

534

536-86

3-94

М. З. Зупаров, Г. П. Катунин

ЭЛЕКТРОАКУСТИКА

2032456

O'QUV ZALI

TATL KUTUBXONASI
368788-SOMLI

“YANGI NASHR” нашриёти
Тошкент – 2010

534.86 (045.8)

Ўқув қўлланма муаллиф М. З. Зупаровнинг шоғирдлари:
Остонов Илҳом ва Мустафоев Абдунаби ҳомийлигида чоп
этилди.

Тақризчилар:

ТАТУ РТ ва РА кафедра доценти, т.ф.н., А. А. Абдуазизов;
ТАТУ РЭ ва ТВ кафедра доценти, т.ф.н., В. С. Мирахмедов;
Республика телевидение ва радио касб-хунар коллежи
директори К. Э. Реджепов

ТАТУ Илмий услубий кенгаши мажлисида (2010 йил, 24 июнь,
№ 30 баённома) муҳокама қилиниб, нашрга тавсия қилинган.

Ўқув қўлланма 5522100 – “Радиоалоқа радиоэшиттириш ва
телевидение” йўналишидаги талабаларга мўлжалланган.

ISBN-978-9943-330-46-7



© М. З. Зупаров, Г. П. Катунин
© “YANGI NASHR” нашриёти, 2010

ТАТУ
“Радиоэшиттириш ва телевидение”
кафедрасининг 50 йиллигига
бағишланади.

КИРИШ

М. Зупаров, Г. Катунин ҳаммуаллифлигида ёзилиб, талабаларга тақдим этилаётган ушбу ўқув қўлланма электроакустика ва радиоэшиттириш фанининг биринчи қисми бўлиб, тўлдирилган иккинчи нашри 5522100 – телевидение, радиоалоқа ва радиоэшиттириш йўналишидаги кундузги ва сиртки бакалавриат талабалари учун мўлжалланган.

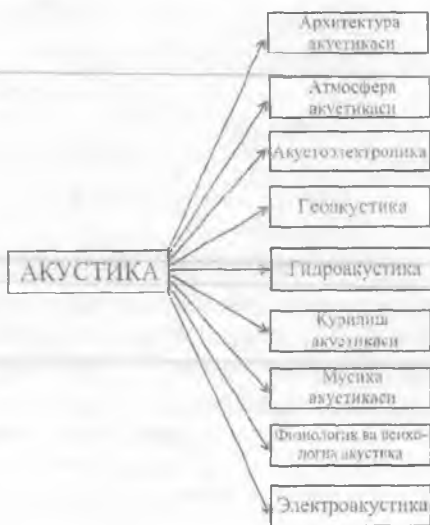
Маълумки, ҳар қандай телекоммуникация тизимининг асосида акустик ёки механик энергияни электр энергияга аналог ёки рақамли вариантда ўзгартириб узатиш масаласи кўрилади.

Акустика фанининг таркибий тузилиши ва қамраб олган масалалар доирасини қисқача кўриб чиқамиз.

Акустика (юнонча *akustikos* – эшитиш) физиканинг кенг маънода (энг паст 10^{12} ва энг юқори 10^{13} Гц) частоталаргача эластик тўлқинларни тадқиқот қиладиган, тор маънода товушни ўрганадиган бўлими ҳисобланади. Умумий ва назарий акустика эластик тўлқинларнинг турли муҳитда нурланиши ва тарқалишини, ҳамда уларнинг муҳит билан ўзаро таъсирини ўрганади.

Акустика фанини 1-расмда кўрсатилган бўлимларга ажратиш мумкин.

1-расм. Акустика фани бўлимлари



Архитектура акустикаси хоналарда товушнинг тарқалишини, тўсиқларнинг товуш қайтиши ва сўнишига таъсирини ўрганади.

Қурилиш акустикаси акустиканинг бўлаги бўлиб бино, иншоотларнинг товуш изоляцияси ва шовқиндан ҳимоялаш масалаларини ўрганади. Қурилиш акустикаси архитектура акустикасидан ажралиб чиққан.

Атмосфера акустикаси товушни атмосферада тарқалишини, шунингдек, атмосферани акустик усуллар билан ўрганади.

Акустоэлектроника – фан ва техниканинг каттиқ жисм акустикаси, яримўтказгичлар физикаси ва радиоэлектроника билан туташган бўлаги. Эластик тўлқинларнинг яримўтказгиларда кучайиши ва генерацияланиши, радиосигналларни акустик усуллар билан ўзгартириш ва уларга ишлов бериш ҳамда шуларга мос қурилмаларни яратиш масалалари билан шуғулланади.

Геоакустика ер қобиғининг тузилиши ва хусусиятларини ўрганиш мақсадида унда эластик тўлқинларнинг тарқалишини (акустик ва сейсмик разведка) ўрганади.

Гидроакустика товуш тўлқинларининг дарё, денгиз, кўл ва сув ҳавзаларда, асосан, сувости локацияси ва алоқаси мақсадида тарқалиш, қайтиш ва сўниш хусусиятларини ўрганади.

Мусиқа акустикаси – мусиқашунослик ва умумий акустика бўлими, мусиқанинг объектив физикавий қонуниятларини ўрганадиган фан. Мусиқа товушларининг частота баландлиги, давомийлиги, консонанс (мусиқа товушларининг ўзаро охангдошлиги, ҳамоҳанглиги, уйғунлиги) ва диссонанс (ҳар хил унли билан келган, лекин шу унлилардан кейинги товушлар бир хил бўлган сўзларни қофиялаш) ҳодисаларини, мусиқа тизимларини, охангдаги музикий товушларни фарқлаш ва ёдда сақлаш қобилиятини, нисбатларини, одам ва мусиқа асбоблари овозини ўрганиб тадқиқот этади. Физикавий акустика услублари ва маълумотларига таянади. Одам овоз ва эшитиш аъзолари физиологияси ва психологияси билан боғлиқ.

Физиологик акустика одам ва ҳайвонларнинг товуш чиқарувчи ва товуш эшитувчи аъзоларининг тузилиши ва функциясини ўрганади.

Электроакустика турли ўзгартиргичларнинг назарияси, ҳисоблаш услублари ва уларни лойиҳалаш масалалари билан шуғулланади. Электроакустик ўзгартиргичлар электр энергияни акустик энергияга (эластик тебранишлар энергиясига) ва тескарисига ўзгантиради. Энг кўп тарқалган ўзгартиргичларга микрофон ва радиокарнайлар киради. Электроакустика, акустика фанининг бир бўлаги бўлиб, радиотехникага яқинроқ ва акустиканинг юқорида қайд этилган деярли барча бўлақларини ўз ичига олган.

Мазкур ўқув қўлланма кириш қисми, 8 та боб ва иловадан иборат. Қўлланманинг дастлабки тўрт бобида физиологик акустика асослари, товуш майдонининг умумий назарияси, товуш сигналларининг хусусиятлари ҳамда электроакустик ўзгартиргичларнинг турли жиҳатлари кўриб чиқилган.

Бешинчи ва олтинчи боблар электроакустик ўзгартиргичлар: микрофон ва радиокарнайларнинг техник тавсифлари, тузилиши ва ишлаш принципларига бағишланади.

Сўнги икки боб ўзаро боғлиқ бўлган ҳолда архитектура акустикаси, зал ва майдонларни овозлаштириш ва товуш кучайтириш масалаларига бағишланган. Қўлланмада, бундан ташқари, радиоэшиттириш студиясининг реверберация вақти, зал товуш кучайтириш ва овозлаштириш ҳисоблари келтирилган.

Шуни таъкидлаш лозимки, таржима муаллифлаштирилган бўлганлиги учун қўлланманинг русча матнидаги айрим параграф материаллари ўқув дастуридан четга чиқмаган ҳолда биров қисқартирилган ёки тўларок баён этилган.

Муаллифлар тақризчилар: ТАТУ РТ ва РА кафедра доценти, т.ф.н., А.А.Абдуазизов; ТАТУ РЭ ва ТВ кафедра доценти, т.ф.н., В.С.Мирахмедов; “Республика телевидение ва радио касб-хунар коллеж” директори К.Э.Реджеповга қўлланмани тайёрлашда берган қимматли маслаҳатлари учун ўз миннатдорчилигини билдирадилар. Шунингдек, муаллифлар қўлланмани чоп этишга тайёрлашда берган ёрдамлари учун О. Х. Убайдуллаева, Н. М. Тожиева, И. М. Убайдуллаева, З. М. Қодирова ва А. А. Фейзуллаевларга алоҳида миннатдорчилик билдирадилар.

І БОБ. ФИЗИОЛОГИК АКУСТИКА АСОСЛАРИ

1.1. Одам эшитиш аъзосининг тузилиши

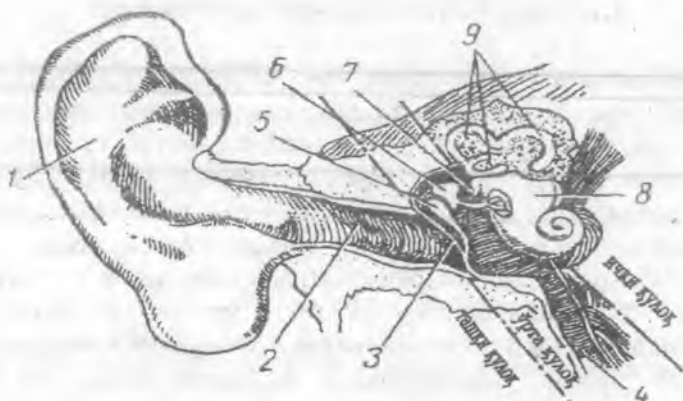
Кенг доирадаги электроакустик аппаратлар: телефонлар, микрофонлар, радиокарнайлар, товуш ёзиш ва қайта эшиттириш аппаратларига, шунингдек, товуш кучайтириш трактлари аппаратларига, радиоэшиттириш ва телевидение дастурлари товуш журлигига булган талаблар, асосан, одамнинг эшитиш аъзоси билан белгиланади. Бу хусусиятларни ўрганиш, одам эшитиш аъзосининг тузилиши, кўзнинг тузилиши билан биргаликда ўрганишни «экспериментал психология» ёки «эшитиш психофизиологияси» деб аталувчи фанлар ташкил этади. Бу текширишларнинг асл мохияти одамнинг товуш, ёруғлик ва бошқа таъсир килувчиларга нисбатан миқдорий реакция ифодасини топишдан иборат. Факат эшитиш аъзосининг миқдорий тавсифлари билангина товуш ва мусикаларни узатиш учун радиокарнайларнинг частота диапазонлари, манбаларнинг табиий эшитилишига мос булган товушнинг шиддатлиги диапазони (мусика асбоблари овозлари), нутк хабарлари ва концерт дастурларини эшитишдаги белгиланган халакият берувчи товуш шиддатлиги ва б. техник талабларни таърифлаш мумкин. Бу хусусиятларни билиш нутк товушининг қандай таркиблари ахборот ташувчи, электроакустика трактларида узатилаётган сигналнинг қандай бузилиши сезиларли ва у эшиттиришнинг бадийлиги ёки аниқлиги билан қандай боғлиқлигини тушуниш учун зарур. Ниҳоят, одамнинг эшитиш аппарати – ўта мукамал биологик

аниқлайдиган тизим. Бу тизимнинг элементлари сунъий акустик ва электрон акустик аниқловчи тизимларни тузишда фойдали бўлиши мумкин.

Одам эшитиш аппарати ахборотларни ўзига хос қабул қилгич бўлиб, эшитиш тизимининг олий бўлимлари ва периферик қисмларидан ташкил топган.

Одам эшитиш аъзосининг тузилиши 1.1-расмда кўрсатилган.

1.1-расм. Одамнинг эшитиш аъзоси



Эшитиш аъзоси уч қисмдан: ташқи, ўрта ва ички кулоқдан иборат. Ташқи кулоқ, кулоқ чаноғи (1)дан иборат бўлиб, ундан кулоқ пардаси (3) билан туговчи эшитиш йўлакчаси (2) ажралади. Кулоқ пардаси товушни эшитиш жараёнидаги биринчи звено ҳисобланади. Кулоқ пардаси унга етиб келган ўзгарувчан босимли товуш тўлқинларига мос ҳолда тебранади. Атмосфера босими парданинг икки томонида бир хил бўлгандагина унинг нормал тебраниши кузатилади: парда ташқи ва ўрта кулоқнинг чегараси бўлиб ҳисобланади. Парданинг икки томонида товуш босимининг мувозанатлашуви ўрта кулоқдаги махсус евстахиева турубкаси (4) деб аталувчи бурун томоқ билан бирлашувчи канал ҳисобиغا эришилади. Босим мувозанатининг бузилиши натижасида кулоқда қаттиқ оғриқ пайдо бўлади. Бундай ҳисни ташқи

атмосфера босимининг самолёт кўниш ва учиш вақтидаги босимга нисбатан ошишини ҳаммамиз сезамиз. Ўрта кулоқ учта катта бўлмаган суякчалардан: болғача (5), ички тоғай (6) ва эшитув суякчаси (7)дан иборат. Суякчаларнинг бундай номланиши уларнинг шу нарсаларга ўхшашлиги туфайлидир. Суякчалар ўзига хос ричаг ҳосил қилиб, кулоқ пардаси тебранишини ички кулоққа узатади. Эшитиш суякчаси ички кулоқнинг мужазгина ясси овал дарчасига бириктирилган бўлиб, унга кулоқ пардаси қабул қилаётган тебранишларни узатади. Ички кулоқда жойлашган чаноқ (8) мембранани сийпаб ўтувчи илвирик суюқлик билан тўлдирилган. Мембранада 22 мингга яқин нерв толалари мавжуд бўлиб, у толалар тебранишларини бошмия қобиғига узатувчи вазифасини бажаради. Бошмияда товуш тебранишлари онгимиз билан сезувчи маълум товушга айланади.

Ўрта кулоқда яримдоира каналлари кўринишидаги вестибуляр аппарат (9) жойлашган. Бу аппарат эшитишга алоқаси бўлмаган ҳолда мувозанат аъзоси ҳисобланади. Товуш тебранишлари ички кулоққа кулоқ пардасини айланиб, бошмия суяклари орқали ҳам ўтиши мумкин. Маълумки, аста тебранаётган камертон оёғини тишлаб унинг товушини эшитиш мумкин. Гаранглик дардига мубтало бўлган америкалик ихтирочи Эдисон шундай деган эди: «Мен тишларим ва бошмия суягим ёрдамида эшитаман. Менга бошимни теккизишим етарли, агарда паст товушларни англай олмасам, мен тишларим билан тахта бўлакчаларини тишлайман ва унда менга ҳаммаси аён бўлади».

Физиологик нуқтаи назардан эшитиш аъзоси мутлақ ўзига хос, аммо ўта субъектив, яъни реал эшитиш жараёнига мавжуд товушларнинг объектив хусусиятларини киритадиган асбобдир. Айниқса, гап нутқ эшитиш баландлиги, кучи ва товуш тембри ҳақида борганда.

Эшитиш аъзосининг биринчи хусусияти – турли баландликдаги товуш эшитиш чегарасининг мавжудлигида. Кулоқ товуш тарзида частотаси 16 Гц дан 20000 Гц гача бўлган ораликдаги механик тебранишларни эшитади. 16 Гц дан паст частоталардаги тебранишларни биз эшитмаймиз.

Бундай товуш тебранишлари **инфра товушлар** деб аталади 20000 Гц дан юқори частота тебранишлари **ультра товушлар** деб аталади. Инфра ва ультра товуш тебранишларини ҳам эшитмаймиз. Инфра ва ультра товуш тебранишларини хайвонот олами яхши эшитади. Масалан, бир неча герц частотали ер кимирашини хайвонлар безовталаниб қабул қиладилар, бу уларнинг шу кичик частота тебранишларини эшитишидан далолат беради.

16 – 20000 Гц оралиғидаги товушларнинг эшитилиши бир хил эмас. Баланд товуш эшитилиш ҳисси унинг частотаси тахминан 14000 Гц ни ташкил этганда йўқолади. Бундан юқори частота товушларини эшитиш аъзоси тенг баландликдаги товушлардек қабул қилади. Частотанинг 14000 Гц дан юқори чегара 20000 Гц томонга ошиши товуш баландлигининг пасаяётгандек туюлишига олиб келади. Ёш ўтиши билан одамнинг эшитиш юқори чегараси 12000 Гц гача пасайиб, товуш баландлигини сезиш ҳам сусаяди.

Частота тебранишларининг кичик ўзгаришини эшитиш аъзоси қандай сезади? Эшитиш аъзосининг товуш частотаси ўзгаришига бўлган қобилияти **эшитиш аъзосининг нозиклиги** деб аталади. 1000 Гц ли товуш тебранишида частотанинг 3 Гц га ўзгариши сезиларли бўлади. Бундан чиқди, 600 – 4000 Гц оралиғида частотанинг 0,3% га нисбий ўзгариши ҳам сезиларли. Паст ва баланд товушларда бундай ўзгаришни сезиш учун частотани каттароқ қийматга ўзгартириш керак.

Муסיқачиларда муסיқа товуши баландлигини сезиш ва уни баҳолашда иккита тушунча мавжуд бўлиб, **абсолют** ва **нисбий** эшитиш қобилиятига ажратадилар.

Абсолют эшитиш қобилияти деб, камдан-кам одамларда учрайдиган берилган товуш баландлиги ва товуш нотасини аниқланишига айтилади. Абсолют эшитиш қобилиятига эга бўлган одам исталган нотани бошқа товуш билан солиштирмасдан қайта эшиттириши мумкин. Бундай абсолют эшитиш қобилиятига табиатан камданкам инсонлар эгадирлар, ҳаттоки кўпгина композитор ва ижрочи-муסיқачилар ҳам бундай қобилиятга эга эмаслар.

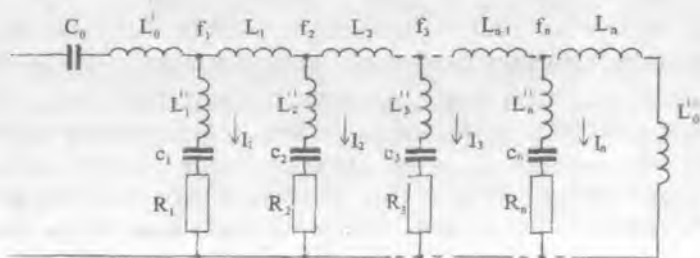
1.2. Частота буйича эшитиш

Юқорида айтилганидек, товуш тебраниши таъсирида эшитиш суякчаси овал дарча мембранасини ҳаракатга келтиради, у, ўз навбатида, лимфани тебратади. Лимфа асосий мембрана юзасига уринма, яъни унинг толаларига кундаланг тебранади.

