlaydi. XVIII asrning oxirlariga kelib Italiyada zamonaviy teatrning barcha ko'rinishi, turi ishlab chiqiladi va u yerdan butun dunyoga tarqaladi.

Hozir ham ayrim qurilishlarda o'sha davrning xususiyat va belgilarini ko'rish mumkin.

Vinchenchedagi «Olimpiko»teatri hali ham o'zining antik shaklini saqlaydi (7.7-rasm).



7.7-rasm. Vinchenche (Italiya) dagi Olimpiko teatri.

Orxestr va sahna bir-biri bilan bir butun tutashgan. Orqa devor chuqur kirishli bo'lib, unda dramatik harakat va ijrolar bajarilar edi. Bu endi chuqur sahnaga o'tish edi. Yarim doira, amfiteatr joylaridan sahna ichkarisidagi ijrolar ko'rinmas edi, shuning uchun ular olib tashlangan. Endi teatr usti berkitilgan edi.

Parmedagi Farnese teatri antik shaklini saqlab qolgan bo'lsa ham evolutsiyaning keyingi bosqichini ko'rsatadi (7.8-, 7.9-rasmlar).

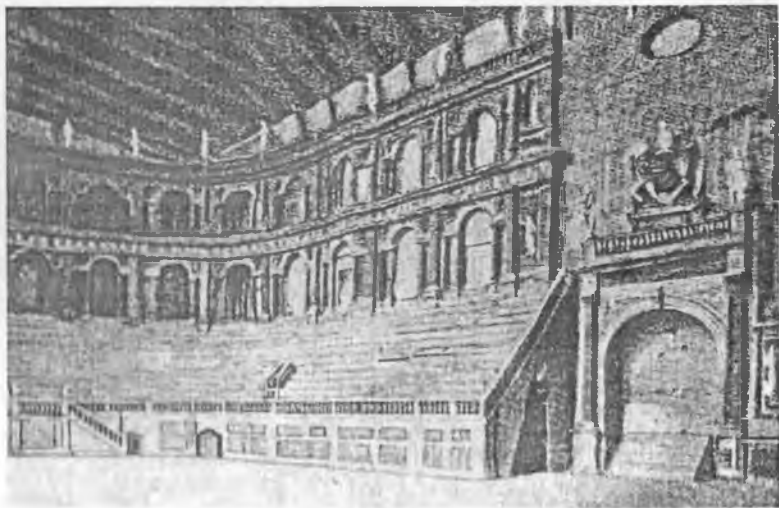
Yaqin-yaqinlarda Berlindagi sirk binosi qayta ta'mirlanib, katta gumbazli teatrga o'zgartirildi. Akustik qaytarishlarni yo'qotish maqsadida gumbaz o'ziga xos arxitektura bezaklari bilan qoplangan (7.10-rasm).

Zamonaviy teatr, birinchidan, juda chuqur sahnani talab etadi. Undan tashqari sahna juda baland va katta hajmga ega bo'lishi



kerak, bu o‘z navbatida katta o‘lchamli dekoratsiyalarning joylarini o‘zgartirish va o‘rnatish imkonini beradi.

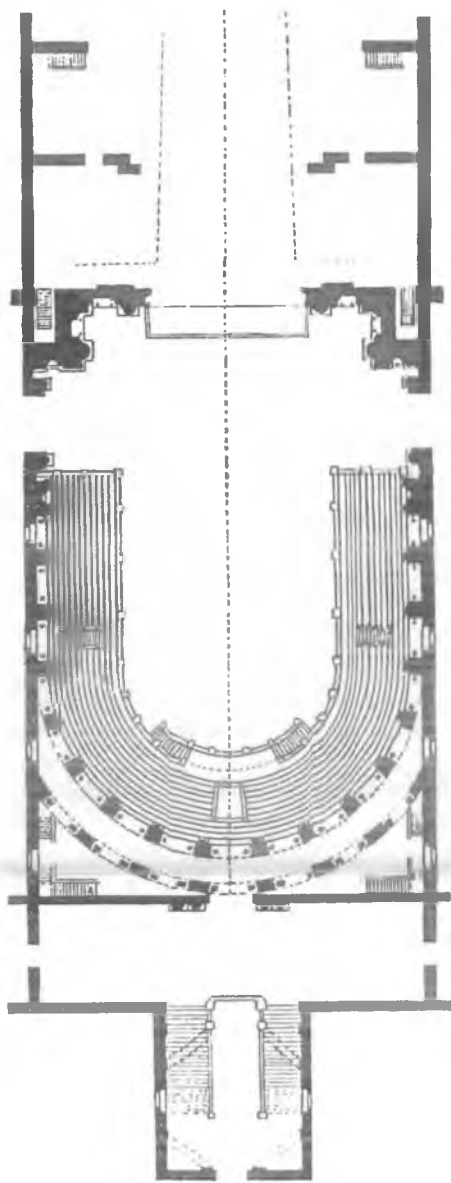
Zamonaviy teatrning ikkinchi xususiyati – amfiteatrning yo‘qligida. Parterdagi joylar oldingi qatordagi tomoshabin boshi keyingi qatordagi tomoshabiniga halaqit bermaslik darajasida ko‘tarilgan. Devorlarda lojalar yarus va galereyalar bilan almashtirilib joylashtirilgan. Oddiy hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, bunday usulda joylashtirilish bir xil yuzaga ega bo‘lgan teatrga antik amfiteatrga nisbatan ko‘proq tomoshabinlarni joylashtirish imkonini beradi. Akustik nuqtayi nazaridan bunday joylashtirish anchagina noqulay, chunki parter va galereyalarning oxirgi qatoridagi tomoshabinlar yuza tovush to‘lqinlarni qabul qiladilar.



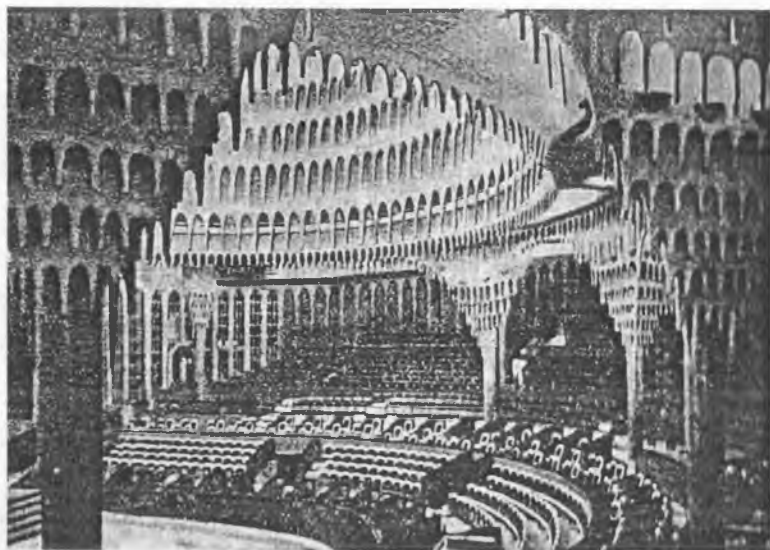
7.8-rasm. Parimedagi Farnese teatri.

Teatrning shakllari turlicha. Ammo barchasining shakli, istisno holatlardan tashqari, oval, ellips, doira yoki to‘g‘ri tomonlari cheklangan doiraning qismini o‘zida namoyon etadi (7.11-rasm).

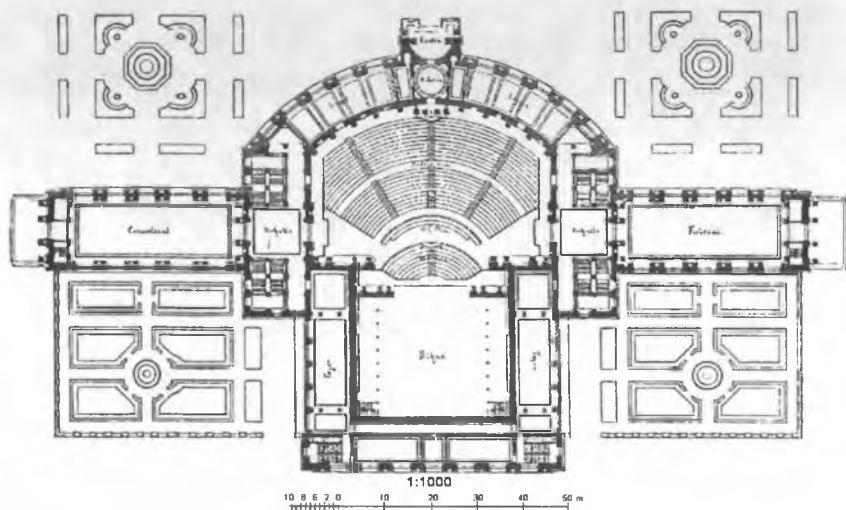
Undan tashqari yuqorida bayon etilgan shakllarning turli kombinatsiyalari shaklidagi teatr binolari ham uchraydi.



7.9-rasm. Parmedagi Farnese teatri plani.



7.10-rasm. Berlindagi Katta teatr tomosha zali.

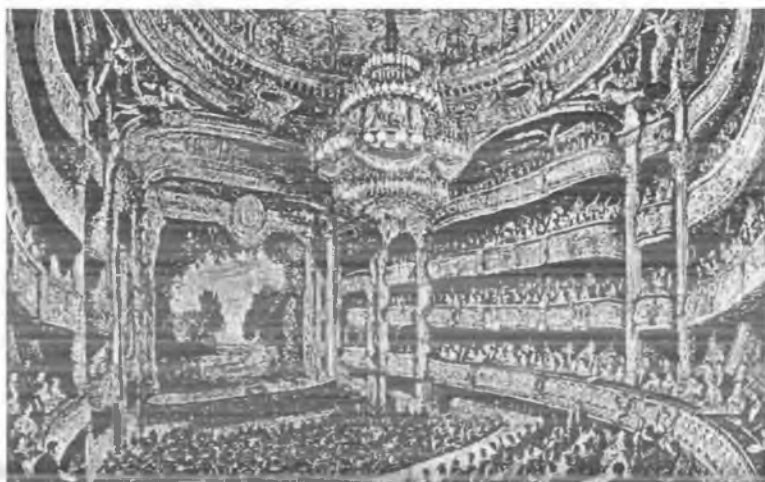


7.11-rasm. Myunxendagi konsert zali.

O'zining o'lchamlari va belgilanishi bo'yicha teatr bir necha guruhlariga bo'linadi.

Birinchi guruhga opera va baletga mo'ljallangan teatrlar kiradi.

Misollar: Milandagi 3000 tomoshabinga mo'ljallangan «LaScala» teatri, sahnasi Yevropada eng katta; yaxshi akustikaga ega. 2156 tomoshabinga mo'ljallangan Parijdagi Katta Opera teatri, ajoyib akustikasi bilan ajralib turadi. Venadagi 2881 o'rinli Imperator Opera teatri, Moskvadagi 2300 o'rinli Katta teatr, Toshkentdagi Alisher Navoiy nomli Davlat Akademik Katta teatr shular jumlasidandir.



7.12-rasm. Parijdagi Katta Opera teatri.

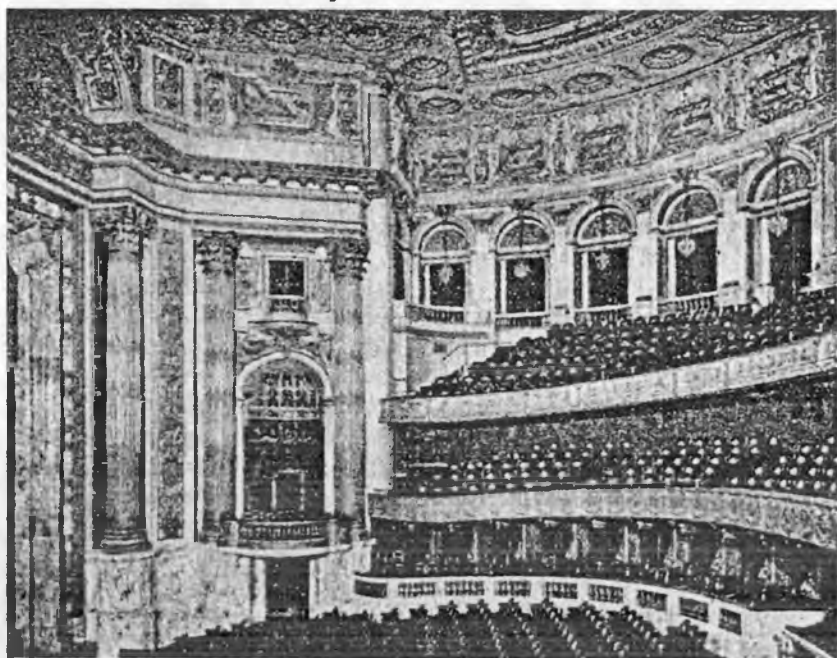
Ikkinchi guruhga opera va balet hamda dramatik ijrolar uchun mo'ljallangan teatrlar kiradi.

Misollar: Visbadendagi 1400 o'rinli Imperator teatri. Kelndagi 1800 tomoshabinga mo'ljallangan Shahar teatri.

Uchinchi guruhga faqat dramatik ijrolar uchun mo'ljallangan teatrlar kiradi.

Misollar: Avstriyaning Vena shahridagi 1474 tomoshabinga mo'ljallangan Shahar teatri, Germaniyaning Frankfurt shahridagi

1160 tomoshabinga mo'ljallangan Dramatik teatri, Moskvadagi 700 o'rinli Kamer teatri shular jumlasidan.



7.13-rasm. Nyu-Yorkdagi Yangi teatr.

To'rtinchi guruhga oraliq turdagi, jumladan, Vagner teatrlarini kiritish mumkin. Bu teatrlar Vagner operalarini, ya'ni musiqali dramalarni ijro etishga mo'ljallangan. Bunday teatrning namunasi sifatida Myunxendagi 1100 o'rinli Prinz-Regenten teatrlarini keltirish mumkin. O'zining o'lchamlariga ko'ra dramatik teatrlarni eslatadi, shuning bilan birga bu teatr zamonaviy operaning barcha murakkab texnikasiga xizmat ko'rsatish imkonini beradi.

Quyida Toshkentdagi arxitektura-qurilish jihatdan noyob hisoblangan ayrim inshootlardan lavhalar keltirilgan, jumladan,

Alisher Navoiy nomidagi Davlat Akademik Katta Teatri zalining ayrim fragmentlari (7.14–7.20-rasmlar), Istiqlol san'at saroyi (7.21–7.25-rasmlar).



7.14-rasm. Alisher Navoiy nomli Davlat Akademik Katta Teatr binosining old ko'rinishi.



7.15-rasm. A.Navoiy DAK Teatr tomosha zali.



7.16-rasm. A.Navoiy DAK Teatr tomosha zali yon tomoni va balkoni.



7.17-rasm. A.Navoiy DAK Teatr tomosha zali sahnasi.



7.18-rasm. A.Navoiy DAK Teatr tomosha zali va balkon.



7.19-rasm. A.Navoiy nomli DAK Teatrining tomosha zali va orkestr chuquri (joyi).





7.20-rasm. A.Navoiy nomli DAK Teatr tomosha zali o'rindiqlari.



7.21-rasm. «ISTIQLOL» san'at saroyi tomosha zalining umumiy ko'rinish.



7.22-rasm. «ISTIQLOL» san'at saroyi sahna va sahna oldi shifti ko'rinishi.

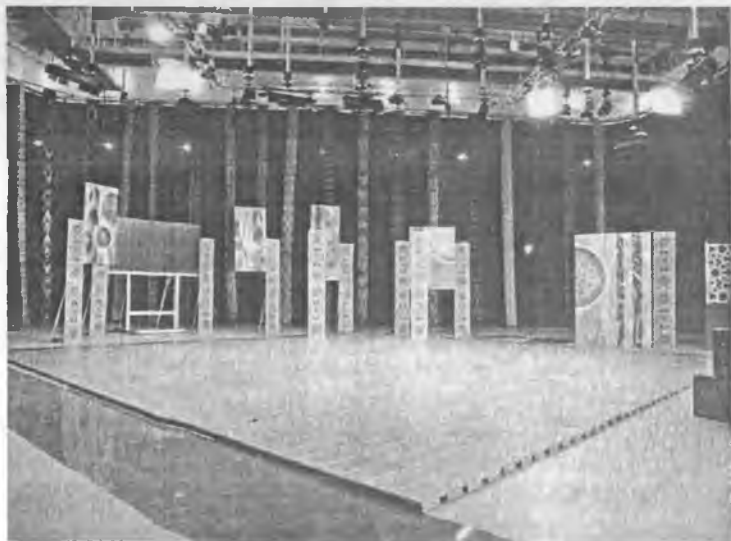


7.23-rasm. «ISTIQLOL» san'at saroyi tomosha zali, balkon va shifti bir qismining ko'rinishi.



7.24-rasm. «ISTIQLOL» san'at saroyi tomosha zali, balkon va shiftdagi yoritgichlar.

### «O'zbekiston MRKMedia markazi» DUK



7.25-rasm. Tasvirga olish paviloni.



7.26-rasm. Tasvirga olish pavilon shiftiga o'rnatilgan yoritgichlar.



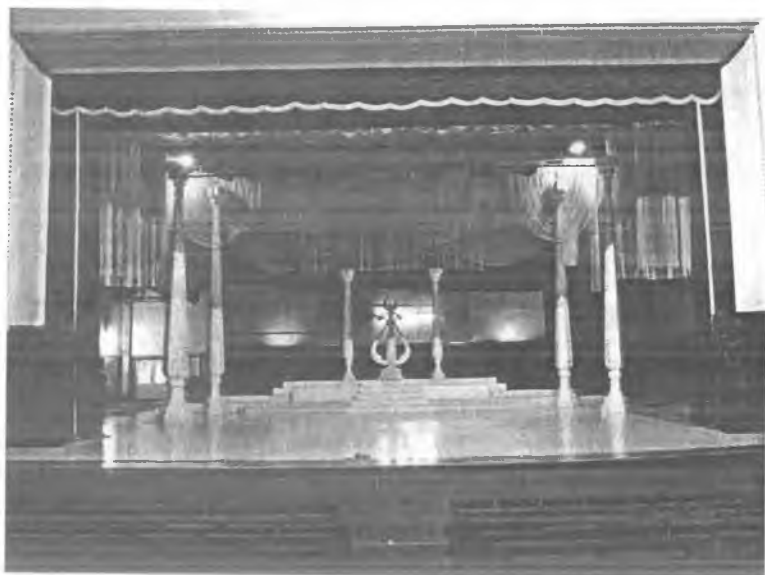
7.27-rasm. Toshkentdagi O'zbek milliy akademik drama teatri tomosha zalining sahna tomondan ko'inishi.



7.28-rasm. Toshkentdagi O'zbek milliy akademik drama teatrining tomosha zali va sahnasi.



7.29-rasm. O'zbek milliy akademik drama teatri tomosha zali balkoni va shifti.



7.30-rasm. «Turkiston» saroyi sahnasi.



7.31-rasm. «Turkiston» saroyi tomosha zali.

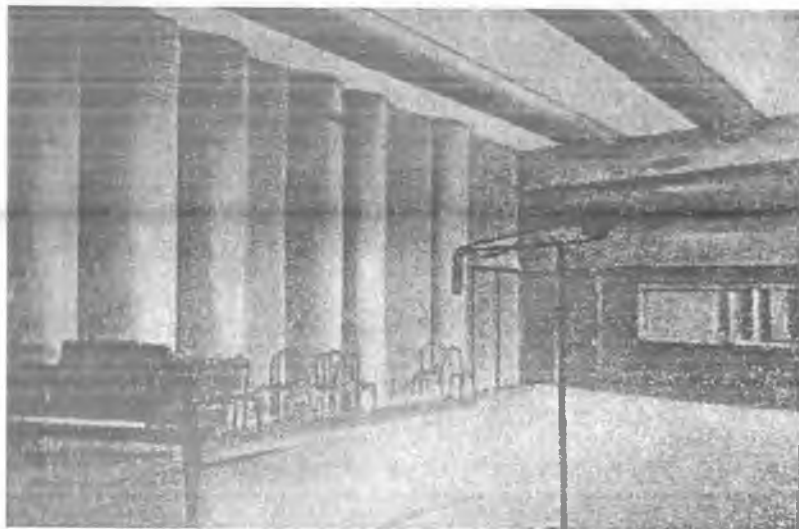


7.32-rasm. O'zbekiston Davlat Konservatoriyasining «Organ» zali.

Yuqorida keltirilgan misollardan shuni aytish mumkinki, zamonaviy teatrlar nisbatan katta sonli tomoshabinlarga mo'ljallangan, ularning soni ko'pi bilan 3000 kishi bo'lishi mumkin. Teatrlar o'rtacha 600÷1000 tomoshabinga mo'ljallab quriladi. Bunday o'lchamdagi teatrlarning akustik sharoitlari biror-bir qiyinchiliksiz hal etilishi kerak.

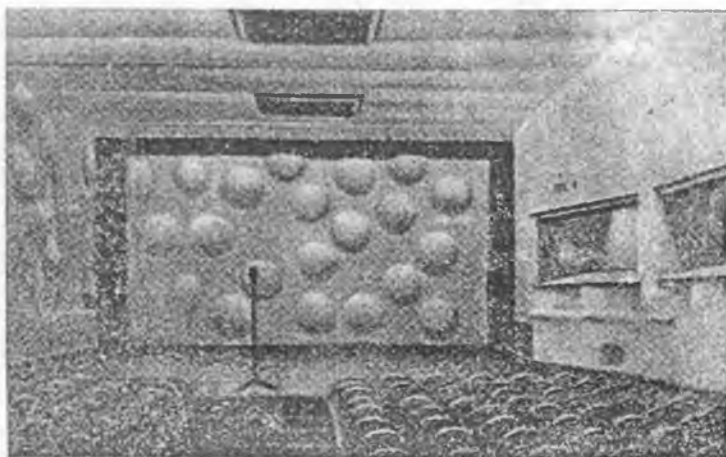
**Zalning shakli.** Binoning u yoki bu xonasi shaklini loyihalash va hisoblashda tovush energiyasini tegishli sochish zallar va studiyalarning akustikasiga qo'yiladigan asosiy talablardan biri hisoblanadi. Faqat tovush maydonining diffuziyaligi tovush maydonining bir xilligiga erishishning haqiqiy omili hisoblanadi. Diffuziya maydoni xonada tovushni erkin va bir tekis va eshitish a'zoimizga tekis sakrashlarsiz so'nishiga kafolat bera oladi.

Xonada maydon diffuziyasini oshirishning ikkita usuli ma'lum. Birinchidan, optimum reverberatsiya nuqtayi nazaridan qo'llaniladigan tovush so'ndiruvchi materiallar xona yuzasi, ayniqsa, zal devorlari bo'yicha imkoni boricha bir tekis taqsimlanishi kerak. Zal shiftiga kelsak, u, asosan, tovushni qaytarish rolini o'ynaydi. Ikkinchidan, devorlarga noto'g'ri shakl beriladi, devorlarning uzunligi bo'yicha kolonna, yarimkolonna va notekis qavariq shakldagi naqqoshlik materiallari o'rnatiladi. Zamonaviy radio studiyalarda ichki arxitektura-akustik ishlov berish shu prinsipga asoslangan (7.33-rasm).



7.33-rasm. Devor va shiftda tovush sochuvchi yarimsilindrlar o'rnatilgan radioeshittirish studiyasi (AQSh).





7.34. Devorga sferik tovush sochuvchi o'rnatilgan radioeshittirish studiyasi (AQSh).

Tovush sochuvchi materiallarni tanlashda va unga ishlov berishda uning asosiy vazifasi – tovush sochishdan tashqari u tovush yutuvchi yuza vazifasini ham bajaradi. Bu past chastotalarda juda sezilarli. Tovush sochuvchilarning bunday xususiyatlarini inobatga olib, ularni turli o'lchamda va ko'p miqdorda loyihalashga harakat qilindi. Bunda tovushni sochish va yutish turli nutq va musiqa chastota spektrlarida bir xil darajada amalga oshiriladi.

Demark, zallarni loyihalashda arxitektorlar, birinchi navbatda, uning shakliga ahamiyat beradilar. Yuqorida ta'kidlaganimizdek, zallarning shakli turlicha: doira, yarimdoira, ellips ko'rinishida bo'lishi mumkin. Ammo, shuni ta'kidlash zarurki, zalning turli o'lchamlari nisbati uning badiiyligiga zid bo'lmasligi kerak. Zallarning biror bir o'lchami boshqalaridan sezilarli katta (baland, uzun yoki keng va, aksincha, qisqa, past va tor) bo'lsa, bunday zallar hech qachon akustik nuqtayi nazaridan samarali bo'lmaydi, chunki, bunday zallarning hajmi bo'yicha tovush energiyasi zichligi turlicha bo'ladi. Agar zal ellips shaklida bo'lsa, fransuz olimi Burdening ta'kidlashicha, har bir tovush nuri zal devorlarining

ma'lum yuzalaridan qaytib, boshqa nurlar bilan kesishmasdan tinglovchiga yetib boradi. Ammo bu taxminlar faqat birinchi qaytish nurlarigagina tegishli. Keyingi ko'p sonli qaytarilishlar turli yo'nalishlar bo'yicha tarqaladi va reverberatsiya vaqti bilan aniqlanadigan oddiy sharoit yuz beradi. Bu holda zalning shakli o'ziga xoslik xususiyatlarini yo'qotadi. Umuman olganda, zalning shunday shakli yo'qki, u o'z-o'zidan (absolut o'lchovlaridan qat'iy nazar) akustik muvaffaqiyatni kafolatlasin. Boshqa tomondan, akustik kamchiliklarni oldindan ko'ra biladigan yoki biroz susaytiradigan zal shakli yo'q. Zalning shakli to'g'risida shunday fikrni aytish mumkin, zalning turli o'lchamlari nisbati uning badiiyligiga zid bo'lmasligi kerak.

**Tovush kuchi.** Qadimdan arxitektura akustikasida shunday qoida mavjudki, unga rim va grek arxitektorlari ham qat'iy amal qilganlar. Bu qoida shundan iboratki, tinglovchiga to'g'ri tushayotgan tovush nuri qanchalik kuchli bo'lsa, tinglovchi tovushni shunchalik yaxshi qabul qiladi. Bu qoidaning bajarilishi uchun tinglovchi o'rindiqlari amfiteatr ko'rinishida joylashtirilishi lozim. O'rindiqlarning bunday joylashtirilishi, ayniqsa, tovush nuri tinglovchilarga susaygan holda yetib keladigan joydan, ya'ni sahnadan taxminan  $20 \div 25$  metr masofadan boshlangani ma'qul. Hozirgi konsert zallarida parterning tugashidan boshlab o'rindiqlar xuddi shunday, amfiteatr bo'yicha o'rnatiladi. Parter bilan sahna oralig'idagi masofa kamida  $3 \div 4$  m ni tashkil etishi lozim. Tinglovchilarga tushayotgan to'g'ri tovush nuri kuchini oshirish maqsadida sahna poldan  $1 \div 1,20$  metr balandlikda bo'lgani ma'qul. Katta konsert zallarida turli tovush qaytaruvchi shakl va materiallardan foydalanish hamda zamonaviy tovush kuchaytiruvchi tizimlarning qo'llanilishi hisobiga zalning reverberatsiya vaqti ma'lum darajada boshqarilishi mumkin va shuning hisobiga tovush kuchi qiymati yetarlicha bo'ladi.

Katta konsert zallarda tinglovchilarga qulaylik yaratish bo'yicha qilinadigan ko'pgina masalalar bilan birga zal ventilatsiyasi muhim rol o'ynaydi. Bu alohida mavzu bo'lib, uni studiyaning akustik hisobi bo'limida ko'rib chiqamiz.

**Ovozning tiniqligi va tovush go'zalligi.** Xonada ovoz tiniqligiga unga biror-bir shovqin yoki qaytgan tovush aralashmagandagina erishish mumkin. Xonaning normal reverberatsiyasi tovushga yoqimli mayinlik baxsh etadi. Zalda aks sadolanish bo'lganda ovoz tiniqligi keskin o'zgaradi. Zalda optimum reverberatsiya vaqti ta'minlanadigan darajada loyihalanganda uni sinchkovlik bilan aks sado beradigan biror-bir yuza borligini taxlil etish kerak. Shunday yuzalar mavjud bo'lsa, darhol qayta loyihalash yoki bunday yuzalarni tovush qaytaruvchi materiallar bilan qayta ishlash lozim. Bunday qayta ishlashlar, tabiiyki, reverberatsiya vaqtini o'zgartiradi. Xulosa qilib aytganda, zalning dastlabki loyahasiga optimal reverberatsiya vaqti saqlanib qoladigan darajada o'zgartirish kiritilishi lozim.

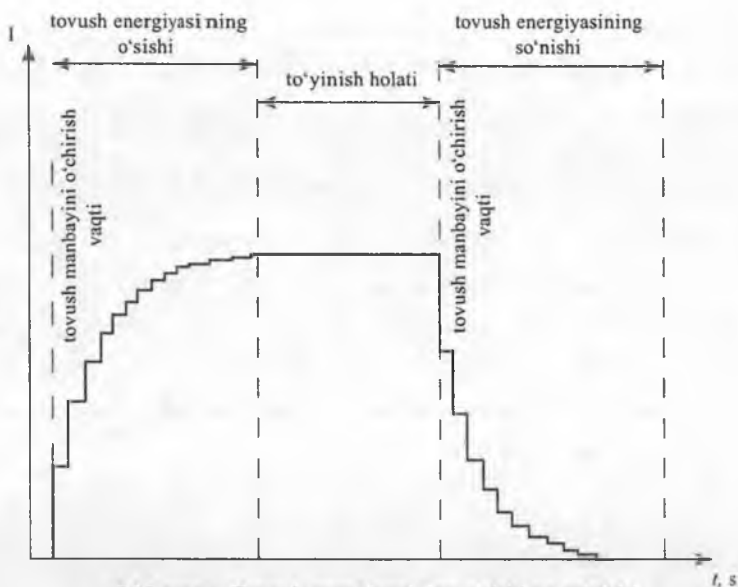
**Tovush go'zalligi** – aniqrog'i tovush uzatish go'zalligi deb, odam ovozinig, qo'shiq va musiqaning barcha nozikligini tinglovchilarga aniq va buzilishlarsiz yetkazib berish tushuniladi. Bu arxitektura akustikasining muammoli masalalaridan biri hisoblanadi. Odam nutqi va qo'shig'i juda murakkab tebranishlardan iborat. Odam tovushida biz sof sinusoidal tebranishlarga ega emasmiz, ammo sof ton tebranishlarida hamma vaqt ko'p sonli obertonlar kuzatiladi. Akustik sharoitlari turlicha bo'lgan zallarda tovush balandligi turlicha bo'lgan tovushlarning ayrim obertonlari yaxshiroq jaranglaydi, natijada qo'shiq va nutq tembrlari buziladi. Ideal zal shunday xususiyatlarga ega bo'lishi kerakki, unda ijro etiladigan barcha tovush tonlari va obertonlari bir xil yaxshi yangrashi va uzatilishi kerak. Hozirgi texnika

taraqqiyot etgan kunda studiya, konsert zallari va teatrlardan tovush signallarini yuqori sifatli uzatish va qayta ishlash muammo emas.

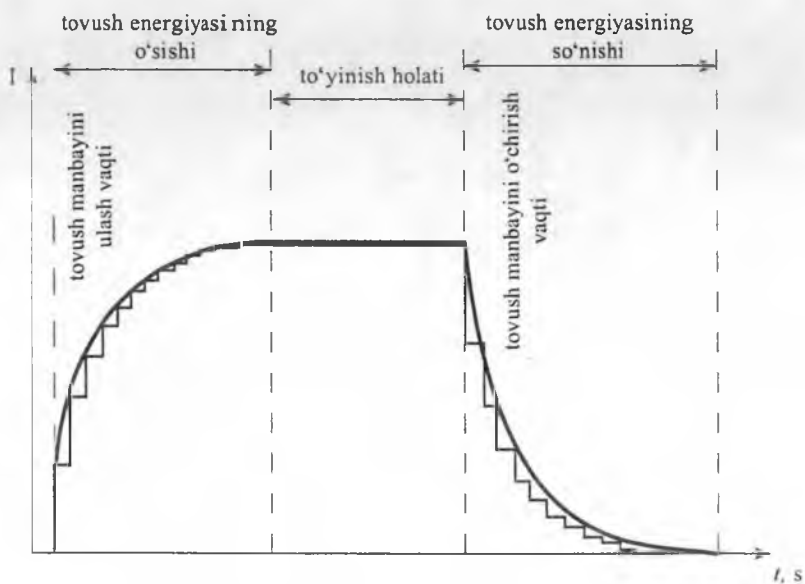
#### 7.4. XONALARDA TOVUSH ENERGIYASINING KUCHAYISHI

Xonada tovush manbayidan tarqalayotgan tovush energiyasi to'siqlarga yetib, xona devorlari, pol va shiftdan qaytadi. Bunda tovush energiyasi o'zining bir qismini yo'qotadi. Qaytgan tovush energiyasi boshqa yo'nalishda harakatlanib, yana xona devorlariga duch keladi, ikkinchi marta energiyaning bir qismi yo'qoladi. Xuddi shu jarayon uchinchi, to'rtinchi va h.k. marta davom etadi. Bayon etilayotgan jarayonni cheksiz davom etadi, deb tasavvur etib hamda ketma-ket tovush to'liqlari qaytishi natijasida tovush energiyasi so'nishini inobatga olsak, biroz vaqtdan so'ng energiya sezilmaydigan darajagacha pasayadi.

Faraz etaylik, xonada odam o'tiribdi va undan ma'lum masofada tovush manbayi – elektr qo'ng'irog'i o'rnatilgan. Qo'ng'iroq chalingandan biroz vaqt o'tgach tovush to'liqlari tinglovchiga yetib keladi va tinglovchi qo'ng'iroq quvvatiga yarasha ma'lum darjadagi tovush kuchini eshitadi. Undan so'ng tinglovchiga xonaning devorlaridan qaytgan tovush to'liqlari yetib keladi. Ularning energiyasi manbadan bevosita kelayotgan to'liq energiyasiga qo'shiladi, natijada tovush balandligi yanada oshadi. So'ngra uch marta, to'rt marta va h.k. qaytgan to'liqlar qo'shiladi. Har bir keyingi qo'shilayotgan energiya oldingisidan kam bo'lganligi sababli, natijaviy energiyaning o'sishi sekin-asta susaya boradi va ma'lum vaqtdan so'ng eng oxirgi holat – to'yinish (statsionar) holati boshlanadi. Bunda manba nurlanishi hisobiga energiyaning o'sishi uning so'nishiga sarflanadigan energiya qiymatiga tenglashadi (7.35 va 7.36-rasmlar).



7.35-rasmi. Tovush energiyasining o'sishi va so'nishi.

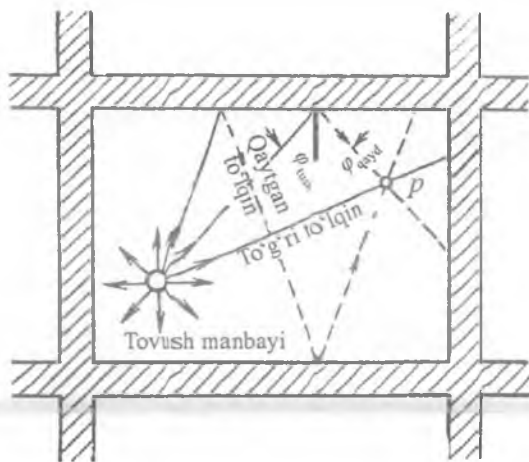


7.36-rasmi. Tovush energiyasining o'sishi va so'nishi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, tovush energiyasining amaldagi o'sish va so'nish jarayonlari 7.36-rasmda ko'rsatilgan qonun bo'yicha o'tadi.

### 7.5. XONA AKUSTIKASINING STATISTIK NAZARIYASI

Katta xonalar akustikasining yaxshi eshitish sharoiti bilan bog'liq bo'lgan muammolari azal-azaldan ma'lum bo'lgan. Xonada nutq yangraganda uning har bir bo'g'ini qisqa impuls sifatida tinglovchiga faqat to'g'ridan to'g'ri yetib kelmasdan, balki devor, xona poli va shiftidan ko'p marotaba qaytib keladi. Bunday jarayon 7.37-rasmda keltirilgan.



7.37-rasm. Xonada tovush to'liqinining qaytishi.

Tovush impulsining har bir qaytishida tovush energiyasining bir qismi yutiladi, natijada tinglovchi sekin-asta so'nayotgan impulslarni eshitadi. Xonada tovush manbayi o'chirilgandan so'ng tovushning bunday «davomli» so'nishi **reverberatsiya** nomini olgan. Xonada tovush manbayi o'chirilgan vaqtdan, to qaytgan tovush eshitiladi.

eshitilmas darajaga yetgunicha ketgan vaqt **reverberatsiya vaqti** yoki **sado vaqti** deyiladi.

«Reverberatsiya» iborasini ilk bor Sebin taklif qilib kiritgan, u «qaytish», «qaytgan sado», «kechikkan tovushlarning jaranglashi» ma'nosini bildiradi.

Agarda tovush so'nishi katta bo'lmasa, xona o'ta jarangdor bo'lib, unda nutq aniqligi yo'qoladi. Aytilgan mulohazalar musiqaga ham taalluqli.

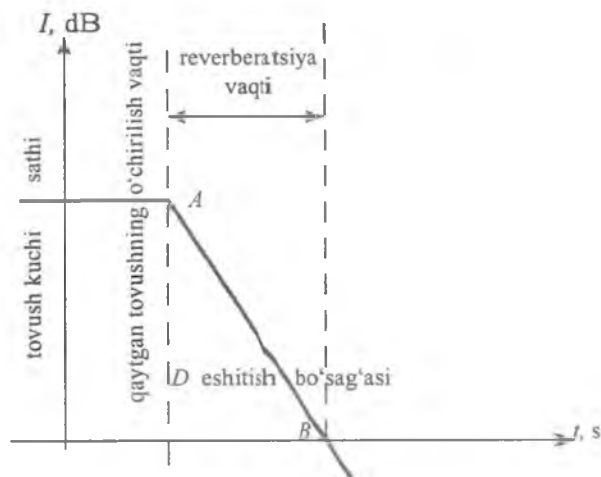
Haqiqatan ham, xonada so'nish katta bo'lganda, reverberatsiya vaqti kichik bo'ladi, musiqa quruq yangraydi, natijada musiqa o'zining go'zal, nafis estetik xususiyati va ta'sirini yo'qotadi. Bu mulohazalardan shu narsa kelib chiqadiki, xonaning sifatini aniqlaydigan birdan-bir parametr qaytgan tovush signalining davomiyligi, ya'ni **reverberatsiya vaqti** davomiyligidir.

7.38-rasmda xonada tovush energiyasining so'nish jarayonini aks ettiruvchi grafik keltirilgan. Bunda ordinata o'qi bo'yicha 7.36-rasmdagidan farqli ravishda o'lchamlar logarifmik masshtabda, ya'ni detsibellarda keltirilgan. Logarifmik masshtabda tovush energiyasining so'nishi to'g'ri chiziqli ko'rinishga aylanadi. Shunday qilib, tovush kuchi sekundiga detsibellarda ifodalangan miqdorda ma'lum tezlikda pasayadi. Tovush energiyasining pasayish tezligini grekcha  $\tau$  (tau) harfi bilan belgilaymiz, ya'ni uning qiymati qanchalik katta bo'lsa, reverberatsiya vaqti shunchalik kichkina bo'ladi, *AB* chiziq keskin tushadi.

Reverberatsiya vaqti, tovush kuchi va tovush energiyasining pasayishi o'rtasida quyidagi bog'liqlik mavjud:

$$\tau = \frac{L}{T}, \quad (7.1)$$

bunda  $L$  – tovush kuchining manba o'chirilgunga qadar eshitis bo'sag'asidan balandligi;  $T$  – reverberatsiya vaqti, s.



7.38-rasm. Tovush energiyasining pasayishi.

## 7.6. REVERBERATSIYA DAVOMIYLIGINI BELGILOVCHI QIYMATLAR

Yuqorida aytib o'tganimizdek, tovush energiyasi xona devorlaridan har bir qaytishida yutiladi (so'nadi). Shuning uchun tovush qanchalik tez-tez qaytsa, shunchalik tezroq so'na boradi va shunchalik reverberatsiya qisqaroq davom etadi.

Bundan shunday xulosa kelib chiqadi: qaytish to'liqin chastotalari oshganda reverberatsiya kamayadi.

Shularni e'tiborga olgan holda 7.1-jadvalni tuzamiz:

Ushbu jadval ro'yxatini yanada kengroq davom ettirish mumkin edi, ammo yuqorida keltirilgan oddiy shart va sharoitlarning bajarilishini davom ettirishni o'quvchilar hukmiga havola etamiz.

Shu yo'sinda olib borilgan o'xshash misol va masalalarni tuzish, hamda yechim variantlarini keltirish ham o'quvchilar hukmiga havola etiladi.



T/r	Reverberatsiya oshadi, agarda:	Tushuntirish
1	Xona hajmi oshsa	Xona hajmi oshganda, devor, pol va shift orasidagi masofa oshadi, demak, ketma-ket qaytayotgan ikkita tovush to'liqlari orasidagi vaqt ham oshadi. Qaytayotgan tovush to'liqlari chastotasi pasayadi.
2	Xonada tovush yutish koeffitsiyenti kamaysa	Yutiladigan energiya qismining har bir qaytishda kamayishi, uning ma'lum vaqt oralig'ida susayishini kamaytiradi. Tovush energiyasining har bir qaytishida energiyaning bir qismi kamayadi, natijada uning ma'lum vaqt orasida pasayishini kamaytiradi.
3	Tovush kuchi oshsa	Tovush energiyasi pasayish tezligi o'zgarmagan holda, baland tovush eshitish bo'sag'asiga yetib borguncha ko'proq vaqt ketadi.
4	Xona yuzalari kichraysa	Xona yuzalari kamayganda, tovush to'liqini xona yuzasi bilan to'qnashuv ehtimoli kamayadi. To'liqin qaytish chastotasi pasayadi.
5	Tovush tezligi pasaysa	Tovush tezligi pasayganda, ikkita ketma-ket to'liqin qaytishlari oralig'i ortadi. To'liqin qaytish chastotasi pasayadi. Qaytish chastotalari pasayadi.

Reverberatsiyaning statistik nazariyasiga murojaat qilinganda tovush signalining quyidagi tushuncha va parametrlaridan foydalaniladi:

- erkin o'tish yo'lining o'rtacha uzunligi;
- yo'lni erkin o'tish o'rtacha vaqti;
- o'rtacha yutish koeffitsiyenti;
- reverberatsiya vaqti;
- birinchi qaytishlarning kechikish vaqti;
- aniqlik va ravshanlik;
- akustik nisbat;
- jarangdorlik radiusi.

Avval **diffuziya maydoni** tushunchasini ko'rib chiqamiz.

Diffuziya maydoni – bu qaytgan tovush energiyasi to'g'ri tovush energiyasidan katta bo'lgan maydon. Qaytarilgan tovush to'liqlari xonada turli yo'nalishda tarqaladi. Agarda qaytgan tovush tez so'nmasa, unda xonaning istalgan nuqtasida bir-biriga ustma-ust tushadigan to'liqin vektorlari soni ko'p bo'lishi mumkin. Bu holda turli yo'nalishdagi tovush oqirni energiyasining o'rtacha qiymati bir-biridan kam farq qiladi. Turli yo'nalishdagi tovush energiyasi o'rtacha qiymatining tengligi **maydon izotropiyasi** deb ataladi. Maydon izotropiyasi tovush energiyasining xona hajmi bo'yicha bir tekis taqsimlanishiga, ya'ni xonaning turli nuqtalarida tovush energiyasi zichligi o'rtacha qiymatining tengligiga olib keladi. Bu xususiyat **maydon bir jinslili**gi deb ataladi. Shunday qilib, diffuziya maydoni – turli yo'nalishlarda ko'p marotaba qaytib tarqalayotgan **bir jinsli va izotrop to'liqlar** maydoni.

**To'liqlarning o'rtacha erkin o'tish yo'li va vaqti.** Xonadagi tovush maydonini statistik tekshirishlar, avval to'siqlardan qaytayotgan to'liqlarning o'rtacha qiymati va vaqtini aniqlashni taqozo etadi.

Signalning xonada o'rtacha erkin o'tish vaqti quyidagi formula orqali topiladi:

$$\tau = \frac{4V}{cS}, \text{ s.} \quad (7.2)$$

Bir vaqtda qaytgan to'liqlar soni:

$$n = \frac{l}{\tau} = \frac{cS}{4V}. \quad (7.3)$$

Tovush to'liqinining o'rtacha erkin bosib o'tgan yo'li:

$$l_{o'rt} = c\tau = \frac{4V}{S}, \text{ m.} \quad (7.4)$$

**Tovush energiyasining so'nishi va o'rtacha so'nish koeffitsiyenti** Tovush to'liqini yuzaga tushib qisman undan qaytadi, qisman yuzadagi materialda yutilib issiqlik energiyasiga aylanadi. Tovush

to'liqining tushishi va qaytishi akustikaning geometrik qonuniga bo'ysunadi. Xonada qaytishdan so'ng qolgan tovush to'liqini energiyasi qaytish koeffitsiyenti  $\beta$ , tovush yutish koeffitsiyenti  $\alpha$  va tovush o'tkazish koeffitsiyenti  $\gamma$  larga bog'liq:

$$\alpha = \frac{E_{\text{yutil}}}{E_{\text{tush}}}; \quad \beta = \frac{E_{\text{kayt}}}{E_{\text{tush}}}; \quad \gamma = \frac{E_{\text{kayt}}}{E_{\text{tush}}}. \quad (7.5)$$

Bunda  $E_{\text{tush}}$  – yuzaga tushgan tovush energiyasi;  $E_{\text{qayt}}$  – yuzadan qaytgan tovush energiyasi;  $E_{\text{o'tgan}}$  – yuzadan o'tgan tovush energiyasi.  $\alpha$ ,  $\beta$  va  $\gamma$  – koeffitsiyentlarning qiymatlari materialga, yuzaning konstruktiv tuzilishi va tovush to'liqining yuzaga tushish burchagiga bog'liq. Tovush yutish koeffitsiyentining o'rtacha qiymati:

$$\alpha_{\text{ort}} = \frac{1}{n} \sum_1^n \alpha_i(\varphi_i), \quad (7.6)$$

bunda  $\alpha_i(\varphi_i)$  – tovush to'liqining  $\varphi_i$  burchak ostidagi tovush yutish koeffitsiyenti.

Xonaning devorlari turli xildagi so'ndiruvchi materiallar bilan qoplanganligi sababli, ularning umumiy tovush yutish fondi quyidagicha ifodalanadi.

$$A_0 = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i. \quad (7.7)$$

Qo'shimcha fondga ijrochilar, tinglovchilar va ular egallagan yuza, hisobga olinishi qiyin bo'lgan anjomlar kiradi, qo'shimcha yutilish fondi:

$$A_{\text{ko'sh}} = \alpha_{\text{ko'sh}} S.$$

Xonadagi umumiy tovush yutilish qiymati:

$$A = \sum \alpha_i S_i N_k = + \sum A_k N_k + \alpha_{\text{ko'sh}} S, \quad (7.8)$$

bunda:  $A = \sum \alpha_i S_i N_k = + \sum A_k N_k + \alpha_{\text{ko'sh}} S$  tovush yutilish birligida ifodalanган. Tovush yutish birligi qilib  $1 \text{ m}^2$  ochiq oynaning yutish

koeffitsiyenti olinadi,  $\alpha=1$ . Xona uchun o'rtacha tovush yutilish koeffitsiyenti:

$$\alpha_{\text{ort}} = \frac{A}{S}. \quad (7.9)$$

**Standart reverberatsiya vaqti.** Xonadagi reverberatsiya jarayonini baholash maqsadida reverberatsiyaning standart vaqti kattaligi kiritilgan. **Standart reverberatsiya vaqti** deb, tovush energiyasi zichligining  $10^6$  marta yoki 60 dB kamayishigacha ketgan vaqtga aytiladi.

Bu reverberatsiya vaqti Eyring formulasi orqali aniqlanadi:

$$T_p = 0,161 \frac{V}{-S \ln(1 - \alpha_{\text{ort}}) + 4\mu V}, \quad (7.10)$$

bunda,  $4\mu V$  – tovushning havoda so'nish qiymati.

Katta bo'lmagan xonalar uchun va 1000 Hz dan past chastotalarda havodagi so'nish koeffitsiyenti  $4\mu V$  ni inobatga olmasa ham bo'ladi. 4000 Hz dan yuqori chastotalarda  $4\mu V$  asosiy rol o'ynaydi va reverberatsiyaning standart vaqti kamaya boradi.

Hisob-kitoblarda ko'proq so'nishning reverberatsiya koeffitsiyenti  $\alpha' = -\ln(1 - \alpha_{\text{ort}})$  dan foydalaniladi. Unda:

$$T_p = 0,161 \frac{V}{\alpha' S_2 + 4\mu V}. \quad (7.11)$$

## 7.7. AKUSTIK NISBAT VA EKVIVALENT REVERBERATSIYA

Xonadagi tovush maydonini «to'g'ri» va «qaytgan» tovush to'lqinlari yig'indisi maydoni deb hisoblash mumkin. Qaytgan tovush to'lqinlari maydonini hamma vaqt diffuziya maydoniga yaqin deyish mumkin. Shuning uchun bu maydon tarkibi **diffuziya maydoni tarkibi** deb ataladi.