Лимфанинг тебраниш частотасига боғлиқ ҳолда фақат маълум толаларигина тебранади. Геликотрема ёнида паст частоталарда резонансланадиган узун толалар, чаноқ асосида эса юқори частоталарда тебранадиغان қисқа толалар жойлашган. Бир неча таркиблардан иборат мураккаб товуш бир неча гуруҳ толаларини кўзғатади. Шундай қилиб, асосий мембрана частота таҳлиллагичи ролини ўйнайди.

Ҳар бир толанинг резонанс частотаси фақатгина тола параметрига боғлиқ бўлибгина қолмай, тола билан бирга кўзғалувчи, лимфанинг массасига ҳам боғлиқ. Бу масса резонансланувчи толадан овал дарчагача бўлган масофа билан аниқланади. Шунинг учун паст частоталардаги тебранишларда лимфанинг катта массаси, юқори частоталардаги тебранишларда эса лимфанинг кичик массаси қатнашади. 1.2-расмда эшитиш таҳлиллагичининг электр-эквивалент схемаси келтирилган.

1.2-расм. Чаноқнинг электр-эквивалент схемаси



C – овал ва думалок дарча мембраналари эквиваленти; L – геликотрема эквиваленти; L_k – лимфа массаси эквиваленти; I_k – толаларнинг тебраниш тезлиги.

1.2-расмдан кўришиб турибдики, чанокнинг электр эквивалент схемаси полосали фильтр схемасига ўхшаш. Эшитиш аъзосининг частота диапазони чегараси кенг бўлиб, 16÷20000 Гц ни ташкил этади.

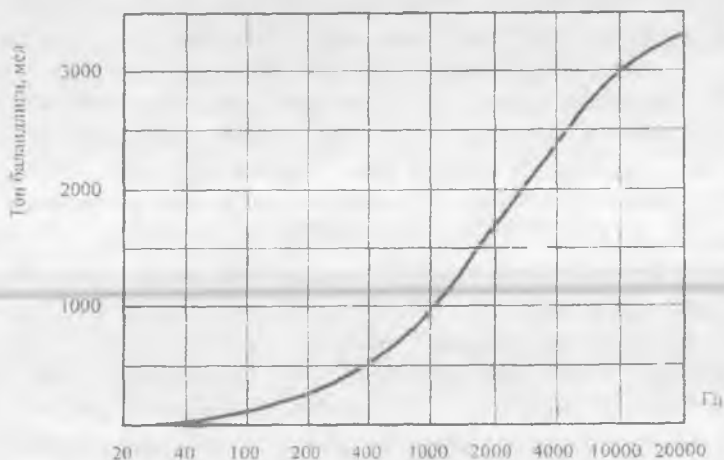
Эшитиш тахтиллагиичининг частота танловчанлиги катта кизикиш уйғотади, чунки электроакустик аппаратураларга бўлган талаб бу параметрга кўп жиҳатдан боғлиқ.

Одам эшитиш аъзосининг танловчанлик хусусиятини кийматли баҳолаш учун унинг асосий хусусияти бўлмиш товуш баландлиги тушунчасидан фойдаланамиз. Бу хусусият атроф-муҳитдаги товушларни айнан тенглаштириш ва классификациялашда катта аҳамиятга эга, эшитиш қобилиятининг бундай хусусияти мусикали интонация нуқтаи назари, яъни оҳанглар ва гармониялар асосида ётади. АИ81-994. Халқаро стандарт бўйича: «Баландлик (Pitch) бу товуш этишнинг ўзига хос хусусияти бўлиб, унда товушларни частота шкаласи бўйича пастдан юқорига жойлаштириш мумкин. Товуш баландлиги, асосан, уни рағбатлантириш товуш частотасига боғлиқ, шуниндек, товушнинг босими ва тўлқин шаклига ҳам боғлиқ». Шундай қилиб, тон баландлиги товуш сигналларининг чизикли классификацияси бўлиб, кўп-кам деб фикрлаш мумкин бўлган товуш баландлигидан фаркланади, демак, бу – нисбий классификация.

Дастлаб шуни таъкидлаш лозимки, эшитиш тизими даврий сигналларнинг товуш баландлигини аниқлайди, шунинг учун тон баландлигини фарқлашда асосий параметр бўлиб сигнал частотаси хисобланади. Агарда, бу мураккаб товуш бўлса, унда эшитиш тизими товуш баландлигини унинг асосий тони орқали аниқлайди, яъни унинг спектри гармоникаларидан ташкил топган бўлади (частоталари бутун сон нисбатидаги обертоналар). Агарда бу шарт бажарилмаса, унда эшитиш

аъзоси тон баландлигини аниқлай олмайди. Масалан, тарелкасимон муסיқа асбоблари, бонг ва бошқа маълум тон баландлигига эга эмаслар. Тон баландлигининг частотага боғлиқлиги 1.3-расмда берилган.

1.3-расм. Тон баландлигининг частотага боғлиқлиги



Тон баландлигининг ўлчов бирлиги – мел. Бир мел – частотаси 1000 Гц сатҳ бўйича сезиладиган товуш баландлигининг 40 дБ га тенг қиймати. Расмдан кўриниб турибдики, бу боғланиш чизикли эмас, масалан, частота уч марта ошганда (1000 дан 3000 Гц), товуш баландлиги фақат икки марта (1000 дан 2000 мел) ошади. Ночизикли боғлиқлик паст ва юкори частоталарда яққол кўзга ташланади. Частота диапазонининг ўрта қисмида тон баландлигининг мелда ўзгариши частота логарифмига пропорционал.

Частотаси бўйича фаркланувчи иккита турли тонлар баландлиги бўсагаларини ажратишга бағишланган масалалар бўйича кўпгина тадқиқот ишлари олиб борилган. Соф тон баландлигини сезиш фақат частотага боғлиқ бўлибгина қолмай, товуш жадаллигига ва унинг давомийлигига ҳам боғлиқ.

Киска товушлар курук чертмадек эшитилади, аммо товуш узайтирилган сари чертма тон баландлиги хиссини бера бошлайди. Чертмадан тонга ўтиш вакти частотага боғлиқ: паст частоталарда тон баландлигини аниқлаш учун импульс давомийлиги тахминан 60 мс: 1 кГц дан 2 кГц гача бўлган частоталарда 15 мс ни ташкил этади. Мураккаб товушлар учун бу вақт ортиб боради, нутк товушлари учун эса бу кўрсаткич 20 – 30 мс га тенг.

Таъкидлаш зарурки, эшитиш аъзосининг келтирилган юқори частота танловчанлик маълумотлари соф тонларни қабул этиш ҳолларига мос. Ҳақиқатда эса, соф тонлар жуда кам учрайди. Шунинг учун мураккаб товушлар таъсир этганда, инсон бутун частота диапазонида 250 га яқин градацияни аниқлайди, бу градациялар товуш жадаллиги камайиши билан қисқариб, 150 га яқинлашади. Шундай қилиб, қўшни градациялар ўртача бир-биридан частота бўйича 4% га фарқ қилади. Шунинг учун секундига 24 кадрли кинофильмларни телевидениеда секундига 25 кадр билан намоиш этиш мумкин. Бу ҳолда абсолют эшитиш кобилиятига эга бўлган мусиқачилар ҳам овоздаги фарқни англай олмайдилар, чунки частота тебранишлари фарқи 4% дан ошмайди. Бу фарқ секундига иккита кадрни ташкил этсагина, овоздаги фарқни англай оладилар.

Кенг полосали спектрга эга бўлган товушлар, масалан, шовкинлар эшитиш аъзоси асосий мембранасининг барча толаларини кўзғатади. Эшитиш аъзосининг кучсиз танловчанлиги ҳисобига эшитишнинг ҳар бир критик полосасида спектр интеграцияланади, эшитиш аъзоси узлуксиз спектрни дискретлайди, яъни у шовкин частота спектрига тенг критик полосалар сонига айлантиради.

Эшитиладиган частота диапазони бўйича товушни субъектив баҳолаш учун товуш баландлиги тушунчаси киритилган. Эшитишнинг критик полосаси кенглиги ўрта ва юқори частоталарда тахминан частотага пропорционал бўлганлиги учун эшитишнинг частота бўйича субъектив масштаби логарифмик конунга яқинроқ. Шунинг учун товуш баландлигининг объектив бирлиги сифатида субъектив

эшитишни тахминий акс этирадиган частоталарнинг икки карралик нисбати **октава** қабул қилинган (1; 2; 4; 8; 16 ва ҳ.к.). Октаваларни бўлақларга бўладилар: ярим октава, учдан бир октава. Учдан бир октава учун қуйидаги чегара частоталари стандартлаштирилган: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10. Агарда, бу частоталарни частота ўқига бир-биридан бир хил масофада жойлаштирилса, логарифмик масштаб ҳосил бўлади. Шулардан келиб чиққан ҳолда, барча ўлчовларни субъектив масштабга яқинлаштириш мақсадида, товуш узатиш қурилмаларининг частота тавсифлари логарифмик масштабда чизилади. Товушларни бу частоталарда эшитиш ҳисси аниқроқ бўлиши мақсадида эшитиш тавсифлари учун алоҳида субъектив – 1000 Гц частотагача деярли чизиқли масштаб ва ундан юқори частоталар учун логарифмик масштаб қабул қилинган. Товуш баландлигининг ўлчов бирлиги сифатида мел ва **барк** (100 мел = 1 барк) қабул қилинган. Умумий ҳолда мураккаб товуш баландлигини аниқ ҳисоблаб бўлмайди.

1.3. Эшитиш бўсағаси ва оғриқ бўсағаси

Агарда одам эшитиш аъзоси асосий мембранасининг толаси тебранганида, ёнидаги тукли катакчага тегмаса, унда одам товушни эшитмайди. Толанинг тебраниш амплитудаси ошганда, ёнидаги тукли катакчага теккан заҳоти нерв толалари қўзғалиб, бошмия эшитиш марказига электр импульсларини юборади, натижада товуш эшитилади.

Мутлоқ тинчликда 1000 Гц частотали товуш эшитилиши учун одам кулоғи яқинидаги босим амплитудаси $2,84 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$ (эффektiv қиймати – $2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$) бўлиши керак. Бу қиймат атмосфера босимининг $2 \cdot 10^{-5}$ қийматини ташкил этади. Бу ҳолда, ясси тўлқин жадаллиги 10^{-12} Вт/м^2 га тенг. Шуниси кизиқки, ҳаво заррачаларининг силжиш амплитудаси молекула радиусининг ўндан бир бўлагидан кам.

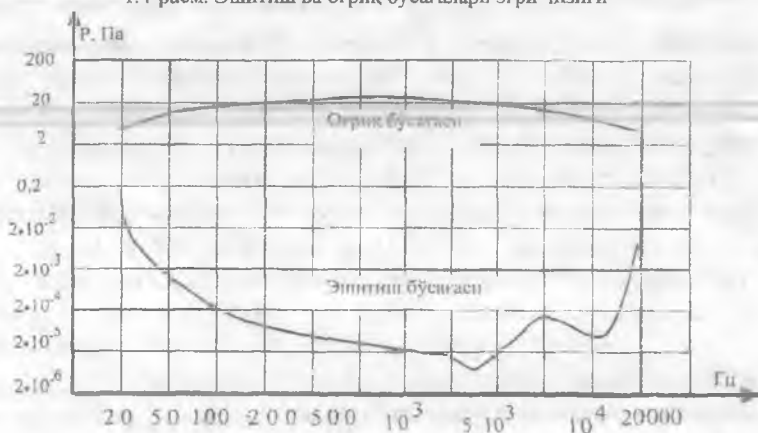
Кулск пардасига таъсир қилаётган флукуацияларнинг тасодиқий иссиқлик молекуляр ҳаракати билан боғлиқ бўлган

босим кучининг ўзгариши, мутлоқ тинчликдаги товуш босимидан бор-йўғи 5–10 марта кичик.

Халакит берувчи шовкин ва бошқа товушлар йўқлигида базўр эшитиладиган товуш босими – **бўсаға қиймати**, ёки базўр эшитилиб эшитилмас қиймати **эшитилиш бўсағаси** деб аталади. Тадқиқотчилар эшитилиш бўсағасини аниқлаш устида талайгина ишлар олиб бордилар. Натижада шу нарса аниқландики, эшитилиш бўсағаси турли одамларда турлича. Бу фарқнинг ўзгариши бир хил ёшдаги эшитиш аъзоси соғлом одамлар учун тасодифийдир. Эшитиш бўсағаси бир кишининг ўзида, эшитиш шароити, чарчоклиги, ҳаяжонланиши ва б. хисобига ўзгариши мумкин. Шунинг учун ишончли эшитилиш бўсағаси ҳақидаги маълумотларни фақат статистик йўл билан, яъни маълум шароитларда кўпчилик одамларда ўлчаш билан аниқлаш мумкин.

Бундай статистик тадқиқотлар АҚШда (1938 – 1939 йиллар), Англияда (1956 – 1957 йиллар), собиқ СССРда (1958 йил) олиб борилган. Халқаро келишувга асосан, эшитиш бўсағасининг стандарти сифатида 1.4-расмда келтирилган соф синусоидал сигналнинг частотага боғлиқлик эгри чизиғи қабул қилинган. Текширишлар 18 ёшдан 23 ёшгача бўлган эшитиш аъзоси соғлом одамлар билан олиб борилган.

1.4-расм. Эшитиш ва оғрик бўсағалари эгри чизиғи



1.4-расмдан кўриниб турибдики, эшитиш бўсағаси частотага ўта боғлиқ. Товушлар 2000 Гц дан 4000 Гц гача бўлган диапазонда товуш босими $2 \cdot 10^{-5}$ Па ва ундан кам бўлган кийматларда сезилади. Шу билан бирга, паст ва юқори частоталарда эшитиш бўсағаси сезиларли ошади. Биз товуш жадаллигини 20 000 Гц дан юқорисига қанчалик оширмайлик, товуш хисси пайдо бўлмайди, яъни бу кўпчилик одамлар учун эшитиш чегарасидан юқори. Худди шундай ҳолат товуш частоталари 16–20 Гц дан паст бўлганда ҳам кузатилади.

Агарда, эшитилаётган товуш частотасини секин-аста ошира борсак, товуш баландлиги ошаётгандек туюлади. Товуш босимининг кейинги кийматида кулоқда оғриқ сезила бошлайди. Оғриқ сезила бошлаган товуш босими **оғриқ сезиш бўсағаси** деб аталади. Оғриқ сезиш бўсағасининг частотага боғлиқлик эгри чизиғи, эшитилиш бўсағаси эгри чизиғига нисбатан, бир мунча текисроқ.

Айрим ўқув кўлланмалар ва сўровномаларда эшитиш бўсағасининг абсолют ва частотага боғлиқликнинг турли кийматлари берилган. Бу фарқ эшитиш бўсағасини ўлчашнинг турли усулларидан фойдаланганлиги натижасидир. Масалан, ўлчашлар бир кулоқда эшитиш ёки икки кулоқда эшитиш учун олиб борилган бўлиши мумкин. Бундан ташқари, шундай эшитиш бўсағалари мавжудки, айримлари кулоқ чаноғи ёнгинасида (телефон) аниқланади, бошқалари эса товуш тўлкинлари фронтал тушиб, хонадаги тўсиқлардан бир неча бор қайтиши натижасида аниқланади.

Товуш эшитишнинг юқори чегараси (катта сатхлар томонидан) частота ўзгаришига камроқ боғлиқ, эшитиш бўсағасининг катта сатхли кийматлари 1.1-жадвалда келтирилган. Юқори ва паст эшитиш бўсағаларини солиштириб шуни айтиш мумкинки, ўрта частоталарда нормал эшитиш динамик диапазони 120–130 дБ ни ташкил этади.

1.1-жадвал

| Бўсағалар | Соф тонлар | Узлуксиз спектрли шовкинлар |
|---|------------|-----------------------------|
| $P_{эфф} = 2 \cdot 10^{-3}$ Па га нисбатан дБ ларда | | |

O'QUV ZALI

TATU KUTUBXONASI
368788-SOHLI

| | | |
|------------------------|-----|-----|
| Ўқимсиз сезиш бўсағаси | 90 | 110 |
| Сезиш бўсағаси | 112 | 132 |
| Оғрик бўсағаси | 120 | 140 |

1.4. Товуш жадаллигининг дифференциал эшитиш бўсағаси

Товуш жадаллиги толанинг амплитудаси яна бир катакчага тегмагунча оширилганда, эшитиш бўсағаси ўзгармас қолади. Бир тола кейинги катакчага теккан захоти, эшитиш бўсағаси сакраб ошади. Товуш жадаллиги ошган сари асосий мембрананинг кўзгалиш зонаси кенгая боради: кўшни толалар ҳам тебрана бошлайди, натижада улар ҳам нерв катакчаларини бирин-кетин кўзгатади. Уларнинг ҳар бири эшитиш марказига импульс юборади. Эшитиш бўсағаси кўзгалган катакчалар сони ошган сари сакраб оша боради. Эшитишнинг бундай сакрашли ўзгариши жадалликни ажратиш бўсағаси деб аталади. Бундай сакрашлар сони ўрта частоталарда 250 дан ошмайди, паст ва юқори частоталарда уларнинг сони камая боради ва частота диапазонида ўртача 150 яқиндир. Ниҳоят, товуш жадаллиги яна ҳам оширилганда оғрик сезила бошланади – оғрик бўсағаси (оғрик сезиш бўсағаси) бошланади. Оғрик бўсағаси жуда катта жадалликда пайдо бўлади. Оғрик бўсағасининг энг катта қиймати 800 Гц да кузатилади (1 Вт/м^2 га яқинроқ). Паст ва юқори частоталар томон бу қиймат секин-аста пасая боради. Шундай қилиб, товуш фақат частота буйича эмас, балки амплитуда буйича ҳам дискрет эшитилади. Частота ва амплитуда буйича товуш дискретлигини инобатга олиб, бутун эшитиш бўсағасида 22000 яқин элементар градацияларни аниқлаш мумкин. Бу кўрсаткич нерв толаларининг сонига тахминан тенгдир. Иккита бир хил частотали товуш жадаллигининг минимал ажратилиш фарқи товуш жадаллигининг дифференциал эшитиш бўсағаси деб аталади.

Аммо товуш босими ёки товуш энергияси кўринишидаги товуш кучи, товуш баландлигини сезиш ёки субъектив товуш кучи деб аталувчи ўлчов бирлиги бўла олмайди.

Товуш баландлигини товуш кучининг субъектив ўлчами сифатида қандай баҳолаш мумкин? Бунга 1846 йилда Вебер ифодалаган психофизик қонун асос бўла олади. Унга кўра минимал эшитилаётган айрим рағбатлантирувчи ўсувчи товуш жадаллиги қийматини унинг дастлабки қийматига нисбати ўзгармасдир. Товуш кучини (товуш рағбатлантирувчиси) J орқали белгилаб, Вебер қонунини қуйидаги кўринишида ёзамиз

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

бунда, ΔJ – жадалликнинг ўсиши, уни товуш жадаллиги J га қўшганда J ва $J + \Delta J$ лар ўртасидаги товушлар баландлиги аниқ бўлсин.

$\frac{\Delta J}{J}$ нисбат тахминан 10% ни ташкил этади. Яна бир бор таъкидлаб ўтамиз, бу нисбат асаб тизимлари хусусиятлари билан боғлиқ бўлиб, у фақат товуш таъсирида намоён бўлиб қолмасдан, балки кўриш, сезиш ва б. ҳам намоён бўлади, шунинг учун ҳам умумий физиологик қонун номини олган. Кейинчалик Вебер назариясини 1860 йилда Фехнер ривожлантирди. Фехнер ΔJ ўсишни чексиз кичик dJ деб олиб, уни сезиш ҳиссининг кичик ўсиши dE га пропорционал деб ҳисоблади.

Бу ҳолда

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

бунда, dJ – жадалликнинг ўсиши; dE – мос ҳолда «сезиш ҳиссининг чексиз кичик ўсиши», A – сезиш ҳиссининг ўлчов бирлигига боғлиқ бўлган ўзгармас катталиқ.

1.2 ни интеграллаб, қуйидаги ифодани оламиз:

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

Бунда, C – интеграллаш доимийси. Эшитиш бўсағасида $E=0$ ва $J=J_0$ деб ҳисоблаб топамиз

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

ва машҳур Вебер-Фехнер номи билан аталувчи логарифмик қонун формуласини оламиз, унга кўра бир хил нисбий ўзгарувчи кўзгатувчи куч бир хил абсолют ўзгарувчи эшитиш

ҳиссини уйғотади, яъни эшитиш ҳисси (E) кўзгатиш логарифмига пропорционал

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

Эшитиш ҳиссини баҳолаш учун «бел» ($a=1$) деб номланган ўлчов бирлик кабул қилинган. Бу ўлчам жадалликнинг ўн каррали нисбатига тенг, шунинг учун ундан кичикроқ ўлчов бирлик – децибел (дБ), 0,1 бел киритилган. 1.5 формулани ўнлик логарифмда ифодалаймиз

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

Бу формула, товушни ҳис этиш сатҳи ўлчамини беради. Товуш эшитиш ҳисси ўлчамини баҳолашда децибел шкаласини қўллашнинг яна бир қулайлиги шундаки, сезишнинг минимал ўсиши тахминан 0,5 дБ га тенг. Эшитишнинг логарифмик конуни ва эшитилувчи товушлар жадаллигининг диапазони кенг бўлганлиги сабабли объектив баҳолаш мақсадида жадаллик сатҳи тушунчаси киритилган

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

бунда, I_0 -нолинчи жадаллик, бу жадаллик $I_0=10^{-12}$ Вт/м² ёки 10^{-12} р₀²/400, яъни $I_0=2 \cdot 10^{-5}$ Па тенг. Демак, жадалликнинг оғрик сатҳи тахминан 120 дБ га тенг.

Товуш жадаллиги ва товуш босимининг квадрат нисбатига асосан

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

бунда, I_0 – нолинчи сатҳдаги товуш босими, $p_0=2 \cdot 10^{-5}$ Па ёки $p_0=r_a=r_c=400$ кг/см² тенг; $r_a=r_c$ – тўлқиннинг акустик қаршилиги. $p_0=2 \cdot 10^{-5}$ Н/м² одам қулоғининг 1000 Гц частотадаги стандарт эшитиш бўсағаси ҳисоблаб, қуйидаги ифодани олаемиз:

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

Товуш жадаллиги сатҳи қиймати қуйидагича аниқланади:

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

1.9 ёки 1.10 формулалари оркали аниқланадиган сатх децибелларда ифодаланган товуш босими сатҳи деб аталади.

Энергия зичлиги товуш жадаллигига тўғри пропорционал, шунинг учун унинг сатҳи

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

бунда, $\epsilon_0 = 3 \cdot 10^{-15}$ Дж/м³ – энергия зичлиги.

Сатх тушунчаси фақат акустикадагина эмас, балки электротехникада ҳам қўлланилади. Электр сатх

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

Электр қийматларнинг нолинчи сатҳлари куйидагича аниқланади:

U_0 – кучланишда $R=600$ Ом қаршиликда ажралаётган қувват 1 мВт га тенг булмоғи керак. Бундан осонгина $U_0 = 0,775$ В ва $I_0=1,29$ мА қийматларни топамиз. Бу маълумотлар телефониядан олинган.

Телефонияда кўп йиллар логарифмик шкала – непер қўлланиб келган. Бир непер кучланишлар нисбатининг 2,718 га тенг бўлиб, асоси натурал логарифм. Шундай қилиб,

агарда, $U/U_0 = e$, ундан $L_{Нп} = \ln \frac{U}{U_0} = 1Нп$, $1Нп = 8,68$ дБ, 1 дБ = $0,115$ Нп га тенг.

1.5. Товуш баландлиги ва товуш баландлиги сатҳи

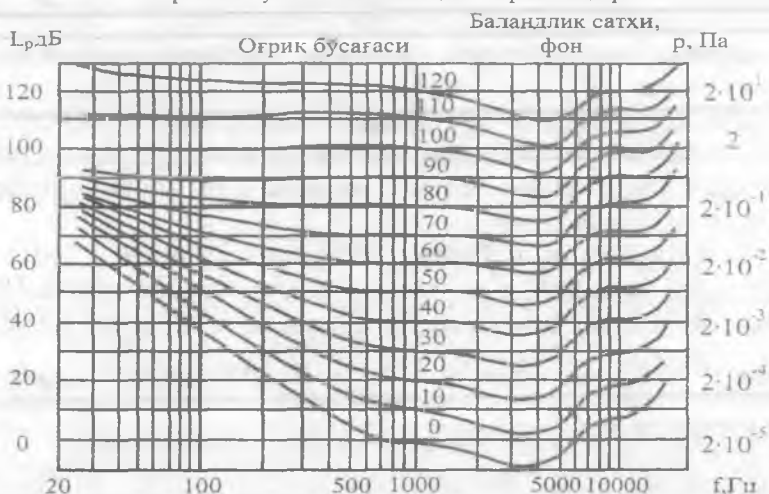
Товуш баландлигини ҳис этиш ўлчамини биринчи Г. Баркгаузен киритган. Кейинчалик унинг таклифи халқаро қўламда қабул қилинди. Шунга биноан, **товуш баландлиги** сатҳи катталиқ ўлчами сифатида киритилди.

Товуш баландлиги сатҳининг эталони сифатида 1000 Гц частотали соф тон жадаллиги олинган. Товуш баландлигининг ўлчов бирлиги **фон** деб аталади. Фонларда ўлчанган 1000 Гц

частотадаги товуш баландлиги сатҳи унинг децибеллардаги жадаллиги сатҳига тенг. Қандайдир товушнинг баландлик сатҳини аниқлаш учун 1000 Гц частотали соф тон олиб унинг баландлигини аниқланаётган товуш баландлиги билан баробар бўлгунча ўзгартириш етарли, бунда эталон тон жадаллиги сон жиҳатдан аниқланаётган товуш баландлиги сатҳига тенг бўлади.

Субъектив статистик усул билан тенг баландликдаги соф тонлар жадаллигининг частотага боғлиқлиги эгри чизиғи аниқланган. Бу эгри чизиқлар товушнинг **тенг баландлик эгри чизиқлари** деб аталади.

1.5-расм. Товушнинг тенг баландлик эгри чизиқлари



Расмдан кўриниб турибдики, товуш баландлиги ошган сари тенг баландлик эгри чизиқлари бирозгина текисланади.

Масалан, нолинчи сатҳли товуш баландлиги учун (эшитиш бўсағасида) 100 Гц частотали тон жадаллиги 38 дБ га тенг, 500 Гц частотали тон эса 7 дБ га тенг. 80 фонга тенг бўлган товуш баландлигини олиш учун (1.5-расм – 80 дБ эгри чизиқ), шу тонларнинг жадаллик сатҳига мос ҳолда 83 ва 80 дБга тенг бўлиши керак, яъни иккала тон амалда бир хил жадаллик сатҳига эга бўлса, товуш баландлиги ҳам тенг бўлади. Демак, юқори частоталарда товуш баландлигининг частота тавсифи

бир мунча текис бўлиб, физик ва субъектив тавсифлар бири-бирига яқин. Бу ҳолат иккита амалий тавсияга олиб келди.

Фараз қилайлик, товуш 80 фонга тенг бўлган сатҳда тингланяпти, биз тембр бошқаргичини ўзимизга оптимал бўлган эшитиш ҳолатига ўрнатганмиз. Энди кучайтиргични 30 дБ га пасайтирамиз, товуш янграши жадаллиги ҳам 30 дБ га пасаяди. Бунинг натижасида 1000 Гц частота яқинида жойлашган частота таркиблари 50 фонга тенг баландлик сатҳига эга бўлади, 100 Гц частота яқинида жойлашган частота таркиблари баландлиги сатҳи эса, 22 фонгача пасайиб кетади, яъни улар ўрта частота товушларидан пастроқ янграйди.

Паст частоталарнинг янграш баландлиги ўрта частоталарникидек қолиши учун товуш узатиш трактининг паст частоталардаги сезгирлиги частота тавсифини коррекциялаш керак (100 Гц да 17÷20 дБ га кўтариш керак). Радио қабулқилгичларда кучайтириш коэффициенти камайса, паст частоталарда уларнинг кучайиши автоматик равишда коррекцияланади.

Юқори сатҳли шовқин баландлигини ўлчаганда шовқин ўлчовчи асбоб (шумомер)нинг сезгирлиги частотага боғлиқ бўлмаслиги керак, бу товуш баландлигини субъектив эшитишга мос келади. Паст частота товуш баландлигини ўлчаганда эса, шовқин ўлчагичнинг кўрсаткичи эшитиш аъзоимизнинг паст частоталардаги сезгирлиги ўрта частоталардаги сезгирлигига нисбатан пастроқлиги инобатга олингандагана субъектив бўлиши мумкин. Шунинг учун шовқин ўлчагичларда товуш баландлигини паст частоталарда ўлчаганда кучайтириш коэффициенти пасайтирилиб коррекция киритилади. Масалан, 30 фонлик товуш баландлиги ўлчаняпти, бунда 100 Гц частотада 1000 Гц частотадагига нисбатан товуш баландлиги сатҳининг пасайиши тахминан 30 дБ бўлиши керак (1.5-расм – 30 дБ эгри чизик). Шовқин ўлчагичда паст частоталарни коррекциялаш учун учта тартиб мавжуд: А, В ва С.

Шовқин ўлчагичнинг структура схемаси 1.6-расмда келтирилган.

1.6-расм. Шовкин ўлчагичнинг структура схемаси



Бунда: М – ўлчагич микрофони, МК – микрофон кучайтиргичи, КК – коррекцияловчи қурилма, Д – детектор, КА – кўрсатувчи асбоб.

Шуни таъкидлаш лозимки, шовкин ўлчагичнинг оддий ўлчов асбоблардан фарқи шундаки, унинг таркибида паст частоталарни коррекцияловчи блок бўлиб, унинг частота тавсифи одам эшитиш аъзоси тавсифига (1.5-расм) мосроқ. Бошқача қилиб айтганда, коррекцияловчи блок “сунъий кулоқ” вазифасини бажаради. Унда товуш сатҳларини $A = 40$ дБ, $B = 70$ дБ ва $C = 80$ дБ ундан юқори сатҳларни ўлчаш учун белгиланган. Бундай ўлчанган товуш баландлиги сатҳлари субъектив аниқлангандаги товуш баландлиги сатҳларига мосроқ келади.

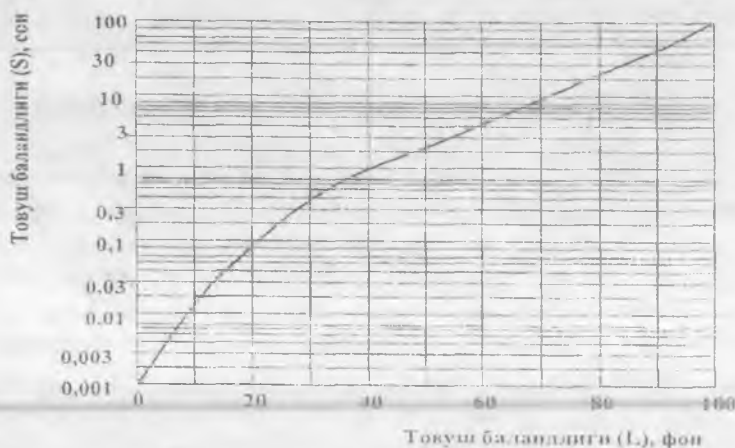
Товуш баландлиги сатҳи товушни субъектив эшитишни характерласа ҳам, ҳақиқий субъектив эшитиш масштабига мос эмас. Масалан, товуш баландлигини 40 фондан юқори диапазонда 10 фонга ошириш, товуш баландлиги субъектив сезгирлигини икки баробар ошишига тенг. Фон товуш баландлигининг ўлчов бирлиги сифатида ноқулайлиги шундаки, масалан, иккита ҳар хил частотали синусоидал сигналларнинг товуш баландлигини билган ҳолда уларни оддийгина қўшиб, икки тоналли сигналнинг товуш баландлигини аниқлаш мумкин эмас. Шунинг учун товуш баландлиги S ўлчов бирлиги сифатида сон киритилган. $S=1$ сон 1000 Гц частотада қиймати 40 дБ бўлган синусоидал товуш босимиغا мос келади.

1.6 расмда товуш баландлигининг фон ва сон ўлчов бирлигидаги соф тоьларнинг солиштирма эгри чизиги келтирилган. Фон ва дБ ларда ўлчанган товуш баландлигини боғлайдиган эмпирик формула қуйидагича:

$$S = 2^{(L(\text{фон}) - 40) / 10}, \text{ сон ёки } \lg S = \frac{L - 40}{33}, \text{ дБ} \quad (1.13)$$

Бу формула фақат $L = 40 \div 120$ дБ диапазонларида яхши натижа беради.

1.7-расм. Фон ва сон ўлчов бирликдаги товуш баландлигининг солиштирма эгри чизиги



1.2-жадвалда кўпроқ учрайдиган товуш ва шовкинларнинг фон ва сон ўлчовларидаги сатҳлар келтирилган.

1.2-жадвал

| T/P № | Товуш ёки шовкин манбаи ва улчаш жойи | Баландлик сатҳи, фон | Баландлик сатҳи, сон |
|-------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 3. | 5 м масофадаги авиация мотори | 116–120 | 346–556 |
| 2. | Метро поездининг ҳаракатдаги шовкини | 85–90 | 25–38 |
| 3. | Ҳаракатдаги автобус, 5 м масофада | 85–88 | 25–32,2 |
| 4. | 10 – 20 м масофадаги трамвай | 80–85 | 17,1–25 |
| 5. | 20 м масофадаги хуштак овози | 70 | 7,95 |
| 6. | Шовкин куча | 60–75 | 4,35–11,4 |
| 7. | Кучадаги ўртача шовкин | 55–60 | 3,08–4,35 |
| 8. | Тинч куча, кундузи | 40 | 1,0 |
| 9. | Тинч боғ | 20 | 0,097 |
| 10. | Қозонхона цехи | 100–103 | 88–116 |
| 11. | Тикув цехидаги умумий шовкин | 96–100 | 62–88 |
| 12. | Дарахтни қайта ишловчи фабрика | 96–98 | 62–74 |
| 1.3. | Симфоник оркестр | 80–100 | 17,1–88 |
| 14. | Қарсақлар | 60–75 | 4,4–11,4 |
| 15. | Радио орқали баланд мусика | 80 | 17,1 |
| 16. | Радиомарказ (студия – ижро вақтида) | 40–50 | 1÷2,2 |

| | | | |
|-----|------------------------------|-------|-----------|
| 17. | Кутубхона | 25-30 | 0,2-0,36 |
| 18. | Касалхона | 20-30 | 0,1-0,36 |
| 19. | Нотяқ - 1 м масофада | 70-80 | 10-22 |
| 20. | 1 м масофадаги оддий сухбат | 55-60 | 3,08-4,35 |
| 21. | 1 м масофада шивирлаб сузлаш | 20 | 0,1 |
| 22. | Шовкин мажлис | 65-70 | 5,87-7,95 |

1.6. Мураккаб товушларни эшитиш. Ниқоблаш

Шу вақтгача синусоидал қонун бўйича ўзгарувчи соф тонлар кўриб чиқилди. Аммо соф тонлар табиатда жуда кам учрайди. Кўпгина мусика тонлари соф тон эмас, балки мураккаб тонлардир. Мураккаб тон асосий тон, обертонлар ёки гармоникалардан иборат. Обертонлар асосий тон частоталари билан оддий каррали нисбатда бўладилар. Мураккаб тон битта эмас, бир неча обертонлардан ташкил топиши мумкин. Тажриба шуни кўрсатадики, фазанинг жуда катта ораликда ўзгариши мураккаб тонлари эшитишга таъсир қилмайди, фақатгина жуда баланд товушлардагина тонлар ташкил этувчиларининг фазалари таъсир кўрсата бошлайди. Мураккаб тон ночизиқли тавсифга эга бўлган у ёки бу қурилманинг чиқишида, ҳатто унинг киришига соф тон берилган ҳолда ҳам олинishi мумкин. Шундай қилиб, бизнинг қулоқ ҳам ночизиқли қурилма ҳисобланади. Унга етарлича катта жадалликка эга бўлган соф тон билан таъсир этиб, мураккаб тон ҳис этишимиз мумкин. Шу сабабдан қулоғимизга жуда кучли инфратовуш частотали тон билан таъсир этилса, биз бу тонни қулоғимизда пайдо бўладиган гармоникалар ҳисобига эшитамиз. Шовкин товушнинг тонга нисбатан мураккаброқ кўринишидир. Мураккаб тонлардан фаркли равишда шовкин ташкил этувчиларнинг частоталари оддий каррали нисбатда эмас. Бундан ташқари, бу ташкил этувчиларнинг частота ва амплитудалари вақт бўйича ўзгариб туради. Субъектив жиҳатдан тон билан шовкиннинг бир-биридан фарқи шундаки, биринчисида товуш баландлиги билан тавсифлаш мумкин бўлса, иккинчисига нисбатан аксари ҳолларда бундай тавсифлаб бўлмайди. Қундалик ҳаётимизда

учрайдиган товушлар, шу жумладан, инсон нутқнинг анчагина қисми ҳам шовқин характерига эга. Кундалик тажрибамиздан биламизки, агар у аниқ ифодаланган бўлса, ҳар қандай товушнинг субъектив тавсифи унинг катталиги ва баландлигидир. Аммо, бундан ташқари, деярли барча товушларда уларнинг тембри, яъни товушларнинг табиатини акс эттирувчи бир-биридан ажратадиган субъектив ранг билан ажралиб туради. Масалан, эркак, аёл ёки бола битта товушни бир хил баландликда чиқарган бўлса ҳам, уларни ажратиб олиш кийин эмас. Худди шунга ўхшаш битта нота қандай мусиқа асбоби билан олинганлигини аниқлаш жуда осон. Тембр товуш манба айна дақиқада қандай асосий частотани нурлатаётганидан қатъи назар, шу манбага хос частотавий ташкил этувчилар билан аниқланади. Хусусан, одам нутқи, ҳар бир одам ўзининг индивидуал хусусиятларига кўра, фақат унга хос томоқ ва оғиз бўшлиқларига эга бўлиб, улар резонатор сифатида нутқнинг у ёки бу частотавий ташкил этувчиларини ажратиб беради.