Qaytgan tovush energiyasi zichligining to'g'ri tovush energiyasi zichligiga bo'lgan nisbati

$$R = \frac{\varepsilon_{dif}}{\varepsilon_{to'g}} \text{ yoki } R = \frac{P_{dif}^2}{P_{to'g}^2}, \quad (7.12)$$

akustik nisbat deb ataladi.

Tovush manbayigacha bo'lgan  $R=1$  m masofa jarangdorlik radiusi deb ataladi. Yakka tovush maydoni uchun jarangdorlik radiusi

$$r_j = \sqrt{\frac{\alpha S \Omega_j R^2(\theta)}{50,3(1-\alpha)}}. \quad (7.13)$$

Akustik nisbatning o'zgarishi reverberatsiya vaqti o'zgarishidek eshitiladi. Bu effektni baholash uchun reverberatsiya ekvivalenti tushunchasi kiritilgan.

$$T_{ekv} = \frac{1,2T_p}{1,2+T_p \lg\left(\frac{\Omega_m + R}{R}\right)}, \quad (7.14)$$

bunda  $\Omega_m$  – mikrofonning yo'nalganlik koeffitsiyenti.

Reverberatsiya ekvivalenti tovush manbai va mikrofon joylashgan nuqtalarga hamda mikrofon yo'nalganlik diagrammasiga bog'liq.

Reverberatsiya ekvivalenti tovush manbayiga yaqinlashgan sari kamayadi, chunki akustik nisbat kamayadi. Akustik nisbat katta bo'lgan zaldagi olis nuqtalarda har doim jarangdorlik boshqa nuqtalardagiga nisbatan yuqori bo'ladi.

## 7.8. RADIOESHITTIRISH VA TELEVIDENIE STUDIYALARI

Tovush eshittirishning sifati ko'p jihatdan eshittirish olib borilayotgan studiyaning akustik sifatlariga bog'liq.

Yuqori sifatli tovush eshittirishni olish uchun maxsus akustik ishlov berilgan xonalar – studiyalar jihozlanadi. Belgilanishi bo'yicha ular: radioeshittirish va televidenie studiyalariga bo'linadi. Radioeshittirish studiyalari katta, o'rtacha va kichik konsert, kamer

musiqasi, nutq hamda adabiy-dramatik studiyalarga bo'linadi. Televidenie studiyalari ham shunday belgilanadi, faqat adabiy-dramatik studiyalar o'rniga postanovka studiyalari deb ataladi.

Radioeshittirish va televidenie studiyalarining o'lchamlari va shakli berilgan ijrochilar soni bo'yicha «Oltin kesim» nisbatlaridan foydalanib, chiziqli o'lchamlari: uzunligi  $l$ , eni  $b$  va balandligi  $h$  tanlanadi.

Ko'p hollarda studiyaning shakli konstruktiv nuqtayi nazaridan to'g'ri to'rtburchakli tanlanadi. Studiyaning o'lchamlari alohida nisbatlarni talab etmaydi. Studiyaning plani kvadratga yaqin bo'lmasligining o'zi yetarli, balandligi esa studiyaning plandagi eng kichik o'lchamining yarmidan katta bo'lishi kerak. Bunda studiya o'lchamlarining nisbati 5:3:2 yoki 2,6:1,6:1, ya'ni  $l : b : h = 2,6:1,6:1$ . Xona uzunligi, eni va balandligi o'lchamlarining bu nisbatlaridan keskin farqlanishi akustik defektlarga olib kelishi mumkin. Studiyaning balandligi qurilish-arxitekturasi bilan aniqlanadi: bir tomondan, studiyaning asosiy o'lchamlari arxitektura proporsionalligi talablarini qondiradigan nisbatda bo'lishi; ikkinchi tomondan studiya kompleksini bir binoda joylashtirganda balandligi bir-biri bilan va bino qavatlar balandligi bilan ham kelishtirilgan bo'lishi kerak. Studiyaning tanlangan poli yuzasi va balandligi bo'yicha uning hajmi va umumiy yuzasini aniqlash mumkin.

Radioeshittirish va televidenie studiyalarining klassifikatsiyalari 7.2-jadvalda keltirilgan.

7.2-jadval

Studiyaning nomi	Studiyaning belgilanishi	Studiya polining yuzasi, m <sup>2</sup>	Studiyaning balandligi, m	Ijrochilar soni, $N_{opt}$
Katta TV studiya	Musiq, adabiy-dramatik eshittirishlar va ko'p sonli ijrochilar ishtirokidagi murakkab dekoratsiyali sahnalarni tasvirga tushirish uchun	1000	15	400
		600	11,0	250
		450	10,0	200

O'rtacha TV studiya	Musiq, adabiy-dramatik eshittirishlar va dekoratsiyasi murakkab bo'lmagan kam sonli ijrochilar ishtirokidagi sahnalarni tasvirga tushirish uchun	300 200	8,6 7,0	120 50
Kichik TV studiya	Musiq, kichik adabiy-dramatik eshittirishlar va dekoratsiyasi murakkab bo'lmagan kam sonli ijrochilar ishtirokidagi sahnalarni tasvirga tushirish, ijtimoiy-siyosiy, adabiy, eksponat va modellarni namoyish etish uchun	150 100 50-80	6,5 5,-6,0 4,-5,0	30 20 10-15
TV diktor studiyasi	Diktor yoki notiqni (o'rta yoki yirik planda) ko'rsatish uchun	60-80	4,2-4,5	2-4
Diktor telesharxlovchi studiyasi	Axborot eshittirishlari (diktorni ko'rsatmasdan)	12-15	2,6-2,8	1-2
Radioeshittirish katta konsert studiyasi	Katta musiq (katta simfonik orkestr, xor va boshqa) ijrosidagi tinglovchilar ishtirokidagi eshittirishlar	650-1000	11,0-13,0	200-250
RE katta KS (tinglovchilarsiz)	-	750	12	150
O'rtacha RE konsert studiyasi	Simfonik muzika (kichik sonli orkestr ijrosida), estrada va djaz muzikasi-ni yozish uchun	350-450	8,5-10	40-65
Kichik musiq RE studiyasi	Katta bo'lmagan orkestr va xor ijrolarini yozish uchun	250-300	8,0-8,3	30-35
RE kamer studiyasi	Kamer muzikasini ijro etish, solist-vokalistlar, kichik musiq eshittirish-lari uchun	150	6	10-15
Katta ADS studiya	Katta radio spektakllarni yaratish va uzatish uchun	150-200	6-6,5	20-30

O'rtacha ADS	Badiiy o'qishlar, kichik radio spektakllar uchun	100	5	10–15
Nutq studiyasi	Informatsion eshittirishlar, so'ngi axborot	26–30	3,2–3,5	2–4
Tovush so'ndirilgan studiya	Adabiy-dramatik yozuvlarda maxsus effektlar yaratish uchun	50	4	6–10
Apparatxonalar	Fonogrammalarni qayta yozish, dastur fragmentlarini konservatsiyalash uchun yozish	30–40	3,5	1–2
«Aks cado» kamerasi	Reverberatsiyasi o'zgaruvchan jarangdor effektlarni yaratish uchun	50	4	–
Tinglash xonasi	Ekspertiza o'tkazish uchun	30–40	3,5	–

Yuqori sifatli tovushlarni olish uchun studiyalar tashqi shovqinlardan yetarlicha himoyalangan bo'lishi zarur.

Har qanday studiyaning akustik asosiy xarakteristikasi bu – reverberatsiya vaqtidir. Standart reverberatsiya vaqti deb, so'nayotgan tovush energiyasining stasionar qiymatidan  $10^6$  marta kamayishigacha o'tgan vaqtga aytiladi, bu qiymat tovush energiyasining 60 dB gacha kamayishiga teng. Kichik reverberatsiya vaqti tovushni ma'yuslantiradi va ijrochidan baland ovoz talab etadi. Juda katta reverberatsiya vaqti tovushning «yog'ilib ketishiga sababchi bo'ladi, natijada bir bo'g'in ikkinchisiga qo'shilib so'z aniqligi, ravonligi pasayadi, musiqa ohanglari buziladi.

Tovush jaranglashi tabiiy bo'lgan vaqtni optimal reverberatsiya vaqti deb ataladi. Optimal reverberatsiya vaqti ijro etiladigan musiqa asarlariga bog'liq. 7.3-jadvalda studiyalarning optimal reverberatsiya vaqti va uning chastota xarakteristikasi berilgan.

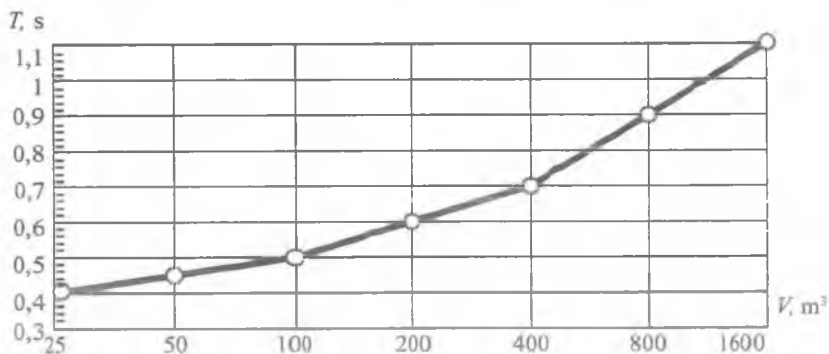


Optimal reverberatsiya vaqti va uning chastota xarakteristikasi

Studiya turi	Studiya hajmi, m <sup>3</sup>	$T_{\text{opt } 500}^{\text{, s}}$	Chastota xarakteristikasining ko'rinishi
Nutq televizion, (radioeshittirish) studiyasi	50–70	0,4–0,5	Gorizontal-chiziqli
Radioeshittirish konsert studiyasi	≤3000	$\lg T = -0,374 + 1/6 \lg V$	Gorizontal-chiziqli, 125 Hz chastotada 50% gacha ko'tarilishi mumkin
Radioeshittirish katta konsert studiyasi	≥3000	1,7–1,8	Gorizontal-chiziqli, 125 Hz chastotada 20–30% ko'tarilishi mumkin
Adabiy-dramatik blok	500–800	0,–0,6	100–5000 Hz polosada gorizontal-chiziqli
Tovush so'ndirilgan adabiy-dramatik blok	100–150	0,2–0,25	Gorizontal-chiziqli
Tovush so'ndirilmagan adabiy-dramatik blok	100–150	3,0–3,5	150–3000 Hz polosada past va yuqori chastotalarda biroz pasayish bilan, gorizontalchiziqli
TV telepostanovkalar studiyasi	≥3000	0,7–0,8	Gorizontal-chiziqli
TV maket-diktator studiyasi	200–400	0,5	Gorizontal-chiziqli

Nutq studiyalarga bo'lgan talab ijrochi tovushi tembrini o'zgartirmay nutqning yuqori aniqligini saqlashdan iborat. Shuning uchun bunday studiyalar kichik reverberatsiya vaqtiga (0,5...0,6 s) ega. Musiqa eshittirishlari uchun mo'ljallangan studiyalarning reverberatsiya vaqti ancha yuqori (1,5...2,0 s). Turli dasturlar uchun optimal reverberatsiya vaqtini tanlash va shu yo'l bilan tovushning optimal yangrashini ta'minlash uchun reverberatsiya vaqtini o'zgartirib turishga to'g'ri keladi. Buning uchun hozirgi vaqtda sun'iy reverberatsiya qurilmalari keng qo'llaniladi.

**Nutq studiyalari.** Nutq studiyalariga qo'yiladigan asosiy talablardan biri, nutqning yuqori aniqligi va ijrochining nutq tembrini saqlashdir. Izlanish va tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, nutqning yuqori aniqligi tovush bosimi  $50 \div 80$  dB va reverberatsiya vaqti 1 s dan kam bo'lganda erishiladi. Nutq eshittirishlarida studiyalarda, odatda, 10 kishidan ko'p bo'lmashligi sababli bunday studiyalarning hajmi aytarli katta bo'lmaydi. O'rta chastotalarda reverberatsiya vaqti  $0,4 \div 0,8$  s tavsiya etiladi. Nutq studiyalari uchun optimal reverberatsiya vaqtini 7.39-rasmda keltirilgan egri chiziqdan aniqlash mumkin.



7.39-rasm. Optimal reverberatsiya vaqtining nutq studiyasi hajmiga bog'liqligi grafiqi.

Shunday qilib, optimal akustik sharoitlarni yaratish uchun nutq studiyasi quyidagicha bo'lishi shart:

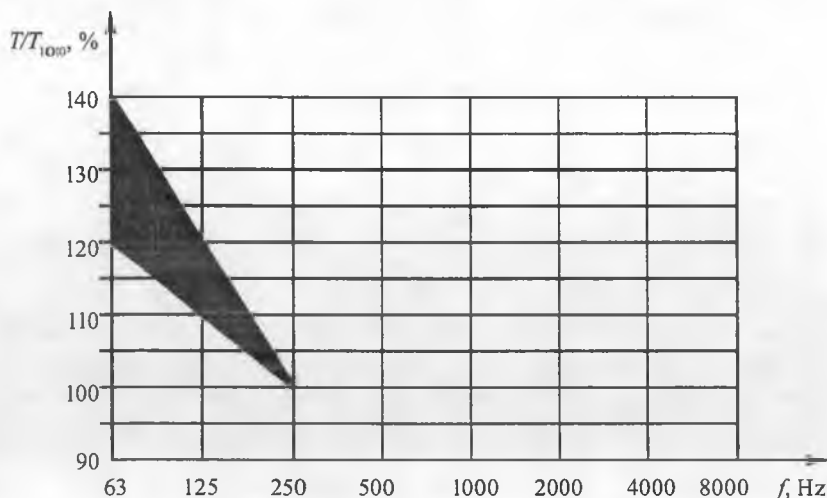
- reverberatsiya vaqti  $0,4 \div 0,8$  s;
- reverberatsiya vaqtining chastota tavsifi yuqori chastotalargacha chiziqli bo'lishi kerak.

**Musiq studiyalari.** Musiqa asarlarining xarakterini, eshittirishda ishtirok etayotgan ansambl tarkibini inobatga olib, yozuv jarayonidagi optimal akustik sharoitlarni yaratish maqsadida musiqalarni eshittirishda bir necha studiyalardan foydalaniladi. Musiqa studiyalarining akustik sharoitlarini, ularning hajmi  $2000$  m³ katta bo'lganda, optimal reverberatsiya vaqti studiya hajmiga bog'liq

bo'lmaydi. Bunday studiyalarda optimal reverberatsiya vaqti musiqa asarlarining xarakteri bilan belgilanadi. Optimal reverberatsiya vaqti 1000 Hz chastotada:

- zamonaviy musiqa uchun – 1,48 s;
- klassik musiqa uchun – 1,54 s;
- romantik musiqa uchun – 2,07 s tashkil etadi.

Kichik hajmdagi musiqa studiyalari uchun optimal reverberatsiya vaqti 7.40-rasmda keltirilgan grafikdan aniqlanadi.



7.40-rasm. Musiqa studiyalari uchun optimal reverberatsiya vaqti grafigi.

Musiqa studiyalarining optimal reverberatsiya vaqti past chastotalarda biroz ko'tariladi, bu ko'tarilish tinglovchilarning estetik didiga, asosan, past chastotalarni alohida ajratib tinglashlari bilan bog'liq.

Yuqorida bayon etilgan fikrlarga asosan, musiqa studiyalari reverberatsiya vaqtining akustik talablarini quyidagicha ifodalash mumkin:

1. Kichik va o'rta hajmdagi musiqa studiyalarining optimal reverberatsiya vaqti  $1 \div 1,6$  s bo'lib, studiyalarning hajmiga nisbatan tanlanadi.

2. Katta hajmdagi studiyalarning optimal reverberatsiya vaqti studiyaning hajmiga kamroq bog'liq bo'lib, ko'proq ijro etiladigan musiqa asarlari xarakteriga bog'liq. Ko'p maqsadli studiyalar uchun tavsiya etiladigan reverberatsiya vaqti  $1,7 \div 1,8$  s.

3. Past chastotalarda optimal reverberatsiya vaqti o'rta chastotalardagiga nisbatan  $20 \div 40\%$  ko'p bo'lishi mumkin.

**Televidenie studiyalari.** Televidenie studiyalari radioeshittirish studiyalaridan farqli ravishda ko'pdan-ko'p murakkab dekoratsiyalarning qo'llanilishi bilan ajralib turadi. Bu o'z navbatida TV studiyalarda qo'zg'aluvchi kamera, mikrofonlar va katta sonli yoritgich asboblardan foydalanishni taqozo etadi.

Bunday studiyalarning optimal reverberatsiya vaqti haqida quyidagicha fikr yuritish mumkin:

TV eshittirishlari dekoratsiyalarning tez-tez o'zgarishi bilan bog'liq bo'lganligi sababli, umumiy tovush to'liqini yutilish fondi ham o'zgarib turadi;

– TV kadri o'zgarganda unga mos holda ovoz tavsiflari ham o'zgarishi lozim. Shuning uchun TV studiyalarining reverberatsiya xarakteristikalari sun'iy tizimlar yordamida boshqariladi. Reverberatsiya vaqtini ma'lum diapazonda boshqarish uchun TV studiyasining reverberatsiya vaqti  $0,7 \div 0,8$  s teng qilib olinadi.

TV studiyalarda kameralarning borligi, xizmatchilar, yoritgichlar va ventilatsiya asboblarning radiostudiyalardagiga nisbatan ko'pligi TV studiyalarda shovqin sathining oshishiga sababchi bo'ladi. Shu sababli reverberatsiya vaqti amalda erishilishi mumkin bo'lgan  $0,8 \div 1,0$  s bilan cheklaniladi.

Dramatik eshittirishlarning ko'p qismi musiqa sadolari jo'rligida olib borilishi sababli reverberatsiya vaqtining chastotaga bog'liq bo'lmasligiga intilish zarur. Shunday qilib, TV studiyalarida yaxshi akustik sharoit yaratish maqsadida quyidagi talablarning bajarilishiga erishish zarur.

1. Reverberatsiya vaqti  $0,8 \div 1,0$  s ga teng bo'lgan holda studiya hajmiga bog'liq bo'lmasligi kerak.

2. TV studiyalarni tovush so'ndirish koeffitsiyenti  $0,7 \div 0,8$  ga teng bo'lgan so'ndiruvchilar bilan qayta ishlash zarur.

3. Reverberatsiya vaqti chastota tavsifining chiziqli bo'lishiga erishish lozim.

4. TV studiyalarni shovqindan saqlanishini to'la ta'minlash zarur.

5. TV studiyalarning reverberatsiya vaqtini sun'iy tizimlar yordamida boshqarish lozim.

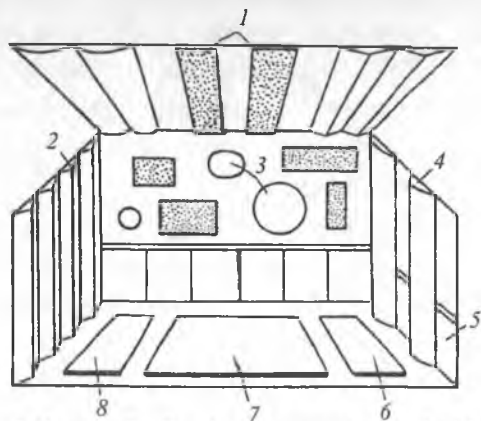
### 7.9. STUDIYA JIHOZLARI VA APPARATXONA USKUNALARI

Yuqorida aytib o'tilganidek, studiyaning belgilanishiga qarab uning o'lchamlari va shakli «oltin kesim» nisbatida tanlab olinadi. Studiyaning asosiy ko'rsatgichlaridan biri, optimal reverberatsiya vaqti, turli tovush so'ndiruvchi materiallarni tanlash va ularni to'g'ri joylashtirish (akustik sozlash) natijasida erishiladi.

Studiyaning namunaviy jihozlanishi 7.41-rasmda ko'rsatilgan.

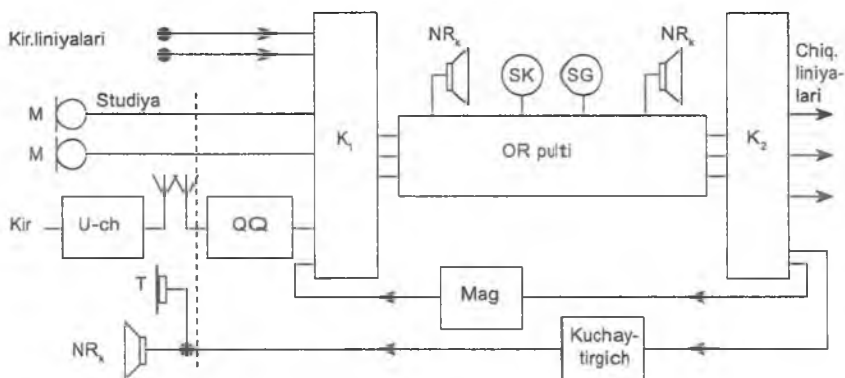
Analogli apparat-studiya bloki (ASB) uskunalarining tuzilishi 7.42-rasmda keltirilgan.

Studiyaning namunaviy jihozlanishi to'g'risida batafsil ma'lumot 7.31. «Radioeshittirish studiyalari reverberatsiya vaqti chastota tavsifining akustik hisobi» paragrafida berilgan.



7.41-rasm. Studiyaning namunaviy jihozlanishi:

1 – perforatsiyalangan plitalar, 2 – arrasimon plitalar, 3 – yarimshar shaklidagi palla, 4 – yarimsilindr; 5 – panel; 6 – gilam yo'lakcha; 7 – gilam; 8 – to'shak.



7.42-rasm. Analogli ASB uskunalarining struktura sxemasi:

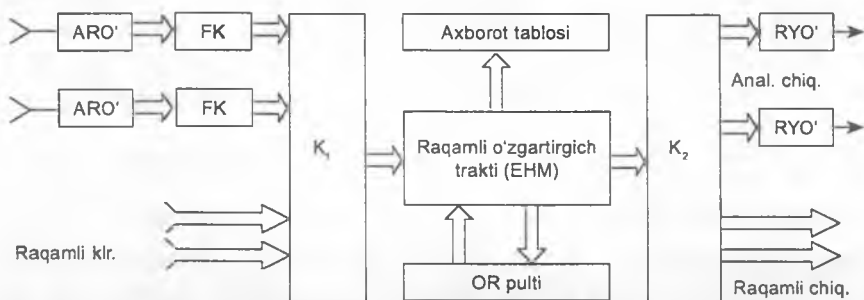
$M$  – mikrofon;  $U\text{-}ch$  – uzatkich;  $T$  – telefon;  $NR_k$  – nazorat radiokarnayi;  
 $QQ$  – qabul qilgich;  $K_1$  – krosslovchi kirish ustuni;  $K_2$  – krosslovchi chiqish ustuni;  
 $OR$  pulti – ovoz rejissori pulti;  $SK$  – stereokorrelometr;  $SG$  – stereogoniometr;  
 $Mag.$  – magnitofon.

Studiya apparatxonalari ham belgilanishiga qarab yozuv va eshittirish, ovoz rejissori va texnik apparatxonalarga bo‘linadi. 3 va 4 klass radiouylarda yozuv va eshittirish apparatxonalari markaziy apparatxona bilan birlashtiriladi.

Signallar studiyadagi mikrofonlardan studiya apparatxonasiga mikrofon kabeli yoki detsimetrli uzatkich va qabul qilgichi bo‘lgan radio mikrofon orqali keladi. Studiyadagi signallardan tashqari kirish kommutatori  $K_1$  orqali pultga radiouyning boshqa apparatxonalaridan, shuningdek, tashqi translatsiya punkti ATS, MTS manbalardan ham signallar keladi. Signallarni subyektiv va obyektiv nazorat qilish uchun nazorat agregatlari, sath o‘lchagichlar, stereogoniometr ( $SG$ ) va stereokorrelometrlar ( $SK$ ) qo‘llaniladi. Stereogoniometr va stereokorrelometrlar stereo-signallarning fazalanishi to‘g‘riligini va mosligini baholash uchun qo‘llaniladi.

Chiqish kommutatori  $K_2$  orqali signallar magnitofonga, studiyaning markaziy apparatxonasi va boshqa apparatxonalarning ovozlashtirish tizimiga yuboriladi. Apparat-studiya bloki raqamli uskunalarning soddalashtirilgan tuzilishi 7.43-rasmda keltirilgan.

Uskunaning kirishi va chiqishidagi signallar analog va raqamli shaklda bo'lishi mumkin, ikkinchi holda studiya apparatlari Radio bo'yicha Xalqaro Konsultativ Komitetning 647 xarakteristikasida belgilangan formatda bo'ladi. ASBning ayrim funksional qurilmalari, masalan, magnitofonlar, kompakt-disk proigrivatellari, tovush effekti uskunalari ham shu formatda ulanadi.



7.43-rasm. ASB raqamli uskunasining struktura sxemasi.

Analog manbalardan signallar (magnitofon, mikrofon va bog'lovchi tizimlardan) dastlab analog-raqamli o'zgartirgichga (ARO') uzatiladi, so'ngra apparatxonadagi kodni shakllantirish uskunasida o'zgartiriladi. Analog qurilmalarga kelayotgan signallar (magnitofon, nazorat agregatlari va b.q.) raqamli-analog o'zgartirgichda dekodlanadi.

#### 7.10. RAQAMLI MIKSHER PULTLARI

Raqamli tovush signallari manbalari – kompakt diskleri, raqamli magnitofonlarning paydo bo'lishi bilan dasturlarni shakllantiruvchi trakt sifatini oshirish muammosi ham paydo bo'ldi. Muammo raqamli miksher pultlarini yaratish bilan hal etildi. Aslida, miksher pulti lokal kompyuter tarmog'ini eslatadi va uning afzalligi kanal sifatini raqamli ishlov berish hisobiga oshirish emas, balki kompyuter tizimlaridagidek boshqarishning yangi imkoniyatlarida. Pultning strukturasi 4 asosiy bloklardan (7.42-rasm): boshqaruv

paneli, baza prosessori, raqamli analog kirish/chiqish stansiyalari, raqamli va analog signallarni uzatish uchun kommutatsiyalovchi matritsadan iborat.



7.44-rasm. Raqamli miksher pultining struktura sxemasi.

Miksher pultining asosi bo'lib, dinamik taqsimlovchi baza prosessori hisoblanadi. Bitta prosessordan bir vaqtning o'zida bir necha operatorlar bir-biriga bog'liq bo'lmagan masalalarni hal etishda turli apparatxonalarining alohida boshqaruv panellaridan foydalanishlari mumkin.

Raqamli miksher pultlarida, analogli pultlardan farqli ravishda, konstruktiv konfiguratsiya bilan kirish, chiqish va kanallar soni o'rtasida bog'liqlik yo'q.

Birgina apparat uskunolari jihozlari bilan ko'pgina konfiguratsiyalarni (virtual miksher pultlari) har birini fayl ko'rinishida saqlab qolish bilan yaratish mumkin. Shuning uchun raqamli pultni talab etilgan analog va raqamli AES/EBU kirish /chiqishli yoki optik formatlardagi apparatlarga soddalashtirish mumkin.

Sinxronlanmagan raqamli manbalarni yoki diskretlash chastotasi turlicha bo'lgan manba signallarini ulash va miksherlash uchun o'rnatilgan chastota diskretlash o'zgartirgichlar nazarda tutiladi. Raqamli miksher pulti kompyuter tizimiga mos bo'lganligi uchun avtomatlashtirishning barcha vositalari unga xosdir. Undan tashqari kirish/chiqish va apparat-studiya kompleksi uskunolari o'rtasida signallarni uzatish uchun matritsa-dastur-boshqariluvchi kommutatorlarni avtomatik kommutatsiyalovchi qurilmalarni qo'llashning birdan-bir afzalligi pultning belgilangan konfiguratsiyasiga mos



bo'lgan kommutatsiya strukturasi qayta tiklashdir. Avtomatika barcha boshqargichlarning holatini xatolarsiz eslab qolish xususiyatiga ega.

Raqamli miksher pulti – bu ko'pdan-ko'p boshqaruvchi elementli murakkab uskuna bo'lishiga qaramay, tashqi ko'rinishi analog pultni eslatadi. Barcha tugmalar, klavish va boshqargichlar analog pultlaridagidek belgilanadi. Raqamli pult chiqishidagi tovush sifati signalga raqamli ishlov berish turi va tashqi uskuna bilan ulanganda analog-raqamli o'zgartirish texnologiyasining mukammalligiga bog'liq. Shuning uchun barcha analog-raqamli va raqamli-analog o'zgartirgichlar 20–24 bit aniqlikka ega, zarur hollarda signallarga ishlov berish sifatini oshirish maqsadida bu ko'rsatkich 32 bit va o'ta muhim eshittirishlar uchun 64–96 bit bo'lishi ham mumkin.



7.45-rasm. Apparatxona pulti.

Pultlarning ko'pgina modellarida universallikka erishish maqsadida 16 va 24 bit aniqlikdagi kirish va chiqish uzib-ulagichlar bor. Past sathli raqamli signal sifatiga nochiziqli buzilishlar ta'sir etadi, ya'ni signal sathi o'zgartirgichning shovqin sathidan past

bo'lganda ham eshutiladi. Shuning uchun buzilishlar sathi shovqin sathidan 20–30 dB ga past bo'lgan o'zgartirgichlar qo'llaniladi.

Pulda signalning istalgan nuqtadagi sathini boshqarish uchun avtomatlashtirilgan feyderlardan foydalaniladi. Signalga chastotaviy, dinamik ishlov berish qurilmalari – ekvalayzer, kompressor, ekspander, limiter va boshqalar signal o'tish joyining istalgan nuqtasida qo'llanilishi mumkin.

Raqamli miksher pulklar elektroakustik parametrlari bo'yicha analog pult parametrlariga yaqin.

### **7.11. RADIOUY ESHITTIRISH APPARATXONASI VA TELEMARCAZ APPARAT-DASTURLASH BLOKI**

Eshittirishlar radiouy eshittirish apparatxonasida va telemarkaz apparat-dasturlash blokida shakllanadi. Oldindan alohida qismlardan tayyorlangan dasturlar ham shu yerda shakllanadi. Alohida qismlardan tayyorlangan dasturlar ovoz rejisseri tomonidan boshqarilib, montaj va redaksiya o'zgartirishlar kiritilib, texnik nazorat xizmati tomonidan attestatsiyalangan bo'ladi. Shuning uchun apparat-dasturlash blokida yoki eshittirish apparatxonada signallarni qayta o'zgartirish va murakkab boshqarish ko'zda tutilmaydi, bu apparatxonalardagi uskunalar unchalik murakkab emas, ammo bu yerda dasturlarni chiqarishni avtomatlashtirish, dastur manbalari haqidagi axborotlarni va traktning holatini aks ettiruvchi uskunalardan foydalaniladi. Dasturlarni shakllantirish manbalarini almashtirib, qayta ulash bilan yoki bir signalni ikkinchi signal ohangida (masalan, badiiy she'ni musiqa ohangida) uzatish bilan amalga oshiriladi. Yirik telemarkaz va radiouy apparat-dastur bloki uskunali rejisser va texnik apparatxonalarda joylashtiriladi.

Apparat-dastur bloki va eshittirish apparatxonalardagi raqamli traktlarda kirish va chiqish signallari analogli va raqamli bo'lishi mumkin, shuning uchun traktning kirishida analog-raqamli o'zgartirgich, chiqishida esa raqamli-analog o'zgartirgich o'rnatiladi.

## 7.12. MARKAZIY APPARATXONA

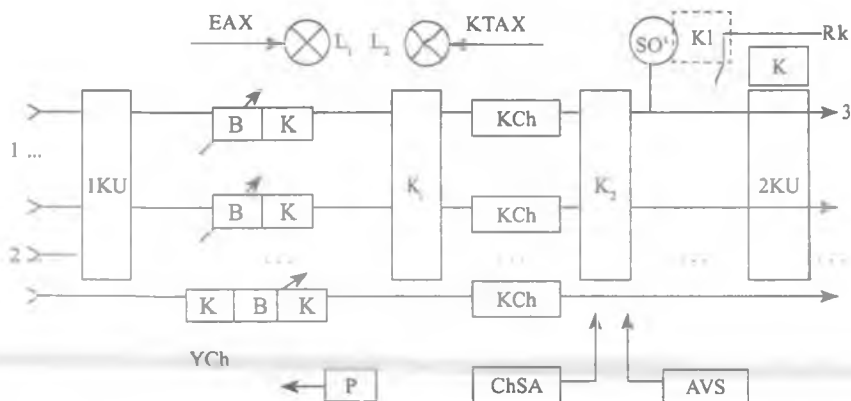
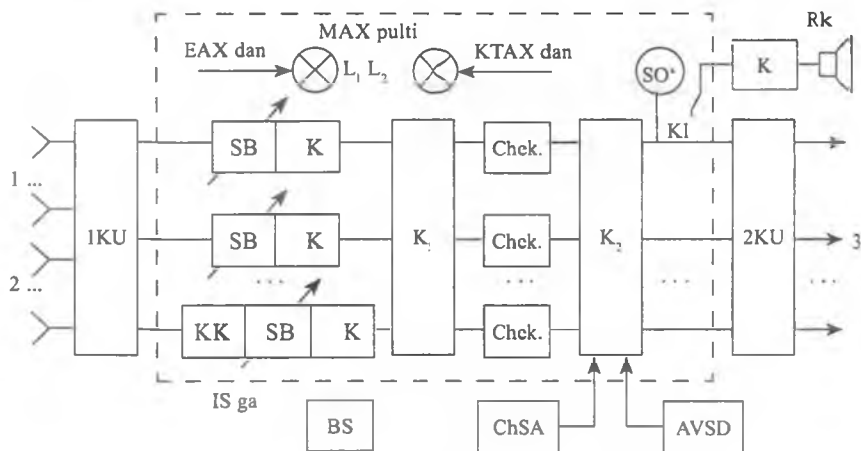
Markaziy apparatxona – radiouy yoki telemarkazning asosiy kommutatsiya uzeli hisoblanib, ichki va tashqi manba dasturlari signallarini apparat-studiya kompleksining ichki liniyalariga va markaziy apparatxonalardan chiqayotgan bog‘lovchi liniyalarga taqsimlash uchun rno‘ljallangan. Markaziy apparatxonaning asosiy vazifasi turli apparatxonalarni o‘zaro bog‘lash, dastur signallariga chaqiriq signali aniq vaqt va bir necha xizmat signallarini kiritishdan iborat. Kirish bog‘lovchi liniyalarning amplituda-chastota tavsiflarini korreksiyalash, signallarni eshitishli nazorat qilish, radiouy va telemarkaz xizmatlari bilan dispetcher aloqasini ta‘minlash, zarur hollarda chiqish dasturlari signallarini va ayrim xizmat yuzasidan so‘zlashuvlarni yozi sh ko‘zda tutiladi.

Markaziy apparatxonaning hajmi va uskunolari tarkibi undan chiqadigan dasturlar soni, kirish va chiqish bog‘lovchi liniyalari soni hamda radiouy va telemarkaz apparatxonalari soni bilan belgilanadi.

Markaziy apparatxona struktura sxemasi 7.46-rasmda keltirilgan.

Krosslovchi kirish ustuni  $KU_1$  dan signallar markaziy apparatxona pultining kirish bloklariga keladi. Radiouy va telemarkaz ichki manba 1 bloklarida sath o‘rnatuvchi boshqargichlar (SO‘B) va taqsimlovchi kuchaytirgichlar (TK), tashqi manba kirish bloklari 2 va korreksiyalovchi kontur (KK) lar mavjud. Keyin signallar kirish kommutatori  $K_1$ , tarkibida maksimal sath cheklagichi bo‘lgan dastur traktlari, chiqish kommutatori  $K_2$ , krosslovchi chiqish ustuni ( $KU_2$ ) dan o‘tib chiqish tizimlari 3 ga keladi. Bu yerda har bir dastur signallarini bir necha iste‘mol-chilarga taqsimlash imkoniyati ta‘minlanadi.

Dasturlarni kuzatuvli va eshitish orqali nazorat etish uchun markaziy apparatxonada sath o‘lchagichlari (SO‘) va nazorat agregatlari (NA) o‘rnatilgan.  $L_1$  va  $L_2$  lampalari eshittirish apparatxona (EAX) va kommutatsiya taqsimlash apparatxona aloqa



7.46-rasm. Markaziy apparatxona uskunasiining struktura sxemasi:

$KU_1$ ,  $KU_2$  - krosslovchi kirish va chiqish ustunlari; EAX - eshittirish apparatxonasi; MAX - markaziy apparatxona; KTAX - kommutatsiya taqsimlash apparatxonasi;  $L_1, L_2$  - eshittirish apparatxonasi va kommutatsiya taqsimlash apparatxona aloqa xizmatlari dastur uzatishga tayyor ekanligi haqida signal beruvchi lampalar; SB - sath boshqargich; KCh - kuchaytirgich;  $K_1$ ,  $K_2$  - kommutatsiyalovchi ustun;  $SO'$  - sath o'lichagich;  $K_1$  - uzib-ulovchi kalit; NA - nazorat agregati; ChSA - chaqiruv signali apparaturasi; AVSD - aniq vaqt signali datchigi.



7.47-rasm. Markaziy apparatxona va kross uskunalari.

xizmatlari dastur uzatishga tayyor ekanligi haqida signal beradi. Markaziy apparatxonada birlamchi elektr soatlar bo'lib, ulardan sekundli impulslar radiouyi va telemarkazning barcha xonalarida o'rnatilgan ikkilamchi soat (IS) tarmoqlariga keladi. Dasturlarni aniqlovchi musiqali signallarni kiritish uchun chaqiruv signallari apparaturasi (ChSA) mavjud. Shuningdek, aniq vaqt signali datchigi (AVSD) vaqtni tekshirish signal impulsini beradi. Bu impulslarga traktlar holatini avtomatik ravishda nazorat qilish, uzatish koeffitsiyentini baholash, garmonikalar koeffitsiyenti va amplituda-chastota xarakteristikasini baholash signallari qo'shiladi.

Radiouy va telemarkazlar zamonaviy uskunalalar bilan jihozlanib, oldindan tuzilgan jadval bo'yicha uzib-ulash vaqti va tartibiga operativ aralashish imkoniyati ko'zda tutiladi.

Hozirgi vaqtda Toshkent radioeshittirish va ovoz yozish uyi studiyalari va apparatxonalari jahonning elektronika sohasida yetakchi hisoblangan Yaponiya, Germaniya, Angliya, Avstriya,

Shveysariya va boshqa mamlakatlarning texnika qurilmalari bilan jihozlangan. Yuqorida ta'kidlagan davlatlarning Siemens, BFF SSL, Genelee, AKG, Apple, Gorgy, Net Spro, Sony, Panasonic, Lexicon, TC electronic, Tascam, Kurzweil, Roland kabi yetakchi firmalarining eng so'ngi qurilmalari o'rnatilgan. Studiya apparatxonalarida Angliyaning Gonsole SSL 4000 G+pulti o'rnatilgan SSL-Solid State Logic, ya'ni mantiqli qattiq jism ma'nosini anglatadi. SSL miksher pulti (7.48-rasm) 32 ta mikrofon kirish va miksher modullari, 32 ta subyektiv nazorat etish monitor kanali, 8 ta guruh modullari, master kvadro, miksher va yana bir qancha tovush signallarini uzatish, eshittirishlarni boshqarish, sayqal berish boshqargichlari va tugmalari mavjud.

Studiyalarda Avstriyaning AKG C12, AKG14 va Germaniyaning Nueman U78A rusumli kondensatorli mikrofonlari o'rnatilgan. Bu mikrofonlarning sezgirligi -76-80 dB ni tashkil etib, amplitudachastota xarakteristikasi 16 Hz÷22000 Hz chastota polosasida to'g'ri chiziqli ko'rinishga ega. Bunday mikrofon va miksher pulti yordamida yuqori sifatli eshittirish signallarini yozishni amalga oshirish mumkin.

Studiyadagi Wollbox qutilar orqali apparatxonadagi 32 ta mikrofonli SSL miksher pulti mikrofon modullari kirishiga ulanadi.

Har bir modul kelib tushgan signalni boshqarib, sayqal berib insert, AUX, Matrix grupp sends kanallari orqali studiya apparatxonasiga va studiya audio monitorlariga uzatadi, eshittirish uchun naushniklarga Rack qurilmalariga, sayqal berish uchun A.D Convertor and interfere qurilmasi Computer Apple MAC OC program protocols ga yozish va har bir moduldagi monitor kanalida eshitib nazorat qilish, zarur holda kompyuterdagi maxsus dasturlar yordamida turli xildagi effektlarni qo'llash imkonini beradi. SSL pultida har bir miksher modulida mikrofon kanallaridan tashqari 32 liniya, 32 kanallararo va 32 ta guruhli kirish kanallari mavjud. Bu kanallar yordamida turli xildagi musiqiy asboblarni ulash yoki katta ansambl tarkibidan ajratib olish mumkin.

Studiya va apparatxona o'rtasida muloqot uchun SSL pultida maxsus kanal ajratilgan bo'lib, shu kanal orqali studiyadan ovoz signallarini yozish mumkin.



7.48-rasm. SSL pulti.

SSL Console pulti analog signal rejimida ishlaydi, ammo boshqaruv, saqlash har bir boshqargichning ish jarayonidagi joylashuvi, bajarilgan barcha amallar haqidagi ma'lumotlar maxsus SSL Computer yordamida sensor rejimida amalga oshiriladi.

Audio aktiv monitorlar Genelec firmasida ishlab chiqilgan. Subyektiv nazorat agregatlari 250 dan 450 W gacha quvvatga ega bo'lib, nazorat qilish polosasi bir necha filtrlar yordamida ajratilib, tovush signalining istalgan bo'lagini nazorat etish imkonini beradi.

SSL pulti kanallari va texnik qurilmalari maxsus o'lchov asboblari yordamida tekshirilib sozlanadi va protokol ko'rinishida rasmiylashtiriladi.

### 7.13. RADIOESHITTIRISH STUDIYASINING KONSTRUKTIV ELEMENTLARI

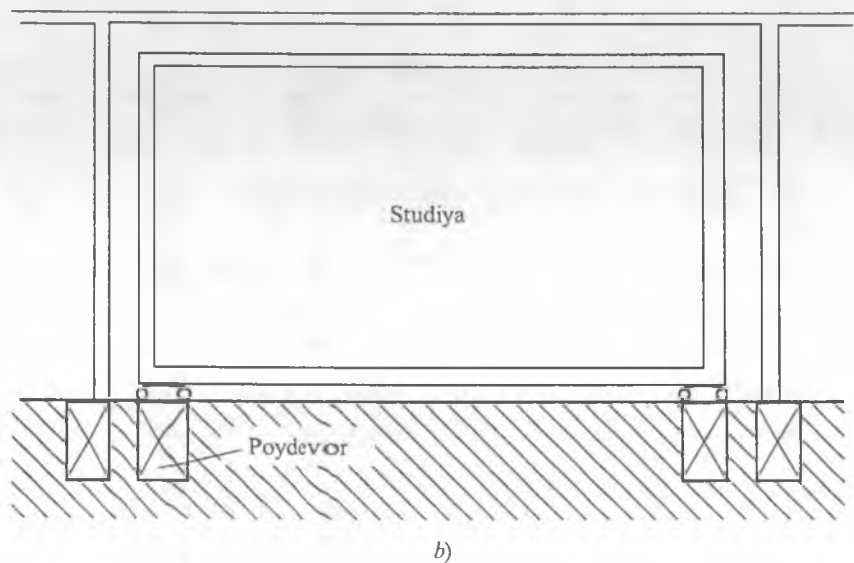
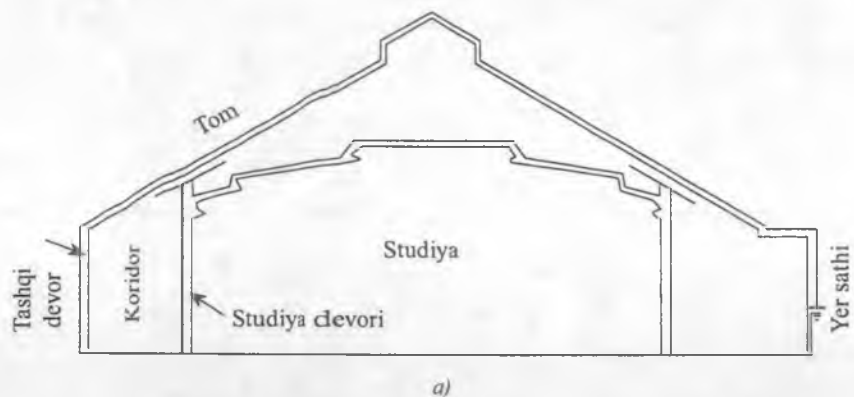
Studiyalarni tovushlardan yetarlicha himoyalash uchun binoning asosiy elementlarida alohida konstruksiyalar qo'llaniladi. Studiya bir qavatli qurilganda «quti ichida quti» nomini olgan konstruksiya qo'llanilgani ma'qul (7.49-rasm).

Studiya, devorlari ikkinchi qavat tomini ushlab turadigan studiya devorlaridan koridor bilan ajratilgan boshqa bino qutisi (korobkasi) ichida joylashtiriladigan o'zining devorlari va shiftiga ega. Bu konstruksiya sxematik 7.49-a rasmda ko'rsatilgan.

Studiya va asosiy bino devorlari o'rtasida qattiq bog'lanish faqat tuproq orqali amalga oshiriladi. Poydevorlarning bir-biridan ajratilishi, shuningdek, ularning tuproq orqali qo'zg'atilishini izolatsiyalash faqat bino atrofidagi akustik choklar orqali amalga oshiriladi. Bino poydevorining boshqa binolar poydevoridan akustik choklar bilan ajratilishi, poydevor qo'yilayotgan tuproq uni o'rab turuvchi tuproq bilan qattiq bog'liqlikni uzilishiga olib keladi. Buning uchun poydevor bo'ylab yoki poydevor atrofida eni  $60 \div 70$  sm va chuqurligi poydevor chuqurligidan taxminan ikki marta katta bo'lgan xandaq qaziladi. Xandaq yirik shlak bilan to'ldiriladi va devorlari bo'yicha shpunglangan yog'och taxta bilan mahkamlanadi. Binoni bunday akustik himoyalash 7.49-b rasmda ko'rsatilgan. Studiya poydevorini qurshovchi binolar poydevoridan ajratish kerak. Bu bir-biridan tor havoli ( $5 \div 7$  sm) chox bilan ajratilgan ikkita poydevorni yotqizish bilan amalga oshiriladi. Tor chok vaqt o'tishi bilan tuproq massasi bilan to'lishi mumkin va u qotib, tovush o'tazuvchi «ko'prikcha» ga aylanadi, buning oldini olish maqsadida, poydevor yotqizilishi bilan baravar poydevor chokini yelim yoki bitum shimdirilgan zig'irpoyaning dag'al tolasi bilan to'ldirish tavsiya etiladi. Studiya ko'p qavatli binoda joylashtirilsa, unda «suzuvchi konstruksiya»lar studiya devorlari, poli va shiftiga nisbatan ham qo'llaniladi. Bunda studiya devorlari, poli va shifti



binoning asosiy temir, beton konstruksiyasiga biriktirilgan maxsus po'lat reszorlarga o'rnatiladi. Prujinalarning elastikligi va soni, prujina – devor (yoki pol, shift) massasi elastikligi rezonans chastotasi imkoni boricha kichik bo'lishi nuqtayi nazaridan tanlanadi.

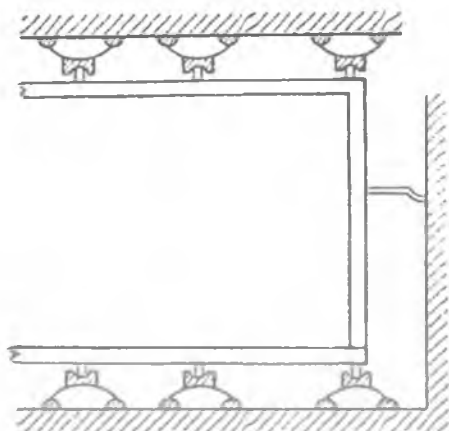


7.49-rasm. «Quti ichida quti» konstruksiyasi.

- a) studiya tashqi bino devorlari va tomlari;
- b) studiya tashqi bino poydevori va devorlari.

7.50-rasmda studiyaning suzuvchi ilgakli konstruksiyasining sxematik vertikal kesimi ko'rsatilgan.

Studiya to'siqlarini binoning asosiy konstruksiyasidan ajratishning yuqorida keltirilgan usullaridan tashqari konstruktiv elementlarning ayrimlarini, masalan, studiyalar bilan yonma-yon va ikkinchi qavatda joylashgan xonalarning va studiyaning polini devorlardan plitali materiallar bilan ajratish juda ko'p hollarda qo'llaniladi.

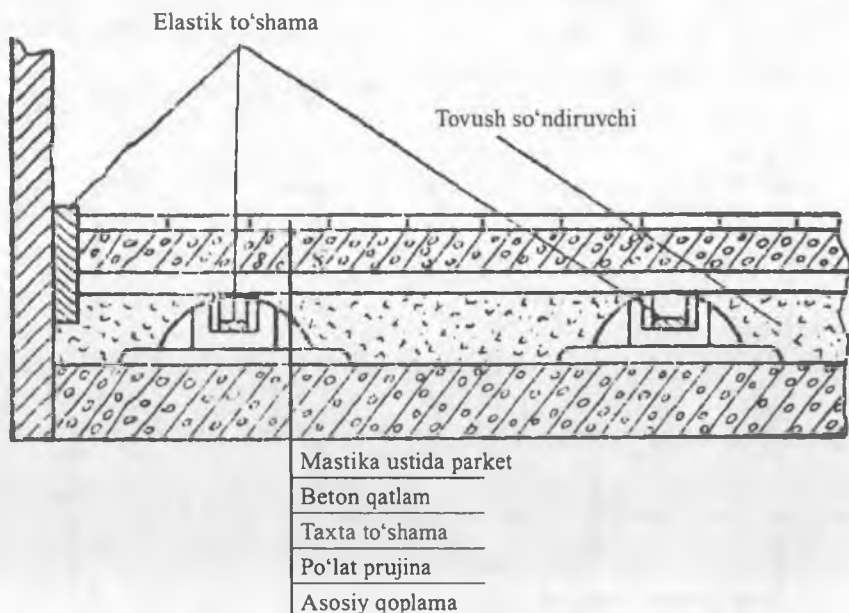


7.50-rasm. Studiyaning suzuvchi ilgakli konstruksiyasi.

Plitali materiallardan eng yaxshisi tabiiy probka (tiqin) va asbo-sementli qoplamalardir. Pol konstruksiyalari uchun qistirmalar soni ularning yuklamalarini inobatga oladigan hisoblar natijasida aniqlanadi. Ko'pgina plitali materiallar uchun yuklama  $0,5 \text{ kg/sm}^2$  dan oshmasligi kerak. Tabiiy tiqin (probka) uchun yuklama  $7 \div 8 \text{ kg/sm}^2$  ga teng. 7.51-rasmda «suzuvchi pol» konstruksiyasi keltirilgan: unda prujinali amortizator qo'llanilgan, pol yaxlit va alohida-alohida plitalardan to'shalgan qoplamalar ko'rsatilgan.

Pol elastik to'shamaga (qistirmaga) to'shalayotganda pol va devor o'rtasida tovush so'ndiruvchi g'ovakli material bilan to'ldirilgan

oraliq qolishiga alohida e'tibor berish kerak. Pol plintusini o'rnatayotganda plintus polni devorga mustahkam bog'lanmasligiga ahamiyat berish zarur, aks holda o'tish shovqinlarining qiymati 4 dB ga oshishi tajriba asosida tasdiqlangan.



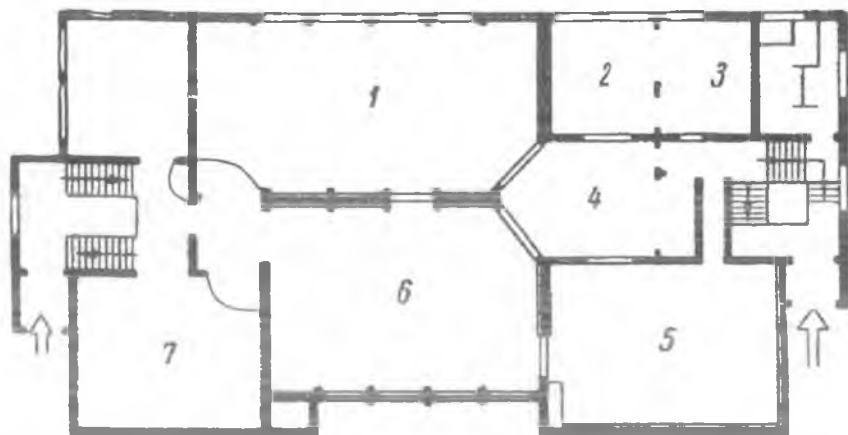
7.51-rasm. Po'lat prujinalardagi «suzuvchi pol» konstruksiyasi.

#### 7.14. ADABIY-DRAMATIK BLOK

Eshittirish dasturlarida turli tovush eshittirish texnik uskunolari yordamida uyushtiriladigan radio postanovkalar, kichik pesalar yoki adabiy eshittirishlar alohida o'rin egaylaydi. Bu eshittirishlar adabiy dramatik eshittirish deb ataladi. Adabiy-dramatik eshittirishlar diktor matni, muloqot yoki bir necha aktyorlarning suhbatlari, musiqa yoki vokal musiqa parchalari, shuningdek, bo'lib o'tayotgan harakat sharoitlarini aks ettiruvchi turli shovqinlar majmuidan iborat bo'lishi mumkin.

Bunday eshittirishlarni tashkil etish uchun umumiy apparatxonaga ega bo'lgan maxsuslashtirilgan studiyalar bloki nazarda tutiladi. Umumiy apparatxonada ovoz rejissori pulti, magnet yozuv apparati va bunday eshittirishlarni olib borish uchun mo'ljallangan jami uskunalar joylashtirilgan bo'lishi shart. Studiyalar shunday joylashgan bo'lishi kerakki, ovoz rejissori boshqaruv pultidan barcha studiyadagi ijrochilarni kuzata olishi zarur.

7.52-rasmda adabiy-dramatik blokning taxminiy strukturasi keltirilgan, uning tarkibiga quyidagi studiyalar kiradi:



7.52-rasm. Adabiy-dramatik blok strukturasi:

- 1 – tovush so'ndirilmagan studiya; 2 – nutq studiyasi; 3 – magnet yozuv apparatxonasi; 4 – studiya apparatxonasi; 5 – tovush so'ndirilgan studiya; 6 – asosiy studiya; 7 – rekvizitlar saqlanadigan xona.

Asosiy studiya (hajmi  $500 \div 800 \text{ m}^3$ ) adabiy-dramatik eshittirishlarning normal akustik sharoitlarga mos holda aktyorlar ijrosida sahnalashtirilgan qismi eshittiriladi. Studiyaning reverberatsiya vaqti  $100 \div 5000 \text{ Hz}$  chastota diapazonida taxminan  $0.5 \div 0,6 \text{ s}$  teng bo'lib, nutqning yuqori aniqligini ta'minlaydi.

Tovush so'ndirilgan studiya (hajmi tahminam  $100 \text{ m}^3$ ) adabiy-dramatik eshittirish harakatlari reverberatsiya bo'lmagan ochiq havo sharoitlardagi sahnalashtirilgan eshittirishlar uchun mo'ljallangan.

Bunday studiyani ng reverberatsiya vaqti minimal qiymat  $0,2 \div 0,25$  s ga teng.

Tovush so'ndirilmagan studiya (hajmi  $100 \div 150$  m<sup>3</sup>) adabiy-dramatik eshittirish harakatlari uzoq vaqt sadolanishli (masalan: vokzal, yerto'la, g'or va cherkovlarda) sharoitlardagi sahnalash-tirilgan eshittirishlar uchun mo'ljallangan. Bunday studiyalarda reverberatsiya vaqti  $150 \div 3000$  Hz chastota diapazonida  $3 \div 3,5$  s ga teng bo'lib, past va yuqori chastotalar tomon pasaygan bo'ladi.

Studiyalarning hajmi kichik bo'lganda ularning shakli to'g'ri to'rtburchakli bo'lmaydi, bunda tovush maydonining bir jinslilik darajasi oshadi.

**Turli effektlar studiyasi.** Adabiy-dramatik eshittirishlarning deyarli barchasi turli effektlar yaratishni (shamol va yomg'ir shovqini, momaqaldiroq, sharshara ovozi va h.k.) talab etadi. Bunday effektlar maxsus taqlid kurilmalari yordamida akustik xarakteristikalariga hech qanday talab qo'yilmaydigan, ajratilgan xonalarda bajariladi (7.53-rasm).



7.53-rasm. Toshkent ovoz yozish uyi adabiy-dramatik studiyasi ichki ko'rinishidan lavha.

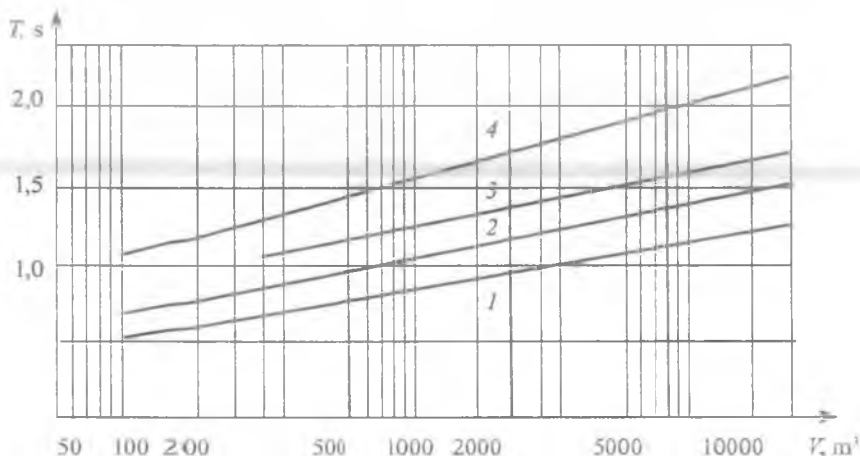
Qurilmalarning ma'lum qismi, masalan, turli materiallardan (tosh, taxta, temir) tayyorlangan zinapoyalar yoki turli yo'lakchalar taxta, g'isht, tosh, temir, gilam, kraxmal va h.k.lar asosiy studiyada joylashtiriladi.

### 7.15. TOVUSH KUCHAYTIRISH TIZIMLI ZALLAR

Yuqorida ko'rib chiqilgan optimal reverberatsiya vaqti bo'yicha barcha tahlillar tovush kuchaytirish tizimli zallarga ham taalluqli. Ammo tovush kuchaytirish tizimlarining mavjudligi alohida shartlar bajarilishini taqozo etadi.

Bunday xonalar uchun pastki chastotalarda reverberatsiya vaqtining chastota tavsifi pastki chastotalarda ko'tarilishi mumkin emas, chunki bunda kuchaytirish tizimining barqarorligi buziladi.

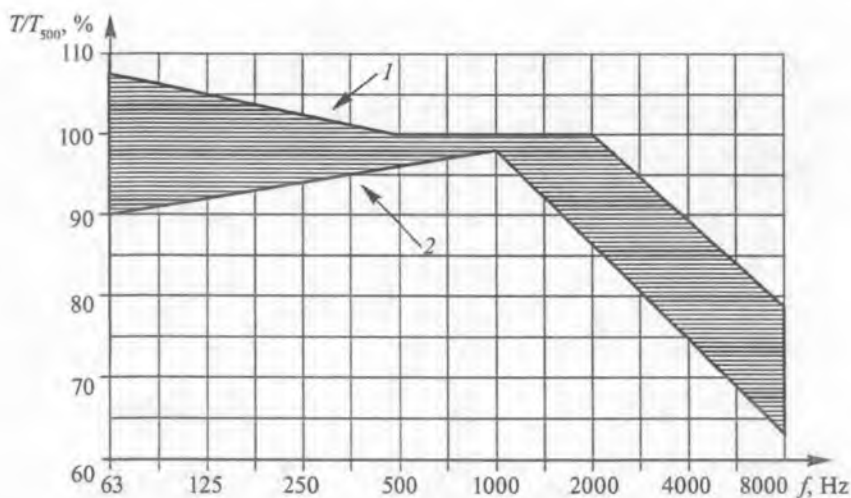
7.54-rasm<sup>da</sup> 500 Hz chastotada optimal reverberatsiya vaqtining xona hajmiga bog'liqligi, 7.55 va 7.56-rasmlarda esa reverberatsiya vaqtining chastota tavsiflari keltirilgan. Stereofonik tizimlar qo'llanilishi kerak bo'lgan zallarda reverberatsiya vaqtini 10÷20% ga kamaytirish kerak.



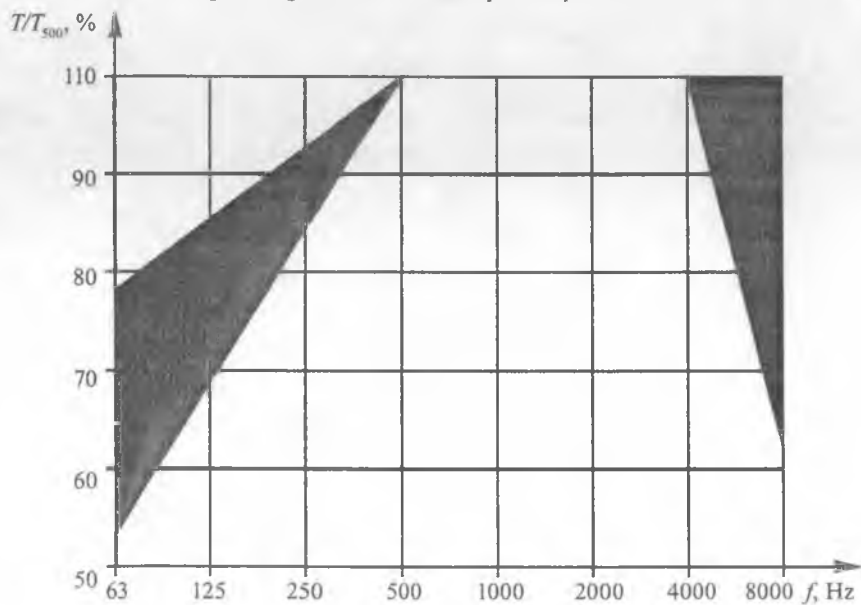
7.54-rasm. Turli xonalar uchun 500 Hz chastotada optimal reverberatsiya vaqti:

1 – auditoriya, kinoteatr, majlis zallari; 2 – teatr zallari; 3 – konsert zallari;

4 – organ musiqa asbobi bo'lgan zallar.



7.55-rasm. Musiqa zallari uchun reverberatsiya vaqti chastota tavsiflari:  
 1 – organ bo'lgan zallar; 2 – boshqa musiqa zallari uchun.



7.56-rasm. Kinoteatr, majlislar zali uchun reverberatsiya vaqtining chastota tavsiflari.

Kinoteatr zallarida reverberatsiya vaqtining nisbatan kichikligi, ko'pincha shu zallarda eshittiriladigan fonogrammalarning yozilish sharoitidagi reverberatsiya vaqtiga bog'liq. Shuning uchun kinozal reverberatsiya vaqtiga fonogramma reverberatsiyasi qo'shiladi.

#### 7.16. OPTIMAL REVERBERATSIYA VAQTINING XONA HAJMIGA BOG'LIQLIGI

Ma'lumki, xonada tovush balandligi xonaning tashqarisidagiga nisbatan yuqori. Xonada barcha yuzalardan qaytgan tovush energiyasining oshishi yuzalarning tovush yutishiga bog'liq xonada umumiy tovush yutish qanchalik kam bo'lsa, tovush shuncha baland bo'ladi.

Xona hajmi oshganda, tabiiyki, devorlar, pol va shiftlarning umumiy maydoni ortadi, umumiy tovush yutish ham oshadi, natijada, o'rtacha tovush balandligi pasayadi.

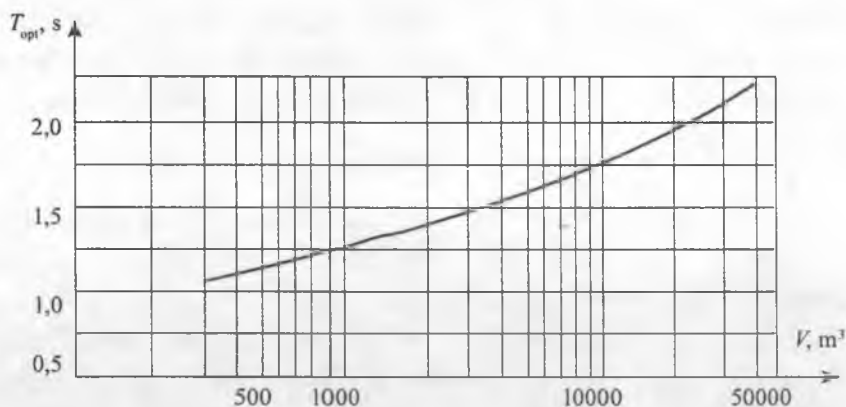
Xona hajmi oshganda tovush balandligi o'zgarmas bo'lishi uchun tovush manbai quvvatini mos holda oshirish kerak.

Qo'shiqchi kichik xonada kuylab, so'ngra katta xonada kuylasa, bu xonada tovush yutilishini inobatga olib balandroq ovozda kuylaydi, natijada ashulachining o'rtacha ovoz balandligi turli hajmdagi xonalarda taxminan birdek qoladi. Ammo ashulachining ovoz kuchi cheklangan va katta zallarda o'rtacha tovush balandligi pasayadi.

**Yana reverberatsiya tushunchasiga qaytamiz.** Xonaning akustik xususiyatlari bizga ma'lum bo'lgan musiqa, nutq, tovush manbalari reverberatsiya asosida shakllanadi, modomiki, bu manbalarning o'rtacha tovush balandligining susayishi shu xonada reverberatsiya kamayishi taassurotini uyg'otadi. Bundan kelib chiqadigan xulosa shuki, xona qanchalik katta bo'lsa, unda shuncha reverberatsiya vaqti katta bo'lishi maqsadga loyiq. Ko'pdan-ko'p tajribalar, akustik sifatleri yaxshi bo'lgan zallarda reverberatsiya vaqtini aniqlash shuni ko'rsatadiki, xona hajmi



taxminan  $300 \text{ m}^3$  oshganda optimal reverberatsiya vaqti ham oshadi. Hajmi  $300 \text{ m}^3$  dan kichik xonalarda optimal reverberatsiya vaqti deyarlik o'zgarmaydi, bu musiqachi va badiiy so'z ustalarini xonada tovush so'ndirishni o'zgartirishga moslashishlari imkonini beradi. 7.57-rasmda optimal reverberatsiya vaqtining xona hajmiga bog'liqlik egri chizig'i keltirilgan.



7.57-rasm. Optimal reverberatsiya vaqtining xona hajmiga bog'liqligi grafigi.

### 7.17. ZAL AKUSTIKASINI SUBYEKTIV BAHOLASH USULLARI

Zal akustikasini subyektiv baholash – har qanday subyektiv baholash kabi qiyin va murakkabdir. Subyektiv baholashning qiyinligi, birinchidan, eshittirishlarning xususiyatlari bilan bog'liq bo'lgan tushuncha va iboralarning yo'qligi; ikkinchidan, shu vaqtgacha olingan subyektiv baholarni obyektiv natijalar bilan solishtirish imkoniyati yo'qligi.

Zallarning subyektiv tavsiflarini o'rganish bilan L. Beranek shug'ullangan. U zallarning musiqa-akustik sifatini baholashning 18 ko'satkichini ajratadi. Ulardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

**Tonning to'laligi (jarangdorligi).** Musiqa asbobining ijrosi tugagandan so'ng studiya yoki konsert zalida tovush taxminan

1÷2 s davom etishi mumkin. Tonning to'laligi qaytgan va to'g'ri tovushlar balandligining nisbati va reverberatsiya vaqtining birgalikdagi ta'siriga bog'liq. Qaytgan tovush balandligining to'g'ri tovush balandligiga nisbati qanchalik katta bo'lsa, tonning to'laligi shunchalik ko'p bo'ladi.

**Tovush yangrashining aniqligi** – musiqa omillari hamda xona akustikasi tavsiflari bilan baholanadi. Musiqa yangrashining ikki turdagi aniqligi, ya'ni ohangdagi ketma-ket tonlarning gorizontal yangrash aniqligi va bir vaqtda yangraydigan vertikal yangrash aniqligi mavjud.

Gorizontal aniqlikka musiqa omillaridan ijro sur'ati va ijrochining mahorati ta'sir etadi. Vertikal aniqlikka esa musiqaning xususiyatlari, bir vaqtda yangrashi kerak bo'lgan tonlarni tanlash, ijrochilar mahorati va tinglovchilarga bog'liq.

**Tovush intimligi** musiqa ijro etilayotgan xonada tinglovchining qatnashuvi, yaqinligi unga xonaning o'lchamlari haqida tasavvur hosil qilishida yordam beradi.

**Intimlik** xonada birinchi qaytgan signalning kechikish vaqti bilan belgilanadi.

**Intim akustikaga** ega bo'lgan zallarda qaytaruvchi to'siqlar shunday tuzilganki, ulardan qaytgan tovush to'liqlari 20 ms oraliqda kechikib keladi.

**Tovushning iliqligi** (bas tonining to'liqligi) bas tonining jarangdorligi o'rtacha ton jarangdorligidan farqlanishi bilan aniqlanadi. Tovushning iliqligi past chastotalardagi reverberatsiya vaqti o'rtacha chastotalardagi reverberatsiya vaqtiga teng yoki birmuncha kattaroq bo'lgandagina sodir bo'ladi.

To'g'ri tovush balandligi sahnadan uzoqlashgan sari kamayadi. Musiqachilarni to'g'ridan to'g'ri eshitish optimal masofasi 18 m va solistlar uchun 6÷15 m bo'lgani ma'qul.

**Tovush balansi** musiqa omillari va akustik xarakterga ega bo'lgan ko'pdan-ko'p ko'rsatkichlarning natijalari bilan ta'minlanadi.

Tovush balansī sahna oldi fazoning xususiyatlariga, orkestr ijrochilarining joylashishi, dirijer va ijrochilarning mahoratiga bogʻliq.

**Ansambl.** Alohida musiqa partiyalarini ritmik aniq ijro etish musiqa ijrochilari bir-birlarini qanday eshitishlariga bogʻliq. Shunday qilib, ansamblning sezishi akustik nuqtayi nazaridan sahna konstruksiyasi yoki orkestr yaqinidagi qaytaruvchi sirtga bogʻliq.

#### 7.18. TOVUSH YUTUVCHI MATERIALLAR VA ULARNING KONSTRUKSIYALARI

Turli materiallarga tovush toʻlqinlari tushganda, tovush energiyasi bir qismining yutilishi materiallarning tarkibi va xususiyatlariga bogʻliq. Material qanchalik yumshoq boʻlsa, uning tovush yutish xususiyati shunchalik katta boʻladi. Qattiq materiallar, masalan, suvalgan gʻishtli devor, oyna, metall va boshqalar kichik tovush yutish koeffitsiyentiga ega. Aksincha, yumshoq, oʻta gʻovakli, masalan, kigiz, namat, gilam, matolarning tovush yutish koeffitsiyenti katta.

Gʻovakli materiallar qanchalik qalin boʻlsa, ularning tovush yutish koeffitsiyenti shunchalik katta boʻladi.

Tovush yutish koeffitsiyenti materialga tushayotgan tovush chastotasiga bogʻliq boʻlib, u turli materiallar uchun turlichadir.

Xona ichini qayta ishlash uchun qoʻllaniladigan materiallarning tovush yutish koeffitsiyenti, odatda, kichik. Shuning uchun xonalarda optimal akustik sharoit yaratish maqsadida maxsus materiallar va konstruksiyalardan foydalaniladi. Ular (absorbentlar) yuqori tovush yutish xususiyatiga ega. Tovush yutuvchi materiallarni ishlash prinsipiga qarab ikki guruhga boʻlish mumkin: gʻovakli va rezonansli.

**Gʻovakli materiallar.** Bu guruhga gʻovakli turdagi barcha materiallar, devor sirtini qoplaydigan plitalar, turli tolalardan tayyorlangan toʻshaklar: shisha tolali, mineral tolali, kapron, akustik suvoq, drapirovkalar, gilamlar va h.k. kiradi.

G'ovakli materiallarning tovush energiyasini yutishi, asosan, g'ovaklarda havo zarrachalarining siljishidagi ishqalanishi va material skeletining deformatsiyalanishidagi ichki ishqalanish bilan belgilanadi.

Qattiq to'siq yuzasiga tushayotgan va undan qaytgan to'lqinlar bosimi qo'shilganda bosim do'ngligi va, aksincha, to'siq yuzasiga tushgan va undan qayttgan to'lqinlar bosimi teskari fazada bo'lganda ayrilib, tebranish tezligining tuguni hosil bo'ladi. Tushuvchi va qaytuvchi to'lqin tebranishlari tezligining fazalari  $180^\circ$  ga siljiydi. Tebranish do'ngligi qattiq yuzadan  $\lambda/4$  masofada paydo bo'ladi.

### 7.19. REZONANSLI TOVUSHYUTGICHLAR

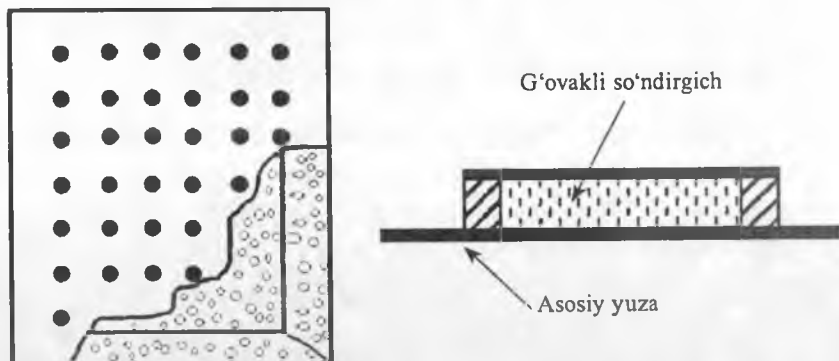
Rezonansli tovushyutgichlar plastina kabi tebranuvchi rezonatorli ko'rinishda yoki havo rezonatorlari turida tayyorlanadi. Bu turdagi konstruksiyalar tovush energiyasining past va o'rta chastotalarda yutilishini ta'minlaydi.

### 7.20. REZONANSLANUVCHI PANELLAR

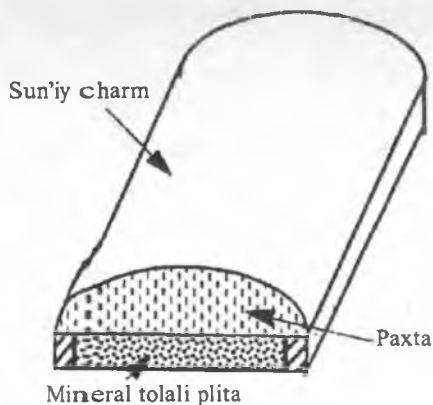
Rezonansli panellarning konstruksiyasi 7.58-rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, asosiy balka sirti bilan fanera yoki kleyonkadan tayyorlangan plastina o'rtasi bo'shliq. Agarda sirtga tushayotgan tovush to'lqini chastotasi plastinaning xususiy tebranish chastotasiga mos kelsa, plastinaning tebranish amplitudasi maksimal bo'ladi. Bu holda plastinaning egilishida materialdagi ichki ishqalanish natijasida sodir bo'lgan energiya yo'qolishi ham maksimal bo'ladi. Konstruktiv tuzilishni, ya'ni plastinaning o'lchamlarini o'zgartirish yo'li bilan uning rezonans chastotasini u yoki bu tomonga siljitish mumkin. Bunday konstruksiyaning so'ndirish koeffitsiyenti katta emas. Bu koeffitsiyentni oshirish maqsadida, plastina va balka o'rtasidagi bo'shliq g'ovak material bilan to'ldiriladi (masalan, mineral yoki shisha tola). Rezonansli

panellar «Bekeshi shiti» (7.57-rasm) nomi bilan ham mashhur. Bunday konstruksiyalar, odatda, fanera yoki ramaga kleyonka tortilib yasaladi. Rezonansli panellar ko'p hollarda «arrasimon konstruksiya» ko'rinishida (7.58-rasm) yasaladi.

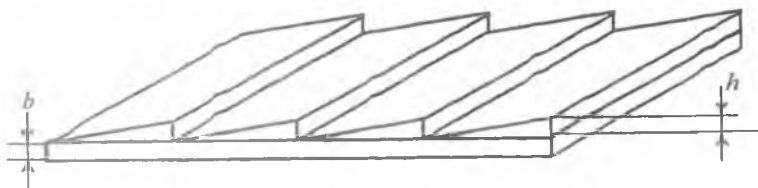
Rezonansli panellarning ishlash prinsipi Gelmgols rezonatorining ishlash prinsipiga asoslangan.



7.58-rasm. Rezonansli panel konstruksiyasi.



7.59-rasm. «Bekeshi shiti» konstruksiyasi.



7.60-rasm. Arrasimon rezonansli panel eskizi:

$b$  – karkas qalinligi;  $h$  – ochilish balandligi.

## 7.21. PERFORATSIYALANGAN KONSTRUKSIYALAR

Bu turdagi konstruksiyalar rezonanslanuvchi panellarga oʻxshash (7.58-rasm). Ramaga qoplangan fanerada teshiklar (perforatsiya) boʻlib, har bir teshik Gelmgolts rezonatoridek ishlaydi. Agar perforatsiya list yuzasi boʻyicha bir tekis taqsimlangan boʻlsa, unda bunday soʻndirgich rezonansli (egri chiziqli) boʻladi, agar perforatsiyalar notekis joylashgan boʻlsa, unda tovush soʻndirish bir tekis (chiziqli) boʻladi. Teshiklarning rezonans chastotasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{b_e d h}} \quad (7.15)$$

bunda  $S$  – teshikning koʻndalang kesimi;  $b_e = \delta + 0,5\sqrt{\pi S}$  – listning effektiv qalinligi;  $\delta$  – listning qalinligi;  $h$  – devordan (shiftdan) soʻndiruvchigacha boʻlgan masofa;  $d$  – teshiklar oraligʻi.

Bunday rezonatorning rezonans chastotasini past va oʻrta chastotalarda fanera qalinligini, teshiklar diametrini, teshiklar oraligʻini hamda toʻsiq va konstruksiya oraliqlarini oʻzgartirish yoʻli bilan oʻzgartirish mumkin.

Material va konstruksiyalarning tovush yutish koeffitsiyenti turlicha boʻlgani sababli, belgilangan tovush yutish fondiga erishish uchun turli xildagi soʻndirgichlardan foydalaniladi. 7.4-jadvalda ayrim materiallarning tovush soʻndirish koeffitsiyentlari keltirilgan.

So'ndiruvchi Chastota, Hz	$\alpha$ ning chastotaga bog'liqligi						
	125	250	500	1000	2000	4000	6000
Tinglovchilar	0,33	0,36	0,47	0,52	0,50	0,46	0,44
Tinglovchilar yog'och o'rindiqa	0,17	0,36	0,47	0,52	0,50	0,46	0,44
Suyanchiqli yog'och o'rindiq	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03
Charm qoplangan o'rindiq	0,10	0,12	0,17	0,17	0,12	0,10	0,10
Charm va parolon qoplangan	0,05	0,09	0,12	0,13	0,15	0,16	0,15
Suyanchiqli, duhoba qoplangan o'rindiq	0,14	0,22	0,31	0,40	0,52	0,60	0,62
Yumshoq o'rindiq	0,05	0,09	0,12	0,13	0,15	0,16	0,15
Yarimyumshoq o'rindiq	0,05	0,08	0,18	0,15	0,17	0,15	0,05
Qattiq o'rindiq	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Im <sup>2</sup> dagi tinglovchilar	0,28	0,40	0,45	0,49	0,47	0,45	0,44
A.sfaltga qoplangan parket	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
Parket shponkada	0,20	0,15	0,17	0,10	0,08	0,09	0,07
Yog'och xarilardagi pol	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06
Poldagi 5mm rezina	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06
Relin	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Linoleum qattiq asosda	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Suvalgan devor, yelurnli, bo'yalgan	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Xuddi shunday, moylangan	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Oxak, metall to'rtli devor, suvalgan	0,04	0,05	0,06	0,09	0,04	0,06	0,06
Xuddi shunday, yog'och to'rtli, suvalgan	0,12	0,11	0,10	0,03	0,08	0,11	0,12
Yog'och plitalar	0,04	0,05	0,06	0,09	0,04	0,06	0,06
Qum-ohakli devor	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,03	0,07

Oddiy gipsli suvoq	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Temir-beton yuza	0,27	0,31	0,31	0,31	0,33	0,40	0,13
ASP suvoq	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Marmar, granit va b.q	0,15	0,19	0,29	0,28	0,38	0,46	0,45
Terilgan g'isht, zihli	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Xuddi shunday, zihtsiz	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Metlax plitasi	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,51	0,52
Sahna	0,30	0,42	0,50	0,50	0,50	0,51	0,52
Ventilatsiya teshigi	0,20	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Kuzatuv oynasi (1 qavat)	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	0,03
Laklangan eshik	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Qarag'ay eshik	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,11

Xonani akustik jihozlashda diffuziya maydoni hosil bo'lishi uchun tovush so'ndiruvchi material va konstruksiyalarni o'zaro almashlab, shaxmat taxtasi kabi joylashtirish tavsiya etiladi.

## 7.22. RADIOESHITTIRISH VA TV STUDIYALARNING TOVUSH IZOLATSIYASI

Studiya, teatr, konsert zallari va auditoriyalarning normal faoliyat ko'rsatishi ko'p jihatdan ularning turli shovqinlardan saqlanishiga bog'liq.

Tovushning bir xonadan boshqa xonaga o'tishi (masalan, foyedan teatr zaliga) bir necha yo'l bilan amalga oshirilishi mumkin:

1) bino korpusining silkinishi natijasida, yon berida ishlayotgan transport vositasi, stanoklar, eshik tirqishlari, g'ovaklar, ventilatsiya qurilmalari va boshqalar orqali;

2) xona konstruksiyasi to'siqlaridan o'tishi natijasida rezonanslanuvchi devor, eshik va derazalar orqali;



3) qattiq jismlar orqali (masalan, umumiy pol, ikkala xona uchun umumiy isitish trubalari orqali);

4) havo orqali (masalan, past uchayotgan samolyot, vertolyot).

Shovqinlarning yuqorida bayon etilgan o'tish yo'llari alohida usul bilan himoyalanaadi.

Bino korpusini yer qatlarni vibratsiyasidan izolatsiyalash maqsadida bino atrofida «akustik choq» (shlak, qum to'ldirilgan g'ov) qaziladi, turli xildagi elastik qistirmalar qo'llaniladi hamda binoning birinchi qavat poydevorlari resorlar yordamida ajratiladi. To'siqlardan o'tadigan shovqinlarni kamaytirish maqsadida ularning va bostirmalarning g'ovaksiz bo'lishiga erishish, zich o'rnatish va h.k. tadbirlarni ko'rish lozim.

Tovush va shovqinlarning tirqish, teshiklar orqali o'tishini bartaraf etish uchun qo'shni xonaga o'tadigan eshik, ko'chaga chiqadigan oynalar zich bekilishi zarur. Qo'sh oynali romlar kesakisiga zich va yengil yopiladigan, qalin va og'ir eshiklar foyedan zalga o'tadigan tovushlarni yetarlicha pasaytirishi mumkin. Bulardan tashqari, tomosha zali foyedan faqat eshik bilan ajraladigan bo'lsa, u holda foyeda estrada sahnasi o'rnatish yoki foyeda dam oluvchilarning ko'nglini hushnud etish maqsadida tovush kuchaytiruvchi uskunalalar bilan jihozlash tavsiya etilmaydi.

Eshik va derazalarga osilgan pardalar tovush va shovqinlardan yetarlicha himoyalay olmaydi. Pardalar qanchalik qalin va zich bo'lmasin tovush va shovqin osongina o'tadi. Tirqish va teshiklar bor joyga pardalar osilishini dekoratsiya, ya'ni bezash maqsadida bajarilgan deyishdan boshqa xulosa chiqmaydi. Rezonansli tovush o'tkazish xona devoriga, eshik yoki derazasiga tovush to'lqini, shovqin ta'sirida dirillaydi, boshqacha qilib aytganda, birgalikda tebranadi, natijada tovush (shovqin) energiyasi bir xonadan ikkinchi xonaga o'tadi.

Energiyaning bunday o'tishadan himoyalani sh yo'li devor va to'siqlarning  $1 \text{ m}^2$  ga to'g'ri keladigan og'irligini oshirish bilan

erishiladi. 7.5- va 7.6-jadvallarda ayrim to'siqlarning o'rtacha tovush izolatsiyasi keltirilgan.

7.5-jadval

T/r	To'siq turi	O'lchami va qalinligi	Og'irligi, 1m <sup>2</sup> . kG	O'rtacha tovush izolatsiyasi, dB
1	G'isht devor	Qalinligi 120 mm g'isht Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 140 mm	240	47
2	G'isht devor	Qalinligi 250 mm g'isht Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 170 mm	460	53
3	G'isht devor	Qalinligi 380 mm g'isht Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 400 mm	680	56
4	G'isht devor	Qalinligi 510 mm g'isht Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 530 mm	900	59
5	G'isht devor	Qalinligi 640 mm g'isht Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 660 mm	1120	61
6	G'isht devor	Qalinligi 770 mm g'isht Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 790 mm	1340	63
7	G'isht devor	Qalinligi 900 mm g'isht Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 920 mm	1560	64,5

7.6-jadval

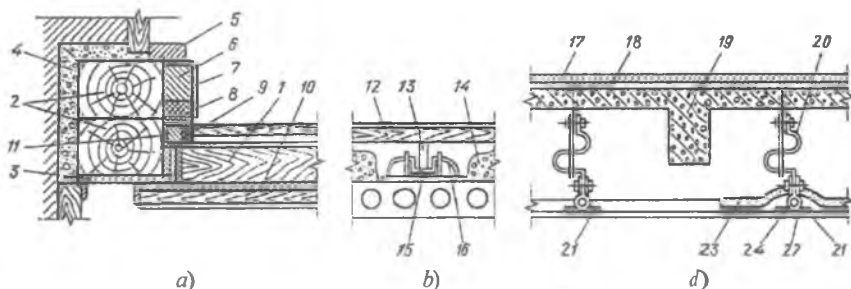
T/r	To'siq turi	O'lchami va qalinligi, mm	og'irligi, 1 m <sup>2</sup> kG	O'rtacha xususiy tovush izolatsiyasi, dB
1	Yog'och to'siq	Qalinligi 50 mm yog'och karkas 5 mm fanera	20	30
2	Fanera bilan qoplangan yig'ma shitlardan to'siq	50 mm yog'och 20 mm suvoq Umumiy qalinligi 90 mm	85	40

3	Yog'ochdan yig'ilgan yengil to'siq	60×60 yog'ochdan karkas 20–25 mm yog'och qoqilgan 20–25 mm suvoq Umumiy qalinligi 150 mm	80	40
4	Tik mustahkam yog'och to'siq	Karton qistirmali 25 va 50 mm taxta 20–25 mm suvoq Umumiy qalinligi 120 mm	95	41
5	Bir qatlamli shlak alebasterli to'siq	Qalinligi 70 mm plita Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 90 mm	110	41
6	Ikki qatlamli shlak alebasterli to'siq	Qalinligi 70 mm plitalar Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 165 mm	180	44
7	Soddalashtirilgan Pryuss tizimi bo'yicha g'isht karkasli to'siq	Qalinligi 60 mm g'isht Suvoq 10 mm Umumiy qalinligi 80 mm	175	44
8	Shlakobeton toshli to'siq	Qalinligi 200 mm toshlar Suvoq 10–15 mm Umumiy qalinligi 230 mm	280	47
9	Temir-betonli to'siq	Qalinligi 80 mm temir- betonli devor Suvoq 10 mm	180	44

Jadvaldan shu narsa ko'rinib turibdiki, devor va to'siqlar qanchalik qalin bo'lsa, shovqin energiyasining bir xonadan ikkinchi xonaga o'tish kuchi shunchalik kichik bo'ladi.

Ayrim hollarda bir-biridan ajratilgan va mustahkam tutashmagan qo'sh devor va to'siq konstruksiyalaridan foydalaniladi. Shovqin energiyasi o'tishining uchinchi yo'li biroz murakkabroq xususiyatlarga ega. Gap shundaki, bu usuldagi shovqin o'tishiga qarshi chora-tadbirlardan biri shovqin manbayi bino poli, devorlari va isitish trubalari bilan mustahkam bog'lanmagan bo'lishi kerak. Shovqin manbayi hisoblanadigan uskunalarni (isitish trubalaridan tashqari) iloji boricha asosiy binodan tashqariga hamda rezina gilamchalari va yostiqliklardan foydalanilgan holda o'rnatish lozim.

Radioeshittirish va televidenie studiyalarda maxsus qo'sh qavatli, zichlashtiruvchi material qo'llanilgan eshiklar (7.61-*a* rasm), «suzuvchi pollar» (7.61-*b* rasm) va osma shiftlar o'rnatiladi (7.61-*d* rasm).



7.61-rasm.

1 – eshik polotnosi; 2 – eshik kesakisi; 3 – dubdan qoplama; 4 – mineral kigiz; 5 – chaspak (nalichnik); 6, 8 – po'kak rezinalar ustini bekitib turuvchi detal (9, 10); 7 – halqa; 11 – rezina shimdirilgan mato; 12 – taxta pol; 13 – yog'och to'sin; 14 – paxtali shlak; 15 – elastik qistirma; 16 – prujina; 17 – parket; 18 – asfalt; 19 – monolit temir-beton qoplama; 20 – prujinali ilgich; 21 – qistirma; 22 – Rabits to'ri bo'yicha suvoq; 23 – dokadagi asbest uvoqlaridan to'shak; 24 – diametri 25 mm li temir karkas.

Boshqa xona va koridordan studiyaga tamburlar orqali kiriladi.

Apparatxonalar studiyadan uch qavatli bir-biriga parallel bo'lmagan derazalardan iborat kuzatuv oyna bilan ajraladi. Kuzatuv oynaning konstruksiyasi 7.62-rasmda ko'rsatilgan.

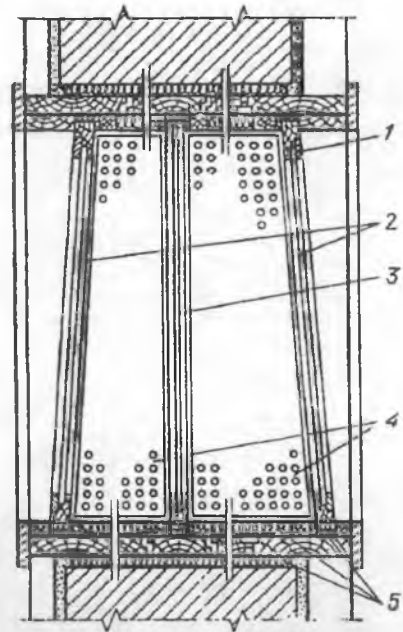
Studiyalardagi yo'l qo'yilgan shovqin sathi 20–25 dB dan oshmasligi kerak, bu kondensatorli mikrofonlarning xususiy shovqinidan birozgina yuqori.

Studiyaga eng katta shovqin apparatxonadan o'tadi, rom uch qavatli bo'lishiga qaramay ko'ruv oyna izolatsiyasi yetarli emas.

**Misol.** Studiyaga tashqaridan (ventilatsiya shovqinidan tashqari) o'tadigan akustik shovqinlar sathini hisoblash kerak. Studiyaning o'lchamlari 15×15×8 m. Studiya birinchi qavatda joylashgan va shovqin pol orqali o'tmaydi. Studiyaga o'tishi mumkin bo'lgan shovqin manbalari va parametrlari quyidagicha:

7.62-rasm. Kuzatuv oyna konstruksiyasi.

- 1 – g'ovak rezina; 2 – qalinligi 8 mm bo'lgan ko'zguli oyna; 3 – qalinligi 10 mm bo'lgan xuddi shunday oyna; 4 – tovush so'ndiruvchi konstruksiya; 5 – mineral namat.



– tashqi devor 2,5 g'ishtdan, o'lchami 15×8 m, tovush izolatsiyasi

$$Q_1 = 59 \text{ dB};$$

– ko'cha shovqini 75 dB ga teng;

– studiyani koridordan ajratuvchi devor 1 g'isht, o'lchami 15×8 m, tovush izolatsiyasi  $Q_2 = 53 \text{ dB}$  ga teng;

– o'lchami 4 m<sup>2</sup> metall dan qo'sh qavatli eshik (tamburda eshikning bir qavatli sal ochiq deb hisoblaymiz) tovush izolatsiyasi  $Q_3 = 30 \text{ dB}$  ga teng;

– koridordagi shovqin 65 dB;

– studiyani ombordan ajratuvchi ikkita 2×15×8 m pemzobetondan devor, tovush izolatsiyasi  $Q_4 = 42 \text{ dB}$ ;

– ombordagi shovqin 50 dB dan katta emas;

– ikkinchi qavatdagi shovqin sathi 65 dB, shiftning tovush izolatsiyasi  $Q = 55 \text{ dB}$ ;

– apparatxona oynasi 2 m<sup>2</sup>, qo'sh qavat derazalar oralig'i 40 sm, tovush izolatsiyasi  $Q = 48 \text{ dB}$ . Apparatxonadagi boshqa shovqinlar sathi 75 dB dan oshmaydi.

Studiyadagi umumiy tovush so'ndirish koeffitsiyenti:  $A = 200 \text{ m}^2$ . Studiyaga o'tadigan shovqin sathlari:

– tashqi devordan oʻtadigan shovqin  $L_1 = 75 - 59 + 10 \lg (120/200) = 14$  dB;

– koridordan oʻtadigan shovqin  $L_2 = 65 - 53 + 10 \lg (120/200) = 10$  dB;

– koridordan eshik orqali oʻtadigan shovqin:

$$L_3 = 65 - 30 + 10 \lg (4/200) = 18 \text{ dB};$$

– yon devorlar orqali oʻtadigan shovqin:

$$L_4 = 50 - 42 + 10 \lg (240/200) = 9 \text{ dB};$$

shift orqali oʻtadigan shovqin:

$$L_5 = 65 - 55 + 10 \lg (225/200) = 9 \text{ dB};$$

– oyna orqali oʻtadigan shovqin :

$$L_6 = 75 - 48 + 10 \lg (2/200) = 7 \text{ dB}.$$

Studiyadagi shovqinning umumiy sathi:

$L_\Sigma = 14(+)+10(+)+18(+)+9(+)+7$ , bunda (+) ishorasi shovqin sathlari jadalligi boʻyicha jamlanishini anglatadi.

Sathlarni nisbiy jadallikka oʻzgartirib jamlaymiz:

$$I_\Sigma / I_0 = 25,1 + 10 + 63,1 + 8 + 8 + 5 = 119,2.$$

Studiyadagi shovqinning umumiy sathi:

$$L_\Sigma = 10 \lg (119,2) = 20,8 \text{ dB},$$

yaʼni normada

Shovqinlardan himoyalanişning yana bir usuli: inshoot katta magistral yoʻllardan uzoqroq qurilishi va yon-atroflari daraxt, archa shu kabilar bilan koʻkalamzorlashtirish tavsiya etiladi.

Tovush izolatsiyasi yunoncha sigma  $\sigma$  harfi bilan belgilanadi va detsibellarda (dB) oʻlchanadi.

Tovush (shovqin) izolatsiyasi sirtga tushayotgan  $I_1$  energiyani, shu sirt dan oʻtgan  $I_2$  energiyaga nisbatini oʻnta oʻnlik logarifm koʻpaytmasi bilan aniqlanadi:

$$\sigma = 10 \lg \frac{I_1}{I_2} \text{ dB}. \quad (7.16)$$

Kinoteatr, konsert zallardagi xususiy shovqin sathi taxminan 25 dB dan oshmasligi kerak.

Mashinalarning vibratsiyasi natijasida, ventilatsiya qurilmalari va konditsionerlarning ishlashida paydo bo'ladigan shovqinlarni pasaytirishga alohida e'tibor berish zarur.

Mashinalarning vibratsiya shovqinlari ularning poydevorlari va tayanchlari orasiga qistirmalar qo'yish bilan pasaytiriladi. Ventilator va konditsioner shovqinlari akustik filtrlar yordamida pasaytiriladi. Oddiy filtr sifatida ichki qismi tovush so'ndiruvchi material, kigiz qoplangan truba hisoblanadi. Shovqin sathining so'nishi trubaning uzunligi  $l$ , uning perimetri  $p$  ga to'g'ri proporsional va yuzasi  $S$  ga teskari proporsional, ya'ni  $\Delta L = \alpha pl/S$ , bunda  $\alpha$  – material devorlariga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti: metall uchun 0,01; shlakobeton va yog'och uchun 0,08; qalinligi 1 sm kigiz bilan qoplanganda 0,5 ga teng.