Агарда эшитиш аъзомизга бир вақтнинг ўзида турли товушлар таъсир этса, товушларни қабул қилиш кескин ўзгаради. Масалан, тинч пайтда жуда тушунарли бўлган нутқ, кучли шовқин таъсирида эшитилмаслиги мумкин. Бу ҳодиса **ниқоблаш** деб аталади. Эшитилиши керак бўлган товуш — **ниқобланувчи товуш** ва эшитишга ҳалал берувчи товуш эса **ниқобловчи товуш** деб аталади. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ниқобловчи товуш қанчалик кучли бўлса ва унинг частотаси ниқобланувчи товуш частотасига қанчалик яқин бўлса, ниқоблаш эффекти шунчалик кучли бўлади. Бунда ниқобловчи товуш частотаси ниқобланувчи товуш частотасидан паст бўлса, ниқоблаш эффекти шунчалик кучли сезилади.

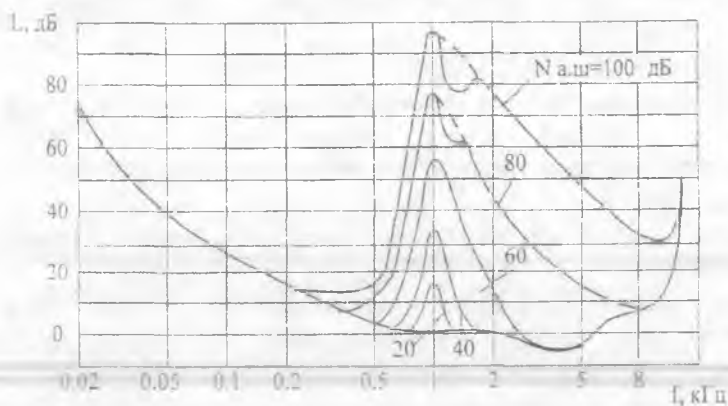
Ниқоблаш қуйидаги формула билан аниқланади

$$\Delta L_m = L_{a.ш.} - L_a \quad (1.14)$$

бунда $L_{a.ш.}$ ва L_a — шовқин ва тинч ҳолатлардаги эшитиш бўсага сатҳлари. Халақит берувчи товуш фойдали товуш сатҳидан етарлича катта бўлганда, фойдали товуш эшитилмаслиги мумкин.

Тор полосали шовкин сатҳининг тонни никоблашга таъсири 1.8-расмда кўрсатилган. Никобловчи шовкиннинг частота полосаси хенглиги 160 Гц ни ташкил этади. Унинг $L_{аш}$ сатхи эса мос ҳолда 100, 80, 60, 40 ва 20 дБ га тенг. Барча бешта эгри чизик тон частотасига тенг шовкин полосасининг 1000 Гц ли ўртача частотасида аниқ ифодаланган максимумга эга. Частота таркиби қабул қилинаётган товуш частота полосасида ётган, жадаллик сатхи қабул қилинаётган товуш сатҳидан бир мунча катта бўлган шовкин таъсирида эшитиш бўсағаси ошади, кўзгалган нерв толалари эшитиш марказига шовкинга мос импульслар юборади. Кичик сатҳдаги қабул қилинаётган товуш дискретлиги натижасида эшитишга ҳеч нарса қўшолмайди, шунинг учун биз уни эшитмаймиз.

1.8-расм. Тоннинг эшитиш бўсағаси турли сатҳдаги шовкин билан никоблагандэ унинг эшитилиш боғлиқлиги



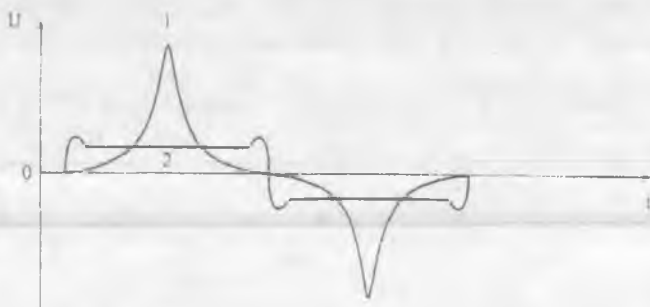
Тажриба йўли билан, паст частотали тонлар юкори частотали тонларни кучлироқ никоблаши аниқланган. Бунинг сабаби шундаки, паст частоталарда резонансланадиган ва чанок толалари, овал ойнадан узоқда жойлашган, чанок каналларида у ёки бу даражада тебранаётган лимфа овал ойнага яқин барча толаларни, жумладан, юкори частотали толаларни ҳам кўзгатади. Юкори частоталарда резонансланадиган толалар овал ойнага яқин жойлашган ва лимфа

тебранишлари узоқда жойлашган паст частотали толаларга етмасдан сўнади.

1.7. Эшитишни сеза билишнинг вақт тавсифлари

Гельмгольц ва Флетчерларнинг маълумотларига қараганда, одам эшитиш аъзосининг турли критик полосаларига таркибида бир неча частота ташкил этувчилари бўлган мураккаб тебранишлар таъсир этганда, одам эшитиш аъзоси частота ташкил этувчилар орасидаги ўзаро фаза силжишларни сезмайди, яъни амалда эгри чизик шаклини сезмайди. Масалан, 1.9-расмда кўрсатилган мураккаб товушларнинг жаранглаши товуш баландлиги сатҳи 60 фондан ошгандагина, эшитишнинг фақат ночизиклиги туфайлигина ўзаро фарк қилади.

1.9-расм. Эшитиш аъзоси бир хил сезадиган товуш тебранишлари

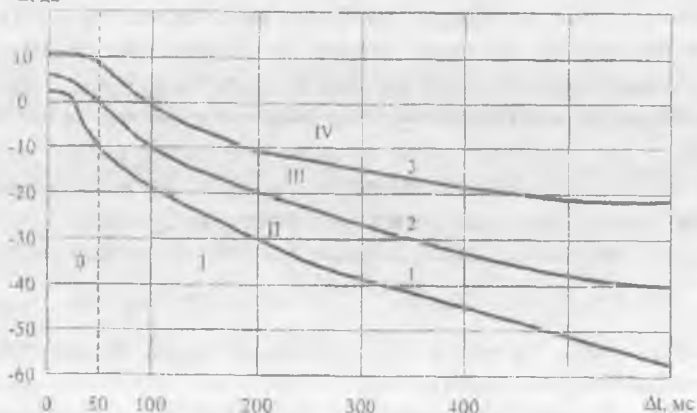


Кўзгатувчи куч йўқолганда эшитиш аъзосининг сезгирлиги бирдан йўқолмасдан, аста-секин нолгача камаяди. Бу эффект **эшитиш таассуроти** деб аталади. Товуш баландлиги сатҳи бўйича сезгирликнинг 8,7 фонгача пасайишига кетган вақт **эшитиш аъзосининг вақт доимийси** деб аталади. Бу вақт доимийсининг ўлчами (катталиги) бир қатор ҳолатларга ва ҳатто қабул қилинувчи товушнинг параметрларига ҳам боғлиқ. Бу вақт, ўртача олганда 150 – 200 мс га тенг деб ҳисобланади.

Агарда тингловчи иккита товушни қабул қилиб, улардан биттаси иккинчисига нисбатан 50 мс га кечикса, унда иккала товуш кўшилиб ҳар доим битта товушдек қабул қилинади. (Тўғри, товушлар бир биридан 30 мс дан ортиқ кечикканда ҳосил бўлган товуш жаранглашида айрим сифат ўзгаришлари сезилади). Кечикиш 50 мс дан кўпроқ чўзилганда эса, товушлар алоҳида-алоҳида эшитилади. Бирок иккинчи товушнинг сатҳи биринчисига нисбатан кичикроқ бўлса, унда у алоҳида товуш сифатида эшитилмаслиги ёки унинг сатҳи биринчисиникидан қанчалик кичиклигига қараб алоҳида эшитилиши мумкин. 1.10-расмда алоҳида-алоҳида қабул қилинадиган иккита товуш сатҳлари фарқи орасидаги боғланишни ифодаловчи эгри чизик кўрсатилган (1-эгри чизик). Агарда товушлар битта манбадан чиксаю, улардан бири у ёки бу тўсикдан қайтиши ҳисобига катта йўл босиб ўтса, кейинги алоҳида эшитиладиган товуш акс садо деб аталади.

Агарда тўғри ва қайтган товушлар сатҳининг фарқи 2 эгри чизикда кўрсатилган қийматлардан ошмаса, унда кечикувчи товушни эшитиш мумкин (II зона), кўрсатилган қийматлардан ошганда, кечикувчи товуш акс садо сифатида эшитилади ва нутқ аниқлиги ҳали пасаймайди (III зона). Сатҳлар фарқи 3 эгри чизикдаги кўрсаткичлардан ошганданида (IV зона), акс садо ҳисобига нутқ аниқлигининг пасайиши сезила бошлайди.

1.10-расм. Тугри ва кечиккан сатхлар ўртасидаги талаб этилган фарқ ва кайтган товушнинг кечикиш вақти ўртасидаги боғлиқликни ифодаловчи эгри чизиклар ΔL , дБ



Эгри чизиклар:

- 1 — акс садонинг эшитилиш чегараси;
- 2 — акс садонинг сезилиш чегараси;
- 3 — акс садонинг халакит бериш чегараси.

Зоналар:

- 0 — товушларни ягона товушдек эшитиш;
- I — эшитилмайдиган акс садо;
- II — эшитиладиган акс садо;
- III — акс садо эшитилади, ammo нуткни қабул қилишга халакит бермайди;
- IV — акс садо нутқ аниқлигани пасайтиради.

Бу эгри чизиклар ҳисоблашлар фақат қўлда бажарилган ҳолдагина қулай, электрон ҳисоблаш машиналаридан фойдаланилганда уларнинг тахлилий аппроксимацияси ҳақида тушунчага эга бўлиш лозим. Аниқлиги 1 дБ га яқин бўлганда, куйидаги аппроксимациядан фойдаланади:

$$1\text{-эгри чизик учун: } \Delta L_1 = \frac{100}{3} \lg \Delta t (\text{мс}) - 45, \text{ дБ}, \quad (1.15)$$

бунда, Δt - кечикиш вақти;

$$2\text{-эгри чизик учун: } \Delta L_2 = 35 \lg \Delta t - 54, \text{ дБ}, \quad (1.16)$$

$$3\text{-эгри чизик учун: } \Delta L_3 = \frac{80}{3} \lg \Delta t - 51, \text{ дБ} \quad (1.17)$$

Мисол: Тингловчи, товуш манбаи ва 17 м масофадаги қайтағувчи девор оралигида турибди. Агарда товушнинг девордан қайтиш коэффициентини бирга яқин бўлса, унда тўғри товуш жадаллиги қайтган товуш жадаллигидан 9 марта ($51^2:17^2$) катта бўлади. Сатх бўйича бу фарқ $10 \lg 9 = 9,5$ дБ га тенг. Тўғри ва қайтган товушлар йўлининг фарқи 34 м ни ташкил этади. шунинг учун қайтган товуш тўғри товушга нисбатан $(34 \times 1000) / 340 = 100$ мс га кечикади. Бу ҳолда товуш ва унинг акс садоси орасидаги фарқ сезиларли бўлади.

Агар товуш манбаи тингловчидан 3 м масофада жойлашган бўлса, сатхлар фарқи $10 \lg \frac{(3 + 2 \times 17)^2}{3^2} = 21,8$ дБ ни ташкил этади. Бу ҳолда товуш ва унинг акс садоси сезилиш чегарасидан ташқарида бўлади (1-зона).

Эшитиш аъзосининг вақтий тавсифларидан яна бири ниқоблашдан кейинги ҳодисадир: кучли товушлардан сўнг келадиган кучсиз товушлар олдинги товушнинг қайтиши ҳисобига бутунлай ёки қисман ниқобланган бўлади. Сигналнинг эшитиш таассуроти туфайли юзага келган ниқоблашдан кейинги ҳодисаси олдинги сигнал сатҳига боғлиқ бўлиб, унинг сатҳи қанчалик юқори бўлса, шунчалик узоқ давом этади. Нутқ товушининг ниқоблашдан кейинги ҳодисасини кўпинча ўз-ўзини ниқоблаш деб атайдилар. Кулоқнинг қисқа импульсларни эшитиш чоғида интеграциялаш хусусиятини ҳам эслатиб ўтиш лозим. 50 мс чегарасида импульс жадаллиги интеграцияланади, бунинг ҳисобига узоқроқ (50 мс гача), аммо амплитудаси кичик бўлган импульс ҳам катта амплитудали қисқа импульс каби баланд эшитилади (агар импульслар жадаллигини уларнинг давомийлигига кўпайтмаси бир хил бўлса). Эшитиш аъзосининг вақтий тавсифларига товуш тоналлигининг, аниқроғи, товуш баландлигининг **тикланиш вақти** ҳам киради. Эшитиш аъзоси товуш баландлигини, яъни тебраниш частотасини аниқлаб олиши учун икки-уч тебраниш даври керак. Паст частоталарда бу вақт тахминан 30 мс ни, юқори частоталарда эса бирмунча кичикроқ вақтни ташкил этади.

Эшитиш сезгирлиги бирданига йўқолмаслиги сабабли частоталари бўйича фарқи катта бўлмаган иккита кетма-кет

тонларнинг тепкили тебранишлари эшитилади, бунинг эвазига частоталарнинг жуда кичик фарқини ва частотанинг унча катта бўлмаган ораликда суст тарзда ўзгаришини аниқлаш мумкин.

1.8. Эшитиш аъзосининг ночизикли хусусиятлари

Эшитиш аъзомизга сатҳи 100 дБ га тенг битта частота ташкил этувчи соф тон таъсир этганда, биз сатҳи 88 дБ ли иккинчи, сатҳи 74 дБ ли учинчи ва ҳ.к. тон гармоникаларини эштамиз. Эшитиш сезгисидан бу гармоникаларнинг мавжудлиги тажрибада «кидирувчи» тон ёрдамида аниқлаш осон. Бунинг учун кулоққа частотаси текшириладиган тон частотасидан юқори диапазонда ётган ва аста-секин текис ўзгараётган «кидирувчи» тон берилади. Бу тоннинг ҳар бир каррали частотасида тепкили уриш гўё кулоққа ҳақиқатдан ҳам шу турдаги гармоникалар берилгандек сезги пайдо бўлади. Шунинг учун улар (бу гармоникалар) **субъектив гармоникалар** деб аталади. Айнан шу сабабдан ниқобловчи тон частоталарига каррали бўлган частоталарда товушнинг ниқобланиши кузатилади. Частоталари эшитиш аъзосининг битта критик полосасига тушмайдиган иккита соф тон тингланганда, одам кўпинча тон частотаси частоталар фарқига тенг тонни яхши сезади. Частотаси частоталар йиғиндисига тенг тон ёки частоталарнинг $F = mf_1 \pm nf_2$ кўринишидаги бошқа комбинацияси билан аниқланадиган тонни эса ёмон эштади (бунда, m ва n -бутун сон). Эшитиш аъзосига каррали бўлмаган ташкил этувчиларга эга бўлган тонлардан таркиб топган мураккаб товуш таъсир этганда спектр кўпгина комбинацион частоталар билан «ифлосланади». Баланд товушли эшиттиришнинг 1000 Гц дан паст частота диапазонини қирққанимизда одам эшитиш аъзосининг ночизиклиги туфайли барибир паст частоталарни эштади. Шу сабабдан одамлар паст частоталарни яхшироқ эшитиш учун эшиттиришларни баланд овозда тинглайдилар, шунда паст частотали эшиттириш гўё яхши эшитилаётгандек туюлади.

Ўз-ўзидан равшанки, бу ҳолда юқори частоталардаги товушнинг янграши бузилади. Шунинг ҳисобига юқори частоталарда ҳам кичик бузилишлар бўлади, аммо бу ҳам унчалик сезилмайди.