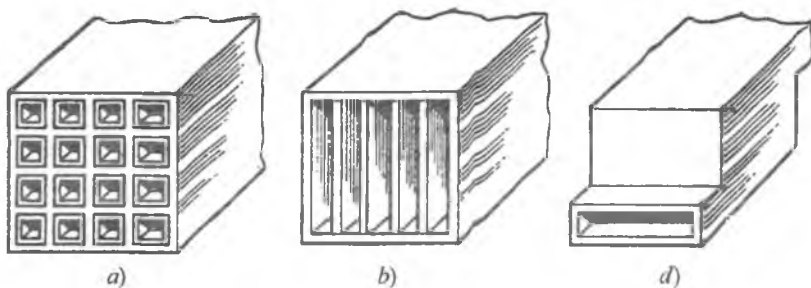
**Misol.** Uzunligi 5 m, diametri 0,3 m, kigiz bilan qoplangan ventilatsiya trubasida tovushning so'nishini aniqlash kerak:

$$\Delta L = \frac{\pi 0,3 \cdot 5}{\pi 0,3/4} = 33 \text{ dB}$$

Ventilatsiya kanallari samarali bo'lishi uchun ularni trubalar qismidan tayyorlaydilar: bir qismiga kigiz, oralariga esa shlakobeton yoki taxta qoplanadi. Shovqin sathini yanada ko'proq pasaytirish maqsadida diametri turlicha bo'lgan trubalardan yasalgan murakkab akustik filtrlardan foydalaniladi. 7.63-rasmda uch turdagi: yacheykali ( $a$ ), plastinkali ( $b$ ) va kamerali ( $d$ ) tovush so'ndirgichlar keltirilgan.

Xona va zaldagi shovqin sathlari maxsus shovqin o'lchagich (shumomer) yordamida o'lchanadi. Bu o'lchash asbobining tuzilishi va ishlash prinsipi yuqorida batafsil bayon etilgan.

7.7-jadvalda turli sharoitlardagi shovqin sathi keltirilgan.



7.63-rasm. Tovush so'ndirgichlar: yacheykali (a), plastinkali (b) va kamerali (d).

7.7-jadval

Turli xonalarda yo'l qo'yilgan va maksimal shovqin sathlari, dB

Shovqin manbayi	Sadolanish yoki shovqinning maksimal sathi, dB	O'tish shovqinining yo'l qo'yilgan sathi, dB
Katta va kichik TV studiyalar	105	30
Maket-diktor TV studiyalar	100	30
Radioeshittirish konsert studiyasi	105	25
Radioeshittirish kamer studiyasi	85	25
Nutq RE va diktor TV studiyalari	85	25
Tinglab nazorat etish bilan bog'liq apparatxonalar	85	40
Kinoproeksiya zallari	95	45
Kinoko'rsatuv zali	100	40
Repititsiya xonasi	95	40
Foye, koridor	85	—
Yumshoq gilamcha yo'lakchalar to'shalgan koridor	55	—
Studiyaga bevosita birlashgan dekoratsiya xonasi	60	—



Redaksiya xonalari	60-65	-
Ko'cha:		
a) jadal harakatli;	90	-
b) o'rtacha harakatli ko'cha;	80 gacha	-
d) tinch ko'cha	60-70	-

### 7.23. RADIOESHITTIRISH VA TELEVIDENIE STUDIYALARINI LOYIHALASH

Ma'lumki, ovoz eshittirish elektr kanali uch traktdan: eshittirish dasturlarini shakllantirish trakti, dasturlarni birlamchi va ikkilamchi taqsimlash traktlaridan iborat.

Dasturlarni shakllantirish trakti tizimning bosh uchastkasi bo'lib, apparat-studiya komplekslari, eshittirish apparat xonasi, markaziy apparat, translatsiya apparat, ovoz yozish apparat xonalari va boshqa xizmat xonalaridan iborat. Ovoz eshittirishning sifati ko'p jihatdan ovoz, eshittirish studiyalarining to'g'ri loyihalinishi va ularning akustik ko'rsatkichlariga bog'liq. Studiyalar, studiya-elektr trakti - tinglovchi xonasi tizimiga kiruvchi boshlang'ich (birlamchi) xonadir, shuning uchun uning optimal tavsiflari oddiy xona optimal tavsiflaridan farq qiladi.

Studiya - musiqa va boshqa turdagi dasturlarni ijro etish uchun mo'ljallangan maxsus xona. Radio yoki televidenie dasturlarini yaratish bir-biridan farq qilganidek, radioeshittirish va televidenie studiyalari belgilanishi bir xil bo'lgani bilan, qurilishi, ichki jihozlanishi, eshittirishlarning mazmuni bilan farqlanadi.

Ovoz eshittirish studiyalari qurilishi bo'yicha murakkab va qimmat inshootlardir. Studiya konstruksiyalarining murakkabligi va qimmatligi ularga qo'yilgan talablar bilan belgilanadi, bular: studiyalarning o'lchamlari va shaklini to'g'ri tanlash, tovush izolatsiyasi, yoritilganligi, ventilatsiyasi va boshqalarni

ta'minlashdan iborat. Tovush izolatsiyasini yaxshi ta'minlash maqsadida, studiyalar magistral yo'l va ko'chalardan uzoq joylarda quriladi.

Studiyalarni yonma-yon joylashtirish tavsiya etilmaydi, ular o'rtasida shovqin sathi past (tinch) bo'lgan xonalar joylashtiriladi. Ko'p studiyalar uchun binoning yerto'la va birinchi qavatlari ma'qul. Studiyalarning poydevorlari binoning umumiy poydevoridan tovush va vibroizolatsiya materiallari bilan ajratilgan va poydevorlar oralig'i g'ovak chiqindilar bilan to'ldirilgan bo'lishi kerak. Radiouylar va studiyalarning devorlari alohida bo'lib, quti ichida quti turida bir-biri bilan mustahkam tutashmay oralig'i tovush so'ndiruvchi materiallar bilan to'ldiriladi. Studiyalarning har bir devori ajratilgan poydevorli amortizatorlarga tayanadi. Poli esa devorlar bilan tutashmay «suzuvchi» konstruksiya turida bajariladi. Studiyaning zich yopiladigan vazmin eshikli tambur orqali kiriladi. Studiylarda me'yorlangan shovqin sathi  $20 \div 25$  dB ga teng, bu ko'rsatkich sig'imli mikrofonlarning xususiy shovqin sathidan salgina yuqori. Eng katta shovqin sathi studiyaning apparatxonasida sodir bo'lib, bu xonadagi kuzatuv oynasi uch qavat bo'lishiga qaramay uning izolatsiyasi yetarlicha emas. Bu esa qo'shimcha chora-tadbirlar ko'rishni talab etadi. Shu va boshqa talablarning bajarilishi studiyaning yaxshi akustik xususiyatlarini ta'minlaydi. Studiyaning asosiy sifat ko'rsatkichlaridan biri reverberatsiya vaqtining chastota tavsifi bo'lib, uni hisoblash sinchkovlik, did va ko'p vaqtni talab etadi. Ovoz eshittirish studiyalarini loyihalash va akustik parametrlarini hisoblashdagi yana bir qiyinchilik – bu yangi adabiyotlarning yo'qligi.

Studiya akustik xususiyatlarining yaxshi bo'lishi, avvalo uning o'lchamlari «oltin kesim» qonun nisbatlari  $h : b : l = 1 : 1,6 : 2,6$  bajarilishi bilan belgilanadi.

Studiyaning standart reverberatsiya vaqti Sebinning soddalashirilgan formulasi bo'yicha hisoblanadi:

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{\alpha_{o'rt} \cdot S_{\Sigma}} = \frac{0,161 \cdot V}{A}, \text{ s} \quad (7.17)$$

bunda:  $A = \alpha_{o'rt} \cdot S_{\Sigma}$  – umumiy so‘nish koeffitsiyenti; 0,161 – o‘zgaras koeffitsiyent;  $V$  – studiyaning hajmi,  $\text{m}^3$ ;  $\alpha_{o'rt}$  – o‘rtacha tovush so‘ndirish koeffitsiyenti;  $S_{\Sigma}$  – studiya ichki devorlarining umumiy yuzasi,  $\text{m}^2$ .

2000 Hz va undan yuqori chastotalarda tovushni havoda so‘nish koeffitsiyenti katta ahamiyatga ega, shuning uchun reverberatsiya vaqti (7.10) formulasi bilan hisoblanadi

Hisoblar tovush so‘ndiruvchi materiallarni tanlash bilan bajariladi.

Radioeshittirish va televidenie studiyalarning akustik hisobi quyidagi tartibda olib boriladi.

**Studiyaning o‘lchamlari va shakli** 7.8-paragrafda tavsiya etilganidek tanlanadi.

#### 7.24. STUDIYANING OPTIMAL REVERBERATSIYA VAQTI VA UNING CHASTOTA XARAKTERISTIKASINI TANLASH

Studiyaning optimal reverberatsiya vaqti va uning chastota xarakteristikasini 7.3-jadvaldagi tavsiyaga asosan tanlash kerak.

#### 7.25. TANLANGAN REVERBERATSIYA VAQTINI TA'MINLASH

Xonadagi 2000 Hz gacha bo‘lgan reverberatsiya vaqti soddalash-tirilgan Eyring formulasi bilan hisoblanadi:

$$T = \frac{0,161V}{-S_{\Sigma} \ln(1 - \alpha_{o'rt})}, \quad (7.18)$$

bunda  $T$  – reverberatsiya vaqti, s;  $V$  – xona hajmi,  $\text{m}^3$ ;  $S_{\Sigma}$  – ichki yuzalarning umumiy maydoni,  $\text{m}^2$ ;  $\alpha_{o'rt}$  – tovush yutilishning o‘rtacha koeffitsiyenti.

Bundan o'rtacha yutish koeffitsiyentini aniqlash mumkin:

$$-\ln(1-\alpha_{\text{ort}}) = \frac{0,161V}{-S_{\Sigma}T} \quad (7.19)$$

2000 Hz dan yuqori chastotalar uchun (studiyaning hajmi kichik bo'lmasa) tovushning havoda so'nishi asosiy rolni o'ynaydi. Bunda reverberatsiya vaqti Eyring formulasi bo'yicha hisoblanadi:

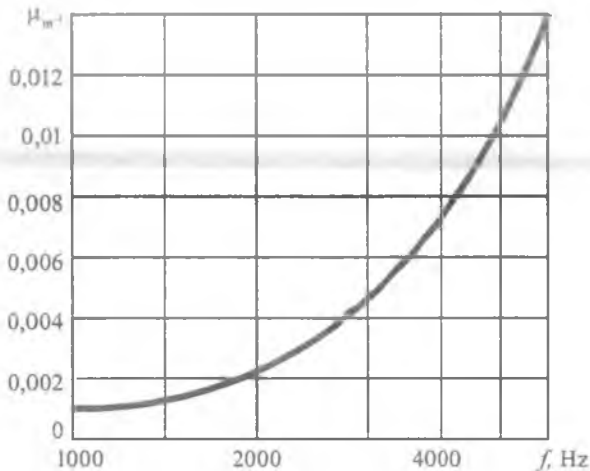
$$T = \frac{0,161V}{-S_{\Sigma} \ln(1-\alpha_{\text{ort}}) + 4\mu V} \quad (7.20)$$

bunda  $\mu$  – tovushning havoda so'nishi, 1000 Hz dan past chastotalar uchun u nolga teng.

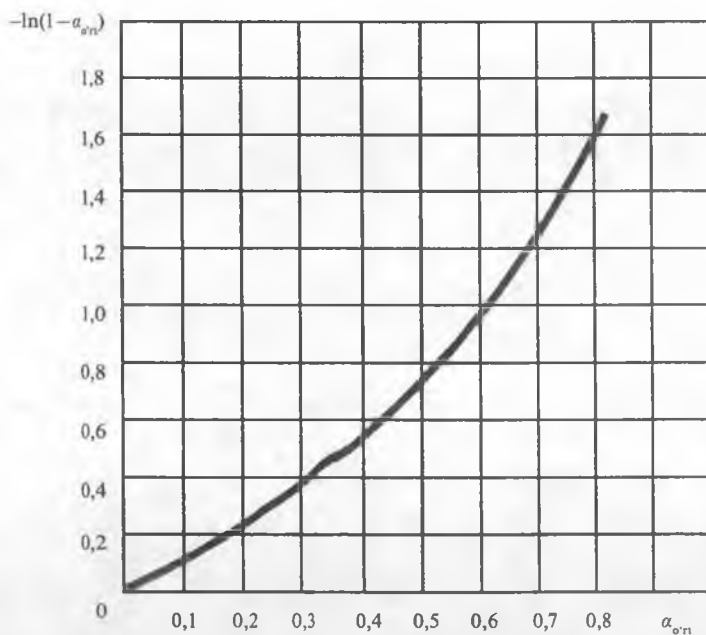
Katta hajmdagi studiyalar uchun tovushning havoda so'nishini 1000 Hz dan boshlab inobatga olishga to'g'ri keladi.

Tovushning havoda so'nish koeffitsiyenti  $\mu$  ning qiymati 7.64-rasmda keltirilgan.

Reverberatsiya vaqti  $T$  qiymatlarini berib, tovush so'nishining o'rtacha koeffitsiyenti  $\alpha_{\text{ort}}$  ni 7.65-rasmdagi grafikdan yoki 7.9-jadvaldan aniqlash mumkin.



7.64-rasm. Turli chastotalarda tovushning havoda so'nish koeffitsiyenti  $\mu$  (Knudsen va Xarris ma'lumotlariga ko'ra).



7.65-rasm. Qo'shimcha grafik.

7.9-jadval

$-\lg(1 - \alpha_{0.01})$	$\alpha_{0.01}$	$-\lg(1 - \alpha_{0.01})$	$\alpha_{0.01}$
0,01	0,01	0,26	0,229
0,02	0,02	0,27	0,237
0,03	0,03	0,28	0,244
0,04	0,039	0,29	0,252
0,05	0,049	0,30	0,259
0,06	0,058	0,31	0,267
0,07	0,068	0,32	0,274
0,08	0,077	0,33	0,281
0,09	0,086	0,34	0,288
0,10	0,095	0,35	0,295
0,11	0,104	0,36	0,302

0,12	0,113	0,37	0,309
0,13	0,122	0,38	0,316
0,14	0,131	0,39	0,323
0,15	0,139	0,40	0,330
0,16	0,148	0,41	0,336
0,17	0,156	0,42	0,343
0,18	0,165	0,43	0,349
0,19	0,175	0,44	0,356
0,20	0,181	0,45	0,362
0,21	0,189	0,46	0,369
0,22	0,197	0,47	0,375
0,23	0,205	0,48	0,381
0,24	0,213	0,49	0,387
0,25	0,221	0,50	0,393

Studiyadagi talab etilgan umumiy so'nishni quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$A = \alpha_{\text{ort}} S_{\Sigma} \quad (7.21)$$

Barcha hisob chastotalarda aniqlangan natijalarni 7.10-jadvalga kiritamiz.

7.10-jadval

Chastotalar, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$T, s$						
$-\ln(1 - \alpha_{\text{ort}})$						
$A$						

So'ngra tovush yutishning asosiy fondi  $A_0$  ni: ijrochilar, musiqa asboblari, radiostudiya poliga to'shaladigan gilamlar, ishlov

berilmaydigan yuzalar (yuzalari bo'sh pol, devor, kuzatuv derazasi) ventilatsiya panjaralari, televidenie studiyalarida dekoratsiyalar tashkil etadi va quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$A_0 = \sum \alpha_i S_i + \sum \alpha_j N_j, \quad (7.22)$$

bunda  $\alpha_i$  – yuzasi  $S_i$  ga teng bo'lgan materialning tovush so'ndirish koeffitsiyenti;  $\alpha_j$  – bitta predmet (narsa, buyum yoki 1 m<sup>2</sup> material) ning tovush so'ndirish koeffitsiyenti;  $N_j$  – buyumlarning umumiy soni.

Tovush yutishning asosiy fondi talab etiladigan umumiy tovush yutish fondidan kam, shuning uchun tanlangan reverberatsiya vaqti chastota xarakteristikasini ta'minlash maqsadida studiyaga qo'shimcha so'nish kiritiladi. Qo'shimcha so'nish studiya devorlari va shiftida o'rnatiladigan material va konstruksiyalardan iborat bo'lib, ular kiritadigan so'nish qiymati quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$A_{qo'sh} = A - A_0. \quad (7.23)$$

Talab etiladigan reverberatsiya vaqti chastota xarakteristikasini ta'minlash uchun, odatda, tovush so'ndirish xarakteristikasi har xil bo'lgan turli xildagi materiallardan foydalanishga to'g'ri keladi. Tovush so'ndiruvchi material turi va yuzalarini tanlash ketma-ket yaqinlashish uslubida amalga oshirilib, talab etiladigan reverberatsiya vaqti  $\pm 10\%$  aniqlikda ta'minlanmaguncha davom ettiriladi.

Bu qiymatni aniqlashda katta aniqlik talab etilmaydi, chunki reverberatsiya vaqtining optimal qiymatidan  $\pm 10\%$  farqlanishi tinglovchilar tomonidan deyarlik sezilmaydi. Reverberatsiya vaqtining tavsiya etilgan qiymatidan og'ishi oshish tomonga bo'lganidan, kamayish tomonga bo'lgani ma'qul.

Hisoblar natijasi 7.11-jadvalga kiritiladi.





Shuni ta'kidlash lozimki, tovush so'ndiruvchi material turlarini tanlash studiyani loyihalovchi-arxitektor bilan hamkorlikda bo'lgani ma'qul, chunki tovush so'ndiruvchi materiallarning studiyada joylashtirilishi akustika va arxitektura talablariga mos bo'lishi kerak.

## 7.26. TOVUSH SO'NDIRUVCHI MATERIALLARNI JOYLASHTIRISH

To'g'ri tanlangan va to'g'ri hisoblangan tovush so'ndiruvchi materiallarni to'g'ri joylashtirish katta ahamiyatga ega. Tovush so'ndiruvchi materiallarni studiya devorlari yuzasiga joylashtirishda akustik va akustik-manzarali ko'rinish talablariga alohida ahamiyat berish lozim. Hisoblangan va amalda talab etiladigan tovush so'ndiruvchi materiallarning yuzasi, studiya devorlari, poli, shifti umumiy yuzasidan anchagina kam bo'ladi, shu sababli ularni to'g'ri joylashtirish kerak. Tovush so'ndiruvchi materiallarning taxminan 50% ini shiftga o'rnatish tavsiya etiladi.

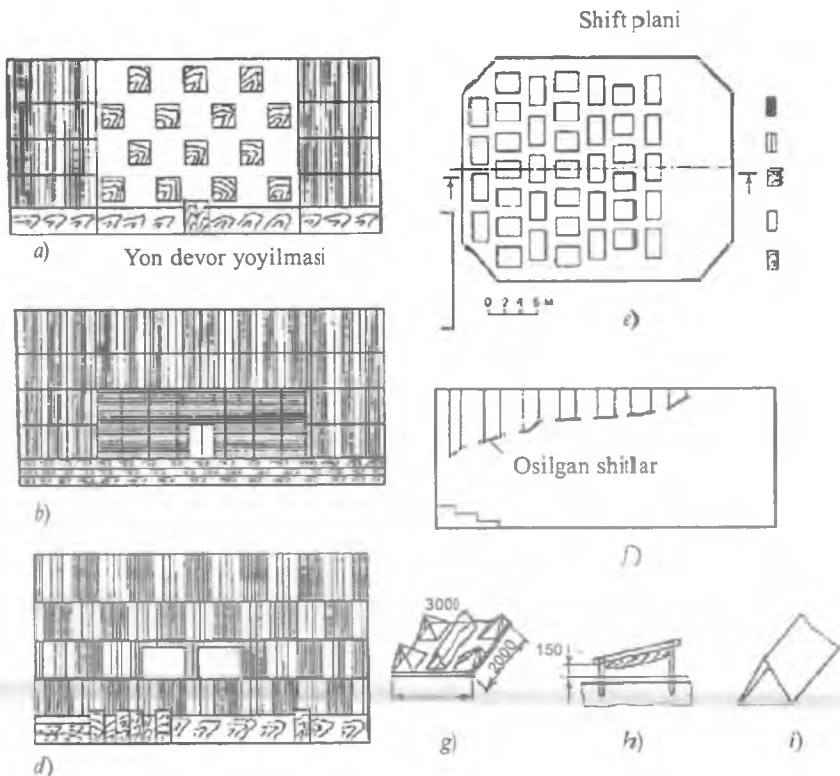
Studiya devorlarining pastki qismini  $1\pm 1,2$  m balandlikda yog'och panel bilan pardozlash tavsiya etiladi<sup>1</sup>. Devorlarning qolgan qismi gorizontal yoki vertikal yo'nalish bo'yicha devorning qoplangan va qoplanmagan uchastkalari almashinib, bir tekis qoplanadi. Tovush so'ndiruvchi materiallar bilan qoplangan devor qarshisidagi devorda qoplanmagan bo'sh uchastka qoldirish tavsiya etiladi. Turli tovush so'ndiruvchi materiallardan foydalanilganda ularni ham vertikal va gorizontal yo'nalishda almashlab, bir turdagi so'ndiruvchi material qarshisiga ikkinchi turdakisini joylashtirish tavsiya etiladi.

Tovush so'ndiruvchi materiallarni katta musiqa studiyasi devorlariga joylashtirish misoli 7.66-a-f rasmlarda ko'rsatilgan.

---

<sup>1</sup> Studiya devorlari amalda «Bekeshi shiti» deb nomlangan, turli diametrdagi perforatsiyalangan, har xil o'lchamdagi shitlar bilan qoplanadi.

Studiyaning o'lchamlari va shaklini tanlashda 7.8-paragrafdagi o'lcham nisbatlari va tovush so'ndiruvchi materiallarni to'g'ri joylashtirishga amal qilmaslik «parillovchi aks sado» yoki «Flyatter effekti» paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin.



7.66-rasm. Katta musiqa studiyasiga akustik ishlov berish (a-f), tovush yoyuvchi materiallar (g, i) va tovush so'ndiruvchi (h) material konstruksiyalari bunda 1-dekorativ reykalor orqasida tovush so'ndiruvchi materiallar joylashtirilgan konstruksiya; 2-arrasimon DSP konstruksiyasi; 3-DSP dan shit; 4-«shuba» ko'rinishda suvalgan yon devor yuzasi; 5-studiya devorlarining pastki qismi perimetri bo'yicha balandligi  $1 \div 1,5$  m DSP panel.

## 7.27. TURLI SHAKLDAGI XONALARDA «AKS SADO» PAYDO BO'LISHI

Juda qisqa impuls yoki takrorlanish chastotasi juda kichik bo'lgan impulslar seriyasi xonada o'rnatilgan tovush maydonini yarata olmaydi. Xonadagi yopiq tovush maydonida manbadan to'g'ri tovush impulsidan so'ng xona chegaralaridan qaytgan ko'p impulslar keladi. Katta bo'lmagan kuchli so'ndirilgan xonada tovush energiyasining sezilarli to'planishi va qaytgan impulslar seriyasining tez so'nishi kuzatiladi, buning natijasida barcha impulslar yagona tovushga qo'shilayotgandek tuyuladi. Boshqa tomondan, to'g'ri tovush katta reverberatsiyalanuvchi xonada ketma-ket kelayotgan qaytgan impulslar bilan chaplanib (aniqligini yo'qotib) ketayotgandek tuyuladi. Akustikasi qoniqarli xonalarda ikkita va undan ortiq impulslar eshinish holati bo'ladi. Sezilarli kechikkan, ammo nisbatan katta jadalligini (intensivligini) saqlagan impulslar bir yoki bir necha aks sado hissini yaratadi. «Aks sado» iborasida qaytarilgan yoki qandaydir boshqa usul bilan eshittirilgan to'lqin bevosita manbadan kelayotgan to'g'ri tovushdan qulog'imiz bilan farqlanadigan tovush hodisasiga aytiladi. «Aks sado» ning farqlanish darajasi impulsning kechikish vaqti va uning detsibellarda o'lchanadigan jadalligiga bog'liq. Ko'p karrali aks sado bir manbadan kelayotgan, turli tomondan kelayotgan bo'lishi ham mumkin, eshinishi turlicha bo'lgan bir qancha impulslarni o'zida ifodalaydi. Eshinish a'zozimizga ketma-ket kelayotgan ikkita impulslar alohida-alohida eshinishi uchun ularning vaqt oralig'i taxminan  $50 \div 100$  m/s bo'lishi kerak. 50 m/s pastki chegarasi jadalligi teng bo'lgan ikkita ketma-ket impulslarga taalluqli. Bu vaqt oralig'i tovush impulsining taxminan 17 m ga tarqalishi uchun zarur. Shunday qilib, impulsini tovush manbayidan tinglovchiga to'g'ri va qaytgan yo'l orqali o'tadigan masofalari farqi 17 m ni tashkil etadi.

Endi aks sado bilan kurashish uchun qo'llanilishi kerak bo'lgan choralarni ko'rib chiqamiz.

Ko'pincha, aks sado zalning orqa devoridan tovush qaytishi hisobiga paydo bo'ladi, chunki zalning uzunligi uning balandligidan ancha katta. Agar birinchi qator o'rindiqlari va orqa devor oralig'i  $10 \div 15$  m bo'lsa, aks sado bo'lishiga asos bor deb hisoblash mumkin. Bunday holda taklif etiladigan uchta choradan bittasini qo'llash zarur:

1) orqa devor tovush manbayiga xos bo'lgan (nutq, musiqa ijrolari, kinoplyonkadan eshittirish va boshqalar) barcha chastota diapazonida maksimal so'ndirish koeffitsiyentiga ega bo'lgan akustik materiallar bilan qoplanishi kerak. Aks sado bilan kurashishning bunday usuli kinoteatr zallarida keng qo'llaniladi;

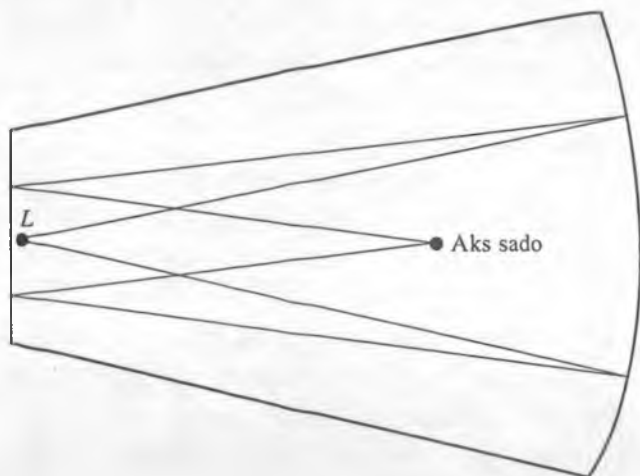
2) orqa devor shunday qurilishi kerakki, u tovush sochuvchi yuza bo'lsin. Aks sado bo'lmasligi uchun orqa devor tovush so'ndiruvchi materiallar bilan qoplanishi kerak, aks holda ko'zlangan maqsadga erishish qiyin;

3) orqa devor ma'lum darajada nishabli qilib teriladi, bunda u oxirgi qatordagi o'rindiqlarga tovush energiyasini yo'naltiruvchi-qaytaruvchi yuza sifatida ishlaydi. Bunday usul ikki tomonlama manfaatli: birinchidan, qaytgan tovush hisobiga orqa qatorlarda tovush balandligi kuchayadi, ikkinchidan, katta tovush yutish koeffitsiyentiga ega bo'lgan tinglovchilarda qaytgan tovush energiyasi o'z kuchini yo'qotadi. Shu bilan orqa devordan birinchi qatorga keladigan aks sado zararsizlantiriladi.

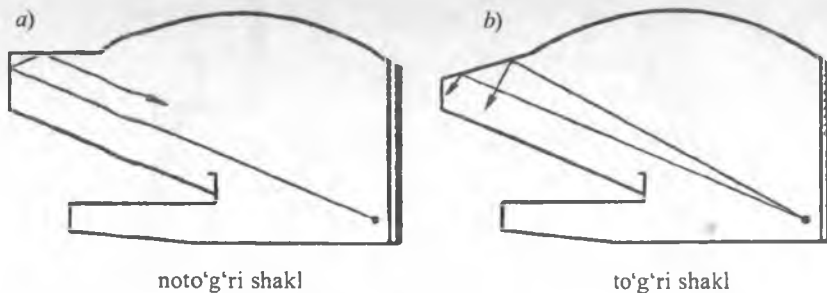
Orqa devor yuzasining botiq shakli aks sado bo'lishi nuqtayi nazaridan katta xavf tug'diradi. Orqa devor egriligi markazi xona chegarasidan ancha uzoqda bo'lganida ham, orqa devordan qaytgan tovush energiyasi xonaning bir qismida jamlanib, old devordan qayta qaytgandan so'ng aks sado manbayiga aylanishi mumkin (7.67-rasm).

Aks-sado manbayi bo'lib, vertikal orqa devor bilan gorizontaal shift o'rtasidagi burchak ham hisoblanishi mumkin. Buni (7.68-a rasm) da orqa devorga shiftdan qaytgan tovush nuri parallel

tushayotganidan yaqqol ko'rish mumkin. Shu rasmdagi vertikal orqa devor bilan old shift qismi o'rtasida to'g'ri burchak aks sado bo'lishiga olib keladi.



7.67-rasm. Orqa devori botiq va devorlari bir-biriga parallel bo'lmagan xona.



7.68-rasm.

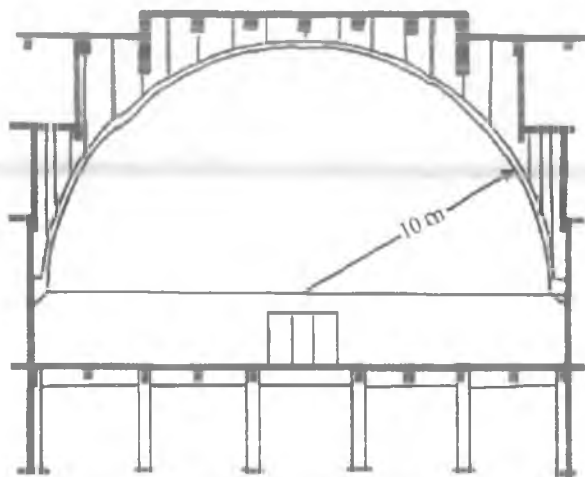
Orqa devor va shiftning o'zaro perpendikularligi hisobiga bo'ladigan aks sadoni yo'qotish uchun xonaning old shift qismi tovush nurlarini bir tekis va optimal qaytarish nuqtayi nazardan biroz og'diriladi (7.68-b rasm).

Baland va botiq shiftlar aks sado bo'lishiga sabab bo'ladi. Shiftning sferik shaklda bo'lmisligiga harakat qilish kerak. Agar xonaning o'ziga xos belgilanishi bo'yicha buning iloji bo'lmagan taqdirda, xonaning shaklini shunday hisoblash kerakki, sfera radiusi xona balandligining yarmisidan kichik yoki balandligidan ikki marta katta bo'lishi kerak. Bunga 7.69-rasmda keltirilgan «Planetariy» binosining kesimi misol bo'la oladi.

Planetariy shifti yuzasi perforatsiyalangan. Perforatsiyalangan ekran orti fazosi qaytarilgan tovushlarning konsentratsiyasi va aks sado bo'lish ehtimolini yo'qotish maqsadida kuchli so'ndirilgan.

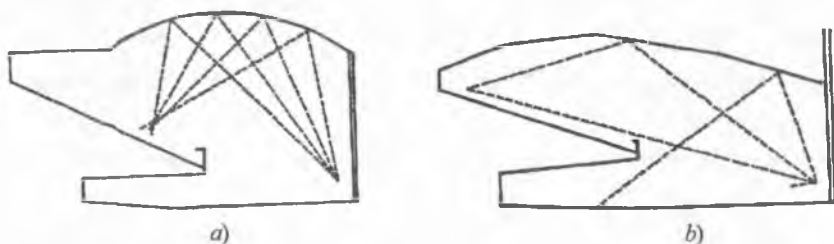
Xonaning bunday shakldagi shift yuzasi perforatsiyalangan. Perforatsiyalangan ekran orqasidagi bo'shliq aks sadolangan va qaytarilgan tovushlarni yo'qotish uchun yuqori samarali g'ovakli tovush so'ndiruvchi material bilan to'ldirilgan.

Xona konfiguratsiyasi noqulay bo'lganda aks sado tovush to'liqinlarining yon devorlardan qaytarilishi hisobiga ham bo'lishi mumkin.



7.69-rasm. Planetariy.

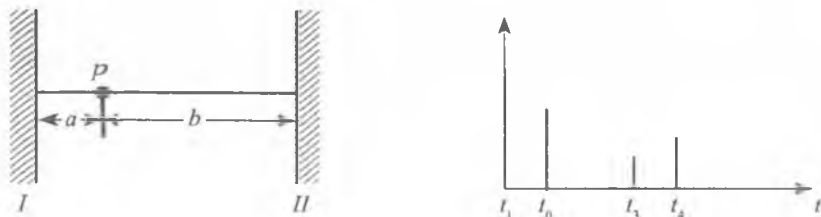
Xonaning balkon qismidan paydo bo'ladigan aks sadoga kelsak, uni yo'qotish usullari yuqorida bayon etilgan xona orqa devoridan qaytarishlarni yo'qotish usulidan farq qilmaydi. Teatr zali balkonining oldingi qatorlarida aks sado paydo bo'lishi va uni yo'qotish yo'li xona shakliga bog'liqligi 7.70-a, b rasmlarda keltirilgan.



7.70-rasm. Teatr shiftining ikki turdagi shakli.

Aks sadoning alohida turiga flyatter-effekt (parillovchi aks sado) kiradi. Odatda, bunday hodisa xonaning parallel devorlari o'rtasida kuzatiladi. Parillovchi aks sadoning paydo bo'lishi 7.71-rasmda tushuntiriladi.

Keskin tovush, masalan, xonaning  $P$  nuqtasidagi chapak ovozi shu nuqtaga kelayotgan qator  $t_1=0$  (to'g'ri tovush),  $t_2 = \frac{2a}{c}$ , (1 devordan birinchi qaytish),  $t_3 = \frac{2b}{c}$ , (2 devordan birinchi qaytish),  $t_4 = \frac{2(a+b)}{c}$  (1 devordan ikkinchi qaytarish) va h.k. impulslar seriyasidek eshitaladi.



7.71-rasm. Flyatter effekti paydo bo'lishi eskizi.

Vaqt oralig'i 50 ms dan kam bo'lgan ketma-ket keladigan to'plangan tovush qaytarishlari davriy bo'lsa, parillash aks sado kabi eshitiladi. Bu sharoitlarda ayrim qaytarishlarni eshitish a'zosi to'liq ajrata olmaydi va u vaqt bo'yicha cho'zilgan tovushga aylanadi, unda ketma-ket qaytarishlar asl tovushning tez o'suvchi yoki pasayuuvchi dirillashi va chertmasi kabi eshitiladi, shuning bilan birga asl tovushga qo'shimcha ravishda qaytarishlarning ketma-ketligi ritmiga mos g'uvillash paydo bo'ladi. Bunday tonal birlashuv nomusiqaviy jaranglash va shovqinlarning dissonanslari uchun xarakterlidir. Shuning uchun parillovchi aks sado bo'lishiga sharoit bo'lgan xonalar sifati past va tovushga keskinlik xarakterini parillovchi aks sado sezilmaganda ham beradi.

**Flyatter effekti** (parillovchi aks sado)—tovush so'ndirish koeffitsiyenti kichikroq bo'lgan ikkita devor bir-biriga parallel va yaqin bo'lganda, kuchli va aniq namoyon bo'ladi. Katta xonalarda parillovchi aks sado bo'lish xavfi kichik xonalardagiga nisbatan kam, chunki katta xonalarda tovushning doirasimon tarqalishi hisobiga ikkita ketma-ket qaytarishlar oralig'ida tovush bosimi keskin kamayadi.

Parillovchi aks sadoni yo'qotish va sadolanishning mayin bo'lishiga erishish (ayniqsa radiostudiyalarda) uchun:

devorlar bir-biriga parallel bo'lmasligi va ularga konussimon do'ngliklar o'rnatilishi kerak (7.33 va 7.34-rasmlar);

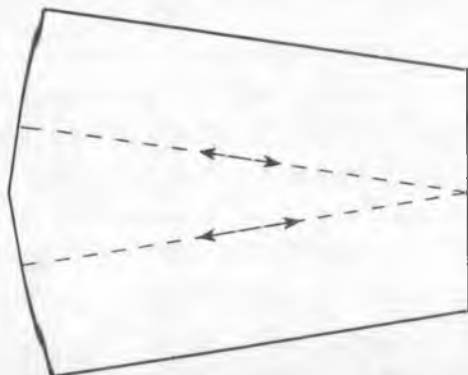
1) yon devorlar va shift uchun arrasimon siniq chiziqli profillardan foydalaniladi.

Do'ngliklarning o'lchami juda kichik bo'lmasligi kerak. Xona shifti va devorlari konstruksiyasi parillovchi aks sado bo'lishiga yangi imkoniyatlar yaratishidan ehtiyot bo'lish kerak.

Katta xonalarda parillovchi aks sadoni qarama-qarshi devorlarning paralelligini qisman buzish hisobiga ( $1/20$ , yoki  $5^\circ$  ga og'ish yetarli) butunlay yo'qotish mumkin. Devorning ikki qismi sinish burchagini to'g'ri tanlashga katta ahamiyat berish kerak.

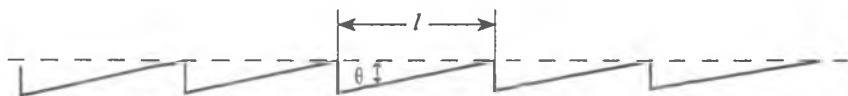


Bunga ishonch hosil qilish uchun to'g'ri va qarama-qarshi siniq devordan qaytgan tovush nurlari turg'un to'liqin hosil bo'lganini ko'ramiz. Bunday hollarda turg'un to'liqin paydo bo'ladi (7.72-rasm).



7.72-rasm. Siniq va to'g'ri devorlar o'rtasida turg'un to'liqin paydo bo'lishi.

Turg'un to'liqinlarni yo'qotish uchun devorning sinish burchagini ozgina o'zgartirish kifoya. Studiyalarda siniq devorlar o'rniga og'gan devorlar uchraydi. Og'gan devorlarni qurish katta texnik qiyinchiliklar bilan bog'liq emas, chunki devorning og'dirilgan qismi fanerali panel bilan qoplash hisobiga yaratiladi va og'ish burchagi vertikal devorga nisbatan  $5^\circ$  dan oshmaydi. Shu prinsipda devor va shiftlari betondan qurilgan katta zal yuzalariga kichik og'ish berish qiyinchilik tug'dirmaydi. Konsert zali yoki kinoteatrda pol va shiftning parallelligi yuqorida bayon etilgan akustik nuqsonga kirmaydi. Chapqa pol kuchli tovush yutuvchi yuza bo'lib, pol va shift o'rtasida o'rnatilishi mumkin bo'lgan tebranishlarni so'ndiradi. Radiostudiyalarda bu holat boshqacha. Bu yerda ishlatish jarayonida polning talaygina yuzasi bo'sh qoladi va uning o'rtacha tovush yutish koeffitsiyenti katta emas. Shu sababli kelib chiqishi mumkin bo'lgan noxushliklarning oldini olish uchun shift yuzasiga notekis kesilgan fanera profilini qoplash kifoya qiladi (7.73-rasm).



7.73-rasm. Shiftning arrasimon profili.

Tovush soʻndiruvchi material yoki konstruksiyalarni oʻrnatishda yuqori chastotali tovush soʻndiruvchilarni akustik soya hosil qiluvchi toʻsiqlar (kolonna, toʻsiq va b.q.) orqasiga oʻrnatish mumkin emasligiga ahamiyat berish kerak. Past chastotali tovush soʻndiruvchi material yoki konstruksiyalarni toʻsiqlar orqasiga oʻrnatish mumkin, chunki difraksiya qonuniga asosan toʻlqin uzunligi toʻsiq oʻlchamidan katta boʻlgan tovush toʻlqinlari toʻsiqlarning orqasiga osongina oʻtadi.

Musiqqa studiyalarida maydon diffuziyaligini oshirish uchun ishlov berilmagan devor va shift yuzalarini tovushni yoyib tarqatadigan gʻadir-budir qilib ishlov berish maqsadga muvofiq.

Xulosa qilib aytganda, toʻgʻri tanlab, toʻgʻri hisoblangan soʻndirish materiallarini toʻgʻri joylashtirish katta ahamiyatga ega. Koʻpgina hollarda studiyaning reverberatsiya vaqti chastota xarakteristikasini belgilangan qiymatgacha ( $\pm 10\%$  aniqlik bilan) olish maqsadida soʻndiruvchi materiallarning oʻrnatilgan joylarini oʻzgartirib, bir necha marta oʻlchashlar natijasida erishiladi. Bu jarayon ancha murakkab boʻlib, «akustik sozlash» jarayoni deb ataladi.

## 7.28. XONALARGA TO'SIQLAR ORQALI O'TADIGAN HAVO SHOVQINLARIDAN IZOLATSIYALASH HISOBI

Studiya, teatr, konsert zallari va auditoriyalarning normal faoliyat koʻrsatishi koʻp jihatdan ularning turli xildagi akustik shovqinlardan saqlanishiga bogʻliq.

Shovqinlar xonaga turlicha yoʻllar bilan oʻtishi mumkin:

– birinchidan, bino korpusining silkinishi natijasida, yon atrofida ishlayotgan transport vositasi, stanoklar, ventilatsiya qurilmalari va boshqalar;

– ikkinchidan shovqinlarning xona konstruksiyasi to‘siqlaridan o‘tishi natijasida.

Bino korpusini yer qatlami vibratsiyasidan izolatsiyalash maqsadida bino atrofida «akustik chox» (shlak, qum to‘ldirilgan g‘ov) qaziladi. Bino korpusini vibratsiyalardan saqlash maqsadida turli xildagi elastik qistirmalar qo‘llaniladi hamda binoning birinchi qavati poydevorlari resorlar yordamida ajratiladi. To‘siqlardan o‘tadigan shovqinlarni kamaytirish maqsadida ularning va bostirmalarning g‘ovaksiz bo‘lishiga erishish, zich o‘rnatish va h.k. tadbirlarni ko‘rish lozim.

Studiyani to‘sadigan devorlarning talab etiladigan qalinligini aniqlash uchun studiyaga yondoshadigan xonalarda paydo bo‘lishi mumkin bo‘lgan maksimal shovqin sathi, shuningdek, studiyada yo‘l qo‘yilgan shovqin sathi qancha? Bu ma‘lumotlarning barchasi 7.12-jadvalda keltirilgan.

7.12-jadval

Turli xonalarda maksimal va yo‘l qo‘yilgan shovqin sathlari, dB

T/r	Shovqin manbayi	Shovqinning maks.sathi, dB	Yo‘l qo‘yilgan shovqin o‘tish sathi, dB
1	Katta va kichik TV studiyalar	105	30
2	Maket-diktor TV studiyasi	100	30
3	RE konsert studiyasi	105	25
4	RE kamer studiyasi	85	25
5	RE nutq va diktor studiyalari	85	25
6	Tinglab nazorat etish apparatxonalari	85	40
7	TV va kinoproeksion xonalar	95	45
8	Kino ko‘rish zali	100	40

9	Repetitsiya xonasi	95	40
10	Foye, koridor	85	–
11	Bino oldidagi shovqinlar	85	–
12	Studiyaga yondashgan dekoratsiya xonasi	60	–

7.12-jadvalga eslatma. Shovqin sathini o'lchash shumomerning to'g'ri chiziqli shkalasi bo'yicha amalga oshiriladi. Qurilish amaliyotida g'ishtli devorning quyidagi standart qalinligi (suvoqsiz) belgilangan: 12; 25; 38; 51; 64; 77 va h.k. 13 sm oraliqda teriladi.

Egilish deformatsiyasi devorni buzmasligi uchun qurilish normalari quyidagi nisbatlarni ko'zda tutadi: yuksiz erkin turgan devorning balandligi uning qalinligidan  $20 \div 25$  martadan oshmasligi kerak.

To'siqlarning o'rtacha tovush izolatsiyasi quyidagi formulalar orqali hisoblanishi mumkin:

a) bir qavatli devorlar uchun:

$$\sigma = 13,5 \lg P + 13 \quad (P_{1m}^2 < 200 \text{ kG/m}^2 \text{ bo'lganda});$$

$$\sigma = 23 \lg P - 9 \quad (P_{1m}^2 > 200 \text{ kG/m}^2 \text{ bo'lganda});$$

b) havo qatlamli qo'sh qavat konstruktsiya uchun (har bir qatlam uchun  $1 \text{ m}^2$  ga 200 kG dan ko'p):

$$\sigma = 20 \lg (P_1 + P_2) + \Delta,$$

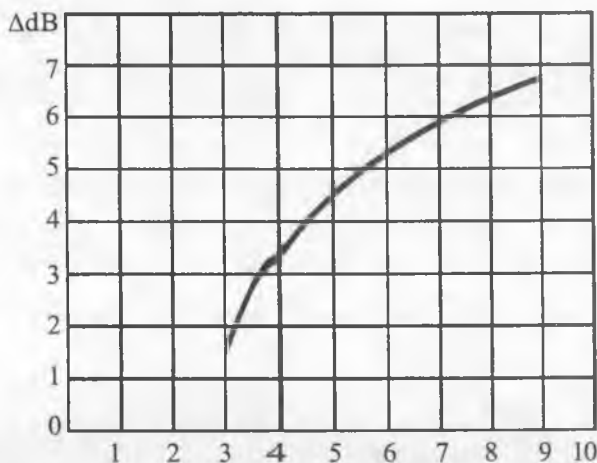
bunda  $\Delta$  – tovush izolatsiyasini havo oralig'i hisobiga o'sishi (7.74-rasm).

Studiyaga barcha to'siqlardan o'tadigan havo shovqinlari sathi hisobi quyidagi formula orqali bajariladi:

$$U_{\text{shov.}} = 10 \lg \sum_i S_i 10^{0,1(N_i - \sigma_i)} - 10 \lg A,$$

bunda  $U_{\text{shov}}$  – to'siqlar orqali studiyaga o'tadigan shovqin sathi;  $S_i$  – to'siqlar yuzasi,  $\text{m}^2$ ;  $N_i$  – mos to'siq orqasidagi shovqin sathi, dB;

$\sigma_i$  – mos to'siqlarning xususiy tovush izolyatsiyasi, dB;  $A$  – studiyadagi umumiy so'nish.



7.74-rasm. Ikkita alohida devordan iborat to'siqdagi havo qatlamlarining o'rtacha tovush izolyatsiyasini aniqlash egri chizig'i.

### 7.29. STUDIYANING YORITILGANLIGINI HISOBLASH

Ishchi yuzalarda minimal yoritilganlikni tanlab, talab etiladigan yorug'lik oqimi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$F = \frac{ESkz}{\eta}, \quad (7.24)$$

bunda  $F$  – hisoblanadigan yorug'lik oqimi,  $Lm$ ;  $E$  – berilgan minimal yoritilganlik,  $Lk$ ;  $S$  – xona yuzasi,  $m^2$ ;  $k$  – zaxira koeffitsiyenti;  $z$  – o'rtacha yoritilganlikning minimal yoritilganlikka nisbati (agarda hisoblar o'rtacha yoritilganlik bo'yicha olib borilsa, unda  $E_z$  ni  $E_{o'rt}$  bilan almashtiriladi);  $\eta$  – yorug'lik oqimidan foydalanish koeffitsiyenti.

So'ngra 7.13-jadvaldan foydalanib, standart yoritgichlar va ularning kerakli soni aniqlanadi.

## Qizdiriladigan lampalarning elektr va nur xarakteristikalarini

Lampalar turi		Quvvati, W	Yorug'lik nuri, Lm	
127 V	220 V		Lampalar 127 V	Lampalar 220 V
NV40	–	10	70	–
NV10	NV23	15	125	101
NV11	NV24	25	228	198
NV12	NV25	40	380	340
NG21	NV27	60	660	540
NG22	NG47	75	915	698
NG23	NG48	100	1320	1050
NG24	NG49	150	2280	1845
NG25	NG50	200	3200	2660
NG26	NG51	300	5160	4350
NG27	NG52	400	7000	6000
NG28	NG53	500	9100	8000
NG29	NG54	750	14250	12980
NG30	NG55	1000	19500	18000
NB7	–	55	650	–
NB8	–	71	900	–
NB9	–	96	300	–
–	NB6	82	–	900
–	NB5	109	–	1300

*Eslatma:* NV – Vakuimli lampalar, NG – gaz to'ldirilgan lampalar, NB – bispiralli lampalar.

Yoritgich turi	$\rho_p$	$\rho_s$	<i>i</i> ning turli qiymatlarida $\eta \cdot 100\%$ foydalanish koefitsiyenti																
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
Emallangan chuqur nurlatgich	30	10	19	24	29	32	34	36	37	39	41	43	44	46	48	49	50	51	52
	50	30	21	27	31	34	36	38	39	41	43	44	46	48	49	51	52	52	54
	70	50	25	31	34	37	39	40	41	43	46	48	49	51	52	53	54	55	57
Xiralashtirilmagan universal yoritgich	30	10	21	27	32	35	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55	56	57	58
	50	30	24	30	35	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55	57	58	59	60
	70	50	28	34	38	41	44	45	46	48	51	53	55	56	59	60	61	62	63
Xiralashtirilgan universal yoritgich	30	10	14	19	23	26	28	30	31	33	35	37	39	40	42	43	44	45	46
	50	30	17	22	26	28	30	32	33	35	36	39	40	42	44	45	46	47	48
	70	50	21	26	29	32	34	35	36	37	40	41	43	45	46	47	48	49	51
Ko'zguli lampa	30	10	26	34	40	44	48	50	52	54	57	59	62	65	67	68	70	71	72
	50	30	30	37	43	47	50	53	54	57	59	62	65	67	69	70	72	73	75
	70	50	35	42	48	52	54	56	58	60	64	66	68	71	73	75	76	77	79
But shisha lyutssettasi	30	30	14	19	23	25	27	29	30	31	34	36	38	40	41	44	45	46	48
	50	30	16	21	24	26	29	31	32	34	37	39	41	43	45	47	49	50	52
	50	50	20	25	29	31	33	34	36	38	41	43	45	47	48	51	52	54	56
	70	50	22	27	30	33	35	37	38	41	44	46	46	50	52	54	57	59	61
	70	70	29	33	38	41	43	44	46	48	51	53	55	57	58	60	63	64	65
Ochiq lampa	30	10	10	14	17	19	20	20	23	25	28	30	32	34	36	38	40	42	45
	50	30	13	18	22	24	26	26	29	32	36	38	40	42	44	46	49	51	54
	70	50	21	26	30	32	35	35	39	42	56	48	51	53	55	59	61	64	67

## Yoritilganlik nuridan foydalanish koeffitsiyentlari

Yoritgich turi	$\rho_p$	$\rho_s$	<i>i</i> ning turli qiymatlarida $\eta \cdot 100$ foydalanish koeffitsiyent																
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
Oq rangli sharsimon shisha lampa	30	30	8	10	12	14	16	17	17	19	21	22	24	25	27	28	30	31	32
	50	30	9	12	14	16	17	19	19	21	23	25	27	28	29	31	33	35	37
	50	50	12	16	18	20	21	22	23	24	27	29	30	31	33	35	37	38	40
	70	50	13	17	20	21	23	24	25	28	30	32	34	36	37	39	41	43	46
	70	70	20	23	26	28	30	31	32	35	36	39	40	42	43	45	47	48	49
Bir lampali plafon	30	30	8	10	13	25	16	17	19	19	21	23	24	26	27	29	30	32	33
	50	30	9	12	14	16	17	19	20	21	23	26	27	29	30	32	34	35	36
	50	50	13	16	18	20	21	22	23	25	27	30	31	32	34	36	38	39	41
	70	70	14	17	20	22	23	24	25	27	30	33	34	36	37	40	42	44	46
	70	70	20	24	26	28	30	31	33	35	37	39	41	42	44	45	47	49	50
Ikki lampali plafon	30	30	9	12	14	16	17	18	19	20	22	23	25	26	27	28	29	30	31
	50	30	9	12	15	16	18	19	19	21	23	25	26	27	28	29	31	33	34
	50	50	13	15	18	20	22	23	24	26	27	29	30	31	33	33	35	36	37
	70	50	13	16	19	20	22	23	24	26	28	30	31	33	34	35	37	39	40
	70	70	19	22	25	27	27	28	30	32	33	35	37	38	39	40	42	43	44
KĖ-300	50	30	9	12	14	15	16	17	18	20	22	23	25	26	28	29	31	32	34
	50	50	12	14	16	18	19	20	22	23	25	26	28	29	30	32	34	35	37
	70	50	14	18	20	22	24	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47
	70	70	20	24	26	28	30	31	33	34	37	38	40	42	44	45	47	48	50



TV studiyalarning maxsus yoritilganlik quvvatini aniqlash uchun nechta sahnani bir vaqtda yoritish kerakligini bilish lozim.

Bunda sahna maydoni va dekoratsiyalar o'lchamini bilish kerak. Maxsus yoritilganlik tizimining quvvati quyidagicha anqlanadi:

$$P_{\max, \text{yorit}} \approx S_{\text{yorit}} \cdot \text{kW}; \quad (7.25)$$

bunda  $S_{\text{yorit}}$  – sahna va dekoratsiyalar yuzasi,  $\text{m}^2$ .

Yuqorida aniqlangan yoritilganlik tizimi quvvati bo'yicha, barcha yoritgichlardan ajraladigan issiqlik aniqlanadi:

$$Q = P_{\text{yorit}} \cdot 860, \text{ kkal}; \quad (7.26)$$

bunda  $P_{\text{yorit}}$  – barcha yoritgichlar quvvati.

$$P_{\text{yorit}} = P_1 \cdot N; \quad (7.27)$$

bunda  $P_1$  – yoritgich quvvati;  $N$  – yoritgichlar soni.

### 7.30. STUDIYA VENTILATSIYA TIZIMINING HISOBI

Ventilatsiyalanadigan havo oqimining qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$V_{\text{ayl}} = \frac{Q}{0,284 \Delta t}; \quad (7.28)$$

bunda  $Q$  – odamlardan va yoritgich tizimlaridan ajraladigan issiqlik:

$$Q = Q_{\text{yorit}} + (100 \div 125) N, \text{ kkal}. \quad (7.29)$$

$N$  – studiyadagi odamlar soni.

7.16-jadvaldan ishlab chiqarish quvvati talab etiladigan havo almanishuvi yaqin bo'lgan konditsioner yoki ventilator tanlanadi.

So'ngra quyidagi formula orqali havo o'tkazuvchi quvurning ko'ndalang kesimi va panjara kesimi aniqlanadi:

$$S_{\text{kon}} = \frac{V'_{09}}{3600 v_k}; \quad (7.30)$$

bunda  $v_k$  – magistral kanaldagi havo tezligi,  $4 \div 6$  m/s;  $V_{\text{ayl}}$  – konditsioner yoki ventilatorning ishlab chiqarish quvvati,  $\text{m}^3/\text{soat}$ .

Ishlab chiqarish quvvati 10000, 20000, 40000 va 60000 m<sup>3</sup>/soat bo'lgan konditsionerlarga ventilator qurilmalarining texnik ma'lumotlari

T/r	Indeks	Ventilator		Elektrodvigatel		Shkiv diametri, mm		A	Og'irligi
		1 min. aylanish soni	To'la bosim, kG/m <sup>2</sup>	Quvvat, kW	Bir min. aylanish soni	El. dvigatel	Ventilator	mm	kG
1	КД1061И	750	80	4,5	1440	205	400	645	508
2	КД1062И	950	120	7	1440	205	305	660	528
3	КД1063И	650	60	4,5	1440	183	400	662	506
4	КД2010В	450	60	7	980	205	450	855	810
5	КД2010И	550	80	10	980	225	400	870	811
6	КД2011И	720	120	14	1460	225	450	840	827
7	КД4010В	350	60	14	980	225	560	1122	1405
8	КД4010И	450	80	20	980	260	560	1083	1430
9	КД4011И	570	120	28	1460	225	560	1110	1435
10	КД6061	290	60	20	735	265	670	1810	3167
11	КД6061-I	340	80	28	980	235	670	1800	3176
12	КД6061-II	410	120	40	980	280	670	1772	3272

Ventilatsiya tizimining shovqinsiz ishlashi uchun ventilatsiya kanalining oqib kelish va tortib olish panjaralaridagi havo tezligi  $V_p = 1 \div 2$  m/s gacha pasaytiriladi.

Kanaldagi havo tezligi katta bo'lganda havo uyurmalanishi natijasidagi shovqinni kamaytirish uchun havo oqimi tezligi: kanalda  $4 \div 6$  m/s gacha, oqib kelish panjarasi oldida  $1 \div 2,5$  m/s gacha, havoni tortib olish panjarasi oldida 1 m/s gacha cheklanadi. Bulardan tashqari havo oqib kelish kanalidagi uyurmalarini kamaytirish maqsadida kanalning studiyaga kirish qismida maxsus qurilmalar o'rnatiladi.

### 7.31. RADIOESHITTIRISH STUDIYALARI REVERBERATSIYA VAQTI CHASTOTA TAVSIFINING AKUSTIK HISOBI

Quyida ikki xil hajmdagi, belgilanishi bo'yicha, biri ijrochilar soni  $N=100$  kishilik katta simfonik orkestrni yozish va uzatish uchun mo'ljallangan katta radioeshittirish, ikkinchisi, ijrochilar soni  $N=20$  kishilik kichik radioeshittirish studiyalarini hamda uzunligi  $l=20$  m, eni  $b=11$  m va balandligi  $h=7$  m va tashqariga chiqadigan oynasi bo'lmagan kinoteatr zalining akustik xarakteristikalarini hisoblab chiqamiz.

### 7.32. STUDIYANING O'LCHAMLARINI ANIQLASH

a) 7.2-jadvaldagi tavsiyalarga mos holda studiya poli yuzasini tanlaymiz:

$$S_p = 416 \text{ m}^2.$$

b) 7.28-paragrafdagi studiya o'lchamlari nisbatlariga rioya qilgan holda studiyaning chiziqli o'lchamlarini tanlaymiz:

$$h = 10 \text{ m}, \quad l = 16 \text{ m}, \quad b = 26 \text{ m}.$$

d) Studiyaning umumiy ichki yuzasi:

$$S_{\Sigma} = 2lb + 2bh + 2lh = 1620 \text{ m}^2,$$

hajmi

$$V = 4160 \text{ m}^3.$$

### 7.33. STUDIYANING OPTIMAL REVERBERATSIYA VAQTI VA UNING CHASTOTA XARAKTERISTIKASINI TANLASH

7.3-jadvaldan studiyaning 500 Hz chastotada optimal reverberatsiya vaqtini aniqlab, 125 Hz chastotada reverberatsiya vaqti  $T_{\text{opt}} = 1,7$  s qiymatidan 40–50% yuqori bo'lishini inobatga olib,  $T_{125} = 2,2$  s va  $T_{250} = 1,85$  s aniqlab, 7.17-jadvalga kiritamiz.

7.17-jadval

$f, \text{Hz}$	125	250	500	1000	2000	4000
$T_{\text{opt}}, \text{s}$	2,2	1,85	1,7	1,7	1,7	1,7

7.55-rasmda keltirilgan grafikdan optimal reverberatsiya vaqti  $T_{\text{opt}} = 1,7$  s uchun  $\alpha_{\text{ort}} = 0,23$  ni topamiz.

Umumiy soʻnish qiymatini barcha hisob chastotalar uchun aniqlaymiz, 2000 va 4000 Hz chastotalarda tovushning havoda soʻnish  $\mu$  qiymatini inobatga olib, hisoblar natijasini 7.18-jadvalga kiritamiz.

7.18-jadval

$f, \text{Hz}$	125	250	500	1000	2000	4000
$T_{\text{ont}}, \text{s}$	2,2	1,85	1,7	1,7	1,7	1,7
$-\ln(1 - \alpha_{\text{ort}})$	0,20	0,24	0,25	0,25	0,21	0,16
$\alpha_{\text{ort}}$	0,18	0,21	0,23	0,23	0,19	0,15
$A_{\text{ber}}$	304	361	393	393	316	252

### 7.34. TANLANGAN REVERBERATSIYA VAQTINI TA'MINLASH

(Tovush soʻndiruvchi material va konstruksiyalarini tanlash)

500 Hz chastotada berilgan reverberatsiya vaqtini ta'minlash uchun umumiy soʻnish (7.20) formula orqali aniqlanadi:

$$-\ln(1 - \alpha_{\text{ort}}) = \frac{0,161V}{T}$$
 tenglikdan foydalanib, 7.65-rasm yoki 7.9-jadvaldan  $\alpha_{\text{ort}} = 0,238$  topamiz.

2000 va 4000 Hz da tovushning havoda soʻnishini inobatga olgan holda barcha hisob chastotalarda umumiy soʻnish qiymatini aniqlab, 7.19-jadvalga kiritamiz.

7.19-jadval

Chastota, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$T, \text{s}$	2,0	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7
$-\ln(1 - \alpha_{\text{ort}})$	0,202	0,224	0,238	0,238	0,217	0,169
$\alpha_{\text{ort}}$	0,18	0,20	0,21	0,21	0,195	0,156
$A$	304	361	393	393	316	252

Yuqorida bayon etilganidek, endi tovush yutishning asosiy fondini hisoblaymiz. Tovush yutishning asosiy fondi talab etiladigan umumiy tovush yutish fondidan kam, talab etiladigan reverberatsiya vaqti chastota xarakteristikasini ta'minlash uchun, odatda, tovush soʻndirish xarakteristikasi har xil boʻlgan turli xildagi materiallardan foydalanishga toʻgʻri keladi. Tovush soʻndiruvchi material turi va yuzalarini tanlash ketma-ket yaqinlashish uslubida amalga oshirilib, talab etiladigan reverberatsiya vaqti  $\pm 10\%$  aniqlikda ta'minlanmaguncha davom ettiriladi. Hisoblar natijasi 7.20-jadvalda keltirilgan.

Tovush so'ndiruvchilar	Chastota, Hz		125		250		500		1000		2000		4000	
	yut. koef. yuza, son		$\alpha_{o'n}$	$A$	$\alpha_{o'n}$	$A$	$\alpha_{o'n}$	$A$	$\alpha_{o'n}$	$A$	$\alpha_{o'n}$	$A$	$\alpha_{o'n}$	$A$
Yutilish asosiy fondi														
Ijrochilar	100	kishi	0,28	28,00	0,40	40,00	0,45	45,00	0,49	49,00	0,47	47,00	0,45	45,00
Asboblar	100	dona	0,23	23,00	0,26	26,00	0,26	26,00	0,29	29,00	0,32	32,00	0,36	36,00
Gilam	130	m <sup>2</sup>	0,12	15,60	0,14	18,20	0,23	29,90	0,32	41,60	0,38	49,40	0,42	54,60
Bo'sh pol	270	m <sup>2</sup>	0,02	5,40	0,025	6,75	0,03	8,10	0,04	10,80	0,04	10,80	0,04	10,80
Bo'sh devorlar va shift	397,5	m <sup>2</sup>	0,01	3,98	0,01	3,98	0,02	7,95	0,02	7,95	0,03	11,93	0,03	11,93
Ko'rish oynasi	3	m <sup>2</sup>	0,35	1,05	0,25	0,75	0,18	0,54	0,12	0,36	0,07	0,21	0,04	0,12
Akustik eshiklar	10,5	m <sup>2</sup>	0,30	3,15	0,30	3,15	0,30	3,15	0,40	4,20	0,40	4,20	0,40	4,20
Ventilatsiya panjarasi	4	m <sup>2</sup>	0,30	1,20	0,42	1,68	0,50	2,00	0,50	2,00	0,50	2,00	0,50	2,00
Qo'shimcha yutish fondi														
Perforatsiyali ramkalar	100	m <sup>2</sup>	0,18	18,00	0,32	32,00	0,36	36,00	0,36	36,00	0,35	35,00	0,33	33,00
Perforatsiyali ramkalar	180	m <sup>2</sup>	0,2	36,00	0,46	82,80	0,58	104,40	0,52	93,60	0,41	73,80	0,31	55,80

Perforatsiyali ramkalar	80	m <sup>2</sup>	0,47	37,60	0,47	37,60	0,36	28,80	0,28	22,40	0,25	20,00	0,27	21,60
Yarimsilindrlar	50		0,38	19,00	0,28	14,00	0,3	15,00	0,21	10,50	0,16	8,00	0,13	6,50
Yarimsilindrlar	150		0,35	52,50	0,29	43,50	0,26	39,00	0,11	16,50	0,08	12,00	0,07	10,50
Yarimsilindrlar	125		0,32	40,00	0,32	40,00	0,31	38,75	0,22	27,50	0,13	16,25	0,12	15,00
Yog'och panel	120	m <sup>2</sup>	0,34	40,80	0,19	22,6	0,1	12,00	0,09	10,80	0,12	14,40	0,11	13,20
5% hisobga olinmagan matci iallar				15,26		18,66		19,80		19,10		19,60		20,40
Tovushning havoda so'nishi												33,20		70,00
$A_{hisob}$				320		391,87		416,32		380,31		389,79		410,65
$T_{hisob}$				2,09		1,71		1,61		1,70		1,72		1,63
$T_{ber}$				2,20		1,85		1,70		1,70		1,70		1,70
$A_{ber}$				304		361		393		393		393		393
$T_{his}$ ning $T_{ber}$ dan og'ishi, %				-5%		-7,6%		-5,3%		+3,3%		+2%		-4,2%

### 7.35. TOVUSH SO'NDIRUVCHILARNI JOYLASHTIRISH

Yuqorida qayd etilganidek, tovush so'ndiruvchilar studiyaning devorlari va shifti bo'yicha bir tekis joylashtiriladi. Devorlarda arxitektura ko'rinishi jihatdan samarali relyefni tashkil etuvchi (studiya devorlarining yoyilgan holati 7.66-a-f rasmlarda ko'rsatilgan) bir tekis ma'lum ketma-ketlikda almashib, ikki xil diametrdagi yarim silindrlar, perforatsiyalangan konstruksiyalar va akustik plitalar (AP) o'rnatiladi. Studiya devorlarining pastki qismi yog'och panel bilan pardozlanadi. Studiya shifti ikki turdagi perforatsiyalangan panellar va yarimsilindrlar bilan pardozlangan. Shiftning bo'sh qolgan yuzasi suvalgan. Studiyada polivinilatsetatli emulsiya asosida, qum va pigmentlar qo'shib tayyorlanadigan, mastikadan choksiz monolit qoplanadigan polivinilatsetatli pol qo'llanilgan.

### 7.36. YORITILGANLIK HISOBI

Studiyada shiftga sal yoritadigan lampalar va manzarali qandillar (4 dona) ilingan. Diktor stolida lampa o'rnatilgan. Shiftdagi lampalar shiftdan 2 m masofada ilingan. Ishchi yuza poldan 1,5 m masofada.

Bunday sharoitda yoritgichlardan to yoritiladigan yuzagacha bo'lgan masofa:

$$h_1 = 10 - (2 + 1,5) = 6,5 \text{ m.}$$

Xona indeksini hisoblaymiz:

$$i = \frac{lb}{h_1(l+b)} = 1,5.$$

Tanlangan tovush so'ndiruvchi materiallar uchun nur qaytarish koeffitsiyentini  $\rho_n = \rho_c = 0,7$  (70%) ga teng deb olish mumkin.

Yoritgichlar sifatida diametri 350 mm sut rangli shisha shar lampalarni olamiz.

Hisoblangan  $i$ ,  $\rho$  va tanlangan yoritgichlar uchun 7.15-jadvaldan foydalanib, foydalanish koeffitsiyentini  $\eta=0,36$  aniqlaymiz.

Minimal zarur yoritilganlikni  $E=200$  Lk olib va zaxira koeffitsiyentini  $k=1,3$  teng deb, to'la yorug'lik oqimini quyidagi formula orqali hisoblaymiz:

$$F = \frac{ES_{kz}}{\eta} = \frac{200 \cdot 400 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{0,36} = 3,35 \cdot 10^5 \text{ Lm.}$$

Elektr tarmog'i kuchlanishi 220 V, lampa quvvati 300 W ga teng deb olamiz. 7.13-jadvaldan foydalanib uning nur oqimini aniqlaymiz:

$$F_1 = 5160 \text{ Lm.}$$

Bundan yoritgichlar sonini aniqlaymiz:

$$n = F / F_1 = 65.$$

15 ta yoritgichli 4 lustra, jami 60 yoritgich. Yetishmaydigan yorug'lik oqimini shiftdagi nim yoritgichlar ta'minlaydi.

Yoritish uchun sarflanadigan 1 kW/soat quvvat 860 kkal/soat issiqlik chiqarishini bilib, yoritish tizimi chiqaradigan issiqlik energiyasini aniqlaymiz:

$$Q_{\text{yorit}} = 0,300 \cdot 65 \cdot 860 = 13000 \text{ kkal.}$$

### 7.37. VENTILATSIYA HISOBI

Studiyadagi ijrochilar ( $Q_{\text{ijr}}$ ) va yoritgichlar ( $Q_{\text{yorit}}$ ) ajratadigan umumiy issiqlikni hisoblaymiz:

$$Q = Q_{\text{ijr}} + Q_{\text{yorit}} = 13\ 000 + 10\ 000 = 23000 \text{ kkal/soat.}$$

Bundan ventilatsiyalanadigan havo oqimi:

$$V_{\text{ayl}} = \frac{Q}{0,284 \Delta T} = \frac{23000}{0,284 \cdot 3} = 27000 \text{ m}^3/\text{soat.}$$



Studiya kondensiyonier tizimi bilan jihozlangan deb hisoblaymiz.  
7.16-jadvaldan KД4 O10B kondensiyonerni tanlaymiz.

Panjaradagi havo oqimi  $v_p = 2$  m/s ga teng deb, ventilatsiya panjarasi yuzasini aniqlaymiz:

$$S_p = V_{ayl} / 3600 v_p = 27000 / 3600 \cdot 2 = 3,75 \text{ m}^2.$$

Bunday yuzaga havo so'ruvchi va havo chiqaruvchi ventilatsiya panjaralari ega bo'lishi kerak, studiyadagi ventilatsiya panjaralarining umumiy yuzasi:

$$S_{p\Sigma} = S_p \times 2 = 3,75 \text{ m}^2.$$

Kanaldagi havo oqimi tezligini  $v_k = 5$  m/s deb qabul qilib, havo o'tkazuvchi trubaning ko'ndalang kesimi yuzasini aniqlaymiz:

$$S_k = V_{ayl} / 3600 v_k = 27000 / 5 \cdot 3600 = 1,5 \text{ m}^2.$$

### 7.38. HAVO SHOVQINLARIDAN TOVUSH IZOLATSIYA HISOBI

Talab etiladigan studiya kompleksining ichki va tashqi to'siqlarining tovush izolatsiyasini hisoblash maksimal shovqin sathi va studiya xonalarida yo'l qo'yilgan shovqin sathidan kelib chiqqan holda amalga oshiriladi.

Studiya to'siqlarining talab etilgan tovush izolatsiyasini ta'minlash uchun vazmin g'isht devorlar va temir-beton bostirmalar inshootlar ko'zda tutiladi.

Barcha xonaga yondoshadigan to'siqlardan o'tadigan shovqin sathi hisobi quyidagi formula orqali amalga oshiriladi:

$$U_{shov.} = 10 \lg \sum_i S_i 10^{0,1(N_i - \sigma_i)} - 10 \lg A,$$

bunda  $U_{shov}$  - to'siqlar orqali studiyaga o'tadigan shovqin sathi;  
 $S_i$  - to'siqlar yuzasi,  $\text{m}^2$ ;  $N_i$  - mos to'siq orqasidagi shovqinlar sathi, dB;  $\sigma_i$  - mos to'siqning xususiy tovush izolatsiyasi, dB;  
 $A$  - studiyadagi umumiy so'nish.

Studiyadagi umumiy shovqin sathi 20 dB dan oshmasligi kerak. Studiyaga barcha to'siqlardan o'tadigan shovqin sathi  $N_{to's.} = 20$  dB.

7.21-jadvalda ayrim to'siqlarning o'rtacha xususiy tovush izolyatsiyasi keltirilgan.

7.21-jadaval

To'siq turlari	O'lchamlari	Og'irligi, 1 m <sup>2</sup> kG	O'rtacha xususiy tovush izolyatsiyasi, dB
G'isht devor	Qalinligi 120 mm g'isht; 2×10 mm suvoq; Umumiy qalinligi 140 mm	240	47
G'isht devor	Qalinligi 250 mm g'isht; 2×10 mm suvoq; Umumiy qalinligi 270 mm	450	53
G'isht devor	Qalinligi 380 mm g'isht; 2×10 mm suvoq; Umumiy qalinligi 400 mm	680	56
G'isht devor	Qalinligi 510 mm g'isht; 2×10 mm suvoq; Umumiy qalinligi 530 mm	900	59
G'isht devor	Qalinligi 640 mm g'isht; 2×10 mm suvoq; Umumiy qalinligi 660 mm	1140	61
G'isht devor	Qalinligi 770 mm g'isht; 2×10 mm suvoq; Umumiy qalinligi 790 mm	1340	63
G'isht devor	Qalinligi 900 mm g'isht; 2×10 mm suvoq; Umumiy qalinligi 920 mm	1560	64,5
Taxta to'siq	Qalinligi 50 mm g'o'ladan yasalgan karkas Fanera 2×5 mm Umumiy qalinligi 60 mm	20	30

Fanera bilan qoqilgan yig'ma shitli to'siq	50 mm shit 2×20 mm suvoq; Umumiy qalinligi 90 mm	80	40
	Qalinligi 60×60 mm g'o'ladan yasalgan karkas 2×(20÷25) mm taxta qoplangan 2×(20÷25) mm suvoq Umumiy qalinligi 150 mm		
Yengil qoplangan yog'och to'siq	Qalinligi 60×60 mm g'o'ladan yasalgan karkas 2×(20÷25) mm taxta qoplangan 2×(20÷25) mm suvoq Umumiy qalinligi 150 mm	95	41
Taxtadan o'ta mustahkam to'siq	Orasiga karton qo'yilgan 50 va 25 mm taxta 2×(20÷25) mm suvoq Umumiy qalinligi 120 mm	110	41
Shlak-alebaster 1 qatlamli plita to'siq	Qalinligi 70 mm plita 2×10 mm suvoq Umumiy qalinligi 90 mm		

Studiyaga barcha to'siqlardan o'tadigan shovqin sathi hisobi natijalarini 7.22-jadvalga kiritamiz.

7.22-jadval

T/r	To'suvchi yuzalarning nomi	S, m <sup>2</sup>	N, dB	$\sigma$ , dB	$\frac{N-\sigma}{10}$	$\frac{N-\sigma}{10}$	$\frac{N-\sigma}{10}$
1	Hovliga chiqadigan, tashqi devorlar	543	85	75	1	10	543
2	Studiya va zaxira chiqish tamburi o'rtasidagi devor	15,5	50	77	—	—	—
3	Zaxira chiqish tamur eshigi	3,1	50	25	2,5	316	980
4	Studiya va musiqa asboblari saqlash xonasi o'rtasidagi devor	19,3	50	75	—	—	—

5	Musiqa asbob. Saqlash xonasiga kirish eshigi	3,1	50	25	2,5	316	980
6	Studiya va apparatxona o'rtasidagi devor	16	95	75	2	100	1600
7	Studiyadan apparatxonaga oyna	2,6	85	50	3,5	3160	9840
8	Studiya va tambur o'rtasidagi devor	15,5	50	75	-2,5	-	-
9	Studiyadan tamburga chiqish eshigi	3,1	50	25	2,5	316	980
10	Studiya va kamer studiyasi o'rtasidagi devor	51,5	95	75	2	100	5150
11	Studiya va kamer studiyasi o'rtasidagi devor	19	95	75	2	100	1900
12	Studiya shifti	400	75	65	1	100	4000
13	Studiya poli	40	50	55	-	-	-
	Jami:						30500

$$N = 10 \lg \Sigma S_i \cdot 10^{0,1(N_i - \sigma_i)} - 10 \lg A = 10 \lg 30500 - 10 \lg 302 = 20 \text{ dB.}$$

Bunda ventilatsiya tizimidan o'tadigan, yo'l qo'yilgan shovqin sathi  $N_{\text{ven.}} = 10 \text{ dB}$  dan oshmasligi kerak.

Ventilatorning shovqin sathini hisoblaymiz:

$$U_{\text{ven.}} = 44 + 25 \lg H + 10 \lg L' + \delta,$$

bunda  $U_{\text{ven.}}$  – ventilatorning tovush quvvati;  $L'$  – ventilatorning unumdorligi,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $\delta$  – ventilatorning ish rejimi va turiga bog'liq bo'lgan kattalik, dB.

Maksimal FIK ishlayotgan ventilatorlar uchun: havo kelishida

$$\delta = +1 \text{ dB ga teng;}$$

retsirkulatsiyada  $\delta = -5 \text{ dB ga teng; } H$  – bosim,  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

Studiyadagi umumiy shovqin sathi 20 dB dan oshmasligi kerak. Studiyaga barcha to'siqlardan o'tadigan shovqin sathi  $N_{to's} = 20$  dB (7.22-jadvalga qaralsin).

Konditsionerlash tizimi uchun hisoblar shuni ko'rsatdi: havo kelishida bosim  $H_{kel.} = 50$  kG/m<sup>2</sup> ga teng, sirkulatsiya va tortishda esa  $H_{to's.} = 40$  kG/m<sup>2</sup> ga teng.

Yuqorida ta'kidlanganidek, ventilatsiya shovqinining yo'l qo'yilgan sathi 10 dB dan oshmasligi kerak edi. Demak ventilatsiya tizimida so'ndirilishi kerak bo'lgan sath:

$$\Delta U_s = U_v - (\Delta U_{kan} + N_{vcn}) = 95 - 10 = 85 \text{ dB ga teng.}$$

Tovush so'ndirish qobiliyatini oshirish uchun qator tor kanallarga ajratilgan yacheykali so'ndirgichni qabul qilamiz.

Tor kanal kesimini  $S_{tor kan.} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,062$  m<sup>2</sup>, deb qabul qilsak,  $S_k = 1,1$  m<sup>2</sup> ga teng magistral kanal kesimini saqlash uchun uning tor kanallarga bo'lish kerak:

$$n = \frac{S_s}{S_B} = \frac{1,1}{0,062} = 18.$$

So'ndirgichni A.I.Belov formulasi bo'yicha hisoblaymiz:

$$l = \frac{\Delta L_s S}{1,09 \Pi \alpha} = \frac{85 \cdot 0,062}{1,09 \cdot 1 \cdot 0,3} = 16 \text{ m.}$$

Qoplovchi materialning tovush so'ndirish koeffitsiyentini 0,3 ga teng deb olamiz.

Studiyaga o'tadigan umumiy shovqin sathi  $N = 20$  dB.

Demak, talab etilgan tovush izolatsiyasi ta'minlangan.

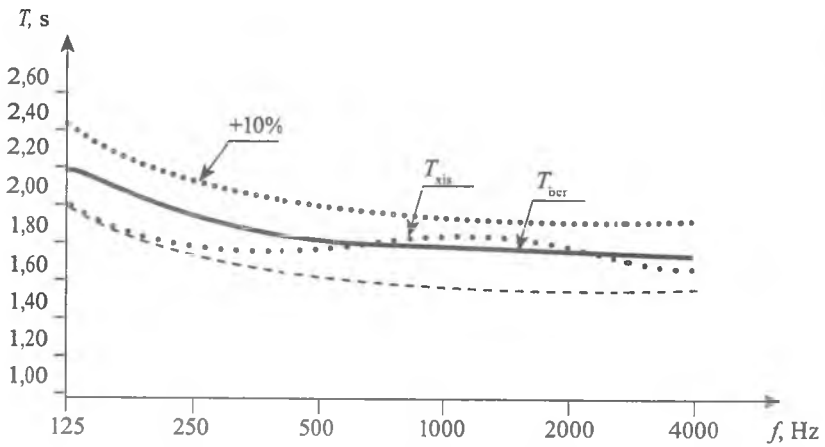
Ikkinchi, ijrochilar soni  $N = 20$  kishilik, o'lchamlari:

$l = 13$  m,  $b = 8$  m va  $h = 5$  m bo'lgan, kichik radioeshittirish studiyasi hisobi yuqorida hisoblangan tartibda bajariladi. Ikkinchi studiyaning akustik hisob natijalari 7.23-jadvalda keltirilgan.

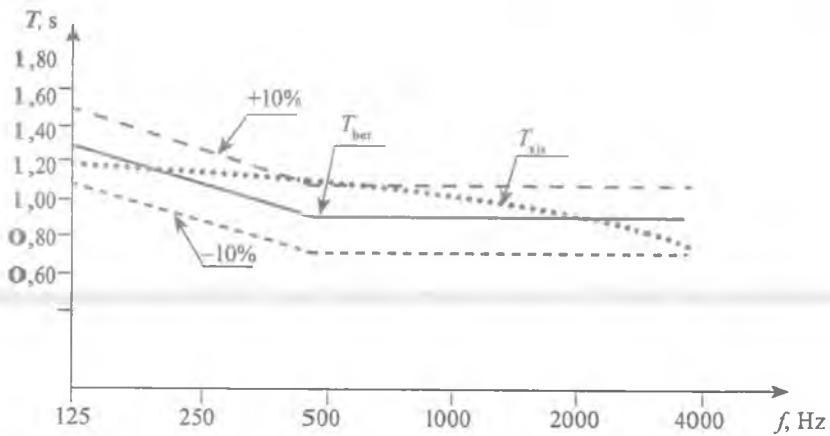
Birinchi va ikkinchi studiyaning akustik hisob natijalari va chizilgan reverberatsiya vaqti chastota tavsiflari (7.75-, 7.76-rasmlar) shuni ko'rsatadiki, reverberatsiya vaqtining belgilangan oralig'idagi og'ishi  $\pm 10\%$  dan ko'p emas.

Tovush so'ndiruvchilar	Chastota, Hz		125		250		500		1000		2000		4000	
	yut. koef.	yuza, son	$\alpha_{o'rt}$	$A$	$\alpha_{o'rt}$	$A$	$\alpha_{o'rt}$	$A$	$\alpha_{o'rt}$	$A$	$\alpha_{o'rt}$	$A$	$\alpha_{o'rt}$	$A$
Yutilish asosiy fondi														
Ijrochilar	20	kishi	0,28	5,50	0,40	8,00	0,45	9,00	0,49	9,80	0,47	9,40	0,45	9,00
Asboblari	20	dona	0,23	4,60	0,26	5,20	0,26	5,20	0,29	5,80	0,32	6,40	0,36	7,20
Gilam	60	m <sup>2</sup>	0,12	7,20	0,14	8,40	0,23	13,80	0,32	19,20	0,38	22,80	0,42	25,20
Bo'sh pol	44	m <sup>2</sup>	0,02	0,88	0,025	1,10	0,03	1,32	0,04	1,76	0,04	1,76	0,04	1,76
Bo'sh devorlar va shift	230	m <sup>2</sup>	0,01	2,30	0,01	2,30	0,02	4,60	0,02	4,60	0,03	6,90	0,03	6,90
Ko'rish oynasi	1	m <sup>2</sup>	0,35	0,35	0,25	0,25	0,18	0,18	0,12	0,12	0,07	0,07	0,04	0,04
Akustik eshiklar	2,0	m <sup>2</sup>	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80
Ventilatsiya panjarasi	2	m <sup>2</sup>	0,30	0,60	0,42	0,84	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00
Qo'shimcha yutish fondi														
Perforatsiyali ramkalar	19	m <sup>2</sup>	0,18	3,42	0,32	6,08	0,36	6,84	0,36	6,84	0,35	6,65	0,33	6,27
Perforatsiyali ramkalar	33	m <sup>2</sup>	0,2	6,60	0,46	15,18	0,58	19,14	0,52	17,16	0,41	13,53	0,31	10,23

Yarimsilindrlar	25	m <sup>2</sup>	0,38	9,50	0,28	7,00	0,3	7,50	0,21	5,25	0,16	4,00	0,13	3,25
Yog'och panel	40	m <sup>2</sup>	0,34	13,60	0,19	7,6	0,1	4,00	0,09	3,60	0,12	4,80	0,11	4,40
5% hisobga olinmagan materiallar				4		4		4		4		4		4
Tovushning havoda so'nishi												4,16		14,55
$A_{hisob}$				59,25		66,55		77,18		79,93		86,27		94,61
$T_{hisob}$				1,41		1,28		1,06		1,05		0,97		0,92
$T_{ber}$				1,40		1,20		1,00		1,00		1,00		1,00
$A_{ber}$				58,8		69,7		83,7		83,7		83,7		83,7
$T_{his}$ ning $T_{ber}$ dan og'ishi, %				-1,0		-6,6		-6,2		-6,1		+3		+8,0



7.75-rasm.  $T_{ber}$  va  $T_{his}$  reverberatsiya vaqtining chastota tavsiflari.



7.76-rasm. Hisoblangan reverberatsiya vaqtining chastota tavsifi.



### 7.39. MUSIQA VA NUTQNI TINGLASHDA REVERBERATSIYANING TA'SIRI

Biz reverberatsiya hodisasi bilan tanishganimizda, tovushning uzoq vaqt davom etishini, so'ngra manba ta'sir kuchi yo'qolishini ko'z oldimizga keltiramiz. Shunda hayolimizga darhol bir fikr keladi, nima uchun bu davomiylilik sezilmaydi? Ammo turli sharoitlarda tovush eshitish hissini eslab, reverberatsiya kichik yoki tovush nihoyat darajada so'ndirilgan xonalarda sezilarli emas degan xulosaga kelamiz. Aksincha, o'lchamlari katta va bo'sh xonalarda, vokzal, aeroport va h.k. joylarda reverberatsiyani eshitibgina qolmay, uning davomiyligini ham taxminan aniqlash mumkin.

Ma'lumki, uzoq davom etadigan reverberatsiya nutq aniqligini ancha pasaytiradi. Agarda manbaga yaqin masofada tushunish mumkin bo'lsa, manbadan uzoqlashgan sari barcha so'zlar g'ovur-g'uvur bo'lishi hi sobiga noaniq bo'la boshlaydi, demak, nutq aniqligi reverberatsiya vaqti kichik bo'lgan holdagina oshadi.

Ammo reverberatsiya bo'lmagan ochiq havoda yoki tovush kuchli so'ndirilgan xonalarda nutq aniqligi oshgani bilan uning ta'sirchanligi va mayinligi yo'qolganini sezamiz.

Musiqani avval bo'sh konsert zalida yoki bo'sh xonada musiqa eshitib, so'ngra tinglovchilar bilan to'lgan konsert zalida yoki kichik xonada eshitsak, xuddi shunday hisni sezamiz. Birinchi holda ayrim musiqa ohanglari va musiqa parchalari tutashib ketadi va g'uvullaydi, tovushning hamohangligi buzilib, quruq, shirasiz darajagacha yetadi, ikkinchi holda esa birinchisiga mutloq teskari – aniqlik oshib musiqa ohanglari mayin va yoqimli tuyiladi. Yuqorida bayon etilgan fikrlarni xulosa qilib shuni aytish mumkinki, juda katta va juda kichkina reverberatsiya vaqti badiiy eshittirishlarni va shu bilan baravar musiqa va nutqlarni tinglash uchun juda noqulay. Shu nuqtayi nazardan shunday reverberatsiya vaqti zarurki, xonada g'ala-g'ovur boshlanmay musiqa ohangining ravonligi va jarangdorligi saqlansin. Bunday reverberatsiya vaqti

tinglash uchun eng qulay yoki optimal reverberatsiya vaqti deb ataladi.

Olimlarning izlanishlari va o'tkazgan tajribalari shuni ko'rsatadiki, zallarning optimal reverberatsiya vaqti 1 s ga teng.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Arxitektura akustikasi haqida qanday ma'lumotlarga egasiz?
2. Diffuziya maydoni deb qanday maydonga aytiladi?
3. Xonadagi tovush to'lini mavjudligining o'rtacha vaqti, o'rtacha erkin o'tish yo'li uzunligi kattaliklarini tushuntiring.
4. To'linning o'rtacha erkin o'tish vaqti qanday aniqlanadi?
5. Tovush yutilishning o'rtacha koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
6. Standart reverberatsiya vaqtiga ta'rif bering.
7. Optimal reverberatsiya vaqtiga ta'rif bering.
8. Sebin va Eyring formulalarini yozing va tushuntiring.
9. Akustik nisbat va reverberatsiya ekvivalenti tushunchalarini tushuntiring.
10. Radioeshittirish va TV studiyalarining bir-biridan asosiy farqlari haqida ma'lumot bering.
11. Radioeshittirish va TV studiyalarining o'lcham va shakllari qanday tanlanadi?
12. Tovush so'ndiruvchi materiallarning qanday turlarini bilasiz?
13. Tovush so'ndiruvchi materiallar qanday tartibda joylashtiriladi?
14. «Parillovchi aks sado» yoki «Flyatter effekti»ning paydo bo'lish sabablarini va uni kamaytirish usullarini tushuntiring.
15. Studiyalarni akustik hisoblash uslubini tushuntiring.

## 8-bob. OVOZLASHTIRISH VA TOVUSH KUCHAYTIRISH TIZIMLARI

---

### 8.1. OVOZLASHTIRISH VA TOVUSH KUCHAYTIRISH TIZIMLARINING BELGILANISHI

Tovush kuchaytirish va ovozlashtirish tizimlari ko'p maqsadli zallarda va ochiq maydonlar, istirohat bog'lari, stadionlar, sport maydonchalarida: notiq, ijrochi, xonanda va musiqa asboblarning tovush signallarini kuchaytirish talab etiladigan sharoitlarda qo'llaniladi. Tovush kuchaytirish tizimlari birlamchi signal quvvati (notiq, ijrochi, musiqachi va boshqalar) tinglovchilar egallagan yerda yetarlicha quvvatda signal sathi hosil qila olmaganda qo'llaniladi. Akustik sharoitlari normal, hajmi 2000 m<sup>3</sup> dan ziyod va tinglovchilargacha bo'lgan masofa 25 m dan ortiq bo'lgan zallarda tovush kuchaytirish tizimi ishlatiladi. Shovqin sathi yuqori va tovush so'ndirilishi kamroq bo'lgan kichik hajmdagi xonalarda ham tovush kuchaytirish tizimi qo'llanilishi mumkin.

Tovush kuchaytirish tizimining ovozlashtirish tizimidan farqi shundaki, tovush kuchaytirish tizimida mikrofon radiokarnay nurlatayotgan kuchaytirilgan tovush maydonida joylashtiriladi, natijada **akustik teskari bog'lanish** deb ataluvchi jarayon kuzatiladi. Shuning uchun tovush kuchaytirish tizimi potensial barqaror emas va ayrim sharoitlarda generatsiya rejimiga o'tishi ham mumkin.

Ovozlashtirish maydonida radiokarnaylarning joylashtirilishiga bog'liq holda tovush kuchaytirish va ovozlashtirish: **bir joyga to'plangan, zonal va taqsimlangan** tizimlarga bo'linadi.

## 8.2. TOVUSH KUCHAYTIRISH VA OVOZLASHTIRISH TIZIMLARIGA QO'YILADIGAN TALABLAR

Tovush kuchaytirish va ovozlashtirish tizimlari belgilanishiga qarab, faqat umumiy talablargagina (hosil qila oladigan ovoz eshittirish chastota polosasi, chiziqli va nochiziqli buzilishlar) emas, ayrim maxsus talablarga ham javob berishi kerak. Ayrim holda, ovozlashtirilayotgan maydonda tovush kuchaytirish va ovozlashtirish tizimi tovush maydonining zaruriy sathini, uning belgilangan notekisligini, eshittirish uzviyligini, tovush manbalarini lokallashni, nutqning aniqligini ta'minlashi kerak.

To'g'ri tovush hisobiga hosil bo'lgan maydonning zaruriy sathi  $N_{to'g'ri}$  tovush kuchaytirish va ovozlashtirish tizimlarining belgilanishiga bog'liq. Yuqori sifatli tizimlar kichik shovqin sath  $40 \div 45$  dB da ishlaydi. Bunday tizimlarda maksimal akustik sath ( $N_{to'g'ri}$ ) birlamchi signal manbayining tabiiy jarangdorligi bilan aniqlanadi. Shuning uchun musiqa dasturlarini eshittirganda tinglovchi o'tirgan joyda  $N_{to'g'ri} = 90 \div 94$  dB, nutq kuchaytirishda esa  $80 \div 86$  dB bosim sathini ta'minlash zarur, bu esa taxminan  $1 \div 1,5$  m masofada notiq yaratayotgan akustik sathga to'g'ri keladi.

**Tovush maydoni notekisligi**  $\Delta N_{to'g'ri}$  – ovozlashtiriladigan maydondagi maksimal va minimal akustik sathlar farqi. Musiqani qayta eshittirishda notekislik  $\Delta N_{to'g'ri} \leq 6$  dB deb qabul qilinsa, nutqni qayta eshittirishda esa  $\Delta N_{to'g'ri} \leq 8$  dB deb qabul qilinadi.

**Tovush yangrashining tutashligi** – sezilarli yoki xalaqit beruvchi aks sadoning bo'lmashligi. Tovush yangrashining tutashligi turli vaqtga kechikuvchi to'g'ri va kechikadigan signal sathlarining ma'lum nisbati bilan ta'minlanadi.

Tovush manbalarini lokallash, ya'ni tuyuladigan tovush manbayining quloq solib his etilishi. Tovushlarning yangrash, ko'rish ta'sirchanligi, eshitish ta'sirchanligiga mos bo'lganda, eng yaxshi qabul qilinadi. Ovozlashtirishning quyidagi tizimlari mavjud:

- 1) bir joyga to'plangan tizim;

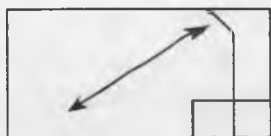
- 2) zonal tizim;
- 3) taqsimlangan tizim.

### 8.3. BIR JOYGA TO'PLANGAN TIZIM

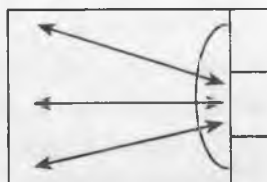
Agar tovush signali tinglovchilarga bir nuqtadan kelsa, u bir joyga to'plangan tizim deb ataladi. Bu tizim ko'rish ta'sirchanligini eshitish ta'sirchanligiga yaxshi bog'laydi.

Bu tizim ko'pincha xonalarda qo'llaniladi:

**A) radiokarnaylar yuqorida joylashtirilgan peshtoq tizimi** (8.1-rasm), bu tizim o'lchamlari katta bo'lmagan zallarda, qachonki, sahna tepasidagi darchada katta peshtoq bo'lsa yoki yo'naltirilgan nurlatgich (radiokarnay)larni sahnaoldi soyabonidagi tokchaga o'rnatish imkoniyati bo'lganda qo'llaniladi;



a)

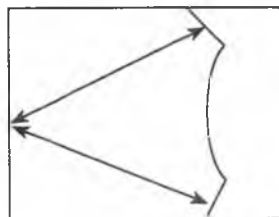


**B) radiokarnaylar yon tomonga joylashtirilgan peshtoq tizimi** (8.1-b rasm), bu tizim o'lchamlari katta bo'lmagan zallarda, sahna tepasidagi teshik peshtoqlari yetarlicha yon devorlarga ega bo'lgan zallarda qo'llaniladi.

Bunday tizim tik amfiteatrli va balkonli zallarni ovozlashtirish uchun juda qulay.



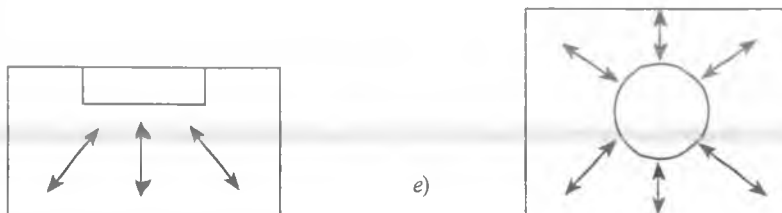
b)



D) yon devorlarga yoʻnaltirilgan nurlatgichlarni oʻrnatish tizimi (8.1-d rasm), bu tizim sahna teshigida peshtoq boʻlmaganda yoki ochiq estradada qoʻllaniladi. Radiokarnaylar zalda sahnaoldi balandligida yoki sahnadan nariroqda kronshteynlarga yoki maxsus tokchalarga oʻrnatiladi.



E) Nurlatgichlar markazda joylashtirilgan tizim (8.1-e rasm), bu tizim tinglovchilar maʼlum belgilangan oʻringa ega boʻlmagan hollarda (raqs, koʻrgazma zallari va boshqalar) yoki tinglovchilar zalning markaziy qismi atrofida (sirk) oʻtirganlarida qoʻllaniladi. Radiokarnaylar markazda joylashtiriladigan tovush kuchaytirish tizimlari esa mikrofonlar zalning markaziy qismida joylashtirilganda qoʻllanilishi mumkin.



8.1-rasm. Bir joyga toʻplangan tizim va ularni joylashtirish variantlari: a) peshtoq markazida; b), d) peshtoq yon devorlarida; e) zal markazida.

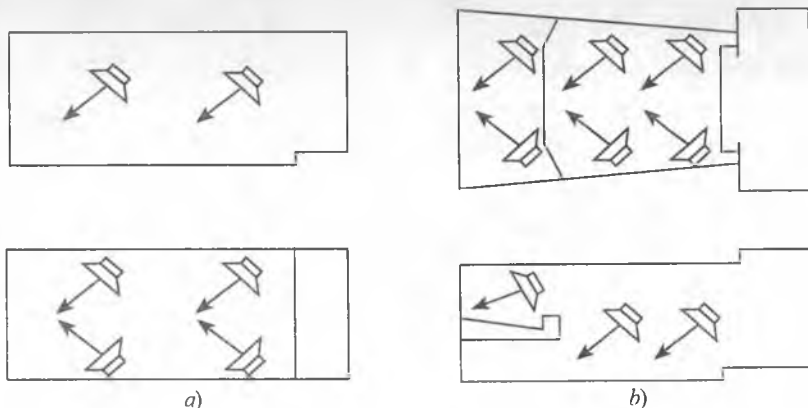
#### 8.4. ZONAL TIZIMLAR

Zonal tizimlarda ovozashtiruvchi maydon bir necha zonalarga bo'linadi, har bir zona tovush maydoni alohida radiokarnaylar yoki bir-biriga yaqin joylashtirilgan guruhli radiokarnaylar yordamida erishiladi (8.2-rasm).

Bu tizimlar katta maydonlarni, ochiq joylarni: istirohat bog'lari, ishlab chiqarish korxonalar maydonlari, ko'chalarni ovozashtirishda ko'llaniladi.