1.9. Бинаурал эффект

Одатдаги шароитларда товуш манбаи жойлашган жойни аниқлаш осон. Ҳатто бир неча товуш манбаи бўлганда ҳам, биз уларнинг фазода жойлашишини осонликча тасаввур қиламиз. Одамнинг товуш манбаи жойлашган йўналишни топа олиш хусусиятига **бинаурал эффект** деб аталади. Бинаурал эффект икки қулоқ билан эшитиш натижасида бир хил фазали товуш тебранишларини қулоғимизга келиш вақти фарқини ажрата оламиз. Бу, асосан, бинаурал эффектни паст ва ўрта частоталарда аниқлайди. Одам товушни тинглашда товуш тўлқинларининг йўналишини горизонтал юзада $3 - 4^\circ$ аниқлик билан, вертикал юзада эса, бу кўрсаткич 20° дан ошмайди. Бинаурал эффект ҳисобига бизда стереофоник, яъни эшиттиришларнинг ҳажмий ҳисси пайдо бўлади. Бир қулоқ билан эшитадиган одам бинаурал эффект хусусиятидан маҳрумдир.

Тинглашдаги стереоакустик эффект шундан иборатки, одам товуш манбаининг «кўндаланг» ўлчамларини ҳамда унинг «чуқурлигини», яъни товуш тўлқини йўналиши бўйича товуш манбаининг ўлчамларини «сезади». Тингловчи осонгина у ёки бу мусиқа асбобининг оркестрда жойлашган жойини аниқлай олади. Бошқача қилиб айтганда, **икки қулоқ билан тинглаш акустик истиқболни яратади.**

Агарда тингловчи бир хил эшиттиришни унга яқин бўлган, турли масофада жойлашган, товуш сатҳлари бир хил бўлган иккита манбадан эшитганда, мавҳум товуш манбаи гўё асосий товуш манбаи жойлашган нуқтада бўлгандек туюлади. Бошқача қилиб айтганда, мавҳум товуш манбаи асосий манбага қўшилиб эшиттириш жаранглашини бироз оширса ҳам, йўқдек туюлади. Юқорида таъкидлаганимиздек, вақт

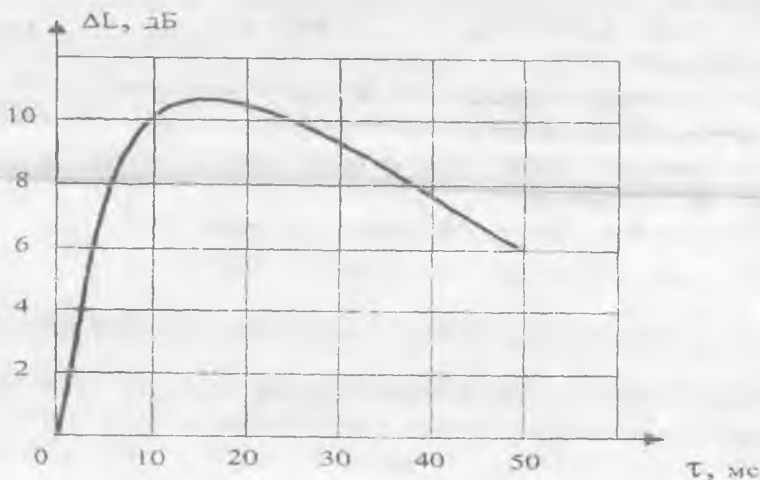
бўйича кечикиш 50 мс дан ошганда, кечиккан манба жойи ўзгармаса ҳам, у йўқдек туюлади. Демак, асосий сигнал кечиккан сигнални бутунлай бостиради.

Манбалар сатҳи бир хил бўлмаганда мавҳум манба сатҳи баландроқ товуш манбаи томон силжигандек туюлади. Мавҳум манба жойлашган жойни товуш манбалари ҳосил қилаётган жадалликка нисбатан аниқлаш мумкин (жадалликлар нисбати тахминан мавҳум ва ҳақиқий манба ораликлари нисбатига тенг).

Агарда кечиккан сигнал сатҳини аста-секин оширсак, иккала товуш манбаи. ҳатто кечикиш вақти 50 мс дан кам бўлганида ҳам, алоҳида- алоҳида эшитилади.

1.11-расмда кечиккан сигнал сатҳинининг ортиши ва ушланиш вақти орасидаги боғлиқлик эгри чизиги келтирилган.

1.11-расм. Кечиккан сигнал такрорланишининг мавҳум сигнал манбаини локаллашга оид



1.11-расмда абсцисса ўқи бўйича асосий ва кечиккан сигналларнинг кечикиш вақти ва ордината ўқи бўйича эса, асосий ва кечиккан сигнал сатҳлари фарқи берилган. Ушланиш вақти 15 – 20 мс бўлганда, иккала сигнал бирдек

эшитилиши учун кечиккан сигнал сатҳ бўйича 11 дБ га оширилиши керак. Ушланиш вақти 50 мс бўлганда, асосий ва кечиккан манбалар сатҳлари фарқи 6 дБ ни ташкил этади. Бу боғланиш кўпгина олимлар томонидан, жумладан, батафсил Хаас томонидан ўрганилган. Шунинг учун 1.11-расмдаги эгри чизик **Хаас эгри чизиги** ёки **Хаас эффекти** деб аталади. Юқорида баён этилган хусусиятлар **стереоакустик эффект** ва акустик истиқбол яратиш учун яъни, стереофоник эшиттиришларда қўлланилади.

Назорат саволлари:

1. Одам эшитиш аппаратининг асосий қисмларини тушунтиринг.
2. Одам эшитиш аъзосини тавсифловчи асосий параметрларни келтиринг.
3. Одам эшитиш аъзосининг қандай бўсағавий сатҳларини биласиз?
4. Товуш баландлиги ва баландлик сатҳи ўртасида қандай боғланиш бор?
5. Ниқоблаш ҳодисасининг моҳияти нимада? Радиоэшиттиришда қўлланилиши.
6. Бинаурал эффектнинг моҳияти нимада? Радиоэшиттиришда қўлланилиши.
7. Хаас эгри чизиги, эффектини тушунтиринг.

II БОБ. ТОВУШ ТЕБРАНИШЛАРИ ВА ТЎЛҚИНЛАР

2.1. Таърифлар

Товуш тўлкини деб эластик мухитда ўзгарувчан кўзгалувчанликни тарқалиш жараёнига айтилади, **товуш тебранишлари** деб эса, ҳаво заррачаларининг шу кўзғалиш кучи таъсиридаги силжишига айтилади. Бу жараён содир бўладиган фазо **товуш майдони** деб аталади.

Товуш тебранишлари механик тебранишларнинг хусусий кўринишидир. Суюқ ва газсимон мухитларда товуш тебранишлари бўйлама **тебранишларга** эга яъни, мухит заррачалари тўлқин тарқалиши йўналиши бўйлаб ҳаракатланади. Қаттиқ жисмларда эса бўйлама тебранишлардан ташқари **қўндаланг тебранишлар** ҳам содир бўлади яъни, мухит заррачалари тўлқин тарқалиши чизиғига перпендикуляр ҳаракатланади. Товуш тўлқинларининг тарқалиш йўналиши **товуш нури**, бир хил фазали ёнма-ён заррачаларни бирлаштирувчи сирт **тўлқин fronti** деб аталади. Одатда, тўлқин fronti товуш нурига перпендикуляр. Умумий ҳолда тўлқин fronti мураккаб шаклга эга, аммо амалиётда тўлқин fronti **ясси, шарсимон ва цилиндрик** шаклга эга бўлади.

Товуш тўлқинлари **товуш тезлиги** деб аталувчи маълум бир тезликда тарқалади.

Агарда T тебраниш даври, c товуш тезлиги ва f товуш частотаси бўлса, унда тўлқин узунлиги

$$\lambda = cT = \frac{c}{f}, \text{ м} \quad (2.1)$$

Алоқа ва эшиттиришда қўлланиладиган товуш тебранишлари частотаси 16–20.000 Гц оралигида ётади. **Босим** деб бирлик юзага таъсир этаётган кучга айтилади. **Босим** P билан белгиланиб ўлчов бирлиги Н/м^2 ёки Па.

$$p = \frac{F}{S}, \text{ Па} \quad (2.2)$$

Бунда: F – жисмга таъсир этаётган куч; S – куч таъсир этаётган юза. **Товуш босими** деб майдоннинг маълум нуқтасидаги йиғинди оний ва атмосфера босимларининг айирмасига айтилади.

$$P(t) = p_s - p_0 \quad (2.3)$$

Бунда: $p(t)$ – товуш босими; $p_s(t)$ – майдоннинг маълум нуқтасидаги йиғинди оний босим; p_0 – атмосфера босими.

Муҳит заррачалари зичлашган жойда $p_s(t)$ атмосфера босимидан катта ва ишораси мусбат. Сийраклашган жойда эса атмосфера босимидан кичик ва ишораси манфий.

Акустикада одатда амплитудаси 100 Па дан ошмайдиган босим билан иш кўрилади. Агарда атмосфера босими $1,01 \times 10^5$ Па лигини инобатга олсак, товуш босими қанчалик кичик эканлигига иқроп бўламиз.

Техник ҳисобларда товуш босимини амплитуда қиймати эмас, балки эффе́ктив қиймати эътиборга олинади.

Тебранма тезлик заррачаларнинг мувозанат ҳолатига нисбатан силжиш тезлигидир. Бу катталиқни товуш тезлиги билан адаштириш керак эмас.

Товуш тезлиги – бу манбага яқин бўлган муҳит заррачалари кўзгалишининг манбадан узоқдаги заррачаларга тарқалиш тезлиги. Бунда энергиянинг бир нуқтадан иккинчи нуқтага кўчиши амалга ошади.

Агарда муҳит заррачаларининг кўзгалмас нуқтага нисбатан оний силжиши $x = X_{mc} e^{j\omega t}$ бўлса, унда тебранма тезлик

$$V = \frac{dx}{dt} = j\omega X_{mc} e^{j\omega t} = j\omega x \quad (2.4)$$

Бунда: X_m – заррачаларнинг максимал силжиш амплитудаси.

Техник ҳисобларда тебранма тезлик, босим сингари эффе́ктив қийматларда ўлчанади.

Товуш қуввати – бу товуш тўлқини бирлик вақтда бутун тўлқин fronti юзаси орқали тарқалиши йўналиш бўйича кўчираётган энергия. Товуш қуввати ўзининг физик хусусиятларига кўра механик қувватдир. Маълумки, қувват бирлик – вақтда бажарилган иш. Электроакустикада бажарил-

гай иш деб, муҳит томонидан нурлатгичга таъсир этаётган кучга қарши бажарилган ишга айтилади.

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{Fdx}{dt} = FV = pSV, \text{Вт} \quad (2.5)$$

Бунда: P – товуш қуввати; A – иш; F – муҳит томонидан нурлатгичга таъсир этаётган куч; x – нурлатгичнинг силжиши; p – товуш босими.

Жадаллик ёки товуш кучи – тўлқин фронтининг бирлик юзасидан бирлик вақтда ўтаётган товуш энергияси оқими.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{pSV}{S} = pV \quad \text{Вт/м}^2 \quad (2.6)$$

Бунда: I – товуш кучи; S – тўлқин fronti юзаси.

Товуш энергиясининг зичлиги – бирлик ҳажмга тўғри келадиган ўртача товуш энергияси. U ϵ билан белгиланади, ўлчов бирлиги $[\text{Дж/м}^3]$.

$$I = \epsilon C \quad \text{ёки} \quad \epsilon = \frac{I}{C} \quad (2.7)$$

Бунда: C – товуш тезлиги.

Харакат тенгламаси. Товуш майдони иккита параметр: товуш босими p ва тебранма тезлик V билан тавсифланади. Булар ўзаро қандай боғланганлигини кўриб чиқамиз. Бунинг учун dS майдончалар билан чегаралаган элементар ҳаво қатламини ажратамиз. Қатлам қалинлигини dx деб белгилаймиз.

Фараз этайлик, ажратилган қатламга чап томондан p босим, ўнг томондан эса $p+dp$ таъсир этсин. Мос ҳолда қатлам томонларига таъсир этаётган кучлар: $F_1 = pdS$; $F_2 = (p+dp)dS$ тенг бўлади.

Қатламга тезлик берувчи натижавий куч кучлар айрмасига тенг;

$$dF = F_2 - F_1 = dpds \quad (2.8)$$

Инерция конунига асосан бу куч тескари ишорали инерция кучига тенг:

$F_{\text{ин}} = -ma$, бунда $a = \frac{dV}{dt}$ тезланиш; $m = \rho dS dx$ – қатлам массаси; ρ – ҳаво муҳитининг зичлиги.

$$dF = F_{ин} \text{ ёки } dpdS = \frac{dV}{dt} \rho dS dx \quad (2.9)$$

dS га қисқартирганимиздан сўнг:

$$\frac{dp}{dx} = -\rho \frac{dV}{dt} \quad (2.10)$$

Шундай қилиб, тескари ишора билан олинган босим градиенти мухит зичлиги ва тезланиш кўпайтмасига тенг. Бу тенглама **ҳаракат тенгламаси** деб аталади ва ҳар қандай шаклдаги тўлқинларнинг товуш босими ва тебранма тезликни боғлайди.

Фронтларининг шакли бўйича тўлқинлар ясси ва сферик тўлқинларга ажралади.

2.2. Ясси тўлқин

Ясси товуш тўлқини деб, фронт сирти тўлқин тарқалишига перпендикуляр бўлган тўлқинга айтилади. Тўлқин frontiга перпендикуляр бўлган товуш нурлари бири-бирига параллель бўлади. Бу шуни кўрсатадики товуш энергияси фазода сочилмасдан, ғуж бўлиб тарқалади, яъни биз йўналган нурланиш ҳолатини кузатамиз. Ясси тўлқин, нурлатгич ўлчамлари нурланувчи тўлқин узунлигидан катта бўлгандагина юзага келиши мумкин. Радиокарнай юқори частоталарда ишлаганда бу шарт бажарилади. Деворлари қаттиқ трубага радиокарнайни юклаб ясси тўлқинни сунъий равишда ҳосил қилиш мумкин. Нурлатгич тўлқин узунлигидан кичик бўлганда ҳам труба деворлари тўлқин тарқалишига йўл бермайди.

Ясси тўлқин хусусиятларини билиш учун босим ва тебранма тезлик ўртасидаги боғлиқликни аниқлаймиз. Фараз килайлик, нурлатгич қаттиқ поршен кўринишида бўлиб X ўқи бўйлаб тебранади ва ясси тўлқин тарқатади.

Гармоник тебранишлар нурлатаётган манба сирти яқинидаги нуктада товуш майдони қуйидагича аниқланади:

$$p = p_m \cdot e^{j\omega t} \quad (2.11)$$

Нурлагичдан X масофадаги нуқтада босим фаза бўйича $\tau = \frac{x}{c}$ вақтга кечикади ва унда ясси тўлқин учун товуш босими

$$p = p_m \cdot e^{j\omega(t-\tau)} = p_m \cdot e^{j(\omega t - kx)} \quad (2.12)$$

Бунда: k - тўлқин сон.

$$k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2.13)$$

$c = \frac{\omega}{k} = \frac{x}{\tau}$, инобатга олсак, унда (2.11) ва (2.12) кўра $\omega\tau = kx$.

Координаталари ихтиёрий бўлган X нуқтадаги товуш босимини қуйидагича ифодалаш мумкин:

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

Тебраниш тезлиги ифодасини олиш учун ҳаракат тенгламаси (2.10) дан фойдаланамиз, унга кўра $dV = -\frac{dp}{\rho dx} dt$.

$$p = p_m \cdot e^{j(\omega t - kx)}, \text{ ундан}$$

$$\frac{dp}{dx} = \frac{d}{dx} (p_m \cdot e^{j(\omega t - kx)}) = -jkp_m \cdot e^{j(\omega t - kx)} \quad (2.15)$$

Шундай қилиб,

$$dV = j \frac{kp_m}{\rho} e^{j(\omega t - kx)} dt, \quad (2.16)$$

$$V = j \frac{kp_m}{\rho} \int e^{j(\omega t - kx)} dt = j \frac{kp_m}{\rho j \omega} e^{j(\omega t - kx)} = \frac{kp_m}{\rho \omega} e^{j(\omega t - kx)} \quad (2.17)$$

$p = p_m e^{j(\omega t - kx)}$ ва $k = \frac{\omega}{c}$, қийматларини қўйиб товуш тебраниши тезлиги с формуласини оламиз

$$V = \frac{p_m}{\rho c} e^{j(\omega t - kx)} \quad \text{ёки} \quad V = \frac{p}{\rho c} \quad (2.18)$$

Товуш босими ва тебраниш тезлиги ўртасидаги боғланиш ясси тўлқинларнинг хусусиятларини аниқлайди.

1. Товуш босими ва тебраниш тезлиги амплитудалари товуш манбаидан узоқлашган сари камаймайди. Шунга мос ҳолда муҳит заррачаларининг силжиши ҳам ўзгармайди. Буни физик нуқтаи назаридан қуйидагича тушунтириш мумкин: тўлқин тарқалмаганлиги сабабли тўлқин fronti майдони масофа ўзгаритиши билан ўзгармайди, шунинг учун исталган масофада бирлик тўлқин fronti майдонига бир хил кийматдаги энергия тўғри келади.

2. Ясси тўлқинда товуш босими ва тебраниш тезлигининг фазалари тенг.

3. Товуш босими (муҳит заррачаларининг зичлашиш ва сийраклашиш области) ясси тўлқинларда нурлатгичдан узоқдаги заррачаларнинг нурлатгич яқинидаги заррачаларга нисбатан фаза бўйича кечикиши ҳисобига пайдо бўлади, чунки энергия чекланган тезликда кўчади.

$\rho c = \frac{p}{v}$ солиштирма акустик қаршилик деб аталади.

Бу катталиқни қуйидагича белгилаймиз:

$$Z_0 = \rho c = \frac{p}{v} \quad (2.19)$$

Техник ҳисоблар учун $z_0 = 1,23 \times 340 = 418$ кг/м²с қабул қилинган.