Radiokarnaylar shunday joylashtirilishi kerakki, ularning ovozashtirish zonalarini qisman bir-birini qoplasin va barcha ovozashtirish yuzasini qamrab olsin.

Tovush maydoni notekisligini hisoblaganda qo'shni maydoncha chegaralaridagi tovush maydoni sathi, ikkita radiokarnay nurlanishining qo'shilishi natijasida, bir radiokarnay nurlatayotgan akustik sathga nisbatan 3 dB yoki 1,41 marta oshishi hisobiga olinadi. Shu bilan birga, maydon burchaklarida to'rt radiokarnay nurlanishi qo'shiladi, shuning hisobiga akustik sath 6 dB dan oshadi. Zona chegaralari bo'ylab akustik sath deyarli o'zgarmaydi.



8.2-rasm. Radiokarnaylarning devorga joylashtirilishi (a), balkonnini ovozashtirish uchun devorga qo'shimcha nurlatgichlarni zona tizimida joylashtirish (b).

Har bir zona ichidagi tovush kolonkasi uchun akustik sath quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{\text{tov}}^2 = P_{\text{tov1}}^2 / h^2. \quad (8.1)$$

Radial radiokarnay uchun:

$$P_{\text{tov}}^2 = P_{\text{tov1}}^2 / (h^2 + C^2). \quad (8.2)$$

Bir joyga to'plangan murakkab tizimlar uchun radiokarnaylarning tekshirilayotgan nuqtalaridagi natijaviy tovush bosimi

$$P_{\Sigma\text{tov}} = \sqrt{P_{\text{tov1}}^2 + P_{\text{tov2}}^2 + \dots}. \quad (8.3)$$

Ovozashtirish notekisligi

$$\Delta N_a = 20 \lg(P_{\text{tov}\Sigma\text{max}} / P_{\text{tov}\Sigma\text{min}}), \quad (8.4)$$

bu yerda  $P_{\text{tov}\Sigma\text{max}}$  va  $P_{\text{tov}\Sigma\text{min}}$  – maksimal va minimal tovush bosimi.

Ovozashtirishning zonal tizimlarida ayrim radiokarnaylarning aks sadolanish ehtimoli bor. Aks sado tovush eshittirishni buzadi, shu bois ayrim zona maydonlari uchun yaqinda va uzoqda joylashgan radiokarnay bosim sathlari ayirmasini va signallarning kechikish vaqtini hisoblashga to'g'ri keladi. Odatda, bunday hisoblar tovush kolonkalari va ruporli radiokarnaylar qo'llanilganda bajariladi.

## 8.5. TAQSIMLANGAN TIZIMLAR

Ovozashtirishning taqsimlangan tizimlari deb, tinglovchilarga tovush bir yoki bir necha radiokarnaylardan bir xil sathda kelishiga aytiladi.

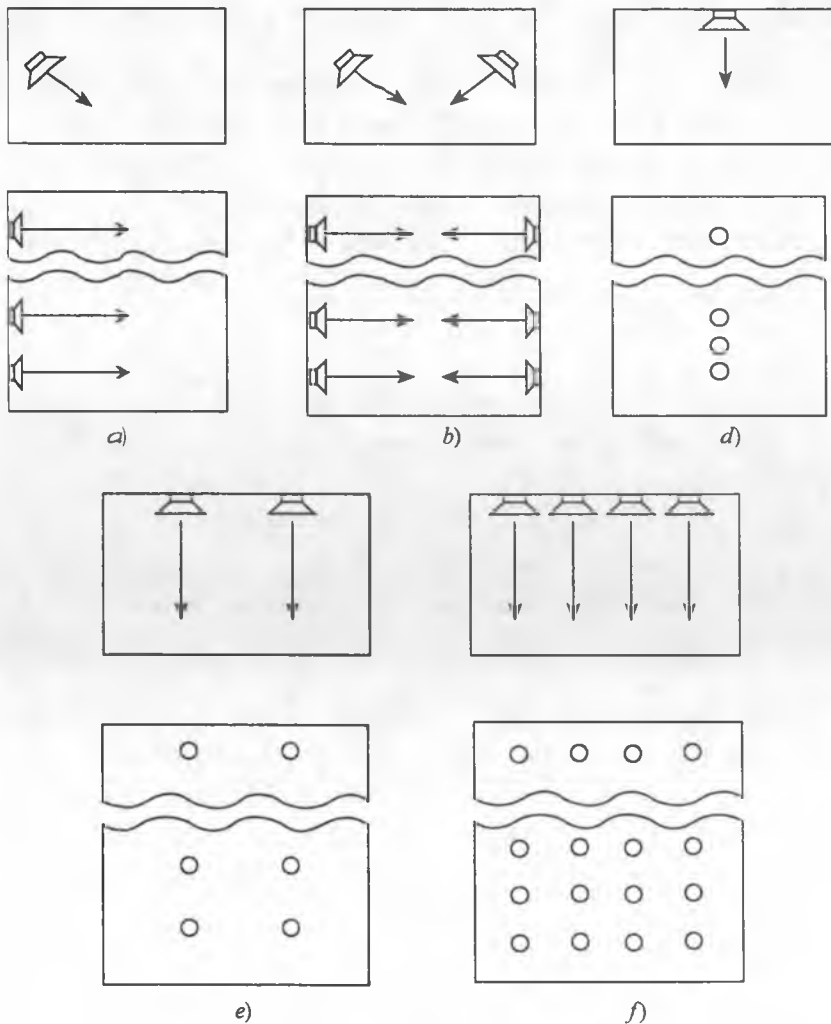
Bunday tizimlar tovushni qayta eshittirish va nutqni kuchaytirishda qo'llaniladi.

Taqsimlangan tizimlarning asosiy variantlari 8.3-rasmda ko'rsatilgan.

Taqsimlangan ovozashtirish tizimiga quyidagilar: chiziqli, shiftli, radiokarnaylarning suyanchiqli o'rindiqla taqsimlangan



tizimi, ochiq maydonda ovozlashtirishning taqsimlangan tizimlari kiradi.



8.3-rasm. Radiokarnaylarning taqsimlangan tizimda joylashtirilish turlari: a) devorda bitta radiokarnay; b) devorda ikkita radiokarnay; d) shiftda bitta radioka may zanjiri; e) shiftda ikkita radiokarnaylar zanjiri; f) shiftda to'rtta radiokarnaylar zanjiri.

**Chiziqli tizimlar** baland bo'lmagan cho'zinchoq shakldagi binolarni koridorlar, platformalar, metro stansiyalarini, katta bo'lmagan auditoriyalarni ovozashtirish va tovush kuchaytirishda qo'llaniladi.

**Peshtoqli tizimlar** ikki variantda qo'llaniladi. **Eni nisbatan tor**, shifti baland xonalarda, shiftga bir yoki ikki qator yo'naltirilgan radiokarnaylar o'rnatiladi. **Shifti nisbatan past** xonalarda shift yuzasi bo'yicha nurlatgichlar bir tekis taqsimlanadi.

Suyanchiqli o'rindiqlarda radiokarnaylari tarqatilgan tizim, katta quvvatga ega bo'lmagan (0,1: 0,25 W) konusli radiokarnaylar suyanchiq orqasiga o'rnatiladi, bu tizim tovush kuchaytirishda qo'llaniladi.

Ovozashtirishning taqsimlangan tizimi, bu tizim ochiq maydonlarda, asosan, chiziqli ovozashtirish tizimidek qo'llaniladi (istirohat bog'lari, stadionlar).

Ovozashtirishning u yoki bu tizimini qo'llash har bir holatda uskunalarning vazifalari va xonaning akustik xususiyatlariga bog'liq holda tanlanishi maqsadga muvofiq bo'ladi.

## 8.6. NUTQNING TUSHUNARLILIGI VA ANIQLIGI

**Nutqning tushunarligi** – traktning nutqni uzatish uchun yaroqliligini belgilaydigan asosiy tavsif. Bu tavsifni bevosita aniqlash uchun diktor va bir necha tinglovchilarni taklif etib, **nutq tushunarligini** statistik usul bilan aniqlash mumkin. **Nutq tushunarligini** uning aniqligi orqali aniqlaydigan qo'shimcha usul ham ishlab chiqilgan.

**Nutq aniqligi** deb trakt bo'yicha uzatilgan nutqlardan nisbiy yoki foiz hisobida to'g'ri qabul qilingan nutq elementlariga aytiladi.

**Nutq elementlari** – bu jumla, so'z, bo'g'in, tovush va raqamlar. Shunga mos holda, bo'g'in, tovush, so'z, ma'no va raqamlar aniqligiga ajraladi. Ular orasida statistik bog'lanish mavjud. Amalda aksariyat so'z, bo'g'in va ma'no aniqligidan foydalaniladi. Bunday

ekspertizalarni olib borish uchun rus nutqida uchraydigan soʻz va boʻgʻinlarning maxsus jadvali tuzilgan. Bunday jadvallar artikulyatsiya jadvallari deb ataladi. Nutq aniqligini avvaldan belgilangan tinglovchilar brigadasi yordamida subyektiv-statistik yoʻl bilan oʻtkaziladi. Bu holda oʻlchamlar turli usullarda olib boriladi, masalan, ballar bilan baholash, toʻgʻri qabul qilingan soʻzlar foizi va h.k. 8.1-jadvalda nutq aniqligining toʻrt bosqichli baholanishi keltirilgan;

- aʻlo, agar tushunarlilik qayta soʻrovsiz toʻla boʻlsa;
- yaxshi, agar tinglovchilarda qayta soʻrash ehtiyoji tugʻilsa;
- qoniqarli, agar tinglovchilar tez-tez qayta soʻrasalar;
- imkon darajasidagi, agarda tinglovchilar qayta-qayta soʻrasalar yoki soʻzni harfma-harf aytishni soʻrasalar.

8.1-jadval

Tushunarlilik	Aniqlik, %	
	Boʻgʻin	Soʻz
Aʻlo	80 va yuqori	98 va yuqori
Yaxshi	50÷80	93÷98
Qoniqarli	40÷50	87÷93
Imkon darajasida	25÷40	75÷87

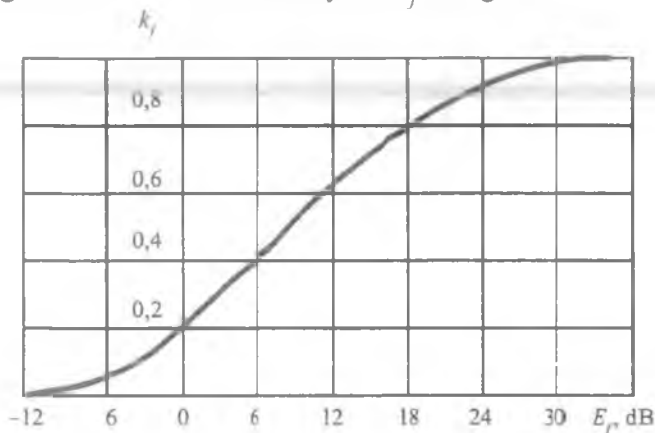
Aniqlikning pasayishiga xonadagi akustik shovqinlar, tovush diffuziyasi va reverberatsiyasi halaqitlari, birlamchi tovush manbayini yetarlicha kuchaytirilmaganligi sabab boʻlishi mumkin.

Ovozlashtirish va tovush kuchaytirish tizimlari nutq aniqligini taʼminlashi zarur. Axborot dasturlarini uzatishda, miting va majlislarni eshittirishda aniqlik aʻlo darajada, yaʼni 80% soʻz boʻgʻin aniqligini yoki 98% soʻz aniqligini taʼminlashi zarur. Disptcher aloqasi uchun mos holda bu koʻrsatgichlar 45÷50% va 87÷99% ni tashkil etishi kerak. Nutq aniqligini uzatish traktining tavsiflari va qabul qilish sharoitlari oʻrtasida bevosita bogʻliqlik mavjud. Aytilgan bogʻliqlikni Fletcher va Kollard ixtiro etgan formant nazariyasi yordamida oʻrnatish mumkin. Odam soʻzlaydigan chas-

tota diapazonida nutq tovushlari energiyasining to'planish xususiyatlari bor. Chastota diapazonining u yoki bu uchastkasida energiyaning to'planishi **formant** deb ataladi. Ularning joylashishi tovushning so'zdagi yoki iboradagi o'miga hamda har bir odamning individual artikulasiya apparatiga bog'liq. Har bir tovush bir necha formantlardan iborat. Nutq tovushi formantlari chastota diapazoni 150÷7000 Hz ni tashkil etadi. Bu diapazon shartli ravishda 20 teng polosalarga bo'linib, har birida formantlarning paydo bo'lishi ehtimoli bir xil. Bunday polosalar **teng aniqlik polosalari** deb ataladi. Tovush materiallari yetarlicha ko'p bo'lganda har bir polosada formant paydo bo'lishi ehtimoli 0,05 ga teng.

Formantlarning intensivlik sathlari turlicha: jarangdor tovushlarda intensivlik bo'g'iq tovushlardagiga nisbatan yuqori.

Akustik shovqinlar sathi oshganda formantlar avval past sathlar bilan, keyin yuqoriroq sathlar bilan niqoblanadi. Shunday qilib, niqoblanish natijasida, formantlarni eshitish ehtimoli kamayadi. Bu kamayishning  $k$  polosadagi koeffitsiyenti eshilitish yoki **aniqlik koeffitsiyenti**  $k_e$  deb ataladi. Eshilitish koeffitsiyentini 8.4-rasmdagi grafikdan aniqlash mumkin. Bu grafikda formantning sezilish sathi  $E_f$  va unga mos eshilitish koeffitsiyenti  $k_f$  berilgan



8.4-rasm. Nutq sathlarining integral taqsimoti.

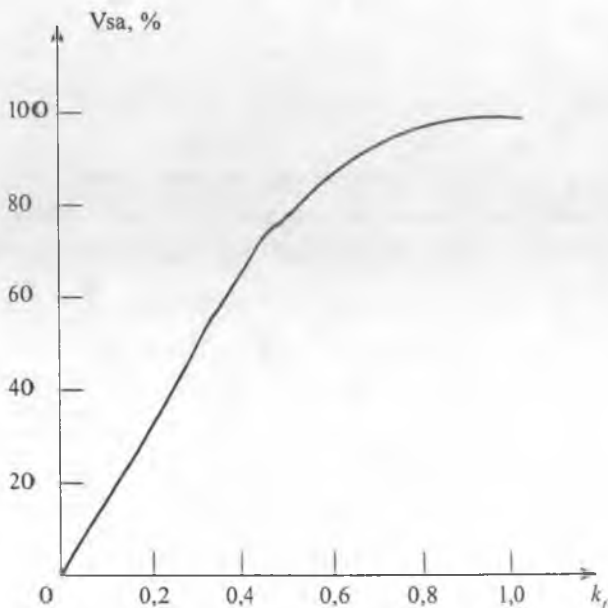
$$\Delta A = 0,05 k_f, \quad (8.5)$$

$$E_f = B_n - B_{sh}. \quad (8.6)$$

Nutq chastota diapazonidagi umumiy formant aniqligi

$$A = 0,05 \sum_{n=1}^{20} k_f n. \quad (8.7)$$

Formantli va boshqa turdagi aniqlik tajriba yo'li bilan aniqlangan. So'z bo'g'inlari uchun bunday bog'liqlik 8.5-rasmda keltirilgan. Bu rasmdan ko'rinib turibdiki, nutqning to'la aniqligiga barcha formantlarning yarmisini qabul qilganda (formant aniqligi 0,5) erishiladi, bu **nutqning ortiqchaligidan** darak beradi.



8.5-rasm. Bo'g'in aniqligining formant aniqligiga bog'liqligi grafiqi.

Ovozlashdiriladigan xonalar uchun nutq aniqligini aniqlash, avvalo maksimal akustik shovqin va minimal to'g'ri tovush

sathi nuqtasi uchun amalga oshiriladi. Shunday nuqtada turgan tinglovchiga to'g'ri tovush spektral sathi:

$$S_{pc} = S_{pm} + Q_{ms}, \quad (8.8)$$

bunda  $S_{rm}$  – mikrofon oldidagi spektral sath,  $Q_{ms}$  – traktning kuchaytirish indeksi.

Bu ma'lumotlar bir xil aniqliqdagi har bir polosa uchun aniqlanadi. Shu polosalar uchun tinglash nuqtasidagi xalaqit va shovqinlar uchun spektral sath;

$$S_{sh} = 10 \lg(10^{0.1 S_{ash}} + 10^{0.1 S_h}). \quad (8.9)$$

Bunda,  $S_{ash}$  – akustik shovqinning spektral sathi,  $S_h$  – halaqitning spektral sathi:

$$S_x = S_{rs} - 21 + 10 \lg R + N_d + (50/3) \lg T_r \quad (8.10)$$

bunda,  $10 \lg R$  – diffuziya tovushidan halaqitga qo'shimcha tuzatish ( $R$  – hisoblash nuqtasidagi akustik nisbat);  $N_d$  – qo'shimcha difraksion tuzatish;  $(50/3) \lg T_r$  – reverberatsiya xalaqitlariga qo'shimcha tuzatish;  $T_r$  – reverberatsiya vaqti.

Akustik shovqin sathi quyidagicha aniqlanadi:

$$S_x = S_{ash} + 6 \quad (8.11)$$

Trakt indeksi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{ms.rats} = S_x = S_{rm} |10 \lg R + N_d + (50/3) \lg T_r| + 27. \quad (8.12)$$

Traktning bunday indeksi **ratsional indeks** deb ataladi.

Kuchaytirish ratsional bo'lganda:

$$S_{ash} = S_x + 1, \quad (8.13)$$

ya'ni akustik shovqin  $S_{ash}$  ning umumiy shovqinga qo'shgan hissasi katta emas. Tovush kuchaytirish tizimi barqaror ishlashi va

**regenerativ reverberatsiya** bo'lmashligi uchun har bir polosadagi amaldagi trakt indeksi qiymati ratsional qiymatga yaqin bo'lishi va chegaraviy indeks qiymatidan oshmasligi lozim.

**Nutq aniqligini oshirish usullari.** Nutq aniqligini oshirishning samarador usullaridan biri halaqit sathini pasaytirishdir. Amalda bunga hamma vaqt ham erishib bo'lmaydi, shuning uchun tovush bosimini oshirish, mikrofonni tovush manbayiga yaqinlashtirish, so'zlovchi baland ovozda so'zlashi bilan trakt indeksini oshirishga harakat qiladilar.

Nutq aniqligini oshirishning boshqa usuli, nutq signalini siqish, ya'ni maksimal nutq signallarini saqlagan holda kichik bosimli signal sathini ko'tarish. Siqishning yana bir usuli, bu amplitudali cheklash, ya'ni – kliplash. Bunda, nutq signali amplitudasi doimiy bo'lgan oralig'i o'zgaruvchan ketma-ket impulslarga aylanadi. Natijada, barcha nutq tovushlari bir xil sathga ega bo'ladi. Eshitilish sifati pasayadi, ammo aniqlik sezilarli darajada oshadi, chunki kliplanmagan past tovushlar signallarni niqoblovchi shovqin sathlaridan yuqori bo'ladi, natijada eshittirish halaqit sathidan yuqori bo'ladi. Nutq aniqligini oshirishda vokoderlarning qo'llanilishi ayniqsa qo'l keladi.

**Vokoder** – uzatish qismida nutq signallaridan nutqning axborot parametri: **nutqning spektral og'ishini** va asosiy ton parametrlarini ajratadigan qurilma. Vokoderning qabul qilish qismida tonning asosiy parametri, asosiy ton chastota generatorini, ya'ni tomoq impulslariga o'xshash impuls ishlab chiqaruvchi generatorni boshqaradi. Bu impulslar akustik tizimning jarangdor nutqlar traktini imitatsiyalovchi murakkab filtrlarga beriladi. Bo'g'iq nutq tovushlarini sintezlaganda generator shovqin kuchlanishi beradi va u bo'g'iq tovush filtrlariga uzatiladi. Sintezlanadigan tovush sathlari va filtr parametrlarini vokoderning uzatish tomonidagi signallar boshqaradi, natijada, nutq signalining spektral og'ishi tiklanadi. Tiklangan signalning sifati va aniqligi yetarli darajada yuqori bo'ladi.

## 8.7. ZALLARNI AKUSTIK SOZLASH BO'YICHA AYRIM TAVSIYALAR

Nurlatgichlarni optimal joylashtirish. Tovush kuchaytirish tizimlari o'rnatiladigan zallar o'zlarining belgilanishi bo'yicha bir-biridan farqlanadi. Har bir zal o'zining arxitektura xususiyatlariga bog'liq holda tovush kuchaytirish tizimlarini loyihalashda alohida yondoshishni talab etadi.

Zalning o'lchamlari katta bo'lganda birinchi muammo – kerakli tovush bosimini ta'minlash. Ikkinchi muammo, ko'pchilik xonalarga xos bo'lgan katta reverberatsiya vaqti. Agarda tinglovchi tovush manbayiga yaqin bo'lsa, go'yo u «to'g'ri maydon» da bo'lgandek tuyuladi. Bu maydonda manbadan chiqayotgan tovush, qaytgan tovushdan balandroq bo'ladi. Reverberatsiya fazosida har doim qaytgan tovush to'g'ri tovushdan balandroq jaranglaydigan nuqta mavjud. Natijada, tovushning aniqligi va tiniqligi yo'qoladi. Bu muammoni hal etishning ikkita yo'li bor. Birinchisi, xonaning shaklini o'zgartirib, akustik jihozlarini qayta ishlash. Ikkinchisi, tovush kuchaytirish kompleksini to'g'ri loyihalash va tanlash. Birinchi variant amalda bajarilishi qiyin bo'lganligi sababli, tovush kuchaytirish tizimini loyihalash va akustik tizimni to'g'ri tanlashga katta ahamiyat beriladi. Xonadagi nutq tovushi aniqligini oshirish maqsadida xonaning amplituda-chastota tavsifini ekvalayzer yordamida korreksiyalashdan, sun'iy reverberator va fonogrammalardan foydalaniladi.

## 8.8. ZAL TOVUSH KUCHAYTIRISH TIZIMINING AKUSTIK HISOBI

Nutq tovushini kuchaytirish tizimini hisoblash. Hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar:

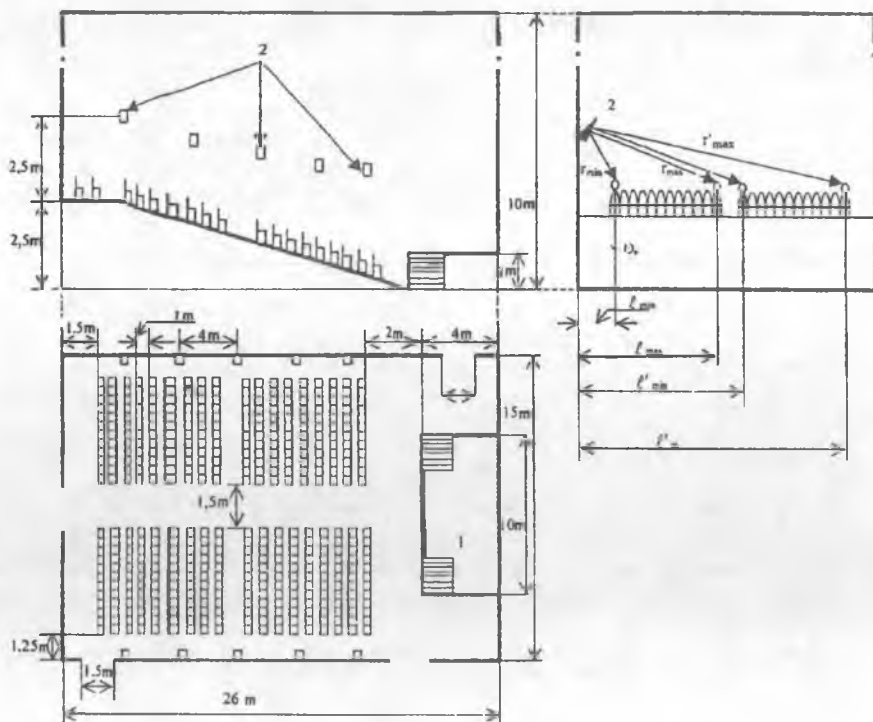
- 1) tinglovchilar soni,  $N=432$  kishi;
- 2) talab etiladigan tovush maydoni sathi,  $N_1=80$  dB;
- 3) belgilangan to'g'ri tovush notekisligi sathi,  $\Delta N_{to'g'ri} = 6$  dB;



4) zal rejasi 8.6-rasmda keltirilgan.

Hisob.

1. Zal shakli va o'lchamlarini aniqlash.



8.6-rasm. Zalning rejasi va vertikal kesimi:

1 – estrada; 2 – radiokarnaylar.

Zal to'g'ri to'rtburchakli, zalning oxiriga tomon pol biroz qiyalik bilan ko'tarilgan, zal o'lchamlarini «Oltin kesim» qoidasi asosida aniqlaymiz, ya'ni o'lcham nisbatlari quyidagicha bo'lishi kerak:

$$h : b : l = 1 : 16 : 2,6. \quad (8.14)$$

Bu nisbatlardan kelib chiqqan holda, zalning balandligi  $h = 10$  m;

zalning eni  $b = 16$  m;

zalning bo'yi  $l = 26$  m;

zal rejasidan, uning hajmi, devorlari yuzasini aniqlaymiz. Zalning hajmi:

$$V_3 = h \cdot b \cdot l = 10 \cdot 16 \cdot 26 = 4160 \text{ m}^3. \quad (8.15)$$

2. Yerto'la va zal polining biron ko'tarilishini inobatga olgandagi hajmlarini aniqlaymiz:

$$V_1 = h_1 \cdot a_1 \cdot b = 2,5 \cdot 2,5 \cdot 16 = 100 \text{ m}^3, \quad (8.16)$$

$$V_2 = h_1 \cdot \frac{1}{2} a_2 \cdot b = 2,5 \cdot 0,5 \cdot 17,5 \cdot 16 = 350 \text{ m}^3. \quad (8.17)$$

Yerto'laning urnumiy hajmi:

$$V_{\text{ert}} = V_1 + V_2 = 100 + 350 = 450 \text{ m}^3. \quad (8.18)$$

Estrada hajmi

$$V_{\text{estr}} = 1 \cdot 4 \cdot 10 = 40 \text{ m}^3. \quad (8.19)$$

Zalning bo'sh hajmi

$$V = V_3 - V_{\text{ert}} - V_{\text{estr}} = 4160 - 450 - 40 = 3670 \text{ m}^3. \quad (8.20)$$

3. Zal devorlarining ichki yuzasini aniqlaymiz. U devorlarning bo'ylama yuzasi, eni, pol va shift yuzalari yig'indisiga teng:

$$S_{\text{umum.}} = S_{\text{shift}} + S_{\text{pol}} + S_{\text{dev}} + S_{\text{yon estr.}} \quad (8.21)$$

Demak,

$$S_{\text{shift}} + S_{\text{pol}} = 2 (l \cdot b) = 2 (26 \cdot 16) = 932 \text{ m}^2. \quad (8.22)$$

8.6-rasmdagi zal shakliga asosan:

$$\Sigma S_{\text{yon}} = S_{\text{yon1}} + S_{\text{yon2}} + S_{\text{yon3}}, \quad (8.23)$$

$$S_{\text{yon1}} = h_2 + a_1 = 7,5 \cdot 2,5 = 18,75 \text{ m}^2, \quad (8.24)$$

$$S_{\text{yon2}} = \frac{1}{2} (h_2 + h_3) \cdot a_2 = \frac{1}{2} (7,5 + 10) \cdot 17,5 = 153,13 \text{ m}^2, \quad (8.25)$$

$$S_{\text{yon3}} = h_3 \cdot a_3 = 10 \cdot 6 = 60 \text{ m}^2, \quad (8.26)$$

$$\Sigma S_{\text{yon}} = 18,75 + 153,13 + 60 = 120 \text{ m}^2,$$

$$S_{\text{orq.dev}} = h_2 + b = 7,5 \cdot 16 = 120 \text{ m}^2, \quad (8.27)$$

$$S_{\text{old.dev}} = h_3 \cdot b = 10 \cdot 16 = 160 \text{ m}^2, \quad (8.28)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{um.dev}} &= S_{\text{old.dev}} + S_{\text{orq.dev}} + \Sigma S_{\text{yon dev}} = \\ &= 160 + 120 + 2 \cdot 231,88 = 743,76 \text{ m}^2, \end{aligned} \quad (8.29)$$

$$2S_{\text{yon estr.}} = 2(2 \cdot 4 \cdot 1) = 16 \text{ m}^2, \quad (8.30)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{um}} &= S_{\text{shift}} + S_{\text{pol}} + S_{\text{um.dev}} + 2S_{\text{yon estr}} = \\ &= 416 + 416 + 743,76 + 16 = 1591,76 \text{ m}^2. \end{aligned} \quad (8.31)$$

## 8.9. TOVUSH SO'NDIRILISHI HISOBI

8.14-§ keltirilgan 8.7-rasmdan 500 Hz chastotada optimal vaqt reverberatsiyasi qiymatini aniqlaymiz, u  $T_{\text{ort}} = 1,05 \text{ s}$ .

Eyring formulasidan o'rtacha tovush so'ndirish koeffitsiyenti  $\alpha_{\text{ort}}$  ni aniqlaymiz:

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{-\Sigma S \ln(1 - \alpha_{\text{ort}})}, \quad (8.32)$$

undan:

$$-\ln(1 - \alpha_{\text{ort}}) = \frac{0,161 \cdot 4160}{1583,76 \cdot 1,05} = \frac{669,76}{1662,94} = 0,40. \quad (8.33)$$

8.5-jadvaldan  $\alpha_{\text{ort}}$  ni aniqlaymiz

$$\alpha_{\text{ort}} = 0,33.$$

Zalda optimal vaqt reverberatsiyasini ta'minlaydigan umumiy so'ndirilish fondi koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$A = \alpha_{\text{ort}} \cdot S_{\Sigma} = 0,33 \cdot 1583,76 = 522,64. \quad (8.34)$$

## 8.10. TOVUSH SO'NDIRILISHINING ASOSIY FONDI HISOBI

Zal rejasidan ko'rinib turibdiki, o'rindiqlarning o'rnatilish qadami 1 m ga teng. 6m uzunlikdagi qatorga 8 ta o'rindiq o'rnatilgan bo'lsa, 1 m<sup>2</sup> ikkita tinglovchi o'tirishi mumkin.

Demak, tinglovchilar band etgan yuz

$$S_1 = 0,5 \cdot 416 = 208 \text{ m}^2. \quad (8.35)$$

8.7-jadvaldan 500 Hz chastotada  $S_1$  yuzaning so'ndirish koeffitsiyenti 0,8 ga teng. Demak, tinglovchilar kiritayotgan so'ndirish

$$A_1 = 0,8 \cdot 416 = 332,8 \text{ m}^2. \quad (8.36)$$

O'rindiq o'tish oraliqlari eni 1,2 m bo'lib, gilam yo'lakchalar to'shalgan. Yo'lakchalarning umumiy uzunligi 98 m, ular yuzasi:

$$S_2 = 1,28 = 117,6 \text{ m}^2. \quad (8.37)$$

15103 artikul bo'yicha gilam yo'lakchanning tovush so'ndirish koeffitsiyenti:

$$A_2 = 0,21 \cdot 117,6 = 24,69. \quad (8.38)$$

Estrada va bo'sh pol yuzasi:

$$S_{\text{pol}} - S_{\text{pol}} - S_1 - S_2 = 416 - 208 - 117,6 - 88,4 \text{ m}^2. \quad (8.39)$$

Parketli polning tovush so'ndirish koeffitsiyenti:

$$A_3 = 0,070 \cdot 82,4 = 5,76. \quad (8.40)$$

Zalning bir tomonidagi derazalar yuzasi 17 m<sup>2</sup>, uning so'ndirish koeffitsiyenti:

$$A_4 = 0,18 \cdot 17 = 3,06. \quad (8.41)$$

Zalda uchta yog'och eshik bo'lib, umumiy yuzasi 14 m<sup>2</sup>, uning so'ndirish koeffitsiyenti:

$$A_5 = 0,1 \cdot 14 = 1,4. \quad (8.42)$$

Zaldagi barcha deraza va eshiklarga parda ilingan, ularning yuzasi:

$$S_3 = S_{\text{oyna}} + S_{\text{cshik}} + S_{\text{sahna}} = 17 + 14 + 160 = 191 \text{ m}^2. \quad (8.43)$$

Qulaylik yaratish va didli ko'rinishi uchun pardalarni biroz ko'proq  $S_3 = 240 \text{ m}^2$  deb olamiz.

Uning tovush so'ndirish koeffitsiyenti

$$A_6 = 0,52 \cdot 240 = 124,8. \quad (8.44)$$

Estrada, yon estrada, eshik va derazalar yuzasini ayirgandan keyingi bo'sh devorlar yuzasi:

$$\begin{aligned} S_{\text{um.dev.}} - S_{\text{cstr}} - S_{\text{yon cstr}} - S_{\text{oyna}} - S_{\text{cshik}} = \\ = 743,76 - 160 - 8 - 17 - 14 = 544,76 \text{ m}^2. \end{aligned} \quad (8.45)$$

Devor silliq va suvalgan:

$$\alpha = 0,02.$$

Demak:

$$A_7 = 0,02 \cdot 544,76 = 10,73. \quad (8.46)$$

Zalning shifti tekis, gips bilan suvalgan. Gipsning so'ndirish koeffitsiyenti  $\alpha = 0,02$ .

Unda:

$$A_8 = 0,02 \cdot 416 = 8,32. \quad (8.47)$$

Tovush so'ndirilishining umumiy fondi:

$$A_i = \sum_{n=1}^8 A_n = 525,28. \quad (8.48)$$

Shunday qilib, talab etiladigan umumiy so'ndirilish fondi koeffitsiyenti  $A_{\text{tal}} \ll A$ , ya'ni  $525,28 = 523,66$ . Bu ko'rsatgich ma'lum darajada zaldagi tinglovchilar hisobiga o'zgarishi mumkin.

### 8.11. RADIOKARNAYLARNING TALAB ETILADIGAN AKUSTIK QUVVATI VA TO'G'RI TOVUSH SATHI HISOBI

A) Akustik nisbat, to'g'ri va diffuziya tovushlari hisobi. Tizimning vazifasi va berilgan notekislik  $\Delta N_{\text{to'g'ri}}$  hamda 8.8-rasmdagi grafikdan foydalanib,  $R_{\text{o'rt}} = 2$  ga teng deb qabul qilamiz.

(8.17) va (8.21) formulalardan to'g'ri tovushning o'rtacha va minimal sath qiymatlarini aniqlaymiz:

$$N_{\text{tug'ri o'rt}} = N_1 - 10 \lg(1 + R_{\text{o'rt}}) = 80 - 10 \lg 3 = 75,2 \text{ dB}, \quad (8.49)$$

$$N_{\text{tug'ri min}} = N_{\text{tug'ri o'rt}} - 0,5 \Delta N_{\text{to'g'ri}} = 75,2 - 3,0 = 72,2 \text{ dB}. \quad (8.50)$$

Diffuziya tovushi sathini aniqlaymiz:

$$N_d = N_{\text{tug'ri}} - 10 \lg \frac{1 + R_{\text{o'rt}}}{R_{\text{o'rt}}} = 80 - 10 \lg \frac{3}{2} = 78,2 \text{ dB}. \quad (8.51)$$

Akustik nisbat qanday chegaralarda o'zgarishini aniqlaymiz:

$$R_{\text{min}} = R_{\text{o'rt}} 10^{-0,05 \Delta N_{\text{to'g'ri}}} = 2 \cdot 10^{-0,3} = 1, \quad (8.52)$$

$$R_{\text{max}} = R_{\text{o'rt}} 10^{-0,05 \Delta N_{\text{to'g'ri}}} = 2 \cdot 10^{0,3} = 4. \quad (8.53)$$

Demak,  $R_{\text{min}}$  va  $R_{\text{max}}$  qiymatlar berilgan chegaralarda ekan, 8.6-jadvalga qarang.

B) Radiokarnaylarning talab etilgan akustik quvvatini hisoblash  $N_d$  qiymatini bilgan holda, diffuziya maydoni hosil qilish uchun zarur bo'lgan radiokarnaylar nurlatish quvvati  $P_a$  ni aniqlaymiz,

$$P_a = A \cdot 10^{\frac{N_d - 96}{10}} = 523 \cdot 0,0168 = 8,78 \text{ mW}. \quad (8.54)$$

Radiokarnaylar nurlatayotgan to'la akustik quvvat:

$$P_a = \frac{P_o}{1 - \alpha_{\text{o'rt}}} = \frac{8,78}{1 - 0,33} = 13 \text{ mW}. \quad (8.55)$$

## 8.12. OVOZLASHTIRISH TIZIMI VA RADIOKARNAY TURLARINI TANLASH

Zalni ovozlashtirish tizimini tanlashda quyidagilarga ahamiyat berish zarur:

- zalning belgilanishi;
- zalning chiziqli o'lchamlari.

Shulardan kelib chiqqan holda zal ko'p maqsadli va o'lchamlari yetarlicha katta. Bu markazlashtirilgan tizimni qo'llash mumkinligini bildiradi. Bunda bir xil tovush maydonini hosil qilish maqsadida o'tkir xarakteristika yo'nalganligiga ega bo'lgan tovush kolonkalarini olish va ularni akustik markazidan 3,5 m balandlikda o'rnatish kerak. Ammo, biz ko'rayotgan misolda berilgan to'g'ri tovush maydon sathi notekisligi  $\Delta N_{\text{to'g'ri}} = 6$  dB va ko'rish va eshitish obrazlari mosligini ta'minlash zarurati bo'lganligi uchun ikki qator kam quvvatli tovush kolonkalaridan iborat taqsimlangan ovozlashtirish tizimini qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Tovush maydoni notekisligining minimal qiymatini ta'minlash uchun tovush kolonkalarini o'rnatish balandligini aniqlaymiz:

$$h = 0,5b\sqrt{1 - e_b^2}, \quad (8.56)$$

bu yerda,  $b = l_2 - l_1$  - zalning eni;

$e_b$  - tovush kolonkasining vertikal tekislikdagi yo'naltirilganlik xarakteristikasi, 2K3-2 uchun  $e_b = 0,95$ , demak,

$$h = 0,5 \cdot 16 \sqrt{1 - 0,95^2} = 2,5 \text{ m.} \quad (8.57)$$

Tovush kolonkalarini o'rnatish qadami quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} d &\leq 2h\sqrt{(1 - e_r^2)(1 - e_b^2)} = 2 \cdot 2,25 \sqrt{(1 - 0,5^2)(1 - 0,95^2)} = \\ &= 13,69 \text{ m.} \end{aligned} \quad (8.58)$$

Hisoblangan o'rnatish qadami, zaruriy tovush maydoni sathi, uning belgilangan notekisligi, yangroqlik uzviyligi nutq aniqligini

ta'minlay olmaydi. Shuning uchun kolonkalar zanjiri qadamini 4 m o'lchamda tanlab olamiz. Har bir tovush kolonka zanjiri zaning yarmini ta'minlaydi.

Tovush kolonkasidan chekka joylarda o'tirgan tinglovchilarga bo'lgan masofani aniqlaymiz:

$$r_{\text{min}} = \sqrt{l_{\text{min}}^2 + h^2} = \sqrt{1,5^2 + 2,5^2} = 2,9 \text{ m}, \quad (8.59)$$

$$r_{\text{max}} = \sqrt{l_{\text{max}}^2 + h^2} = \sqrt{7^2 + 2,5^2} = 7,4 \text{ m}, \quad (8.60)$$

$$r'_{\text{min}} = \sqrt{l'_{\text{min}}{}^2 + h^2} = \sqrt{9^2 + 2,5^2} = 9,3 \text{ m}, \quad (8.61)$$

$$r'_{\text{max}} = \sqrt{l'_{\text{max}}{}^2 + h^2} = \sqrt{14,5^2 + 2,5^2} = 14,7 \text{ m}. \quad (8.62)$$

$l_{\text{min}}$ ,  $l_{\text{max}}$ ,  $l'_{\text{min}}$  va  $l'_{\text{max}}$  qiymatlari 8.6-rasmda keltirilgan.

Bitta tovush kolonka zanjiri ishlagandagi maydon notekisligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\Delta N = 10 \lg \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}} = 10 \lg \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}}, \quad (8.63)$$

$$\Delta N = 10 \lg \frac{14,7}{2,9} = 7,05 \text{ dB}.$$

Olingan natija talab etilganidan katta, shuning uchun ikki tovush kolonka zanjirini qo'llash zarur. Bunda tovush maydonining notekisligi:

$$\Delta N_{\text{to'g'ri}} = 10 \lg \frac{P_{\text{max}}^2}{P_{\text{min}}^2} = 10 \lg \frac{\frac{1}{r_{\text{min}}} + \frac{1}{r_{\text{max}}}}{\frac{1}{r'_{\text{min}}} + \frac{1}{r'_{\text{max}}}}, \quad (8.64)$$

$$\Delta N_{\text{to'g'ri}} = 10 \lg \frac{\frac{1}{2,9} + \frac{1}{14,7}}{\frac{1}{7,4} + \frac{1}{9,3}} = 2,3 \text{ dB}.$$

Olingan natija qoniqarli.



Radiokarnay akustik o'qi bo'yicha akustik markazidan 1m masofada rivojlantirayotgan tovush bosimi  $p$  ni hisoblaymiz

$$p^2 = \frac{2\pi p_1^2 \sqrt{1-e_r^2}}{d\sqrt{0,25 \cdot 16^2 + 2,5^2}} = \frac{17,62}{33,53} = 0,525, \quad (8.65)$$

bunda  $p=0,725$  n/m<sup>2</sup>.

Zalning boshqa nuqtalarida tovush bosimi bu qiymatdan farqli bo'ladi.

### 8.13. KUCHAYTIRISHNING CHEGARAVIY INDEKSI HISOBI VA MIKROFON TURLARINI TANLASH

Traktning ratsional indeksi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q_{rats} = B_a - B_{nm} - \Sigma \Delta L + 27, \quad (8.66)$$

bunda:  $B_a$  – shovqining spektral sathi;  $B_{nm}$  – nutqning mikrofon oldidagi spektral sathi:

$$B_{nm} - B'_d + 20\lg(1/r_m), \quad (8.67)$$

$B'_d$  – diktordan 1 m masofadagi spektral sath;  $r_m$  – diktordan mikrofonigacha bo'lgan masofa.

$$\Sigma \Delta L + \Delta L_{RM} + \Delta L_T + \Delta L_{t,b}, \quad (8.68)$$

bunda:  $\Delta L_{t,b}$  – tinglovchi boshidan tovush qaytishiga tuzatish;  $\Delta L_T$  – maksimal akustik nisbat:

$$\Delta L_{RM} = 10\lg R_{max}. \quad (8.69)$$

Traktning chegaraviy indeksi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q_{to'g'ri} = q_m - \Delta L_{RM} - l_r. \quad (8.70)$$

Bu yerda  $q_m$  – mikrofonning yo'nalganlik indeksi. МД-52-А mikrofonini tanlaymiz. Hisoblar natijasini 8.2-jadvalga kiritamiz.

8.2-jadval

Chastota, Hz	$\Omega_r$	$L_g$	$\Delta L_{RM}$	$q_m$	$-Q_{kr}$	$\Delta L_T$	$\Delta L_G$	$\Sigma \Delta L$	$B_{im}$	$B_3$	$Q_{rats}$
dB											
250	0,25	81,3	1,9	11,6	2,3	1,2	1,0	1,7	56	34	3,3
500	4,0	80,8	2,4	11,6	2,8	1,1	1,8	3,1	52	30	2,9
1000	5,0	80,9	2,3	11,6	2,7	1,1	2,7	3,9	43,5	21,5	1,8
2000	5,6	81,3	1,9	11,6	2,3	1,3	4,2	4,8	36	13,5	2,1
4000	6,5	81,5	1,7	11,6	2,1	1,4	5,4	5,7	28,5	7,5	1,8

### Traktning haqiqiy indeksi hisobi natijalari

8.3-jadval

Chastota, Hz	Sezgirlik, dB		Yig'indi sezgirlik, dB	Trakt indekslari		
	МД-52-А	2K3-2		$Q_{kr}$	$Q_{rats}$	$Q_{MC}$
250	-3,6	0	-3,6	-2,3	3,3	-6,6
500	-2	2	0	-2,8	2,9	-3,0
1000	0	0	0	-2,7	1,8	-3,4
2000	-0,4	-3	-3,4	-2,3	2,1	-6,4
4000	-5	-3	-8	-2,1	1,8	-11,0

### 8.14. NUTQ RAVSHANLIGI

Nutqning tushunariligi – traktning nutq eshittirishga layoqatlilikini aniqlaydigan asosiy xarakteristika hisoblanadi.

**Nutq aniqligi** deb, trakt orqali uzatilgan nutq elementlarining umumiy sonidan nisbiy yoki to'g'ri qabul qilingan elementlar sonining foiz qiymatlariga aytiladi.

**Nutq elementlari** – bu jumla, so'z, bo'g'in, tovush va raqamlar. Mos holda, bo'g'in, tovush, so'z, mazmun va raqam aniqligiga ajratiladi. Quyida nutq aniqligini hisoblash tartibi keltirilgan:

1. Mikrofonigacha bo'lgan masofaga tuzatish kiritish bilan nutq spektral sathi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$B_{nm} = B'_r + 20 \lg \frac{1}{r_m} \quad (8.71)$$

2. Berilgan spektr va akustik shovqin sathi bo'yicha uning spektral sathi  $V_n$  ni aniqlaymiz.

3. Nutq aniqligi teng bo'lgan polosa kengligi tuzatish yig'indisi  $\sum \Delta L$  ni aniqlaymiz,

4. Xuddi shunday, traktning haqiqiy tinglash joyi indeksi  $Q_{tj}$  ni aniqlaymiz.

5. Tinglash joyidagi nutqning spektral sathni aniqlaymiz:

$$B_{n,t} = B_{n,m} + Q_{t,j} \quad (8.72)$$

6. Xalaqitlar spektral sathi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$B_x = B_{n,t} + \sum \Delta L - 21. \quad (8.73)$$

7. Xalaqitlar va shovqinlar spektral sathlari yig'indisini aniqlaymiz:

$$B_{sh} = 101 \text{ g} [10^{0,1 B_o} + 10^{0,1 B_t}]. \quad (8.74)$$

8. Formant sezish sathini quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$E = B_{n,t} - B_{sh} \quad (8.75)$$

9. Formant sezish sathi hisob natijalari bo'yicha nutq aniqligi koeffitsiyentini quyidagi qiymatlar uchun aniqlaymiz:

$$0 < E < 18 \text{ dB},$$

$$K_a = \frac{E+6}{30}. \quad (8.76)$$

10. Hisoblangan aniqlik koeffitsiyentlarini qo'shib, formant aniqlikni topamiz:

$$A = 0,2 = \sum_{k=1}^5 K_a. \quad (8.77)$$

## 11. Hisob natijalarini 8.4-jadvalga kiritamiz.

8.4-jadval

Chastota, $N$ Hz	$B_{im}$ dB	$B_s$ dB	$\Sigma \Delta I$ , dB	$-Q_{kj}$ , dB	dB	$B_s'$ , dB	$E_{sh}$ , dB	$E$ , dB	$K_n$	A
250	56	34	1,7	6,6	49,4	30,1	35,5	13,9	0,66	0,13
500	56	30	3,1	3	49	31,1	33,6	15,4	0,71	0,14
1000	43,5	21,5	3,9	3	40,9	23,4	25,6	14,9	0,7	0,14
2000	36	13,5	4,8	6,4	29,6	13,4	16,5	13,1	0,64	0,13
4000	28,5	7,5	5,7	11	17,5	2,2	8,6	8,9	0,49	0,1

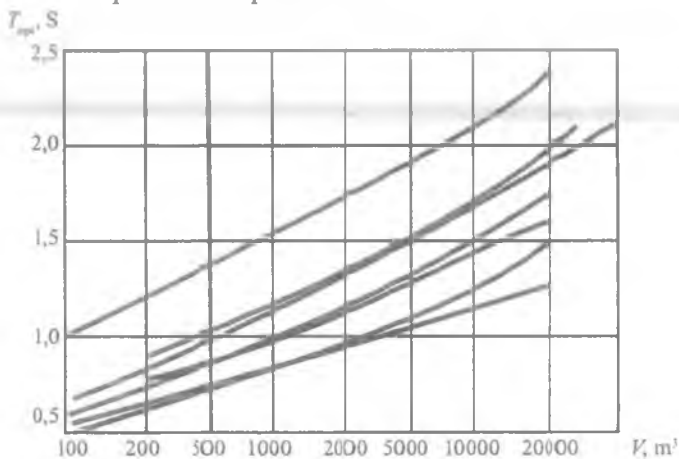
### 8.15. NAMUNAVIY USKUNA TANLASH

Radiokarnaylar iste'mol qiladigan umumiy elektr quvvat

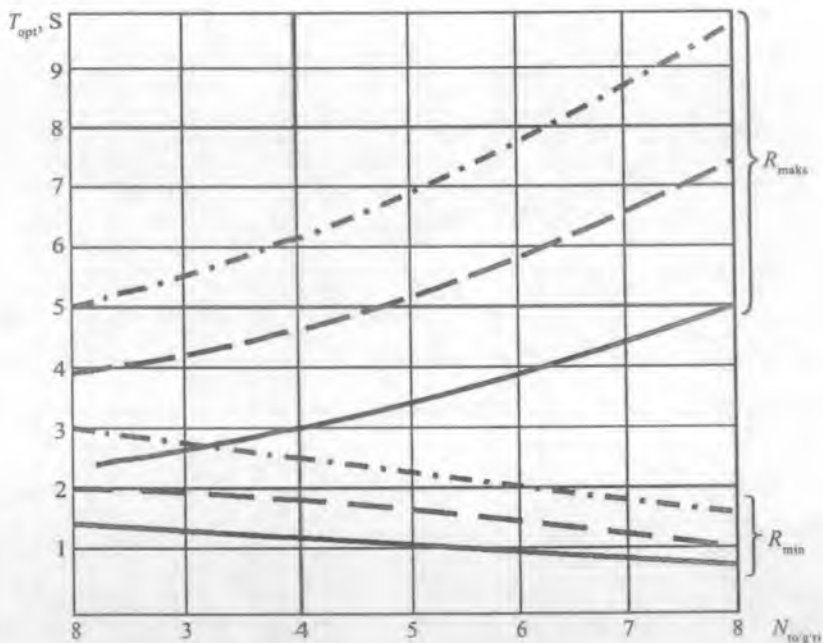
$$P_{umum} = 10 - 2,5 = 25 \text{ W.}$$

3C-25x2M tovush kuchaytirish stansiyasini tanlaymiz. Apparatradagi ikkita kanalni ishlatganda 50 W nominal quvvatga ega bo'lamiz.

Har bir kanalning quvvati 25 W teng. Tovush kuchaytirish tizimi barqarorligini oshirish maqsadida biz bir kanaldan foydalanib, ikkinchisini iliq zaxirada qoldiramiz.



8.7-rasm. Optimal reveberatsiya vaqtining zal hajmiga bog'liqligi grafigi.



8.8-rasm. Akustik nisbat  $R$  ning maydon sathi notekisligi  $\Delta N_{0^g}^r$  bog'liqligi grafi.

8.5-jadval

$-\ln(1-\alpha_{o^r})$	$\alpha_{o^r}$	$-\ln(1-\alpha_{o^r})$	$\alpha_{o^r}$
0,01	0,01	0,26	0,229
0,02	0,02	0,27	0,237
0,03	0,03	0,28	0,244
0,04	0,039	0,29	0,252
0,05	0,049	0,30	0,259
0,06	0,058	0,31	0,267
0,07	0,068	0,32	0,274
0,08	0,077	0,33	0,281
0,09	0,086	0,34	0,288
0,10	0,095	0,35	0,295

0,11	0,104	0,36	0,302
0,12	0,113	0,37	0,309
0,13	0,122	0,38	0,316
0,14	0,131	0,39	0,323
0,15	0,139	0,40	0,330
0,16	0,148	0,41	0,336
0,17	0,156	0,42	0,343
0,18	0,165	0,43	0,349
0,19	0,173	0,44	0,356
0,20	0,181	0,45	0,362
0,21	0,189	0,46	0,369
0,22	0,197	0,47	0,375
0,23	0,205	0,48	0,381
0,24	0,213	0,49	0,387
0,25	0,221	0,50	0,393

8.6-jadval

Uskunaning belgilanishi	Talab etilayotgan tovush maydoni sathi $N_T$ , dB	To'g'ri tovush maydoni sathi notekisligi $\Delta N_{to'g'ri}$ , dB	Akustik nisbat	
			$R_{min}$	$R_{max}$
Musiqani qayta eshittirish va teatr effektlari uchun qurilma	100	$\leq 6$	$\geq 0,5$	8-10
Musiq dasturlarini qayta eshittirish: solist ovozlari kichik kuchatirish uchun qurilma	94-96	$\leq 6$	$\geq 1$	8-10
Musiq dasturlarni qayta eshittirish (madhiyalar, raqs, musiqalar va boshqalar)da, nutqni kuchatirish uchun qo'lldini ladigan qurilma	94-96	$\leq 8$	$\geq 1$	4-6

Nutqni kuchaytirish uchun qurilma	80-86	≤ 8	≥ 1	4-6
Nutqni yuqori shovqin sharoitida qayta eshittirish uchun qurilma	Hisoblangan sath shovqin sathidan 10±15 dB yuqori bo'lishi kerak, ammo 96±100 dB dan ortiq emas	normalanmaydi		

8.7-jadval

Ayrim so'ndiruvchilarning tovush so'ndirish koeffitsiyentlari

So'ndiruvchi	$\alpha$ ning chastotaga bog'liqligi						
	125	250	500	1000	2000	4000	6000
Tinglovchilar	0,33	0,41	0,44	0,46	0,46	0,46	0,47
Tinglovchilar yog'och o'rindiqa	0,17	0,36	0,47	0,52	0,50	0,46	0,44
Suyadigan yog'och o'rindiq	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03
charm qoplangan	0,10	0,12	0,17	0,17	0,12	0,10	0,10
charm va porolon qoplangan	0,05	0,09	0,12	0,13	0,15	0,16	0,15
Suyadigan o'rindiq, duxoba qoplangan	0,14	0,22	0,31	0,40	0,52	0,60	0,62
Yumshoq o'rindiq	0,05	0,09	0,12	0,13	0,15	0,16	0,15
Yarimyumshoq o'rindiq	0,05	0,08	0,18	0,15	0,17	0,15	0,05
Qattiq o'rindiq	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
1m <sup>2</sup> dagi tinglovchilar	0,28	0,40	0,45	0,49	0,47	0,45	0,44
Asfalt ustiga qoplangan parket	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
Parket shponkada	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,07
Yeg'och xarilardagi pol	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06
Poldagi 5 mm rezina	0,04	0,04	0,08	0,08	0,08	0,10	0,06
Relin	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06

Linoleum qattiq asosda	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Suvalgan devor, yelimli bo'yoqlangan	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Xuddi shunday, moylangan	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ohak va metall to'r bilan suvalgan devor	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06	0,06
Xuddi sgunday, yog'och to'r bilan	0,03	0,05	0,06	0,09	0,04	0,06	0,06
Yog'och plitalar	0,12	0,11	0,1	0,03	0,08	0,11	0,12
Qum-ohakli devor	0,04	0,05	0,06	0,09	0,04	0,06	0,06
Oddiy gips suvoq	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,03	0,07
Temir-beton yuza	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
ASP suvoq	0,27	0,31	0,31	0,31	0,33	0,40	0,13
Marmar, granit va boshqalar	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Terilgan g'isht, zihli	0,15	0,19	0,29	0,28	0,38	0,46	0,45
Xuddi shunday, zihsiz	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
Metlax plitasi	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Sahna teshigi	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20
Ventilatsiya teshigi	0,30	0,42	0,50	0,50	0,50	0,51	0,52
Oyna (bir qavat)	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	0,03
Loklangan eshiklar	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Qarag'ay eshiklar	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,11



Material	b, mm	$\alpha$ ning chastota Hz ga bog'liqligi						
		125	250	500	1000	2000	4000	6000
Mineral paxtali PP – 80	–	0,08	0,30	0,64	0,89	0,95	0,81	0,73
Shunday	50	0,21	0,40	0,72	0,98	0,97	0,79	0,75
«Stilit»	–	0,43	0,98	0,89	0,99	0,95	0,87	0,75
Daraxt – qipiqli	50	0,22	0,30	0,34	0,32	0,41	0,42	0,42
«Fibrolit» 30 mm	–	0,06	0,16	0,25	0,38	0,59	0,63	0,59
Shunday	150	0,13	0,42	0,53	0,35	0,53	0,63	0,56
Akustik PA / D	–	0,05	0,59	0,52	0,53	0,25	0,11	0,08
Shunday	100	0,34	0,62	0,52	0,52	0,26	0,15	0,14
Akustik PA / O	–	0,01	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,28
Shunday	100	0,20	0,52	0,98	0,85	0,80	0,45	0,28
Akustik PA / S	100	0,18	0,64	0,99	0,93	0,90	0,83	0,76
«Traverton»	–	0,02	0,14	0,65	0,90	0,87	0,86	0,88
Shunday	100	0,28	0,81	0,86	0,87	0,89	0,86	0,88
«Akmigran»	100	0,29	0,70	0,68	0,68	0,75	0,74	0,70
«Brekchiya»	50	0,33	0,44	0,69	0,88	0,92	0,69	0,66
Shishamatoli to'shak «Atims»	50	0,08	0,26	0,64	0,89	0,75	0,78	0,80
ATM 1–50 P	–	0,36	0,76	0,98	0,89	0,88	0,58	0,47
Mineral paxta to'shak	–	0,17	0,59	0,99	0,98	0,96	0,87	0,84
Dag'al yig'ilgan matο	50	0,10	0,28	0,46	0,60	0,58	0,60	0,68
Reps	800	0,14	0,40	0,80	0,97	0,99	0,99	0,99
«Markiza»	–	0,04	0,23	0,40	1 0,57	0,53	0,62	0,60
Gilamlar artikul 1346	–	0,02	0,05	0,26	0,47	0,54	0,70	0,71
artikul 15103	–	–	0,04	0,21	0,45	0,55	0,62	0,64
latekli	–	–	0,04	0,15	0,31	0,63	0,72	0,63
tukli	–	0,02	0,05	0,07	0,11	0,29	0,48	0,50

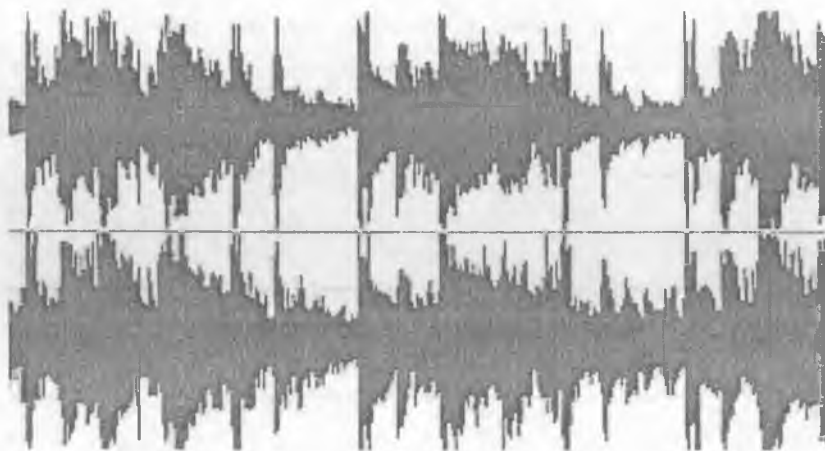
## Tovush kolonkalarining o'rtacha eksentrisitet qiymatlari

Turi	Quvvati, W	Gabarit o'lchamlari, mm	$e_r$	$e_v$
A) Tovush kolonkalari				
2K3-2	2	600×120×73	0,5	0,95
2K3-6	2	394×132×94	0,5	0,900
2K3-5	2	680×120×73	0,5	0,958
8K3-4	8	423×188×124	0,65	0,902
10K3-2	10	775×365×255	0,90	0,965
25K3-2	25	960×415×320	0,90	0,970
50K3-2	50	160×5 80×383	0,90	0,980
100K3-2	100	1310×610×460	0,90	0,982
15K3-4	15	725×274×100	0,87	0,962
15K3-6	15	651×301×179	0,89	0,955
25K3-6	25	1320×307×260	0,90	0,983
25 K3-12	25	730×280×210	0,87	0,962
50K3-5	50	1280×340×230	0,91	0,982
50K3-3M	50	1480×394×294	0,91	0,985
100K3-13	100	1280×340×280	0,91	0,982
B) Ruporli radiokarnaylar				
Dumaloq		500	0,77	0,77
Juftlangan	Ø	1150×500	0,77	0,95

## 8.16. OVOZ SINGNALLARIGA RAQAMLI ISHLOV BERISH

### Ovoz signallarini analogli-raqamli o'zgartirish

Odamzot ovozning 15 Hz dan 22 kHz gacha bo'lgan chastotadagi, yoshi ulg'aygach esa 20 Hz dan 18 kHz gacha bo'lgan chastotadagi to'liqini eshitadi (qabul qiladi), huddi shundek, to'liqinning amplitudasini va ovoz balandligini eshitadi (bundan balandi og'riq berish bo'sag'asidir). 30 mingdan kam bo'lmagan ovozni quloq qabul qiladi. Ikki quloq bilan eshitish qobiliyati ovozning qaysi tomondan kelayotganini 1° gacha aniqlik bilan sezish imkonini beradi. Ovozni analog-raqamli signalga aylantirish 8.9-rasmda ko'rsatilgan.



8.9-rasm. Ikkilamchi audio signalning vaqtaro ko'rinishi.

Ovoz chastotasining diapazoni keng bo'lganligi sababli studiyada ilk kvantlash  $\Delta A = 16 \dots 24$  bit/sanoq, diskretlash chastotasi esa  $F_{\text{d}} = 44,1 - 96$  kHz bajariladi. Ovozni studiyada diskretlashda 16 razryadli ovozni kodlash qo'llaniladi (16 bit/sanoq), diskretlash chastotasi esa  $F_{\text{d}} = 48$  kHz, polosa esa  $\Delta F = 20 - 20000$  Hz. Bunday raqamli kanalning dinamik diapazoni 54 dB dan kam bo'lmashligi lozim. Agar  $F_{\text{d}} = 48$  kHz va  $\Delta A = 16$  bit/sanoq bo'lsa,

uzatilgan raqamlar oqimining tezligi (1 ta signalni uzatish uchun)  $v=48 \cdot 16=768$  kbit/s, stereoovoz uchun esa 1,5 Mbit/s. Bunday yuqori diskret chastota (48 kHz) ni soddalashtirishga PChF (past chastota filtri) xizmat qiladi. Kirish qismidagi ARO' ovozni hiralashtirishni yo'qotish uchun o'sha PChF ovoz tebranishining 20 kHz dan ortiqchasinini o'tkazmasligi lozim.

Shunday qilib, ovozni raqamlashtirishda 16 razryadli tekis kvantlash sanog'i, undan katta bitlar belgilar sifatida yoki ushbu signal sanog'ining polyarililigini ko'rsatadi. Ovoz signalining balandlik hadi maksimal holatga yaqin bo'lishi, ARO' da signalning cheklanishi paydo bo'lmasligi lozim.

8.9-jadval

Ovozning raqamli ko'rinishining ba'zi variantlari

Ishlatish joylari	Diskretlash chastotasi, kHz	Kvantlash sathining soni	Ikkilamchi simvolning uzatish tezligi, kbit/s
Kompakt - disk	44,1	$\pm 32768$	705,6 (bir kanal uchun)
Raqamli eshittirish, raqamli TV-eshitirish	48	$\pm 32768$ $\pm 524288$	768 - 960 (bir kanal uchun)

### Ovoz signalini raqamli holatga o'tkazish

Bolalikda odam 15 Hz dan 22 kHz gacha bo'lgan diapazondagi chastotani eshita olgan bo'lsa, keksaygan sari 18 kHz gacha bo'lgan chastotani eshita oladi. Huddi shu holat ovoz balandligini eshishda ham yuz beradi.

Quloqning eshish diapazoni keng va u 96 dB ga teng, bu eng qattiq eshitaladigan ovoz (bundan balandi quloqning og'riq diapazoni).

Shu sababli analog raqamli ovoz signallari studiya traktida kvantlanadi, bunda kvantlar soni  $\Delta A=16-24$  bit, diskret chastotasi esa  $f_s=96$  kHz. Bunday yuqori diskretlash PChF ARO' ning kirishida soddalashtirish maqsadida qilinadi. Agar ARO' ning

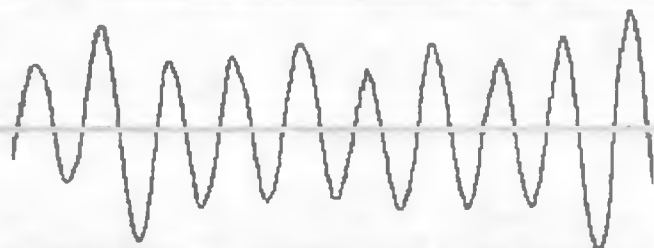
kirishida ovoz signali  $f_g/2$  (Kotelnikov shartining buzilishi) dan baland bo'lsa, bunda ovozning tiklanishi buziladi. Studiya kanallarining sifati  $A=16$  bit/asniq,  $f_g=48$  kHz. Bunda katta bitdan belgi sifatida foydalanilgan.

Sanoqlar qiymati

32768

0

-32768

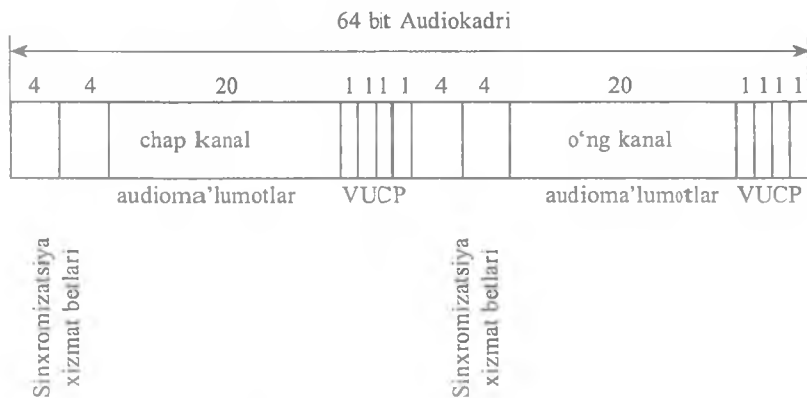


8.10-rasm. Ovoz signalini kvantlash hadi.

16 razryadli kodlashda ovozning dinamik diapazonida 90 dB bo'lishi mumkin, real dinamik diapazon esa siqish va siqmaslik natijasida 50–60 dB gacha pasaytiriladi. Ovoz signalini uzatish uchun televideniya 2 turdagi audio interfeys ishlatiladi:

- ikki kanalli ketma-ket balansli professional interfeys AES/EBU yoki IEC 958 1-tur;
- ikki kanalli ketma-ket balanssiz interfeys maishiy apparaturalari uchun SPDIF yoki IEC 958 2-tur.

Bu interfeyslar elektr qismi bilan farqlanadi, 8.11-rasmda ko'rsatilganidek, ular bir hil formatlidir. Ikkala interfeys ham 20 bit hadiga ega va real vaqt ichida stereo formatli audioaxborotlarni, 32–48 kHz li diskret signalni uzatadi, dekoder qo'shimcha ma'lumotlar yo'llash bilan xizmat sferasida 4 bit uzatiladi. Korrektiligini tekshirish uchun qo'shimcha bit  $v$ , kanalning holati  $S$  (mono va stereo), foydalanuvchining biti  $I$ , aniqligini tekshiruvchi bit  $R$  va 4 ta sinxronizatsiya biti, 4 ta xizmat biti audio tarkibiga kiradi va umumiy hajim 24 bitdan iborat.



8.11-rasm. AES/EBU standartida ovoz signalining ko'rinishi.

192 ta ketma-ket kadr birgalikda blokning asosini tashkil qiladi va mahsus bit yordamida signal haqidagi axborot uzatiladi (mono va stereo).

Shunday qilib, takrorlanuvchi «S» bit ketma-keligi yig'iladi (diskretlash chastotasi, chastota noaniqligining borligi va h.k).

**Aniqlik biti «V»** har bir subkadrning «0» ida o'rnatiladi, agarki uzatilayotgan signal analog signalga aylanayotgan kadrda bo'lsa.

**Foydalanuvchining biti «U»** foydalanuvchi yoki ishlab chiqaruvchining talabiga binonan qo'llaniladi;

**Aniqlikni nazorat qiluvchi bit «R»** sub kadrda bir birliklar soni doimo juft bo'lishini va qabul qilinayotgan kadrning xatosini aniqlaydi.

Bunda raqamli audiosignalni qabul qiluvchi qurilmaning har qanday qismi kadr va subkadr orasidagi chegarani «bilishi» kerak.

Buning uchun sarlavha sinxronizatsiya bloki hizmat qiladi.

Sarlavhani sinxronizatsiyalovchilar soni 3 ta:

1. Chap kanal subkadrining boshlanish chetini belgilamaydi;
2. O'ng kanal subkadrining boshlanishi sanoqni belgilaydi;
3. 192 kadrda so'ng quyuvchi (yoki har bir 4 ms diskreditlash paytida 48 kHz chastota bilan) 192 bitlik ketma-ketlik o'rnatish uchun.

Qator diskretlash chastotasini AES/EBU standartga yo'l beradi, ulardan TV uchun 48 kHz chastotasidir, unda signalning uzunligi 4 ms. Ovozni diskretlash chastotasi va videokadr orasidagi munosabatni soddalashtiradi, raqamli signalni va ovozni biror-bir aloqa liniyasidan oson uzatish mumkin bo'ladi.

### **Spektral o'zgartirish asosida ovoz signalini siqish**

Videoovozni siqishning birdan-bir va ko'p tarqalgan usuli bu ortogonal o'zgartirishdir. Buning asosida har xil prinsiplar yotadi.

Shu maqsad uchun eng maquli quyidagi o'zgartirishlardir:

- Solgi-Adamar o'zgartirishi;
- Karunen-Loeva o'zgartirishi;
- Diskret-kosinus o'zgartirish (DKO');
- Veyvlet o'zgartirish (VO').

Qo'llanish sohasida ularning har birida ustunliklar va kamchiliklar bor.

Adamar o'zgartirishining ustunligi uning oson ishga tushishi va murakkabligi  $G'$  ning pastligi. Bunday bo'lib tashlash turg'un qism uchun yaxshi natija beradi, doimiy signal apparati, real ovozda bunday signallar juda kam hollarda uchraydi.

Karunen-Loeva o'zgartirishining asosiy kamchiligi vektorlarning tez hisoblash usuli, shu sabab bu hozircha faqat nazariy holatdir.

Shunday qilib, yuqorida sanab chiqilgan o'zgartirishlardan amaliyotda ko'proq DKO' va VO' lar ishlatiladi, ularni batafsil ko'rib chiqamiz.

## Diskret-kosinusli o'zgartirish (DKO') asosida tasvirlarni siqish

V. Chenov tomonidan 1981-yilda aytilgan DKO' va VO' o'zgartirishlar JPEG MPEG, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 shakllarida qo'llanilgan. Mazmuni bo'yicha bu usul Furiyening ikki o'lchamli diskret o'zgartirishiga o'xshash, farqi funksiyalarning ishlatilishida. Ustunligi qatorni tez qo'shishida, bu esa o'zgartirishda kam xato bo'lishini ta'minlaydi.

To'g'ridan-to'g'ri va teskari DKO' quyidagicha tenglik bilan ifodalanadi:

$$F_{(u,v)} = (1/4)C_{(u)}C_{(v)} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 p(x, y) \left[ \cos \frac{(2x+1)U\Pi}{16} \right] \left[ \cos \frac{(2y+1)V\Pi}{16} \right], \quad (1)$$

$$F_{(x,y)} = \frac{2}{N} \sum_{U=0}^{n-1} \sum_{V=0}^{n-1} C_{(u)}C_{(v)} F_{(u,v)} \cos \frac{(2x+1)U\Pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)V\Pi}{2N}. \quad (2)$$

Bu yerda:  $v$  – grafik blokning gorizontaal koordinatasi;  $u$  – blok ichidagi koordinat,

$S_{(u)}, S_{(v)} = 1/\sqrt{2}$ ,  $u, v=0$  va  $S_{(u)}, S_{(v)} = 1$  uchun, aks holda

$$A(U) = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & \text{for } U=0, \\ 1, & \text{for } U \neq 0. \end{cases}$$

Bunday usul kadrlarni bloklarga bo'laklashni ko'zda tutadi, unda ular 64 (8x8) sanoqli bo'ladi va signallar matritsasi deyiladi. So'ngra signal matritsalarini chastota koeffitsiyent matritsasiga aylantiradi. 8.12-b rasmda esa ikkala o'lchamli ovoz spektrini gorizontaal va vertikal yo'nalishda ko'rish mumkin. Bunday matritsaning koeffitsiyentini chap tepa burchagida past chastotali ovozni, o'ng pastki burchagida esa – yuqori chastotali ovozni ifodalaydi.



216	213	211	211	213	217	220	221
218	217	218	221	224	226	226	226
217	219	223	227	229	229	228	227
221	223	227	230	230	230	230	230
231	231	233	232	230	230	233	236
229	229	228	226	223	225	230	235
218	220	221	219	217	219	226	232
213	218	221	220	219	221	228	234

a)

1795	-22	6	7	1	1	0	0
-12	0	-7	10	1	1	0	0
-35	-6	7	0	-1	-1	0	0
0	9	11	0	0	1	0	0
0	0	0	-1	0	0	0	0
-12	-1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	-1	0	0	0	1

b)

8.12-rasm. Daslabki ovozning yorug'lik signali matritsasi:  
a) piksellar o'lchami 8×8 va b) to'g'ridan to'g'ri DKO' da matritsadan so'nggi koeffitsiyenti.

DKO' spektrining farqi shundaki, unda spektrning chastotasi tarkibidagi asosiy energiya katta bo'lmagan joyda, ya'ni nol atrofida yig'iladi. Baland chastotali amplituda komponenti yoki kichkina, yoki nol, shu sababli uzatishga faqat DKO' chastota kuchlanishining koeffitsiyentlari qoladi, ularning kattaligi qabul qilingach, bo'sag'a hadidan balandroq bo'ladi. Bo'sag'a hadidan past nol deb

hisoblanadi va uzatilmaydi. Shu maqsadda ularni zilzilasiimon sanaydilar (8.12-rasm) va uzun seriyalar statistik kompressorda siqiladi (RLE).

Uzatilish paytida esa nolli koeffitsiyentlar chiqarib tashlanadi, shunday holda sifati yo'qolmagan siqish bo'ladi, bunda ovoz dekompressiyadan so'ng aslidan farq qilmaydi. Bunda siqish koeffitsiyenti balandligi o'rtacha 10–20 marotabani tashkil qiladi. Siqish koeffitsiyentini boshqarish uchun koeffitsiyentni aniq sonlarga bo'lish (DKO') va to'la songa yetguncha davom ettirish kerak, bu esa zanjirning nollik koeffitsiyenti uzunligining ko'payishini va siqish koeffitsiyentini ta'minlaydi. Berilganlarni bunday yaxlitlash bir tomondan ovozni siqishni o'stirsa, boshqa tomondan, axborotning ancha qismi yo'qotiladi, oqibatta katta koeffitsiyentli siqish natijasida yorug'lik signallarining asta-sekin o'zgarishi buziladi. Buzilishga ovozning tiklangan asli olib keladi.

Bunday usul yaxshi chiqarishi bilan ajraladib turadi, u bloksetodli harakat kompensatsiyasi hisoblanadi va videopatok 5Mbit/s tezlikda bo'lganda ovozning sifati yaxshi ta'minlanadi. Tezlik tushganda buzulishi kuchli blokning effektidagidek bo'ladi, natijada ovoz mozaikaga o'xshab qoladi, bu esa uning asosiy kamchiligidir. DKO', asosan, JPEG va MPEG ovozni siqish standartlarida qo'llaniladi.

### **Ovoz signalini siqish xususiyatlari**

Ovoz signali juda murakkab, unda ko'plab yorug'lik uchastkalari bo'ladi. Ovoz signalida esa korrelyatsion aloqa orasi juda kichik va shu sababli signalar kam siqiladi, 2–4 marotaba. Eshittirish signali bilanizki, bu bir necha xil ovozlardan iborat bo'lib, ular bir-biri bilan bog'lanmagan (orkestrning har xil turlari, odamlar ovozi, ko'chalarda bo'layotgan jarayon, mashinalarning gurulashi), bundan tashqari ovoz signalining dinamikasi videoovozidan ancha keng, shu sababli bir hil ovoz signali amaliyotda uchramaydi. Ana

shu sabab eshittirish ovoz signalini siqish jihoziga ishlov berish asosida, bizning eshinish qobiliyatimizni hisobga olgan holda, amalga oshiriladi.

Hozirgi paittda bir necha ovoz signalini siqish kodeklari bor, ularning bir-biridan farqi tiklangan signalning jaranglashidadir, ya'ni fonogrammaning ko'pchilik qismi spektrining murakabligi, furvening holatdan-holatga o'tgazishini ishlatishi yoki modifikatsiyalangan DKO' (bir o'lchamli massivga ishlov berish bundan tashqari), spektrlar koeffitsiyentni siqishi uchun statistik kompressorlar (RLE va xaffman). Bu kodeklarning o'zaro farqi ovoz signalini ishlab berish, buni ishlab chiqarishga katta mablag' sarflanadi.

Psixoakustik modellar qanchalik aniq bo'lsa, tiklangan signalning sifati shunchalik yuqori bo'ladi.

Hozirgi davrda ovoz signaliga ishlov berish uchun qator psixoakustik modellar yaratilgan, ular MASCAM, MUSICAM, ATRAC, ASPEK va boshqalar. Ovozga psixoakustik ishlov berish turlarini qarab chiqamiz.

### **Ovoz signaliga psixoakustik ishlov berish turlari**

Psixoakustik modellarning ishlashi odamning eshinish apparatiga asoslangan. Eskiz polosasi eshinish rezonatorga asoslangan. Ovoz signalining ayrim sathi va vaqtiga qarab, umuman, quloqqa sezilmasligi mumkin.

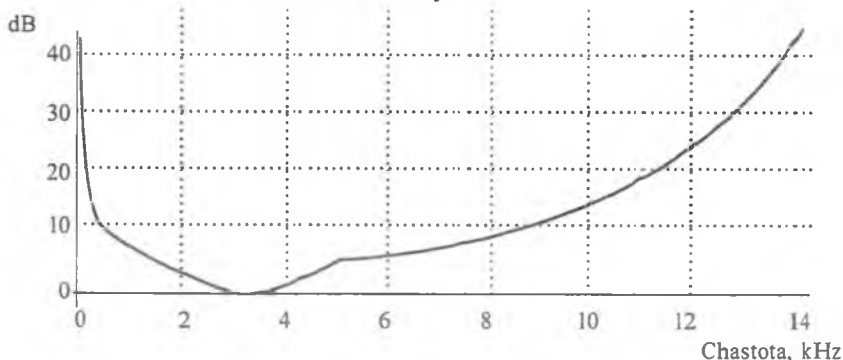
Sath bo'yicha maskirovka (maskirovka deb signalning quloq sezuvchi zonasiga aytiladi).

Bu yerda ovoz signalini eshittirish (chastota bo'incha) qaralmoqda.

8.13-rasimga daqqat bilan qarang, undan ko'rinib turibiki, biz 2–4 kHz arofidagi signalni juda yahshi eshitamiz, bizning so'zlov diazonimiz ana shu diapazonda, bundan past va yuqori chastotalarni yomon sezamiz.

Ovoz chastotasi 2–4 kHz dan oshsa, eshinish chegarasi balandlashadi va bu holatda yuqori chastotali signaldan foydali zonasini kesib olish mumkin.

Boland ovozdan so'ng nast ovozni biz eshitmasligimiz mumkin, chunki baland ovoz past ovozni bosib tashlaydi. Shu sababli past signalni oshira boshlasak ham hech qanday o'zgarish bo'lmaydi, shuning uchun biz bari-bir eshitmaymiz.



8.13-rasm. Jimjitlikda eshitish chegarasi.

### Chastotali maskirovka

Bu usulning asosi shundaki, odamning eshitish qobiliyati quloqdagi rezonatorga bog'liq,

Bu rezonatorlar aniq o'tkazish polosasiga ega.

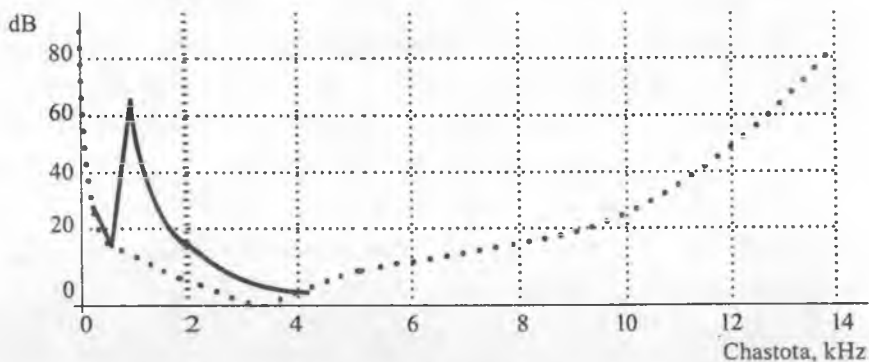
Misol uchun, chastota 1000 Hz bo'lsa, farqlash bo'sag'asi 30 Hz. Ana shu sababli ovoz signalida 1000 va 1020 Hz chastota bo'lsa, uni erkin olib tashlasak ham hech qanday o'zgarishni sezmaymiz.

Bundan tashqari, har qanday eshitilayotgan ton qolgan ovoz kartinasi eshitishni o'zgartiradi. Qandaydir tonni tiklasak, uning yonidagi chegara chastotani eshitish o'zgaradi. Tiklanadigan ton maskirovka qiluvchi ton deyiladi va atrofdagi tonning chastotasi maskirovka qiluvchi tonga qanchalik yaqin bo'lsa, shunchalik yaxshi eshidiladi.

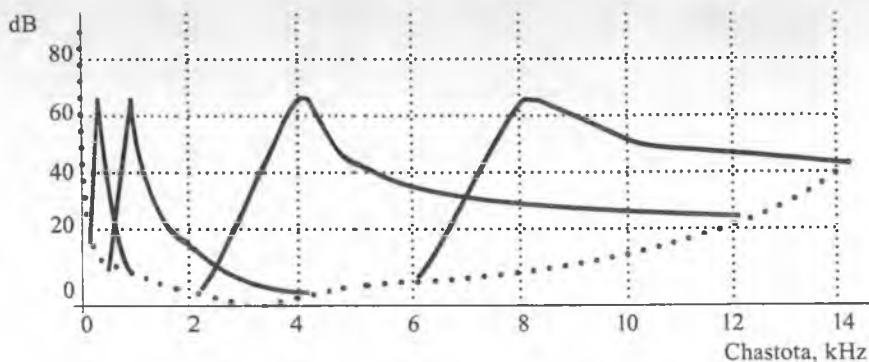
Agar biz bir chastotadagi ovozni past holda eshitasak, shu signalni kuchaytirilgan holda ham eshitamiz, agarda chastotasi o'zgarsa, bu holat o'zgaradi.

Ton chastotasi 1 kHz va 60dB bo'lsa, eshitish chegarasining ko'rinishi 8.14-rasmdagi kabi bo'ladi.

Musiqani eshitganimizda unda ko'plab tonlarning ishtiroki ma'lum bo'ladi (ovozlar komponenti). Shunday qilib, maskirovkalash tonlari ham bir nechda. Birdaniga bir necha maskirovkalash toni ishlatilsa (8.15-rasm), qolgan signalning eshilitish chegarasi ko'tariladi.



8.14-rasm. 1 kHz li ton va intensivligi 60 dB bo'lgan signalning eshilitish chegarasi.

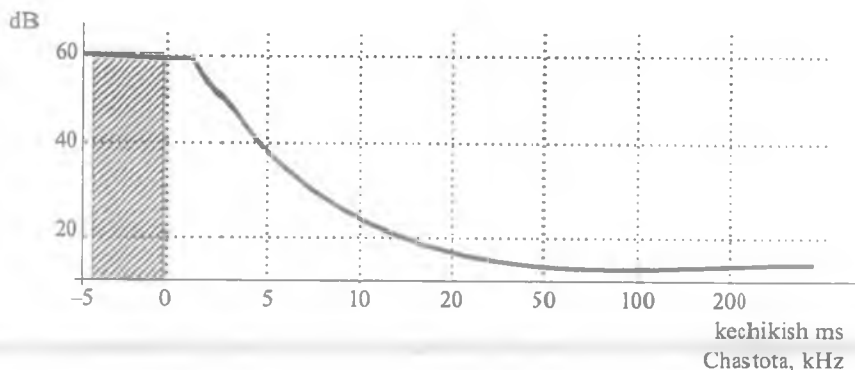


8.15-rasm. Bir necha maskirovkalash toni ta'siridagi eshilitish chegarasi (chastotalar 0,25, 1, 4, 8 kHz).

8.15-rasmdan ko'rinadiki, katta chastotalar kuchli maskirov-kalanadi.

8 kHz li maskirovka qiluvchi ton tiklanganda 4 kHz da eshitish chegarasi ko'tariladi. Algoritm kompressiyasi bundan faol foydalanadi, siqqanda baland chastotalarning sifati pasayadi.

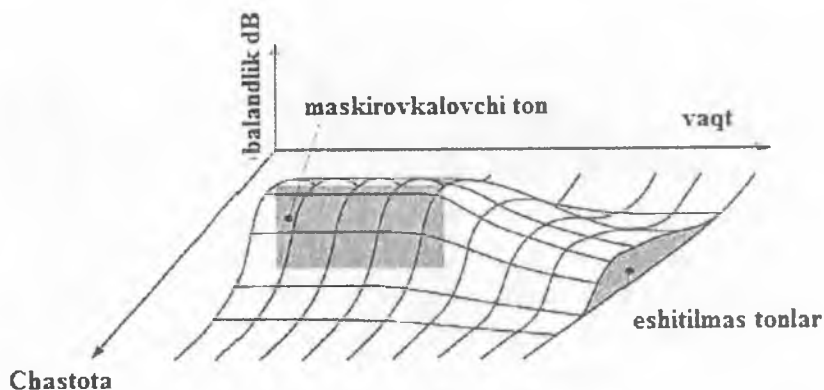
Vaqtli maskirovka – bu odamning qulog'i juda qisqa ovoz signallarini sezmasligiga asoslangan. Bundan tashqari, keskin qisqa vaqt ichida (bir necha millisekund uchun, chastota va amplitudasiga qarab) maskirovkalovchi tonning harakatini tezkor to'xtatilishi bilan, quloqning eshitish chegarasi o'zgaradi, lekin chiziqli emas. 8.16-rasmda ko'rsatilgan grafikda vaqtli maskirovka namoyish qilingan.



8.16-rasm. Vaqtli maskirovka.

Chastotali va vaqtli maskirovkalar grafiklarida o'qlardan birining to'g'ri kelishi tasodif emas.

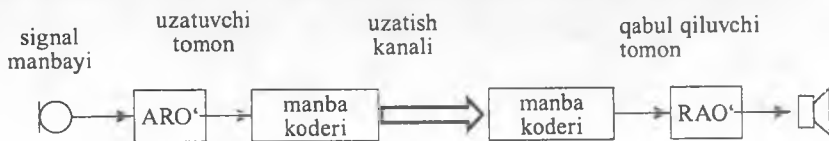
Ikki grafikni birlashtirib, hajmli diagrammani qurishi mumkin, bu esa ovozning umumiy kompressiyasini samaralovchi bo'lib, bu signalning maskirovkasiga asoslangan (8.17-rasm).



8.17-rasm. Ovozni kompressiyalashning umumiy samaralanishi.

### Raqamli audioma'lumotlarni kompressiyalash

Analog ovoz signali studiya traktida raqamli shaklni analog raqamga o'tkazgich yordamida amalga oshiriladi (8.18-rasm). Bu yerda birinchi kodlashda birinchi kvantlash  $\Delta A = 16 \dots 25$  bit/sanoq diskret chastotasi  $f_d = 44, \dots 96$  kHz. Studiya sfatidagi kanallarda  $\Delta A = 16$  bit/sanoq,  $f_d = 48$  kHz, ovoz signalining kodlash chastotasi  $\Delta F = 20 \dots 2000$  Hz 54 dB dan kichik emas.



8.18-rasm. Raqamli ovoz signalini uzatishning uzatuvchi va qabul qiluvchi tomonlarining umumlashgan sxemasi.

$f_d = 48$  kHz va  $\Delta A = 16$  bit/sanoq raqamli oqimning tezligi bittagina signalni uzatishda  $v = 48 \cdot 16 = 768$  kbit/s bo'ladi. Raqamli audioma'lumot kompressiyasi manba koderida bajariladi (8.18-rasm), signalni tiklash esa qabul qilish tomonida dekoderda raqamlovchi tiklovchidan tiklanadi. Yuqori sifatli ovozni ko'pkanalli format 3/2 ta'minlaydi.

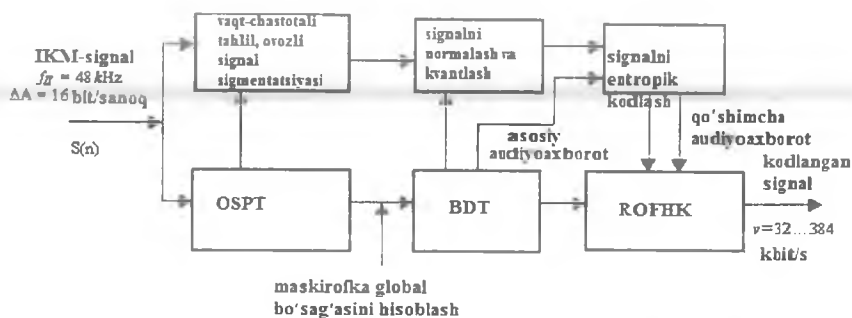
Shuning bilan birga ovoz signalarining baland chastotasi raqamli ko'rinishda bo'lib, raqamli oqimning yig'ilgan tezligi kattadir.

3/2 format uchun talab qilinadigan kanal 3,840 M bit/s o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lishi kerak.

Odamzod o'zining sezgi organlari yordamida katta oqimdagi axborotni qabul qilish imkoniyatiga ega, haqiqatda esa 100 bit/s axborotning ortiqchaligi to'g'risida gapirsak bo'ladi.

Ovoz signalini raqamli holatga o'tkazish og'ir muammo, bu statistik va psixofizik ortiqchalikini qisqartirish muammosidir. Bu raqamli oqimning tezligini mumkin bo'lgan kattalikda olish kerakki, unda shovqin va xalaqit sezilmay qolishi lozim.

Koder bilan audioma'lumotlarning raqamlar kompressiyasi umumlashgan sxemasi 8.19-rasmda ko'rsatilgan. Blokda vaqt chastota analizi va daslabki ovoz signalini segmentatsiyalashda tartibi kichik polosaga va vaqtni segmentatsiyalashga bo'linadi. Subpolosa – bu ovoz signalidan filtr yordamida kesib olingan polosa, bu esa vaqt cheklanishida supolosa yoki saylanma deb ataladi. Koderlanuvchi saylanmaning uzunligi ovozning vaqti shakliga bog'liq.



8.19-rasm. Koderning raqamli audio ma'lumotlarini kompressiyalovchi strukturasi umumiy sxemasi.



Agar signalning amplitudasi keskin o'zgarsa, kodlanuvchi saylanma keskin tushib (kamayib) ketadi, bu esa vaqt bo'yicha katta yechim beradi.

Kodlanuvchi saylanmaning uzunligini o'zgartirishning psixoakustik analiz bloki ixtiyoriy, bu blok psixoakustik entropiya signalining qiymatini hisoblaydi.

Sigmentatsiyadan so'ng subpolosali signallar kvantlanadi, so'ngra kodlanadi. Samarali algoritmlarda audioma'lumolar komperessiyani; kodlashga esa ovoz signalarining o'zi emas, unga mas dispret kosinusli o'zgarshining madifikatsiyalangan koeffitsiyenti qaraladi.

Ko'pincha raqamli audioma'lumotlarni kompressiyalashda entropiya kodlanish qo'llaniladi, bunda odamning eshitishi xususiyatlari hamda ovoz signalining statistik xarakteristikasi hisobga olinadi.

Bunda psixoakustik ortiqchashkni yo'qotish jarayoni asosiy rolni o'ynaydi, bu esa eshiritish xususiyatlarini hisobga olishga asoslangan.

Ovoz signalini eshinishni hisobga olish psixoakustik modelda yoki psixoakustik analiz blokida bajariladi. Bu yerda mahsus protsedura bo'yicha har bir subpolosa signal uchun mumkin bo'lgan buzilgan shovqin hisoblanadi, va u foydali signal bilan maskirovkalanadi.

Ana shu blok oqibatda samaralilashni va koderning raqamli ma'lumotlarini kompressiyalash sifatini aniqlaydi.

Kuchliroq qisish uchun koeffitsiyentni kvantlash MDKO' qilinadi, bu esa ovoz sifatini yomonlashtiradi. Bu eshinish uchun sezilarli bo'lmaydi. Ko'pchilik «MRZ» fonogrammasini kodlangan bitlangan 128 va 256 bit/s ni ajrata olmasligi mumkin.

Bitni dinamik tarqatish bloki psixoakustik model talablariga muvofiq har bir subpolosani kodlashning, mumkin bo'lgan minimal soni, sathi o'zgarasligi uchun, kvantlash oqibati eshinish bo'sag'asidan baland bo'lmasligi losim.

Siqilgan signallarni to'g'ri dekodirlash yoki unga mos MDKO' kofitsiyentlar dekodirga uzatiladi, shu bilan birga aniq qo'shimcha axborot ham uzatiladi.

Tunda signalning asosiy qismi xalaqitbardosh SRS yordamida kodlanadi. Shunday qilib, ovoz sifati koderning chiqishida siqilgan audioma'lumotlar raqamli oqim 32.... 320 bit/s ga aylanadi.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Tovush kuchaytirish tizimi yordamida qanday masalalar yechiladi?
2. Xonaning tovush maydoni qanday parametrlar bilan belgilanadi?
3. Ovozlashtirish va tovush kuchaytirish tizimlarining bir-biridan farqi nimada?
4. Ovozlashtirish va tovush kuchaytirish tizimlariga qanday talablar qo'yiladi?
5. Nutq ravshanligi nima va unga qanday erishiladi?
6. Ovozlashtirish va tovush kuchaytirish tizimlarining qanday turlarini bilasiz?
7. Ovozlashtirish va tovush kuchaytirish tizimlarida teskari akustik tushunchasining bog'lanish jarayoni va uning qanday bartaraf etilishini tushuntiring?
8. Optimal reverberatsiya vaqtini aniqlash usulini tushuntiring.
9. Tovush kuchaytirish tizimlari barqarorligini oshirishning qanday usullarini bilasiz?
10. Xonada tovush aniqligini oshirishning qanday usullari mavjud?

# ILOVALAR

---

## 1-ilova

### QISQARTMA VA TA'RIFLAR

**«Aks sado xonasi» (Echo chamber).** Berk xonada tabiiy reverberatsiya taqlidini olish uchun mo'ljallanib, maxsus jihozlangan xona. «Aks sado» xonaning yetarli darajada to'g'ri chiziqli reverberatsiya vaqti chastota xarakteristikasini olish uchun uning devorlari tovush qaytaruvchi materiallar va uskunalardan iborat. «Aks sado xona»ning reverberatsiya vaqti 2 s va undan ortiq bo'lishi mumkin.

**Akustik ekran (Skreen).** Studiyada erkin o'rnatilgan tovushni yutadigan va qaytaradigan, shuningdek, studiyaning bir qismidan ikkinchi qismiga tarqalayotgan to'g'ri tovush to'liqini tushishini to'sadigan yuzaga aytiladi. Agarda studiyada mikrofondga manbadan to'g'ri tushayotgan tovush to'liqini yo'nalishida biror bir to'siq bo'lsa, unda to'siq «mikrofonni ekranlayapti» deydilar.

**Akustik o'q (Axis).** Mikrofon va radiokarnayning akustik o'qi deb, mikrofon membranasi va radiokarnay diffuzori ishchi markazidan o'tgan to'g'ri chiziqqa aytiladi. Ayrim hollarda akustik o'q simmetriya o'qi deb ham ataladi. Mikrofon va radiokarnaylarning sezgirligi akustik o'q bo'yicha maksimal qiymatga ega.

**Akustika (Acoustics).** Tovush tarqalishini o'rganuvchi fan. Ko'pincha «studiya akustikasi» iborasi qo'llaniladi. U xona o'lchamlari, shakl, undagi tovush qaytaruvchi yuzalar, materiallar soni va ularning joylashtirilishiga bog'liq. Studiyaning

amaldagi akustikasi studiya yuzalarining qaytib tushgan tovush tebranishlariga ta'sir darajasi bilan aniqlanadi. Shunday qilib, studiya akustikasi mikrofonning joylashtirilishi, undan tovush manbayigacha bo'lgan masofa va tovush to'liqining tushish burchagiga to'g'ridan to'g'ri bog'liq.

**Aldamchi effeklar (Cod effects).** Kulgili sadolanishni (jaranglashni) hosil qilish maqsadida keskin oshirib yuborilgan tovush effektlari

**Asetat (Acetate).** Asetat selluloza magnit tasma asosi sifatida qo'llaniladigan material bo'lib, uning yuzasiga magnit kukuni purkaladi.

**Atmosfera (Atmosphere).** Istalgan xonadagi tovush foni. Odatda bunday fon radio eshittirishlarda zarur, chunki u radio tinglovchilarga tabiiylik va «qatnashuv effekti» ni ta'minlaydi. Fonogrammaga yozilgan umumiy tovush fonidan alohida magnit tasma yozilib, sathlari miksherlanadigan «muhit» signalini ajratib zarur. Studiya tashqi shovqinlardan izolatsiyalangan bo'lishiga qaramay studiyadagi «muhit» xalaqit darajasigacha yetadigan atrof muhitdan o'tadigan shovqin. Ko'pincha bunday holat yo'nalmagan mikrofonlarni tovush manbayidan ancha uzoq masofada joylashtirilganda yuz beradi. Ijrochining harakati, ventilatsiya tizimining tirqishlaridan o'tadigan havo oqimi, hatto diktorning og'ir nafas olishi ham eshittirishda yoqimsiz shovqin chiqaradi.