Физик нуқтаи назаридан Z_0 нурлатгичнинг бирлик юзасига кўрсатаётган қаршилиги. Агарда бу катталиқ нурлатгичнинг бутун юзасига кўпайтирилса, унда муҳитнинг реакция қаршилиги, бошқача килиб айтганда, нурланиш қаршилиги ҳосил бўлади.

$$Z_R = z_0 S = \rho c S = \frac{p}{v} S = \frac{F}{v} \quad (2.20)$$

Ясси тўлқинларда босим ва тебраниш тезлиги ўртасида фаза силжиши бўлмаганлиги учун нурланиш қаршилиги актив катталиқдир.

Товуш кучи (2.6) формуласини бошқа кўринишда ифодалаймиз

$$I = pV = \frac{p^2}{Z_0} = V^2 Z_0 \quad (2.21)$$

Амплитуда қийматларига ўтиб, ёзамиз

$$I = \frac{P_m^2}{2 Z_0} \quad (2.22)$$

Манба нурлатаётган акустик қувват актив ва у қуйидагича ифодаланади:

$$P = IS = V^2 Z_0 S = V^2 Z_R \quad (2.23)$$

2.3. Сферик тўлқин

Сферик (шарсимон) тўлқин fronti гумбаз шаклида бўлиб, марказида тебраниш манбаи жойлашган. товуш нурлари эса сферанинг радиуси билан мос.

Манбадан чиқаётган ва ҳар томонга тарқалаётган товушнинг тўла қуввати, товуш манбаидан узоқлашган сари, мухитнинг қовушқоқлиги ва молекуляр сочилишни, инobatга олмаганда ўзгармайди, яъни $P_a = \text{const}$. Товуш интенсивлиги манбадан узоқлашган сари квадратик қонун бўйича камаяди

$I = I_1 / r^2$, бунда: I_1 – манбадан бир ўлчам ораликдаги товуш жадаллиги; r – тўлқин фронтининг шу марказгача бўлган масофаси. Товуш босими шарсимон тўлқинларда масофа ошиши билан гиперболик қонун бўйича камаяди $p_r = p_1 / r$, бунда: p_1 – товуш манбаи марказидан бир тўлқин узунлиги масофасидаги товуш босими.

Сферик тўлқин тенгламасининг умумий кўриниши қуйидагича ифодаланади:

$$p = (p_1 / r) [\varphi_1(t - r/c) + \varphi_2(t + r/c)] \quad (2.24)$$

(2.25)нинг биринчи ҳади тўлқиннинг мусбат йўналишда тарқалиши, иккинчи ҳади эса, манфий йўналишда тарқалишига мос. Сферик тўлқин тебраниш тезлиги

$$v = (v_1 / r) e^{i[\omega(t - r/c) - \psi]} \quad (2.25)$$

Бунда: v_1 – товуш манбаидан бирлик узунликдаги тебраниш тезлиги амплитудаси; ψ – товуш босими ва тебраниш тезлиги ўртасидаги фаза силжиши.

Сферик тўлқиннинг солиштирма акустик қаршилиги

$$Z_A = \rho c \left[\frac{k^2 r^2}{1 + k^2 r^2} + i \frac{kr}{1 + k^2 r^2} \right] \quad (2.26)$$

Акустик қаршилиқнинг актив таркиби

$$r_R = \rho c \frac{k^2 r^2}{1 + k^2 r^2} \quad (2.27)$$

Реактив таркиби

$$X_R = \rho c \frac{kr}{1 + k^2 r^2} \quad (2.28)$$

Қаршилиқ модули

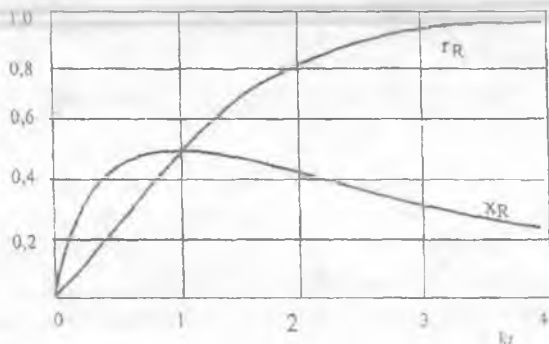
$$|Z_A| = \rho c \cos \psi \quad (2.29)$$

Яъни сферик тўлқин акустик қаршилиги, яъни тўлқин акустик қаршилигидан катта эмас.

Реактив қаршилиқ инерцион қаршилиқ бўлиб, бирга тебранувчи масса қаршилиги характериға эға.

Ҳар бир турдаги нурлатгичлар учун ўлчамсиз $r_R \cdot X_R$ коэффициентларни частотаға боғлиқлиги турли кўринишға эға. Тепкили шар тавсифи 2.1-расмда кўрсатилган.

2.1-расм. Тепкили шарнинг ўлчамсиз актив ва реактив коэффициентлари таркибининг частота тавсифи



Агарда нурланиш каршилигининг актив таркиби, яъни $\gamma_R > \chi_R$ шарт бажарилса, нурланиш самарадорли ҳисобланади. Коэффициентларнинг тенглиги самарадор нурланиш чегарасини аниқлайди.

Тепкили шар учун самарадор нурланиш чегараси 2.1-расмга асосан $k\gamma = 1$. Бунда: $k = \frac{\omega}{c}$. Тўлқин сон, у ҳолда 2.1-расмдан кўриниб турибдики, нурланишнинг реактив таркиби X_R аввалига частотага пропорционал ўзгаради. Аслида, шундай бўлиши ҳам керак, чунки, $X_R = \omega m_R$. Аммо X_R максимумга эришиб, кейин нольга интилади. Бу ўзгариш частота ошганда, тўлқин узунлиги камайиши билан тушунтирилади. Бу ҳолда яқин зона банд этадиган ҳажм ҳам камаяди, демак муҳитнинг бирга кўзгалувчи массаси ҳам частота ошиши билан нолга интилади.

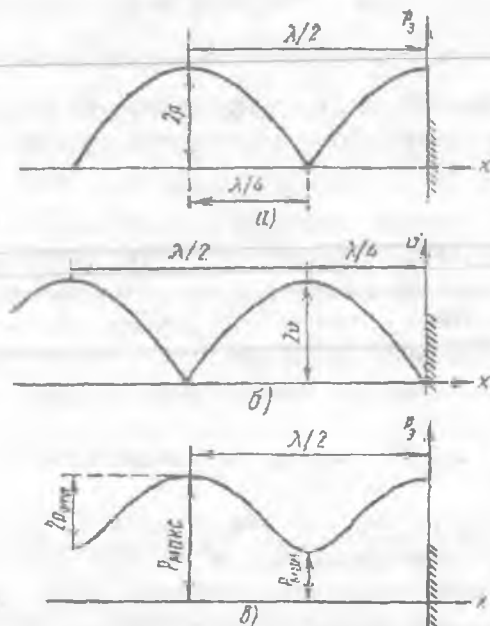
2.4. Тўлқинлар интерференцияси

Агарда иккита бир хил амплитудали товуш тўлқинлари қарама-қарши йўналишда тарқалаётган бўлса, унда дўнглик ва тугунли турғун тўлқин ҳосил бўлади. Қўшни тугунлар ва дўнгликлар ораси ярим тўлқин узунлигига тенг (2.2-расм), тугун ва дўнглик оралиғи эса, чорак тўлқин узунлигига тенг. Дўнгликда товуш босими амплитудаси иккиланган югурувчи тўлқин амплитудасига, тугунда эса амплитуда нольга тенг. Босим ва тебраниш тезлиги дўнглиги бир-бири билан мос келмайди, балки улар бир-биридан чорак тўлқин оралиғида бўлади (2.2-расм а ва б). Худди шундай, дўнгликда тебраниш тезлиги амплитудаси иккиланган қийматга эга.

Турғун тўлқинларда энергия оқими нольга тенг, шунинг учун уларни буткул энергия ёки товуш босимининг квадрати билан тавсифлайдилар. Тўғри ва қайтган тўлқин амплитудалари тенг бўлмаганда турғун тўлқин, қайтган тўлқин ва қисман амплитудаси қайтган тўлқин амплитудасига тенг тўғри тўлқин йиғиндиси натижасида содир бўлади. Тўғри

тўлқиннинг қолган қисми югурувчи тўлқин ҳосил қилади (2.2 в расм).

2.2-расм. Интерференция вақтида товуш босими ва тебраниш тезлигининг тақсимланиши



- а) бир хил амплитудали товуш босими учун;
- б) тебраниш тезлиги учун;
- в) турли амплитудали товуш босими учун.

2.5. Товуш тўлқинининг қайтиши

Агарда товуш тўлқини ўз йўлида қандайдир тўсик ёки бошқа параметрли мухитга дуч келса, унда товуш тўлқинининг қайтиши кузатилади. Қайтишнинг самарадорлиги қайтиш коэффиценти билан тавсифланади. Акустикада қайтиш коэффиценти деб қайтган товуш тўлқин интенсивлигининг $I_{\text{кайт}}$ тушаётган тўлқин интенсивлиги $I_{\text{туш}}$ нисбатига айтилади, яъни $\alpha_{\text{кайт}} = I_{\text{кайт}} / I_{\text{туш}}$. Товуш қайтаганда,

тушаётган ва қайтган товуш тўлқини босимлари ўртасида фаза силжиши пайдо бўлади.

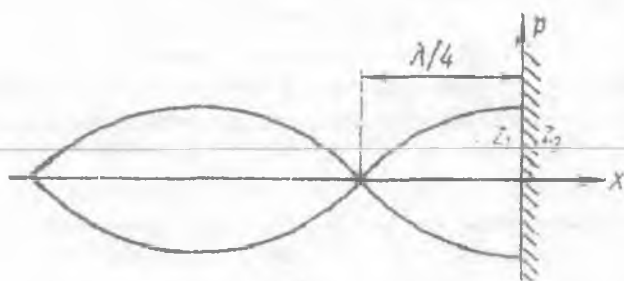
Иккала муҳитнинг қаршилиги актив бўлса, унда фаза силжиши нольга тенг (қайтарувчи муҳитининг қаршилиги бирламчи муҳит қаршилигидан катта) ёки 180° (қайтарувчи муҳитнинг қаршилиги бирламчи муҳит қаршилигидан кичик). Бир ёки иккала акустик қаршиликлар реактив таркибга эга бўлса, унда фаза силжиши 0° ёки 180° ўртасида бўлади.

Товуш қайтганда, босим бўйича силжиш фазаси нольга тенг бўлса (атроф муҳит акустик қаршилиги бирламчи муҳит қаршилигидан анча катта), унда муҳитлар чегарасида товуш босимининг дўнглиги (2.3 а -расм), тебраниш тезлиги эса тугун ҳосил қилади. Иккала муҳитнинг акустик қаршиликлари нисбати тескари бўлганда, товуш босими учун силжиш фазаси 180° : муҳит чегарасида товуш босимининг тугуни (2.3-в расм) ва тебраниш тезлигининг дўнглиги ҳосил бўлади.

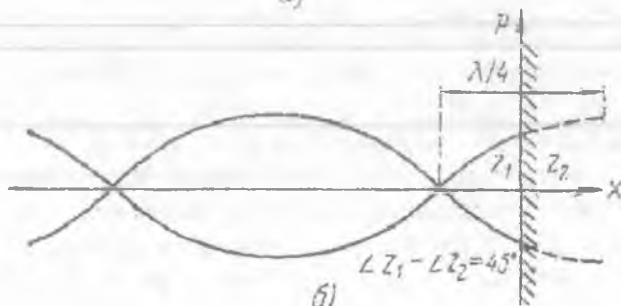
Агарда фаза силжиши товуш босими бўйича қайтаришда ноль ва 180° га фарқланса, унда тугун ва дўнглик мос ҳолда муҳитларни бўлиб турувчи чегара юзасидан силжийди.

2.3-б расмда силжиш фазаси 90° бўлган ҳолат курсатилган.

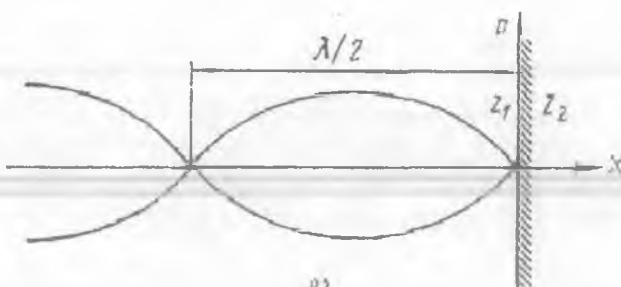
2.3-расм. Турли фаза силжишларида кайтаришдаги товуш босими амплитудасининг таксимоти



а)



б)



в)

- а) фаза силжишисиз;
- б) фаза силжиши 90° ;
- в) фаза силжиши 180° .

Назорат саволлари:

1. Тovuш майдонини тавсифлайдиган асосий: тovuш тезлиги, тўлқин узунлиги, тovuш босими, тovuш қуввати, тovuш кучи, тovuш энергиясининг зичлиги тушунчаларини тушунтиринг.

2. Ҳаракат тенгламасини тушунтиринг.

3. Ясси тўлқин тарқалишининг хусусиятлари қандай?

4. Сферик тўлқин тарқалишининг хусусиятлари қандай?

5. Сферик тўлқинда яқин зона ўлчами нима билан аникланади?

6. Нима ҳисобига сферик тўлқиннинг яқин зонасида босим ва тебраниш тезлиги пайдо бўлади?

7. «Нурланиш қаршилиги» қандай аникланади?

8. Мухитнинг бирга қўзғалувчи масса»си тушунчасини тушунтиринг.

III БОБ. ТОВУШ СИГНАЛЛАРИ

3.1. Таърифлар

Товуш сигналлари бирламчи ва иккиламчи сигналларга бўлинади. Бирламчи сигналларга: мусиқа асбоблари, ашула, нутқ, мусиқа ва бадий нутқ эшиттиришларида қўлланиладиган фонограмма сигналлари (поезд шовқини, денгиз шов-шуви, шамол хуштаги ва б.к) киради. Алоқа ва эшиттириш трактларини баҳолаганда шундай фарз қилинадики, ҳар бир акустик сигнал ҳар доим тасодифий ва ҳажмига мос ахборот ташиydi. Тингловчиларга бу сигналлар ахборот эмас, балки эстетик хузур баҳшида этади. Мусиқа сигналларининг кўп участкалари даврий тавсифга эга бўлса ҳам, катта вақт оралиғида уларни тасодифий деб, кўриш мумкин. Шунинг учун товуш сигналлари параметрларини уларнинг сатҳи бўйича, частота диапазони ва вақти бўйича тақсимланишига қараб аниқлайдилар.

Иккиламчи сигналларга, электроакустик қурилмалар ёрдамида қайта эшиттирадиган сигналлар киради, яъни электроакустик алоқа ва эшиттириш трактларидан ўтган ва мос ҳолда параметрлари ўзгарган бирламчи сигналлар киради.

3.2. Динамик диапазон

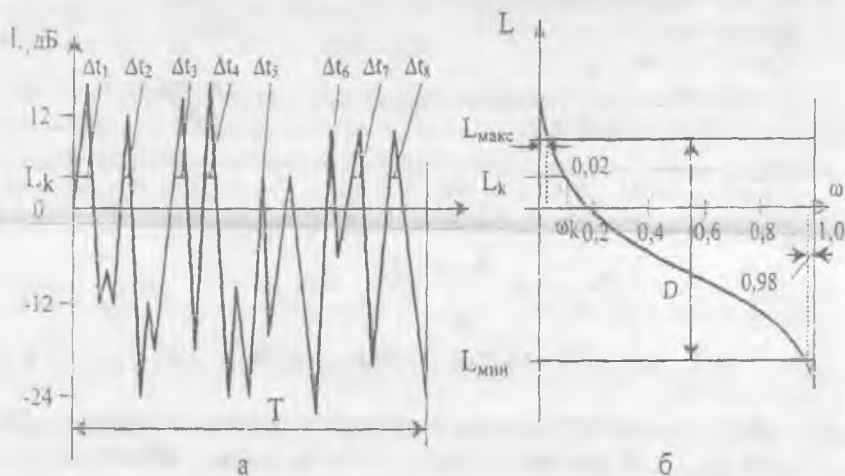
Ҳар қандай эшиттириш жараёнида акустик сигналнинг сатҳи узлуксиз ўзгаради, шу билан баробар унинг ўзгариш диапазони кенг.

3.1-а расмда **сатҳграмма** деб аталувчи сигнал сатҳининг вақт бўйича ўзгариши кўрсатилган. Одатда, уни доимий вақти 150–200мс бўлган ўлчов асбоби билан аниқланадиган (субъектив

сатхграмма) ёки 20–30 мс (объектив сатхграмма) сатхлар учун келтирадилар.

Сигнал сатхи, тасодифий қонун билан ўзгаргани учун, унинг интеграл ва ўртача тақсимотини қуйидагича аниқлаш мумкин. Масалан, L_k сатҳни (3.1-а расм) оламиз. Сигналнинг сатхи L_k дан кичик бўлмайдиган йиғинди вақтни $\tau = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots + \Delta t_n$, ёзиш мумкин. Бунда, Δt_n – сигналнинг вақтий таъсир оралиғи. Демак, берилган сигналдан нисбий ошиш вақти $\omega_k = \tau_k / T$, бунда: T – сигналнинг таҳлил вақти давомийлиги (у етарлича катта бўлиши керак: нутк учун 15 с ва музика учун 1 мин). Шундай қилиб, турли сатхлар учун ω_k аниқлаб, мазкур сигнал учун интеграл тақсимот эгри чизигини тузиш мумкин. 3.1-б расмда кўрилатган сатхграмманинг шундай тақсимот эгри чизиги кўрсатилган.

3.1-расм. Динамик диапазонни аниқлашга оид



а) сатхграмма; б) сатхграмма бўйича интеграл тақсимот графиги.

Шу нарса белгиланганки, бирламчи музика ва нутк сигналларининг шакли нормал тақсимот қонунига яқинроқ. Товуш сигналларини таҳлил қилиш учун сигналларнинг

квазимаксимал L_{\max} ва квазиминимал L_{\min} сатҳи тушунчаси қиритилган. Уларни берилган сигнал сатҳидан вақт бўйича нисбий ошиши билан аниқланади. Квазимаксимал сатҳлар учун бу вақтни мусиқа сигналининг 2% га, нутқ сигналининг 1% га тенг, квазиминимал сатҳлар учун мос ҳолда 98 ва 99% олишга келишилган (3.1-б расм). Айнан шундай қийматларни L_{\max} ва L_{\min} учун танлаш, сигналларнинг ўткир чуққи ва чуқмалари амалда эшитилмаслигига асосланган.

Сигналнинг квазимаксимал ва квазиминимал сатҳлари айирмаси **динамик диапазон** деб аталади.

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

Айрим сигналларнинг динамик диапазони жадвалда келтирилган.

3.1-жадвал

| Сигнал тури | Динамик диапазон, дБ |
|---------------------------|----------------------|
| Диктор нутқи | 25 – 35 |
| Бадий ўқиш | 35 – 45 |
| Телефон орқали сўзлашув | 35 – 45 |
| Катта бўлмаган ансамбллар | 45 – 65 |
| Симфоник оркестр | 75 – 55 |
| Рок-мусиқа | 118 гача |
| Реактив самолёт мотори | 120 |

Сигналнинг динамик диапазонини товуш узатиш канали динамик диапазони D_k билан солиштириш керак:

$$D_k = 20 \lg \frac{U_{\text{НОМ}}}{U_{\text{Ш}}} - (\Delta N_1 + \Delta N_2) \quad (3.2)$$

Бунда: $U_{\text{Ш}}$ – каналдаги шовқин сатҳи; $U_{\text{НОМ}}$ – номинал кучланиш;

ΔN_1 – шовқин ва халақитларни босувчи сигнал сатҳи, дБ (одатда, 10 дБ кам эмас); ΔN_2 – ортикча юклама қиймат (3 – 6) дБ.

Жадвалдан кўриниб турибдики, табиий сигналларни узатиш учун юқори сифатли аппаратуралар талаб этилади. Кўпчилик ҳолларда бирламчи акустик сигналлар динамик диапазони аналогли алоқа ва эшиттириш воситаларининг имконият-

ларидан юкори. Шунинг учун уларни канал орқали узатишдан олдин сигнал динамик диапазонини сиқиш лозим ёки узатиш трактларида пайдо бўладиган сезиларли бузилишларга кўникиш керак.

3.3. Ўртача сатх

Акустик сигнал жадаллигининг ўртача сатҳини эшитиш аъзоси билан (ўртача субъектив) ёки узок вақт ораликлари учун ўртача статистик ёки инерционлиги катта бўлмаган ўлчов асбоби билан аниқлаш мумкин (ўртача объектив). Иккиламчи сигнал учун ўртача сатҳни одам эшитиш аъзоси билан аниқлаш кифоя, бирламчи сигнал учун барча ўртача сатҳларни билиш зарур, чунки бу сигналлар бизга эшиттириш канали ва алоқа аппаратуралари тизими орқали ўтади. Сигналнинг ўртача сатҳларини, улчаш асбобининг инерционлигини ўзгартириш йўли билан аниқлаш мумкин. Сигналнинг оний куввати нолдан амплитуда қийматигача ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда, ўртача объектив сатҳни ўлчовчи асбобнинг минимал вақт доимийси, сигналнинг максимал ярим давр тебранишидан ($f = 30$ Гц учун, $T_{\text{макс}/2} = 17$ мс) ошмаслиги керак. Чунки эшитиш аъзосининг вақти доимийси ўртача 150 мс, у ҳолда ўртача сатҳни сезги аъзо билан аниқлаш учун вақт доимийси 150 мс атрофида бўлиши керак. Сигнал сатҳининг давомийлигини ошириш учун ўлчаш асбобининг ўртача интерация вақти: нутқ учун 15с ва мусика учун 1 мин олиш керак.

Ҳар бир ўртача сатх учун ўртача жадаллик қуйидагича формула орқали аниқланади:

$$I_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \exp\left(-\frac{t_0-t}{T}\right) dt \quad (3.3)$$

Бунда: $\exp\left(-\frac{t_0-t}{T}\right)$ – сигнални асбобнинг «хотира»сини инобатга олган ҳолда ўлчайди; T – асбобнинг вақт доимийси; $f(t)$ – сигнал жадаллигининг вақт бўйича ўзгариши.

Ўртача акустик сигнал сатҳи (1.6) формулага асосан

$$L_{\text{урт}} = 10 \lg \frac{I_{\text{урт}}}{I_0} \quad (3.4)$$

Квазимаксимал ва ўртача сатҳлар айирмаси **пикфактор** деб аталади:

$$P = L_{\text{макс}} - L_{\text{урт}} = N_{\text{эл.макс}} - N_{\text{эл.урт}} \quad (3.5)$$

Пикфактор, канални ортиқча юкланишдан сақлаш учун сигналнинг узатиш сатҳи белгиланган максимал сатҳидан канча кам олинисини кўрсатади. Мусика сигналлари учун пикфактор 20 дБ ва ундан юқори, нутк сигналлари учун 12 дБ ошмаслиги керак. Бу маълумотлар акустик қайта ишланмаган, шу жумладан, хонанинг акустик хусусиятлари таъсир этмаган сигналлар учун тааллуқлидир.

3.4. Частота диапазони ва спектрлар

Эшиттириш ва алоқа тизимларида қўлланиладиган бирламчи товуш манбаидан чиқадиган акустик сигнал, одатда, узлуксиз ўзгарадиган шакл ва спектр таркибга эга. Спектрлар юқори ва паст частотали, дискрет ва узлуксиз бўлиши мумкин. Ҳар бир товуш манбаида, хатто оркестрдаги скрипканинг ҳам товушига хос оҳанг берадиган хусусий спектрлари бор. Бу оҳангни **тембр** деб атайдилар. Скрипка тембри, тромбон тембри, орган тембри ва ҳ.к. мусика асбоблари тембрлари деган тушунча бор, шунингдек, жарангдор ва бўғиқ овоз тембрлари мавжуд бўлиб, биринчиси сигналнинг юқори частотали таркибларини чизиб утади, иккинчиси эса уни бостиради. Бизда, биринчи навбатда, ҳар бир турдаги товуш манбалари учун ўртача спектр, бузилишларни баҳолаш учун эса давомли вақт оралигидаги (15 с ахборот сигналлари учун ва 1 мин бадийий сигналлар учун) ўртачалаштирилган спектр қизиқиш уйғотади. Ўртачалаштирилган спектр, одатда, узлуксиз ва шакли бўйича нисбатан текис бўлади.

Узлуксиз спектрлар спектрал зичликнинг частотага боғлиқлиги билан тавсифланади, бу боғлиқликни **энергетик спектр** деб атайдилар. **Спектрал зичлик** деб, бирлик

частотага тенг частота полосаси кенглигидаги товуш жадаллигига айтилади. Акустикада бу полоса 1 Гц га тенг. Спектрал зичлик $G = I_x / \Delta f$, бунда: $I_{\Delta f}$ – тор полосали филтрлар ёрдамида ўлчанган жадаллик. Қулай бўлиши учун спектр зичлигини баҳолашда жадаллик сатҳидагидек логарифмик ўлчов киритилган. Бу ўлчамни **спектрал зичлик сатҳи ёки спектрал сатҳ** деб атайдилар.

Спектрал сатҳ $V = 10 \lg \frac{I}{I_0}$, бунда: $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – нолинчи сатҳга мос жадаллик. Қўпинча спектрал зичлик ўрнига спектрни тавсифлаш учун октава, ярим октава ва учдан бир октава частота полосаларида ўлчанган жадаллик ва жадаллик сатҳларидан фойдаланилади.

Спектрал сатҳ ва октава (ярим октава, учдан бир октава) сатҳи полосаларидаги сатҳ ўртасидаги боғланиш

$$V = 10 \lg \frac{I_{\Delta \text{окт}}}{\Delta f} \quad (3.6)$$

октава полосасидаги сатҳ

$$L_{\text{окт}} = 10 \lg \frac{I_{\Delta \text{окт}}}{I_0} \quad (3.7)$$

Бунда: $\Delta f_{\text{окт}}$ – мос октава полосаси кенглиги.

Сигнал спектри маълум бўлса, унинг йиғинди жадаллигини аниқлаш мумкин. Учдан бир октавали полоса учун сиектр жадаллиги сатҳларда берилган бўлса, унда бу сатҳларни ҳар бир полосадаги жадалликка ўтказиш $I_{\text{окт}} = I_0 10^{0.1 L_{\text{окт}}}$ ва барча жададликларни қўшиш кифоя. Барча $I_{\text{окт}}$ йиғиндиси барча спектрлар учун йиғинди жадаллик $I_{\text{йиф}}$ ни беради. Йиғинди сатҳ

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \frac{I_{\Sigma}}{I_0} \quad (3.8)$$

Агарда спектр, спектрал сатҳларда берилган бўлса, унда таърифга кўра, барча спектрлар учун аниқ йиғинди сатҳи

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \int_{f_0}^{f_n} 10^{0.1 B} df \quad (3.9)$$

Бунда: f_0 ва f_n – частота диапазонининг юкори ва пастки чегаралари. Йиғинди сатҳни частота диапазонининг спектрал

сатҳи V_k ўзгармас бўлган эни Δf_k тенг n полосаларга бўлиб аниқлаймиз. Йиғинди сатҳ

$$L_{\Sigma} \approx 10 \lg \sum_{k=1}^n 10^{0.1 V_k \Delta_k} \quad (3.10)$$

Акустик сигналнинг частота диапазони спектрал сатҳларнинг частотага боғлиқлигидан аниқлаш мумкин. Буни спектрал сатҳларнинг пасайишидан ёки эшитиш йўли билан аниқлаш мумкин. 75% тингловчилар учун эшитиш диапазони чегараланишининг сезилиши **субъектив чегара** деб ҳисобланади. 3.2 жадвалда бир қанча бирламчи акустик сигналларнинг частота диапазонлари келтирилган.

3.2-жадвал

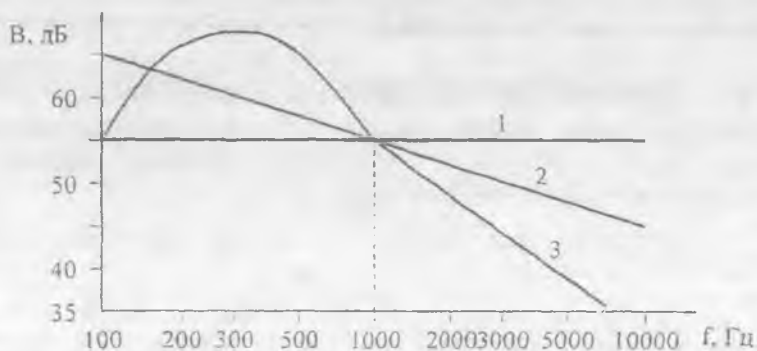
| Товуш манбаи | Частоталар диапазони, Гц |
|--------------|--------------------------|
| Эркак товуши | 100 – 7000 |
| Аёл товуши | 200 – 9000 |
| Рояль | 100 – 5000 |
| Скрипка | 200 – 15000 |
| Най | 250 – 14000 |
| Тарелкалар | 400 – 12000 |
| Ноғора | 65 – 3000 |
| Бас- труба | 50 – 6000 |
| Орган | 20 – 15000 |
| Оёқ товуши | 100 – 10000 |
| Карсақлар | 150 – 15 000 |

Агарда спектрлар у ёки бу томонга текис оғса, унда уларни **мойиллик** билан, яъни спектр сатҳларининг паст ёки юқори частоталар томон **уртача оғиши билан баҳолайдилар**. Масалан, нутқ спектри юқори частота томон 6 дБ/окт оғишга мойиллиги бор.

Айрим ҳолларда акустик сигналлар каторига акустик шовқинларни ҳам қўшадилар. 3.2-расмда уч турдаги шовқинлар спектри келтирилган: оқ, пуштиранг ва нутқ шовқинлари. «Оқ» иборасига бутун частота диапазонида бир хил спектрал зичликка эга бўлган шовқинлар киради, «пуштиранг» – юқори частота томон зичлиги 3 дБ/окт камайишга мойил шовқинлар киради. Нутқ шовқинларига бир

вақтда бир неча киши сўзлашиши натижасидаги шовқинлар киради.

3.2-расм. Шовқинларнинг спектрал сатҳлари (1-оқ шовқин, 2-пуштиранг шовқин, 3-нутқ шовқини)



3.5. Акустик сигналларнинг вақтий тавсифлари

Сигналнинг вақтий тавсифларига сатҳграмма ва вақтий корреляцияси киради. Сигналнинг сатҳграммаси жадалликнинг кескин ўтишларини аниқлаш имконини беради, демак, унинг ёрдамида сигналларни узатиш тракти вақт доимийсига талаблар қўйиш мумкин. Сигналнинг бундай вақтий тавсифлари, яъни корреляция вақти камдан-кам ишлатилади, аммо тажрибалар шуни кўрсатадики, бу параметр товуш жарангдорлиги сифатини аниқлашда асосий ролни ўйнайди.

3.6. Сигналнинг бирламчи параметри

Ҳар бир одам ўзига хос тарзда нутқ товушларини талаффуз этади. Нутқ товушларини талаффуз этиш қўшни товушларга ургу бериш ва бошқа омиларга боғлиқ. Чекланган сондаги умумлаштирилган нутқ товушларини амалга оширилиши **фонема** деб аталади. Фонема – бу одам айтмоқчи бўлгани – **нутқ товуши**, одам талаффузи. Фонема товушга нисбатан

графема деб аталувчи намунавий ҳарф ролини уйнайди. Нутк товушлари жарангдор ва бўғиқларга бўлинади. Жарангдор товушлар таранг бўлиб турган товуш мушаклари иштирокида пайдо бўлади: ўпқадан чиқаётган ҳаво оқими натижасида товуш мушаклари вақти-вақти билан силжийди, натижада узук-узук ҳаво оқими пайдо бўлади. Товуш мушаклари ёрдамида ҳосил бўлаётган ҳаво оқими импульсларини даврий деб ҳисобласа бўлади. Импульсларнинг мос ҳолдаги такрорланишини **асосий тоннинг товуши** T_0 деб атайдилар. Унга тескари булган катталикни **асосий тоннинг частотаси** $f_0 = \frac{1}{T}$ деб атайдилар.

Асосий тон частотасининг ўзгариши **интонация** деб аталади. Ҳар бир одамда ўзига хос асосий тон частотасининг ўзгариш диапазони ва ўзининг интонацияси бор. Интонация одамларни фарқлашда жуда катта аҳамиятга эга. Асосий тон, интонация, оғзаки «услуб» ва товуш тембри одамларни танишда хизмат қилади.

Нутк товушларини талаффуз қилишда тил, лаблар, тишлар, пастки жағ, товуш мушаклари ҳар бир фонема учун маълум ҳолатда ёки ҳаракатда бўлиши керак. Бу ҳаракатлар **нутк аъзосининг артикуляцияси** деб аталади.

Товушларни талаффуз қилганда нутк тракти орқали тонал импульс сигнали ёки шовкин ёки иккаласи ҳам биргаликда ўтади. Нутк тракти артикуляция аъзолари ёрдамида бир қатор мураккаб акустик фўльтрларни ташкил қилади. Бунинг натижасида бир хил эгиб ўтаётган тонал ёки шовкин спектрлари бир қатор максимум ва минимумларга эга бўлган спектрларга айланади. Спектрнинг максимуми **форманта**, минимум ёки нол қийматлари **антиформанта** деб аталади. Спектрнинг эгилиши ҳар бир фонема учун шахсий ва маълум шаклга эга. Нуткларни талаффуз қилганда нутк спектри узлуксиз ўзгаради, натижада формант ўзгаришлари бўлади. Нуткнинг частота диапазони 70 – 7000 Гц оралиғида ётади.

3.7. Иккиламчи сигнал

Идеал ҳолатда иккиламчи сигнал бирламчи сигнални аниқ қайта эшиттириши керак, аммо бундай аниқлик ҳамма вақт керак эмас, чунки одам эшиттиришдаги ноаниқликларни сезмаслиги мумкин. Бундан ташқари, амалда бундай аниқликни таъминлаш ёки сақлаш анча мушкул. Бадий эшиттиришларда, телевидение ва овоз ёзишда мосликка имконият борича ҳаракат қилиш керак, унда тингловчиларда ҳосил бўладиган товуш эшитилиши, тингловчи айнан шу товушни акустик шароитлари яхши бўлган жойда эшитганига мос бўлсин. Эшиттиришнинг ахборот воситалари ва телефон алоқаси учун бу мослик фақатгина нутқ аниқлигини таъминлаш билан кейинчалик эса эшиттириш сифатини ошириш билан боғлиқ. Фақат шу ҳоллардагина иккиламчи сигнални бирламчи сигналга мослигини таъминлаш зарур. Иккала ҳолатда ҳам иқтисодий кўрсаткичлар алоҳида аҳамиятга эга.

Эшиттириш аниқлигининг бузилиши турлича бўлиши мумкин. Улардан айримларини кўриб чиқамиз.

Акустик келажакнинг йўқолиши. Товуш сигналининг бир каналли тизимдан узатганда, хонада бир неча микрофонлар бўлишига қарамай, эшитиш бир кулоқ билан тинглагандек туюлади. Эшитиш аъзоси учун товуш манбаи ҳар доим амалдаги иккиламчи манбаларга нисбатан қандайдир ўртача ҳолатда жойлашгандек туюлади, чунки вақт силжиши ва тингловчининг иккала кулоғидаги сатҳлар фарқи бирламчи манбанинг жойлашган жойига боғлиқ эмас. Бу бузилишни қисман стереофоник узатиш тизими, яъни сигналларни кўпканалли узатиш тизими ёрдамида тузатиш мумкин.

Сатҳларнинг силжиши. Сигналларни узатиш тракти бўйича бирламчи сигнал жарангдорлигининг абсолют сатҳи бўйича ахборот берилмаганлиги туфайли тингловчи иккиламчи сигнал сатҳи тўғрисида ўзича фикр юритади. Бундан ташқари, қабул қилиш томонидаги аппаратуранинг қуввати етмаслиги ҳамда тинглаш шароити ўзгариши натижасида бирламчи сигнал сатҳини тиклаб бўлмайди.

Сатхларнинг силжиши бирламчи ва иккиламчи сигналларнинг паст ва ўрта частотали таркибларини нурлатаётган радиокарнайлар ўртасидаги нисбат ўзгаришига олиб келиши мумкин. Чунки иккиламчи сигнал ўртача сатхининг бирламчи сигнал ўртача сатҳига нисбатан юқорига силжиши паст частотали сигналлар таркибини субъектив кўтарилишига, пастга силжиши эса уларнинг пасайишига олиб келади.