**Atrof-muhit shovqini (Ambient noise).** Istalgan xonada, studiyada, turar joyda yoki serqatnov ko'chada tovush foni mavjud. Oddiy sharoitlarda odam eshitish a'zosi bunday shovqinga ko'nikadi va uni sezmaydi. Albatta, ayrim hollardagi maksimal yoki minimal kuchli shovqinlar bundan istisno. Monofonik eshittirishlarda oddiy sathdagi shovqin ham yetarlicha seziladi. Bunda eshittirishga yoki fonogrammaga shovqin o'tishining oldini olish maqsadida tovush manbayi

va mikrofonni o'zaro optimal joylashtirish asosiy masala hisoblanadi. Radiotinglovchilar nuqtayi nazaridan tushunib bo'lmaydigan shovqinlardan holi bo'lmoq zarur.

**Azimut (Azimut).** Magnit yozuv yoki eshittirish kallagi tirqishi bilan magnit tasmasi siljiyotgan yo'nalish chizig'i tashkil etgan burchak. Bu burchak  $90^\circ$  ga teng bo'lishi kerak. Bu qiymatdan u yoki bu tomonga og'ishi kallakning noto'g'ri holatiga yoki magnitofon yuqori platasi yuzasiga parallel bo'lmagan siljishi natijasidir. Bunday og'ishni kallak va tasma tortish mexanizmlarini bir-biriga parallel holatga keltirish bilan sozlanadi, eshittirish kallagi holati esa maxsus chastota tonlari yozilgan ishchi o'lchov lentasi eshittirishga qo'yiladi va subyektiv maksimal tovush olguncha yoki sath o'lchagichi maksimal qiymatga erishguncha, kallak u yoki bu tomonga asta buriladi.

**Balans (Balance).** Mikrofon va tovush manbalarining o'zaro optimal o'rnatilishi, bunda mikrofonga shovqin tushmaydi, to'g'ri va qaytgan tovush to'lqinlarining qoniqarli nisbati ta'minlanadi.

**Bir fonogrammadan ikkinchisiga asta o'tish (Overlap changeover).** Bir fonogrammadan ikkinchisiga o'tish shunday amalga oshiriladiki, bunda taxminan yarim minut davomida ikkala fonogramma eshitiladi. Bir fonogramma ikkinchisini qoplash vaqti sinxronlashni amalga oshirilib miksher boshqargich bilan bir fonogrammani chiqarib, ikkinchisini kiritish uchun foydalaniladi. Bunday o'tishdan oldin ikkinchi fonogramma signali liniyaga kiritilib nazorat radiokarnay orqali etiladi, birinchi fonogramma mazmuni quloqchin (naushnik) orqali tinglanadi.

**Diffuzor (Cone).** Radiokarnay diffuzori – qattiq qog'oz yoki polistiroldan yasalgan konus. U yengil va mustahkam bo'lishi kerak. Qog'ozli diffuzor radial yo'nalishda egilib, tebranish

chastotasi garmonikalarida qo'shimcha zararli tebranishlar bo'lmsaligi uchun diffuzor chaatlari gofrlanadi, qat-qat burmalanadi.

**Dinamik diapazon (Dynamic Loudspeaker).** Bu tushuncha orqali radioeshittirish tovush balandligi diapazoni tushuniladi. Uni musiqa asari yangraganda tovush balandligini sath ko'rsatgichlarda o'lchangan maksimal va minimal qiymatlari farqi bilan aniqlash mumkin.

**Dinamika (Dynamics).** Musiqa asarining jaranglash balandligining o'zgarish xarakterini shunday baholaydilar (shuningdek, nutq va aralash musiqa-nutq eshittirishlarni ham). «Dinamika» tushunchasi butun bir musiqa asari sathlari o'zgarishi uchun, ikkita alohida olingan notalar oralig'idagi yoki bir butun nota «tovush qobig'ida» gi o'zgarish xarakteriga nisbatan ham ko'rilishi mumkin.

**Dissonans (Dissonance).** Bir-biridan chastota bo'yicha yarim tonga yoki bir butun tonga farqlanadigan ikkita tovushning eshutilish hissi. Ularning chastotalarini yaqinlashtirganimizda bu tovushlar avvaliga tepki hissini uyg'otadi, so'ngra birdek jaranglaydi.

**Dolzarb yozuv (Actuality).** Magnit tasmasiga bo'layotgan voqealarni yozish. Reportaj, intervyu, dramatik sahnalashtirilgan voqealar bundan istino.

**Effektlar (Effects).** Hayotda uchraydigan turli tovushlarning taqlidi. Musiqa asosida tuzilgan effektlar «radiofonik effektlar» yoki «aniq musiqa» deb ataladi. Kulgili yoki qalbaki effektlar ayrim musiqa xarakteriga xos tovush xususiyatlarini keragidan ortiqcha chizib (ajratib) o'tish orqali tuziladi.

**«Elektron musiqa» (Electronic music).** Sof elektronika nuqtayi nazaridan tuzilgan musiqa.

**Fon (Hum).** Elektr ta'minoti va uning garmonikalari chastotasiga bog'liq bo'lgan xalaqitning past chastotali tarkibi.

**Ikkilamchi miksherlash (Gross fade).** Bir tovush manbayidan (yoki guruh tovush manbayidan) boshqa tovush manbayiga (yoki guruh tovush manbayiga) o'tish maqsadida ketma-ket ikki marta miksherlash.

**Impedans (Impedance).** Elektr zanjirning aktiv va reaktiv, sig'imli va induktivli tarkiblari bilan aniqlanadigan to'la qarshiligi.

**Ishga tayyor holatdagi studiya (Studio set-up).** Mikrofonlar eng qulay joyda o'rnatilgan, ishga barchasi tayyoryorug'lik signallari yoqilgan.

**Istiqbol (Perspective).** «Sahna chuqurligi» bo'yicha tasavvur etishga imkon beradigan, to'g'ri va qaytgan tovush sathlari nisbatining o'zgarishi.

**«Jonli» radioeshittirish (Live transmission).** Tovush yozuvchi tasmaga oldindan yozilgan elementlari bo'lmagan radioeshittirish.

**Kayfiyat bag'ishlovchi musiqa (Mood music).** O'ynalayotgan sahna kayfiyatini yaxshiroq tushunishga yordamlashuvchi va tinglovchilar e'tiborini radiopostanovkaning asosiy mazmunidan chalg'itmaydigan fon darajasidagi kuy.

**Ko'ndalang yo'nalgan yoki chaparasta miksherlash (Gross fade).** Bir tovush manbayidan (yoki guruh tovush manbayidan) boshqa tovush manbayiga (yoki guruh tovush manbayiga) o'tish maqsadida ketma-ket ikki marta miksherlash. Bu operatsiyani bajarish vaqtida miksherning ikkala boshqargichi (yoki guruh boshqargichlari) bir vaqtda ochiq bo'lishi kerak. Radioeshittirishda bu jarayon qo'lda bajariladi; miksherlash tezligi radioeshittirishning badiiyliги nuqtayi nazaridan qo'yiladigan talablarga mos holda turlicha bo'lishi mumkin.

**Kopir-effekt (Printing).** Magnit tasmasiga yozilgan signalning tasmaning bir qatlamidan boshqa qatlamiga o'tishi. Kopir-effekt eshittirish sifatini yomonlashtiradi. Buning oldini olish

yo'llari: tasma saqlanadigan xona harorati  $+ 18 \pm 24^{\circ}\text{C}$  bo'lishi, yozilgan tasmalarni vaqt-vaqti bilan boshqa bobinaga (kasseta) o'rash lozim.

**«Laylak» (Boom).** Bir uchiga mikrofon ilingan, sharnir yordamida polga o'rnatilgan shtativga biriktirilgan gorizontalk teleskopik stanina. Bunday qurilmalar televidenie studiyalarida ko'p qo'llaniladi.

**Matn signali (Cue material).** Radioeshittirishga tovush tasma-siga oldindan yozuvli kirish. Bunday kirishning oxirgi nutq so'zlari yoki tovush diktorga radiouzatishga ulanayapti va studiyadan materiallarni o'qishni davom ettirish mumkin signali hisoblanadi.

**Mikrofon (Microphone).** Mexanik yoki tovush tebranishlarni elektr kuchlanishga aylantiruchi, bosim yoki bosim-gradientini sezadigan elektroakustik o'zgartirgich – generator.

**Mikrofon kanali (Microphone channel).** Mikrofon kuchaytirgich, miksher boshqargich va boshqa zvenolardan iborat bo'lgan elektr zanjir.

**Mikrofon kuchaytirgich (Pre-amplifier).** Mikrofon va miksher boshqargich o'rtasidagi kuchaytirgich.

**Miksher bilan tovushni kiritish (kuchaytirish) yoki pasaytirish (Fade).** Tovush kuchini boshqargich (fader) yordamida asta-sekin kuchaytirish yoki pasaytirish.

**Miksher potensimetri – pult boshqargichi (Board fade).** Eshittirish dasturiga tovush elementlari sathini kiritish yoki chiqarishni boshqarish uchun mo'ljallangan asbob. Radio xodimlari jargonida « boshqaruvchi pultning miksher boshqargichi yopiq», degani eshittirish traktidan tovush manbai butunlay chiqarilgan (traktda tovush butunlay so'ndirilgan) ma'nosini bildiradi.

**Miksher yoki miksher qurilmasi (Mixer).** Kuchaytirgich – miksher pulti ko'rinishda miksherlash jarayoni uchun mo'ljal-



langan apparatura. Past sathlarni miksherlashda har bir tovush manbai zanjiri miksher boshqargichga dastlabki kuchaytirgichsiz bevosita ulanadi. Past sathli miksherlar nisbatan arzon, ammo professionallar ulardan juda kam foydalanadilar. Tovush manbai zanjiridagi dastlabki kuchaytirgichli yuqori sathli miksherlash foydali signal va shovqin sathlari nisbatini yaxshilash bilan baravar o'zgarmas qarshilikli boshqargich qo'llash imkonini beradi.

**Miksherlash (Mix).** Turli kanallarda mikrofonlar, magnitofon va boshqa tovush manbalaridan kelayotgan uzatish elektr signal sathlarini boshqarish. Umumiy kanalda signallarni qo'shish ma'lum nisbatlarda olib boriladi.

**Miksherning guruhli boshqargichi (Sub-master fader).** Umumiy kirish kuchlanishni bir necha individual miksher boshqargichlardan so'ng radioeshittirishga kiritish yoki chiqarish imkoniga ega bo'lgan boshqargich.

**Monofonik tovush (Monophonic sound).** Bitta kanal eshittirishini qabul qilish. Bunday tovush tinglanganda tekshirishda foydalanadigan radiokarnaylar soni bilan emas, bir kanalli tovush yozish yoki radio uzatish usuli bilan aniqlanadi. Agarda signal bir necha mikrofonlardan kelsa va chiqish kuchlanishlari qo'shilsa, bir necha radiokarnaylarni qo'llab, ular chiqishidagi tovushlarni qo'shganimizda ham, signal bir kanaldan kelsa, tovush jaranglashi bari bir monofonik bo'ladi. Monofonik eshittirishda ijrochining fazoda mikrofoniga nisbatan birgina: oldinga va orqaga harakatini uzatish mumkin. Shuning uchun monofonik eshittirishlarda tovush manbalarining fazoda joylanishi sezilmaydi, radioeshittirish tabiiy chiqmaydi. Bu kamchiliklarga qaramay yuqori badiiy monofonik radioeshittirishlar tayyorlanadi

**Monoural tovush (Monaural sound).** Monofonik tovushga tegishli bo'lgan termin (atama). Uning asosida bitta mikrofon qabul

qilgan tovushlarni eshitish yoki eshittirishlarni bir quloq bilan tinglash tushuniladi.

**Montaj (Editing).** Tasmaga yozilgan materiallarni kirqib, undan nomaqbul bo'lgan uchastkalarni olib tashlash yoki qayta yozish, yangisini qo'shish va bir butun tovush materialiga yig'ish jarayoni.

**Nazorat (Monitoring).** Studiyadan yoki eshitarish apparat xonasidan uzatiladigan radioeshittirishlarning sifatini, ovoz operatorlarining to'g'ri ishlashi, nutq eshittirishlarining mazmuni va hokozolarni eshitish yo'li bilan tekshirish.

**Nazorat toni (Tone control).** Tovush jaranglashida dastlabki kuchaytirgichda chastota nisbatlarini o'zgartirish uchun maxsus roslashdan (sozlashdan) foydalanish, odatda, past va yuqori tovush chastotalari mazmuni ko'zda tutiladi.

**Oberton (Overtone).** Oberton chastotasi, odatda, asosiy chastotadan yuqori bo'lib, murakkab tovush tarkibidir.

**Osma mikrofon (Seung microphone).** Shidga ilgich orqali, devorlar oralig'iga yoki «laylakka» ilinadigan mikrofon.

**Palatka (Tent).** Studiyada joylashtirilgan, mikrofon yaqinidagi tovush energiyasini yutuvchi akustik ekranlar guruhi.

**Past tovush chastotalari, bas registri (Bass).** Musiqa gammasining pastki qismi. Akustikada bu tushunchaga taxmnan 200 Hz pastdagi tovush chastota diapazoni uchastkasi kiradi. Eshittirishning bu chastota diapazoni qismi katta to'lqin uzunligi bilan bog'liq bo'lib, radiokarnaylarning harakatlanuvchi diffuzori o'lchamlari to'lqin uzunligidan ancha kichik bo'lganligi sababli havo massasini yetarlicha harakatga keltira olmaydi, natijada radiokarnay samarasiz nurlanadi va tovush eshittirishda o'ziga xos qiyinchilik tug'diradi.

**Pultning asosiy boshqargichi (Grand master yoki Over-allmaster control).** Barcha guruhli va individual potensiomترلardan chiqish kuchlanishlari unga keltirilgan miksher boshqargichi.

**Qaytgan tovush (Indirect sound).** Mikrofonga yetguncha bir yoki bir necha marta qaytgan tovush.

**Radioeshittirishda past chastota o'tish trakti (kanali) (Broadcast chain).** Radioeshittirishda past chastota trakti (kanali) studiyadan boshlanib, tovush signali boshqaruv pultiga, so'ngra turli boshqaruv va o'zgartirish orqali radiouzatkichga uzatiladi.

Radiokarnaylarni qutiga (fazainvertor) joylashtirish natijasida, uning pastki qismi xarakteristikasi akustik tizim rezonansi yordamida  $8 \div 10$  Hz gacha kengayadi.

**Radiostudiya kompleksi (Studio suite).** Studiya, miksher pultli boshqaruv bo'lmali o'zaro texnologik bog'langan xonalar kompleksi.

**Radiostudiya xonalari kompleksi (Continuity suite).** Radiouzatkichga oldindan yozilgan yoki studiyadan «jonli» ijrodagi radioeshittirish chiqariladigan mustaqil xonalar bloki.

**Sath (Level).** Mikrofon va mikrofonlar yaratadigan, kuchaytirgich va miksher boshqargichlardan o'tadigan elektr signal sathi. Sath, odatda, detsibellerda ifodalanadi va etalon «nulinchi» sath bilan solishtiriladi. «Sathni o'rnatish» iborasi radiouzatkich yoki ovoz yozish apparaturasi kirishiga zarur o'lchamdagi sathni ta'minlash maqsadida boshqargichlarning mosligi holatini tekshirishni anglatadi.

**Shamoldan himoyalochi to'siq (Windshild).** Mikrofonni shamol esishidan himoyalovchi, unga moslashtirilgan ekran.

**So'nish (Attenuation).** Eshittirish traktida yoki uning ayrim uchastkalarida tovush chastota tebranish kuchlanishi yoki tovush signali energiyasining yo'qolishi.

**Sof jaranglash (Clean Feed).** Tafsilotlar hodisa sodir bo'lgan joyda yozilib, sharhlovchi hech qanday izoh kiritmagan sadolanish.

**Studiya (Studio).** Eshittirishlar olib borish uchun mikrofonlar o'rnatilgan, maxsus akustik ishlov berilgan va jihozlangan xona yoki zal. Radioeshittirish yoki ovoz yozish studiyasining asosiy xarakteristikalarini: uning o'lchamlari, tovush izolatsiyasi darajasi, akustik xususiyatlari va reverberatsiya vaqti hisoblanadi. Mikrofon yoniga akustik shit, ekran o'rnatish bilan studiya akustikasini o'zgartirish mumkin.

**Studiyaning tashqaridagi tovush manbai (Outside source).** Bizda retranslyatsiya punkti deb ataladi. Tovush materiallari manbai radiodan tashqarida bo'lib, material manba uzatiladigan va har qanday mahalliy manbadan kelayotgan material kabi miksher pultida boshqariladi.

**Sun'iy reverberatsiya (Artificial reverberation).** Ayrim hollarda sun'iy «aks sado» deb ataladi. Jarangdor xonada yoki istalgan boshqa bir xonada (masalan, g'orda, quduq tubida) tovush so'nishini sun'iy yo'l bilan taqlid etish. Bu usul studiya akustikasi kerakli reverberatsiya vaqtini ta'minlay olmaganda qo'llaniladi. Sun'iy reverberatsiya effekti maxsus qurilmalar: «aks sado xonasi» magnit va prujinili reverberatorlar yordamida amalga oshiriladi.

**Tepkili tebranish (Beat).** Kengligi 15 Hz bo'lgan tovush chastotasi oralig'ida ikkita ton bir vaqtda eshittirilganda eshitish a'zoimizda pulsatsiyalangan signalni yoki boshqacha qilib aytganda, chastotasi dastlabki ikki ton chastotalari ayirmasiga teng bo'lgan «tepkili» tebranish hissini sezamiz. Ikkita tonning bittasi chastotasini kichik boshqarish yo'li bilan tepkili tebranish avvaliga susayish va keyinchalik butunlay eshitilmaydigan darajagacha sinxronlanishi mumkin.

**Tovush (Sound).** Qandaydir manba ta'sirida havo yoki boshqa muhit zarrachalarining ta'sir kuchga mos tebranishlari.

**Tovush kartinasi (Sound picture).** Eshittirishda turli tovush balandligida va turli eshitylsh istiqbolida beriladigan, tarkibida

qator individual tovush elementlari bo'lgan murakkab tovush shakli.

**«Tovush qobig'i» (Envelope).** Vaqt o'tishi bilan tovush kuchining o'zgarish xarakteri. Yakka nota «qobig'ining» yoki dinamikasining grafikli tasviri tovushning ko'tarilishi, uning ichki dinamikasi va so'nishning alohida xususiyatlarini aniqlab berishi mumkin.

**Tovush ko'tarilishi o'rnatilmagan jaranglash jarayoni (Transient).** Istalgan tovushning shu tovush to'lqini shakliga mos tinglangunga qadar boshlang'ich qismining vujudga kelishi va shakllanish jarayoni. Ushbu boshlang'ich jarayonning xarakterli tinglanishi yordamida musiqa asboblarning ohanglari aniqlanadi.

**Tovush signali (Signal).** Axborot tovushga ega bo'lgan o'zgaruvchan elektr kuchlanish.

**Tovush signalining yo'qolishi (Drop-cut).** Tasmadagi magnit qatlaminin g shikastlanishi natijasida tovush signalining yo'qolishi.

**Tovush so'ndirilgan xona (Dead room).** Qalinligi 1 metr va undan ortiq tovush so'ndiruvchi yuzalarga ega bo'lgan xona yoki kamera. Undan mikrofon va radiokarnaylarning chastota xarakteristikalarini o'lchashda foydalaniladi. Uning akustikasi ovoz eshittirishlar uchun yaramaydi.

**Tovushga ishlov berish, o'zgartirish (Transformation, Treatment of sound).** Uzluksiz radioeshittirish va ovoz yozish jarayoni, tovush jarangdorligi va tovush balandligi sifatini o'zgartirish.

**To'g'irlash (Eqyazation).** Filtrli sxemalarni qo'llash bilan:

a) signalni o'zgartirgichlar yoki traktning boshqa elementlari, masalan, bog'lovchi liniyalar kiritadigan chastota xarakteristikalarini kompensatsiyalash.

b) shovqinlarni minimal darajagacha kamaytirish bilan ovoz yozish yoki radiouzatish xarakteristikasini to'g'rilash.

**To'g'ri tovush (Direct sound).** Qaytishlarsiz mikrofonga to'g'ri tushayotgan tovush energiyasining bir qismi.

**Uvillovchi tovush (Waw).** Ovoz yozish va eshittirish uskunalarining mexanik nosozligi sababli tovush balandligining davriy o'zgarish. Bunday tebranishlar chastotasi 5 Hz dan kam.

**Vibrato (Vibrato).** Sekundiga taxminan 5–8 Hz bilan davriy tez o'zgaradigan tovush chastotasi. Bundan davomli notalar sadolanishini (jaranglanishi) boyitishda ijrochilar va ashulachilar foydalanadilar

**Xonaning bo'g'iq «o'lik» akustikasi (Dead asoustik).** Har bir tovush qaytarilishda tovush energiyasi sezilarli darajada yo'qoladigan xona akustikasi. Studiyada ishlaganda bunday akustika tovush energiyasining qaytishi juda kichik yoki umuman qaytmaydigan ochiq havo akustikasi shartlariga yaqinlashadi.

**Yordamchi ko'rsatmalar (Pointer).** Eshittirish materiallarida radiopesadagi sahna voqealari va joylarini radiotinglovchilarga tushunarli bo'lishiga yordamlashuvchi muloqat, tovush effektlari va boshqalar.

**Yuqori chastotalar (Top).** 8 va 16 kHz oraliqda joylashgan yuqori tovush chastota diapazoni.

**Yuqori chastotalar (Treable).** Musiqa diapazonining 2 kHz va undan yuqori tovush chastotalarining yuqori qismi.

**Yuqori chastotalarni eshittirish uchun mo'ljallangan «chiyillovchi» radiokarnay (Tweeter).** Yuqori chastotalarni eshittirish uchun kontrol agregatda yoki radioqabulqilgichda o'rta va past chastotalarni eshittirish uchun belgilangan radiokarnaylar bilan birga qo'llaniladigan radiokarnay. Uning konstruksiyasi past va o'rta chastotali radiokarnaylarga nisbatan boshqacharoq yondashishni talab etadi.

**Chastota filtri (Filtre).** Aktiv qarshilik va kondensatordan iborat elektr sxema. Sxema bir xil chastotalarni o'tkazadi va bosh-

qalarini o'tishiga to'sqinlik qilib so'ndiradi. Filtr sodda ko'rinishda bitta qarshilik va bitta kondensatordan iborat. Ko'p maqsadlar uchun bunday filtrning sodda shakli to'la qoniqarli hisoblanadi.

**Chastotaviy xarakteristika (Frequency response).** Signal kuchini chastotaga bog'liq holda kuchayish yoki so'nish o'zgarishini ko'rsatuvchi egri chiziq.

**Cheklagich (Limiter).** Radiouzatkichni ortiqcha modulatsiyalanishdan va buzilishlardan saqlaydigan avtomatik boshqargich. Uning boshqacha ko'rinishi kompressor, signal dinamik diapazonini avtomatik siqishga mo'ljallangan.

1. Logarifmik birlik, detsibelga o'tishdagi asosiy formulalarda ifodalangan:

	Kuchayish yoki susayish	
	Son o'lchamda	dB o'lchamda
1. Kuchlanish bo'yicha	$\frac{V_1}{V_2}$ marta	$20\lg \frac{V_1}{V_2}$ , dB
2. Tok bo'yicha	$\frac{I_1}{I_2}$ marta	$20\lg \frac{I_1}{I_2}$ , dB
3. Quvvat bo'yicha	$\frac{P_1}{P_2}$ marta	$10\lg \frac{P_1}{P_2}$ , dB

1dB=0,115 Nep

1Np=8,686 dB

2. Nolinchi (0,775 V) kuchlanishga nisbatan dB elektr kuchlanishlar qiymati:

Volt (volt ulushlari)	dB	Volt (volt ulushlari)	dB
77,5 $\mu$ V	-80	0,440 V	-5
138 $\mu$ V	-75	0,490 V	-4
0,25 mV	-70	0,550 V	-3
0,44 V	-65	0,620 V	-2
0,77 V	-60	0,690 V	-1
1,38 mV	-55	0,775 V	0
2,45 mV	-50	0,870 V	+1
4,36 mV	-45	0,970 V	+2
7,75 mV	-40	1,09 V	+3



13,8 mV	-35	1,23 V	+4
77,5 mV	-20	1,38 V	+5
87,0 mV	-19	1,55 V	+6
97,5 mV	-18	1,73 V	+7
110,0 mV	-17	1,95 V	+8
0,123 V	-16	2,19 V	+9
0,138 V	-15	2,46 V	+10
0,155 V	-14	2,76 V	+11
0,174 V	-13	3,1 V	+12
0,195 V	-12	3,46 V	+13
0,219 V	-11	3,89 V	+14
0,240 V	-10	4,35 V	+15
0,280 V	-9	7,75 V	+20
0,310 V	-8	24,5 V	+30
0,350 V	-7	77,5 V	+40
0,400 V	-6		

### 3. Asosiy nisbatlar jadvali:

Nep.	dB.	Kuchlanish va toklar nisbati $\left(\frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2}\right)$		Quvvatlar nisbati $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$	
		Kuchayish	Susayish	Kuchayish	Susayish
0	0	1,00	1,00	1,00	1,00
0,0115	0,1	1,01	0,989	1,02	0,977
0,0230	0,2	1,02	0,977	1,05	0,955
0,0346	0,3	1,04	0,966	1,07	0,933

0,0462	0,4	1,05	0,955	1,10	0,12
0,0576	0,5	1,06	0,944	1,12	0,891
0,0392	0,6	1,07	0,933	1,15	0,871
0,0806	0,7	1,08	0,923	1,17	0,851
0,0922	0,8	1,10	0,912	1,20	0,832
0,104	0,9	1,11	0,902	1,23	0,813
0,1151	1,0	1,12	0,891	1,26	0,794
0,127	1,1	1,14	0,881	1,29	0,776
0,138	1,2	1,15	0,871	1,32	0,759
0,150	1,3	1,16	0,831	1,35	0,741
0,161	1,4	1,17	0,851	1,38	0,724
0,173	1,5	1,19	0,841	1,41	0,704
0,184	1,6	1,20	0,832	1,45	0,692
0,196	1,7	1,22	0,822	1,48	0,676
0,207	1,8	1,23	0,813	1,51	0,661
0,219	1,9	1,24	0,804	1,55	0,646
0,230	2,0	1,26	0,794	1,58	0,631
0,253	2,2	1,29	0,776	1,66	0,603
0,276	2,4	1,32	0,759	1,74	0,575
0,299	2,6	1,35	0,741	1,82	0,550
0,322	2,8	1,38	0,724	1,91	0,525
0,346	3,0	1,41	0,708	2,00	0,501
0,368	3,2	1,45	0,692	2,09	0,479
0,391	3,4	1,48	0,676	2,19	0,457

#### 4. Asosiy nisbatlar jadvali:

Nep.	dB.	Kuchlanish va toklar nisbati $\left( \frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2} \right)$		Quvvatlar nisbati $\left( \frac{P_1}{P_2} \right)$	
		Kuchayish	Susayish	Kuchayish	Susayish
0,414	3,6	1,51	0,661	2,29	0,436
0,437	3,8	1,55	0,646	2,40	0,417
0,462	4,0	1,58	6,631	2,51	0,398
0,483	4,2	1,62	0,617	2,63	0,380
0,506	4,4	1,66	0,603	2,75	0,363
0,529	4,6	1,70	0,589	2,88	0,347
0,552	4,8	1,74	0,575	3,02	0,331
0,576	5,0	1,78	0,562	3,16	0,316
0,633	5,5	1,88	0,531	3,55	0,282
0,692	6,0	2,00	0,501	3,98	0,251
0,748	6,5	2,11	0,473	4,47	0,224
0,806	7,0	2,24	0,447	5,01	0,200
0,863	7,5	2,37	0,442	5,62	0,178
0,922	8,0	2,51	0,398	6,31	0,158
0,978	8,5	2,66	0,376	7,08	0,141
1,040	9,0	2,82	0,355	7,94	0,126
1,093	9,5	2,99	0,335	8,91	0,112
1,151	10,0	3,16	0,316	10,00	0,100
1,266	11,0	3,55	0,282	12,6	0,079
1,380	12,0	3,98	0,251	15,8	0,063
1,496	13,0	4,47	0,224	19,9	0,050

1,62	14,0	5,01	0,200	25,1	0,040
1,73	15,0	5,62	0,178	31,6	0,032
1,84	16,0	6,31	0,158	39,8	0,025
1,96	17,0	7,08	0,141	50,1	0,020
2,08	18,0	7,94	0,126	63,1	0,016
2,19	19,0	8,91	0,112	79,4	0,013
2,30	20,0	10,00	0,100	100,0	0,010
2,88	25,0	17,8	0,056	$3,16 \cdot 10^2$	$3,16 \cdot 10^{-3}$
3,46	30,0	31,6	0,032	$10^3$	$10^{-3}$

5. Asosiy nisbatlar jadvali:

Nep.	dB.	Kuchlanish va to'klar nisbati $\left( \frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2} \right)$		Quvvatlar nisbati $\left( \frac{P_1}{P_2} \right)$	
		Kuchayish	Susayish	Kuchayish	Susayish
4,03	35,0	56,2	0,018	$3,16 \cdot 10^3$	$3,16 \cdot 10^{-4}$
4,62	40,0	100,0	0,010	$10^4$	$10^{-4}$
5,18	45,0	178,0	0,06	$3,16 \cdot 10^4$	$3,16 \cdot 10^{-5}$
5,76	50,0	316,0	0,003	$10^5$	$10^{-5}$
6,34	55,0	562	0,002	$3,16 \cdot 10^5$	$3,16 \cdot 10^{-6}$
6,92	60,0	1000	0,001	$10^6$	$10^{-6}$
7,50	65,0	1780	0,0006	$3,16 \cdot 10^6$	$3,16 \cdot 10^{-7}$
8,06	70,0	3160	0,0003	$10^7$	$10^{-7}$
8,65	75,0	5620	0,0002	$3,16 \cdot 10^7$	$3,16 \cdot 10^{-8}$
9,22	80,0	10000	0,0001	$10^8$	$10^{-8}$
9,80	85,0	17800	0,00006	$3,16 \cdot 10^8$	$3,16 \cdot 10^{-9}$
10,40	90,0	31600	0,00003	$10^9$	$10^{-9}$

10,90	95,0	56200	0,00002	$3,16 \cdot 10^9$	$3,16 \cdot 10^{10}$
11,51	100,0	100000	0,00001	$10^{10}$	$10^{10}$
12,09	105,0	178000	0,000006	$3,16 \cdot 10^{10}$	$3,16 \cdot 10^{11}$
12,70	110,0	316000	0,000003	$10^{11}$	$10^{11}$
13,24	115,0	562000	0,000002	$3,16 \cdot 10^{11}$	$3,16 \cdot 10^{12}$
13,80	120,0	1000000	0,000001	$10^{12}$	$10^{12}$
15,00	120,0	$3,16 \cdot 10^9$	$3,16 \cdot 10^{-7}$	$10^{12}$	$10^{13}$
16,20	140,0	$10^7$	$10^{-7}$	$10^{14}$	$10^{14}$

### 6. Asosiy nisbatlar jadvali:

Nep.	dB.	Kuchlanish va toklar nisbati $\left( \frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2} \right)$		Quvvatlar nisbati $\left( \frac{P_1}{P_2} \right)$	
		Kuchayish	Susayish	Kuchayish	Susayish
17,30	150,0	$3,16 \cdot 10^7$	$3,16 \cdot 10^{-8}$	$15^{15}$	$10^{15}$
18,40	160,0	$10^8$	$10^{-8}$	$10^{16}$	$10^{16}$
19,60	170,0	$3,16 \cdot 10^8$	$3,16 \cdot 10^{-9}$	$10^{17}$	$10^{17}$

#### Eslatma:

1. Detsibel (dB) – qandaydir ikki qiymatning nisbatini yoki bu qiymatning kuchayishini (yoki susayishini) ifodalaydigan logarifmik o'lchov birligi. Radiotexnikada dB elektr kuchlanish, tok yoki quvvatni o'lchash uchun qo'llaniladi; akustikada – tovush bosimini yoki tovush balandligini, ya'ni tovush bosimlari yoki balandligi nisbatlarini o'lchash uchun qo'llaniladi.

Masalan, dB ifodalangan kuchlanish bo'yicha 100 marta kuchayish (yani kuchlanishlar nisbati  $V_1:V_2=100:1$ ), teng:  $20 \cdot \lg 100 = 20 \cdot 2 = 40$  dB; dB larda ifodalangan quvvat bo'yicha 1000 marta kuchayish (ya'ni quvvatlar nisbati  $R_1:R_2=1000:1$ ),  $10 \lg 1000 = 10 \cdot 3 = 30$  dB ga teng.

2. Agarda dB ifodalangan qiymat oldida minus ishorasi bo'lsa, unda bu qiymat u bilan taqqoslanayotgan qiymatdan kichikligini anglatadi. Masalan, kuchlanishlar nisbati  $V_1:V_2=1:10$ , ya'ni 10 marta susayishini; dB larda  $20 \lg 1/10 = 20(-1) = -20$  dB.

## ADABIYOT

1. *I. Karimov.* O'zbekiston Respublikasi Oliy Majlis Qonunchilik palatasi va Senatining 2010-yil 12-noyabr qo'shma majlisidagi ma'ruzasi.
2. *Алдошина И.А.* Электродинамические громкоговорители.– М.: Радио и связь, 1989.
3. *Алдошина И.А., Войшвилло А.Г.* Высококачественные акустические системы и излучатели. – М.: Радио и связь, 1985.
4. *Алдошина И.А., Вологдин Э.И., Ефимов А.П., Катунин Г.П., Кацнельсон Л.Н., Ковалгин Ю.А., Фадеев А.А.* Электроакустика и звуковое вещание.– М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
5. *Алехин С.* Общие принципы звукоусиления в концертных залах// Звукорежиссёр–1999. – №1, 3, 4, 7.
6. *Бабуркин В.Н.* и др. Электроакустика и радиовещание. – М.: Радио и связь, 1967.
7. *Баранов С.* Радиомикрофонные системы. //Звукорежиссер–1999. №4.
8. *Г.П. Катунин, О.А. Лапаев* Проектирование и расчёт акустических параметров помещений. Учебное пособие. – Новосибирск.: Издательство Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), 2000.
9. ГОСТ 16121–91. Микрофоны. Методы электроакустических измерений.
10. ГОСТ 16122–87. Громкоговорители. Методы электроакустических измерений.
11. *Ефимов А.П., Никонов А.В., Сапожков М.А., Шоров В.И.* Под ред. Проф. М.А.Сапожкова. Акустика. Справочник.– М.: Радио и связь, 1989.
12. *Zuparov M.* Elektroakustika va radioeshittirish fanidan 5522100–Televideniye, radioaloqa va radioeshittirish yo'nalishidagi

- бакалаврлар uchun amaliyot darslariga o'quv-uslubiy qo'llanma. Toshkent, 2010.
13. *Зупаров М.* Акустический расчёт системы звукоусиления. Пособие по КП и ВКР для бакалавров. Ташкент, 2003.
  14. *Зупаров М., Буланбаева С.* Акустический расчёт студий. РНТК, том I. Новосибирск, 2004.
  15. *Ингерслев Ф.* Акустика в современной строительной практике.— М.: Госстрой издат, 1957.
  16. *Исакович Г.А., Никольская Н.А.* Звукопоглощающие минераловатные плиты. — М.: Стройиздат, 1975
  17. *Катунин Г.П.* Микрофоны. Учебное пособие. — Новосибирск.: СибГТИ, 1995.
  18. *Катунин Г.П., Лапаев О.А.* Громкоговорители. Учебное пособие. Новосибирск.: Издательство Сибирской государственной академии телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), 1997.
  19. *Катунин Г.П., Лапаев О.А.* Громкоговорители. Учебное пособие. Новосибирск.: Издательство Сибирской государственной академии телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), 1997.
  20. *Катунин Г.П., Лапаев О.А.* Проектирование и расчёт акустических параметров помещений. Учебное пособие. — Новосибирск.: Издательство Сибирского Государственного Университета Телекоммуникаций и Информатики (СибГУТИ), 2000.
  21. *Катунин Г.П.* Звукотехника, часть 1. Новосибирск 2003.
  22. *Ковалгин Ю.А.* Стереофония.— М.: Радио и связь, 1989.
  23. *Кондрашин П.* Применение Р2 Микрофонов.//Звукорежиссёр.— 2000.— №1.
  24. *Лифшиц С.Я.* Курс архитектурной акустики. — М.: Изд-во МВТУ; 1927.
  25. *Молодая Н.Т.* Акустический расчет радиовещательных и телевизионных студий. — М.: ВЗИС, 1961.
  26. *Нисбетт. А.* Студия радиовещания и звукозаписи. Из-во «Искусство». М:1971
  27. *Ольсон Г.* Динамические аналогии. — М.: ИЛ,1947
  28. *Павловская В.И., Качерович А.Н., Лузянов А.П.* Акустика и электроакустическая аппаратура. — М.: «Искусство». 1986.

29. Папернов, Л.З. и др. Расчет и проектирование систем озвучения и звукоусиления в закрытых помещениях. – М.: Связь, 1970.
30. Радиовещание и электроакустика. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1999.
31. Ржевкин С.Н. Курс лекций по теории звука. – М.: Издательство МГУ, 1960.
32. Римский-Корсаков А.В. Электроакустика. – М.: Связь, 1973.
33. Сапожков М.А. Звукофикация открытых пространств. – М.: Радио и связь, 1985.
34. Сапожков М.А. Звукофикация помещений. – М.: Связь, 1979.
35. Сапожков М.А. Электроакустика. Учебник для вузов. – М.: Связь, 1978.
36. Сталь Г.Н. Электроакустика. – М.: 1961
37. Фурдеев В.В. Электроакустика. – М.: Связьиздат, 1960.
38. Фурдеев В.В. Электроакустика. – М.: Связьиздат, 1960. Радиовещание и электроакустика. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1999.
39. Цвиккер Э., Фельдкеллер Р. Ухо как приёмник информации. – М.: Связь, 1971.
40. Zuparov M. Elektroakustika va radioeshittirishda o'lchash va texnik nazorat. Toshkent. 2010.
41. Zuparov M.Z., Katunin G.P. Elektroakustika. – Tashkent. «YANGI NASHR», 2010.



---

---

## MUNDARIJA

KIRISH.....	3
1-bob. FIZIOLOGIK AKUSTIKA ASOSLARI.....	7
1.1. Odam eshitish a'zosining tuzilishi.....	7
1.2. Chastota bo'yicha eshitish.....	11
1.3. Eshitish va og'riq bo'sag'asi.....	18
1.4. Tovush jadalligining differensial eshitish bo'sag'asi.....	22
1.5. Tovush balandligi va uning sathi.....	25
1.6. Murakkab tovushlarni eshitish. Niqoblash.....	31
1.7. Eshitishni seza bilishning vaqt tasniflari.....	34
1.8. Eshitish a'zosining nochiziqli xususiyatlari.....	37
1.9. Binaural effekt.....	38
2-bob. TOVUSH TEBRANISHLARI.....	43
2.1. Tebranishlar haqida tushuncha.....	43
2.2. Ta'riflar.....	45
2.3. Tovush tebranishi turlari.....	48
2.4. Sinusoidal tebranish.....	50
2.5. Tepkili tebranishlar.....	53
2.6. Tebranishlarning to'liq sinamon tarqalishi.....	54
2.7. Tovush tebranishlari energiyasi.....	55
2.8. Tovush tebranishlarining tarqalish tezligi.....	55
2.9. Tovush to'liqinining qaytishi.....	56
2.10. Tovush to'liqinlarni jamlash va to'liqinlar interferensiyasi.....	58
2.11. Tovush difraksiyasi.....	64
2.12. Murakkab tebranishlar.....	66
2.13. Tovush manbalari va rezonans.....	69
2.14. Turg'un to'liqinlar.....	70

2.15. Yassi to'liqin.....	71
2.16. Sferik to'liqlar .....	76
<b>3-bob. TOVUSH SIGNALLARI .....</b>	<b>81</b>
3.1. Birlamchi va ikkilamchi tovush signallari.....	81
3.2. Tovush signallarining dinamik diapazoni .....	81
3.3. O'rtacha sath .....	84
3.4. Signallarning chastota diapazoni va spektrlari .....	85
3.5. Signalning birlamchi parametrlari.....	87
3.6. Ikkilamchi signal .....	89
3.7. Shovqin va xalaqitlar.....	91
3.8. Chiziqli buzilishlar .....	91
3.9. Nochiziqli buzilishlar .....	94
<b>4-bob. ELEKTROMEXANIK TIZIMLAR VA ELEMENTLAR .....</b>	<b>97</b>
4.1. Elektromexanik o'zgartirish .....	97
4.2. Chiziqli o'zgartirgichlarning umumiy tenglamasi .....	98
4.3. O'zgartirgichning ekvivalent sxemalari .....	100
4.4. Elektromexanik o'xshatishlar usuli .....	101
4.5. Akustik tebranish tizimlari.....	103
<b>5-bob. MIKROFONLAR .....</b>	<b>108</b>
5.1. Mikrofonlarning klassifikatsiyalari va texnik tavsiflari.....	108
5.2. Mikrofon – elektromexanik o'zgartirgich.....	118
5.3. Mikrofon-tovush bosimini qabul qilgich.....	120
5.4. G'altakli elektrodinamik mikrofon .....	127
5.5. Tasmali mikrofon.....	133
5.6. Kondensatorli va elektretli mikrofonlar .....	137
5.7. Elektr kombinatsiyalangan mikrofonlar.....	140
5.8. Tovush signallarni qabul qiluvchi o'tkir yo'naltirilgan mikrofonlar.....	144
5.9. Radiomikrofonlar.....	147
5.10. Mikrofonli stereofonik tizimlar.....	149
5.11. Mikrofonlarni ishlatish xususiyatlari .....	153
<b>6-bob. RADIOKARNAYLAR .....</b>	<b>162</b>
6.1. Radiokarnaylarning asosiy texnik tavsiflari.....	162
6.2. Nurlatgich turlari.....	164

6.3. Chiziqli guruh nurlatgichlari .....	172
6.4. Diffuzorli radiokarnaylar .....	175
6.5. Elektrodinamik radiokarnaylarda nochiziqli buzilishlar .....	183
6.6. Elektrodinamik radiokarnaylarda chastotaviy buzilishlar.....	185
6.7. To'g'ridan to'g'ri nurlatuvchi radiokarnaylarning chastota diapazonini kengaytirish usullari .....	187
6.8. Roporli radiokarnaylar .....	194
6.9. Kondensatorli radiokarnaylar.....	200
6.10. Akustik tizimlar.....	201
<b>7-bob. ARXITEKTURA AKUSTIKASI ASOSLARI.....</b>	<b>205</b>
7.1. Arxitektura akustikasi ning rivojlanish tarixi .....	205
7.2. Qadimiy Gretsiya va Rim teatrlari .....	208
7.3. Zamonaviy teatr, konsert zallari va studiyalar .....	215
7.4. Xonalarda tovush energiyasining kuchayishi.....	236
7.5. Xona akustikasining statistik nazariyasi .....	238
7.6. Reverberatsiya davomiyligini belgilovchi qiymatlar.....	240
7.7. Akustik nisbat va ekvivalent reverberatsiya .....	244
7.8. Radioeshittirish va televidenie studiyalari .....	245
7.9. Studiya jihozlari va apparatxona uskunalari .....	253
7.10. Raqamli miksher pultlari .....	255
7.11. Radiouy eshittirish apparatxonasi va telemarkaz apparat-dasturlash bloki.....	258
7.12. Markaziy apparatxona .....	259
7.13. Radioeshittirish studiyasining konstruktiv elementlari .....	264
7.14. Adabiy-dramatik blok .....	267
7.15. Tovush kuchaytirish tizimli zallar.....	270
7.16. Optimal reverberatsiya vaqtining xona hajmiga bog'liqligi.....	272
7.17. Zal akustikasini subyektiv baholash usullari.....	273
7.18. Tovush yutuvchi materiallar va ularning konstruksiyalari .....	275
7.19. Rezonansli tovushyutgichlar.....	276
7.20. Rezonanslanuvchi panellar .....	276
7.21. Perforatsiyalangan konstruksiyalar .....	278
7.22. Radioeshittirish va TV studiyalarning tovush izolatsiyasi.....	280

7.23. Radioeshittirish va televidenie studiyalarini loyihalash .....	289
7.24. Studiyaning optimal reverberatsiya vaqti va uning chastota xarakteristikasini tanlash .....	291
7.25. Tanlangan reverberatsiya vaqtini ta'minlash .....	291
7.26. Tovush so'ndiruvchi materiallarni joylashtirish .....	297
7.27. Turli shakldagi xonalarda «aks sado» paydo bo'lishi .....	299
7.28. Xonalarga to'siqlar orqali o'tadigan havo shovqinlaridan izolatsiyalash hisobi .....	306
7.29. Studiyaning yoritilganligini hisoblash .....	309
7.30. Studiya ventilatsiya tizimining hisobi .....	313
7.31. Radioeshittirish studiyalari reverberatsiya vaqti chastota tavsifining akustik hisobi .....	315
7.32. Studiyaning o'lchamlarini aniqlash .....	315
7.33. Studiyaning optimal reverberatsiya vaqti va uning chastota xarakteristikasini tanlash .....	315
7.34. Tanlangan reverberatsiya vaqtini ta'minlash .....	316
7.35. Tovush so'ndiruvchilarni joylashtirish .....	319
7.36. Yoritilganlik hisobi .....	319
7.37. Ventilatsiya hisobi .....	320
7.38. Havo shovqinlaridan tovush izolatsiya hisobi .....	321
7.39. Musiqa va nutqni tinglashda reverberatsiyaning ta'siri .....	329
<b>8-bob. OVOZLASHTIRISH VA TOVUSH KUCHAYTIRISH TIZIMLARI .....</b>	<b>331</b>
8.1. Ovozlashtirish va tovush kuchaytirish tizimlarining belgilanishi .....	331
8.2. Tovush kuchaytirish va ovozlashtirish tizimlariga qo'yiladigan talablar .....	332
8.3. Bir joyga to'plangan tizim .....	333
8.4. Zonal tizimlar .....	335
8.5. Taqsimlangan tizimlar .....	336
8.6. Nutqning tushunariligi va aniqligi .....	338
8.7. Zallarni akustik sozlash bo'yicha ayrim tavsiyalar .....	344
8.8. Zal tovush kuchaytirish tizimining akustik hisobi .....	344
8.9. Tovush so'ndirilishi hisobi .....	347
8.10. Tovush so'ndirilishining asosiy fondi hisobi .....	348
8.11. Radiokarnaylarning talab etiladigan akustik quvvati va to'g'ri tovush sathi hisobi .....	350

8.12. Ovozlashtirish tizimi va radiokarnay turlarini tanlash.....	351
8.13. Kuchaytirishning chegaraviy indeksi hisobi va mikrofon turlarini tanlash.....	353
8.14. Nutq ravshanligi.....	354
8.15. Namunaviy uskuna tanlash.....	356
8.16. Ovoz signallarga raqamli ishlov berish.....	363
ILOVALAR.....	379
1-ilova.....	379
2-ilova.....	392
ADABIYOT.....	398

M. ZUPAROV

## ELEKTROAKUSTIKA VA ARXITEKTURA AKUSTIKASI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi  
5320600 – audio-video texnologiyasi yo'nalishidagi bakalavriya talabalari  
uchun darslik sifatida tasdiqlagan*

Muharrir *N. Goipov*  
Badiiy muharrir *Sh. Xodjayev*  
Musahhirlar *M. Akramova*  
Kompyuterda sahifalovchi *S. Akramov*

«Voris-nashriyot», Toshkent sh., A. Navoiy ko'chasi, 30.  
Nashriyot litsenziyasi AI № 195 28.08.2011.

Original-maktdan bosishga ruxsat etildi 15.10.2014. Bichimi 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Ofset bosma usulida bosildi. Bosma t. 25,5. Shartli b.t. 23,95  
Nashr h.t. 24,8. 200 nusxada bosildi. Buyurtma № 547.

«NISO POLIGRAF» MChJ bosmaxonasida bosildi.  
Toshkent viloyati, O'rta Chirchiq tumani, «Oq-Ota» QFY, Markaz-1 ko'chasi.

UO‘K 007(075)

KBK 32.87 ya7+38.113, ya 7

Z 99

**Zuparov M.**

Elektroakustika va arxitektura akustikasi. 5320600–audio-video texnologiyasi yo‘nalishidagi bakalavriyat talabalari uchun darslik. – T.: «Voriz-nashriyot», 2014. – 408 b.

UO‘K 007(075)

KBK 32.87

ISBN 978-9943-4214-3-1