Товуш сигнали динамик диапазонининг чекланиши: Товуш сигналларининг динамик диапазони сигнал узатиш канали динамик диапазонидан катта бўлганлиги $D_c > D_k$ сабабли сигналларни каналдан бузилишларсиз ўтказиш мақсадида, узатиш канали бошланишда сиқувчи ва тугашида кенгайтирувчилардан фойдаланилади. Узатиш каналининг динамик диапазони 40 дБ га тенг. Шундай қилиб, динамик диапазони 40 дБ дан юқори бўлган эшиттириш сигналларининг динамик диапазони **компрессор** ёрдамида сиқилади. Натижада сигнал сифати бирмунча ўзгаради. Бу камчиликни узатиш каналининг охирида **кенгайтирувчи экспандер** улаш билан йўқотилади. Экспандер ёрдамида динамик диапазонни кенгайтириш аппаратурани мураккаблашувига олиб келади.

Частота диапазонининг чекланганлиги. Юқорида айtilган акустик сигналларни узатиш тракти барча частота диапазонини ўтказмайди, шунинг учун частота диапазонини чеклаш ҳақида фикр юритилади.

Халақитлар. Сигнални узатиш вақтида унга турли халақит ва шовқинлар, шу жумладан, электр ва акустик шовқинлар кўшилади. Акустик шовқинлар бирламчи товуш манбаи жойлашган жойда ва тингловчи жойлашган жойда ҳам мавжуд.

Бузилишлар. Бирламчи ва иккиламчи сигналларнинг мос эмаслигининг сабаби кенг маънодаги бузилишлардир. Одатда, бузилишларни тор маънода тушунадилар ва уларга: чизикли, ночизикли, параметрик ва ўтувчи бузилишлар киради. Улардан айримларини кўриб чиқамиз.

3.8 Шовқин ва халақитлар

Шовқин ва халақитларнинг таъсири, иккиламчи акустик сигналларнинг келиб чиқишидан қатъи назар, уларни никоблашга олиб келади. Шовқинлар эшитиш бўсағасини силжитади, у агарда «текис» бўлса, вақтга боғлиқ эмас. Бу шовқинларга турли флукуация шовқинлари киради, масалан, тошни майдалашдаги шовқин эффекти, бир вақтда бир неча одамларнинг сўзлашуви шовқинлари ва ҳ.к. киради.

Электр шовқинларнинг спектрлари бир текис, акустик шовқинларнинг спектрлари эса нутқ спектрларига яқинроқдир. Шунинг учун биринчисининг эшитиш бўсағаси юқори частоталар томон ўсишга мойилдир. Нутқ шовқинлари эшитиш бўсағасида деярлик частотага боғлиқ эмас.

3.9. Чизиқли бузилишлар

Трактнинг узатиш коэффициенти умумий кўринишда

$$K = \frac{p_2}{p_1} = |K| e^{j\varphi} \quad (3.11)$$

Бунда: p_1 ва p_2 – трактнинг бошланиши ва охиридаги товуш босими; $|K|$ – узатиш коэффициенти модули; φ – трактдаги фаза силжиши. **Узатиш коэффициенти**, одатда, частотага боғлиқ. Эшитиш аъзоси сигналларнинг фаза сляжишига таъсир кўрсатмаганлиги сабабли уларни таҳлил этмаймиз ва «узатиш коэффициенти» иборасида унинг модулини тушунаемиз.

Узатиш коэффициентининг частотага боғлиқлиги узатиш трактининг **частота тавсифи** деб аталади. У бирламчи сигнал частоталари таркибига кирувчи амплитудалар нисбатининг ўзгаришига олиб келади. Бу бузилишлар субъектив бирламчи сигналнинг тембри ўзгаргандек сезилади. Масалан, паст частота таркиблари бостирилганда, эшиттиришлар жарангдор бўлади, юқори частота таркиблари бостирилганда эса товуш бўғиқ бўлади.

Бузилишлар чизикли ёки амплитуда частотали бўлиб, частота тавсифининг нотекислиги билан баҳоланади

$$M = \frac{K_{\max}}{K_{\min}} \quad (3.12)$$

Бунда: K_{\max} ва K_{\min} – берилган частота диапазонидаги максимал ва минимал узатиш коэффициентлари.

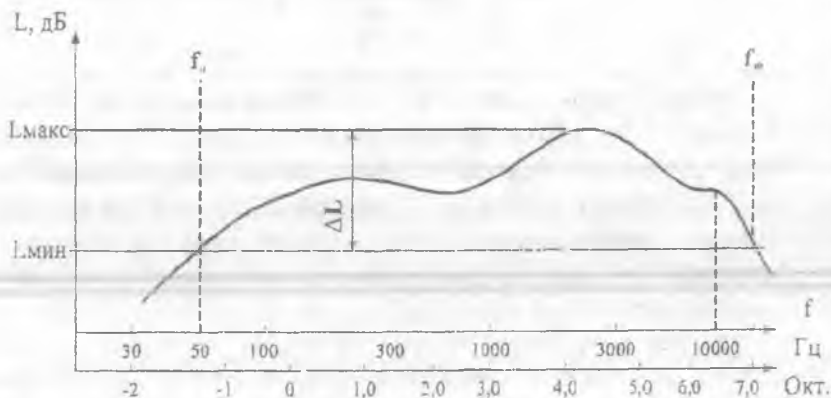
Нотекислик, одатда, логарифмик масштабда ўлчанади, унда

$$\Delta L = L_{\max} - L_{\min} \quad (3.13)$$

Бунда: L_{\max} ва L_{\min} – иккиламчи сигналнинг максимал ва минимал сатхлари.

3.4-расмда узатиш тракти сигналнинг тавсифларидан бири келтирилган. Амплитуда частота тавсифларини таҳлил этганда, эни 1/8 октавадан тор чўкки ва чўкмалар инobatга олинмайди. Бу шарт эшитиш аъзосининг кенг критик полосалари ҳамда бирламчи сигнал тез ўзгарганда, унинг спектри кенгайиб, бу чўкки ва чўкмалар текисланиши ҳисобига киритилган.

3.3-расм. Частота диапазони ва амплитуда – частота тавсифининг нотекислигини аниқлашга оид



Амплитуда – частота бузилишлари, одатда, бузилишларга мойил бўлган звеноларда пайдо бўлади. Частота бузилишларининг нормалари тажриба йўли билан аниқланади. Паст частотали бузилишлар юқори частотали бузилишларга нисбатан кўпроқ сезиларлидир. Бузилишлар частота коррекцияси йўли билан йўқотилади.

3.10. Ночизикли бузилишлар

Ночизикли бузилишлар деб, табиий товуш манбаи спектри таркибида бўлмаган ва эшиттириш сигналида янги частота таркибларини пайдо бўлиши билан боғлиқ бузилишларга айтилади.

Фараз қилайлик, товуш манбаи бир вақтнинг ўзида бир хил амплитуда U_m ва икки частота ω_1 ва ω_2 тебраниши ҳосил қилади, унда:

$$u = U_m (\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t) \quad (3.14)$$

Чиқишдаги сигнал

$$u_{\text{чик}} = aU_m (\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t) + bU_m^2 (\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t)^2 = aU_m (\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t) + bU_m^2 (\cos^2 \omega_1 t + 2 \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t + \cos^2 \omega_2 t) \quad (3.15)$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}, \quad \cos \alpha \cos \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)}{2}, \quad \text{инобатга}$$

олиб

$$u_{\text{чик}} = aU_m (\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t) + bU_m^2 \left[1 + \frac{1}{2} \cos 2\omega_2 t + \cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t \right] \quad (3.16)$$

Бу ифодадан кўриниб турибдики, асосий частота ω_1 ва ω_2 лардан ташқари, сигналда янги паразит таркиблар $2\omega_1$ ва $2\omega_2$ иккинчи гармоникалар ҳамда $\omega_1 \pm \omega_2$, йиғма-айирма тонлар пайдо бўлади.

Йиғма-айирма тонлар биринчи ҳадли комбинация тонлари деб аталади, ҳосил бўлган ночизикли бузилишлар эса **квадратик бузилиш** деб аталади. Ночизикли бузилишлар гармоникалар коэффициенти билан баҳоланади:

$$K_r = \frac{\sqrt{U_{m2}^2 + U_{m3}^2 + \dots}}{U_{m1}} 100\%, \quad (3.17)$$

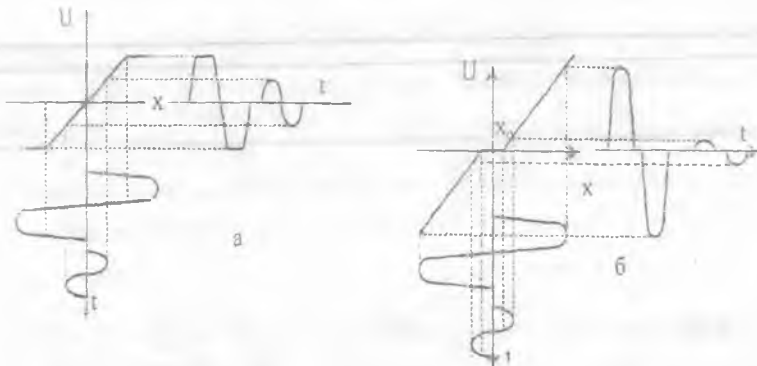
Бунда: U_{m1} – сигналнинг асосий таркиб амплитудаси.

Гармоникалар коэффицентини баҳолашнинг турли усуллари мавжуд, булар: гармоникалар усули, тонлар айирмаси усули.

Тажрибалар шуни кўрсатадики, тингловчи носимметрик бузилишларни камроқ сезади. Юқоридан амплитуда чекланиши билан боғлиқ бўлган бузилишлар эшитишга камроқ таъсир этади, марказдан чекланганда содир бўладиган бузилишлар эса кўпроқ сезилади.

Носимметрик бузилишлар $y=f(x)$ боғланишнинг ток даражаларида, симметрик бузилишлар жуфт даражаларида пайдо бўлади.

3.4-расм. Катта ва катта бўлмаган сигнал амплитудаларининг амплитуда чекланиши



а) юқоридан чеклаш; б) пастдан (марказдан) чеклаш.

Тингловчилар учун овозни қайта эшиттириш сифати етарлича юқори бўлиши учун овоз эшиттириш электр канали трактларининг параметрлари ГОСТ 11515-91 томонидан белгиланган талабларга жавоб бериши лозим.

Товуш эшиттириш электр каналлари ва трактларининг параметрлари сифатини меъёрлаш шу канал ва тарктларда сигналларнинг рухсат этилган шовқин сатхларини субъектив-статистик экспертиза йўли билан аниқлашга асосланган.

Бузилишлар қуйидаги боскичлар билан белгиланади:

- **умуман сезилмайдиган бузилишлар** 15% дан кам ҳолларда сезилади;
- **амалий сезилмайдиган бузилишлар** 30% ҳолларда сезилади;

– ишончсиз сезиладиган бузилишлар 50% ҳолларда сезилади;

– ишончли сезиладиган бузилишлар 75% ҳолларда сезилади.

Бузилишларнинг сезилиши ҳамда техник-иктисодий кўрсаткичларига қараб товуш жарангдорлигининг уч класси белгиланган:

– **олий класс** – бузилишлар юқори малакали экспертларга деярлик сезилмайди;

– **биринчи класс** – бузилишлар юқори малакали экспертларга ишончсиз сезилади ва оддий тингловчиларга амалда сезилмайди;

– **иккинчи класс** – бузилишлар юқори малакали экспертларга ишончли сезилади ва оддий тингловчиларга ишончсиз сезилади.

Ҳар бир класс аниқ руҳсат этилган бузилишлар билан характерланади. Шу билан бирга қуйидаги сифат параметрларни регламентлайди:

- узатиш частоталари кенглиги;
- амплитуда – частота тавсифининг нотекислиги;
- гармоникалар коэффиценти;
- аниқ сезиларли ўтиш халақитлардан химояланганлик;
- стереофоник эшиттиришда чап ва ўнг каналлардаги фазалар фарқи;
- чап ва ўнг каналлар ўртасидаги сатҳлар фарқи;
- чиқиш сатҳининг номинал қийматидан оғиши.

Назорат саволлари:

1. Бирламчи ва иккиламчи сигналларга қандай товуш сигналлари киради?
2. Товуш сигналининг динамик диапазони қандай аниқланади?
3. Товуш сигналларининг ўртача сатҳи қандай аниқланади?
4. Қандай шовқинларни биласиз, спектр таркиблари нима билан фарқланади?

5. Асосий тон, фонема, форманта, интонация тушунчаларини тушунтиринг.

6. Иккиламчи сигнадда қандай турдаги бузилишлар содир бўлиши мумкин?

7. Канал ва трактлар параметрлари сифатини нормалаш принципини тушунтиринг.

8. Акустик сигналнинг эшитилишига частота, нозизиқли ва фаза бузилишлари қандай таъсир кўрсатади?

IV БОБ. ЭЛЕКТРОМЕХАНИК ТИЗИМЛАР ВА ЭЛЕМЕНТЛАР

4.1. Электромеханик ўзгартириш

Эшиттириш товушларини узатиш, овоз эшиттириш электр канали орқали амалга оширилади, овоз эшиттириш электр каналининг бошида акустик энергияни электр энергияга ўзгартирадиган **ўзгартиргич – микрофон** чиқишида эса электр энергияни акустик энергияга ўзгартирадиган **ўзгартиргич – радиокарнай** ўрнатилган. Сигналларни бир шаклдан иккинчи шаклга ўзгартирадиган бошқа аппаратлар тури ҳам мавжуд. Масалан: граммафон пластинкасидаги ёзувни қайта эшиттирганда, адаптер игнанинг механик тебранишини электр кучланишга; кулок телефони кулок эшитиш йўлакчасида телефонга берилган товуш частота тонини товуш босимига ўзгартиради.

Сигналларни бир турдан иккинчи турга ўзгарадиган аппаратлар **электромеханик ўзгартиргичлар** деб аталади.

Агарда ўзгартиргич, электр энергияни механик энергияга айлантурса, бу – **ўзгартиргич двигатель**. Агарда ўзгартиргич механик энергияни электр энергияга ўзгартурса, бундай ўзгартиргич **ўзгартиргич генератор** деб аталади.

Ўзгартиргич двигателяга радиокарнайлар, ўзгартиргич генераторга микрофонлар мисол бўла олади. Электроакустика фанининг асосий вазифаси тузилиши ва белгила-ниши турларига қараб, товуш частотаси тебранишларини электромеханик ўзгартирувчи асбобларни лойиҳалаш ва ҳисоблашдан иборат.

Ўзгартиргичларнинг умумий назарияси тўрт қутбликлар назариясига асосланади.

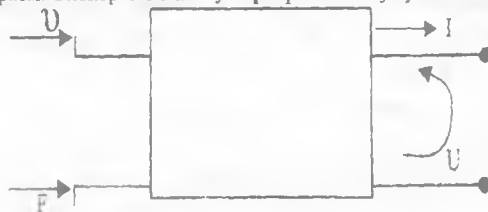
4.2. Чизикли ўзгартиргичларнинг умумий тенгламаси

Акустик сигналларни электр сигналларга ва, аксинча, электр сигналларни акустик сигналларга ўзгартириш эшиттириш каналининг узатиш ва қабул қилиш томонларида амалга оширилади. Юқорида айтилгандек, яна бир бор бундай ўзгартиришларни амалга оширадиган аппаратлар, **электро-механик ўзгартиргичлар** деб аталади, яъни механик тебранишларни электр тебранишларга айлантирадиган ўзгартиргичлар – **генератор**, электр тебранишларни механик тебранишларга айлантирадиган ўзгартиргичлар **двигатель** деб аталади.

Сигналларни ўзгартириш нозикли бузилишларга олиб келмаслиги учун, эшиттириш техникасида қўлланиладиган электромеханик ўзгартиргичлар етарли аниқликда чизикли ўзгартириш шартини қаноатлантириши керак. Бу шарт вақт бўйича ўзгарувчан қиймат ўзгартиргичнинг икки томонидаги электр ва механик сигналлар ўзаро чизикли тенгламалар билан боғланган.

Шартли равишда ўзгартиргичнинг айнан ўзгартиришни амалга оширадиган қисмига бир томондан кучланиш улаш, иккинчи томонини ташқи куч таъсир этиш ёки механик юклама улаш учун муаллақ стержни бўлган қурилма сифатида қабул қиламиз (4.1-расм). Бундай қурилманинг ишлаш принципи вақт бўйича тўрт қутбликнинг қийматлари ўзгариши билан белгиланади: электр томонида кучланиш – V ва ток – I , механик томонида эса, куч – F ва тебраниш тезлиги – U .

4.1-расм. Электромеханик ўзгартиргичнинг умумий схемаси



Бунда ток I ва кучланиш V йўналишлари ўзгартиргичнинг кириш қисмидан чиқиш томонига йўналган бўлса ишораси мусбат, агарда куч ўзгартиргич томон йўналган бўлса, ишораси – мусбат, кучланишнинг йўналиши, ўзгартиргичнинг электр томони қисми бўлганда, йўналиш соат стрелкасига мос бўлса, мусбат, агарда электр томони чиқиш қисми бўлса ва соат стрелкасига тескари бўлганда, мусбат деб қабул қилинади. Демак, ўзгартиргичнинг 4.1-расмдаги кўринишида чап томони кириш ва унинг ўнг томони чиқиш қисми ҳисобланади.

Стационар режимда, ҳамма ўзгарувчан (U, I, F, V) кийматлар вақт бўйича, яъни $e^{j\omega t}$ ўзгарса, улар ўртасидаги чизиқли нисбатларни алгебраик тенглама кўринишида ёзиш мумкин.

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

Тенгламадаги коэффицентлар маъносини аниқлаймиз.

1) Биринчидан тенглама (4.1) дан

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

Z умумий ҳолда тормозланган (тўхтатилган) ўзгартиргичнинг комплекс электр қаршилиги, яъни ўзгартиргичнинг механик томони тўхтатилганда ($V=0$) ўлчанган қаршилиқ.

2) Иккинчидан (4.1) тенгламадан

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

Механик тизимлар тебраниши назариясига биноан таъсир кучнинг стационар режимда куч таъсир этаётган нукта тезлигига нисбати, тизимнинг механик қаршилиги деб аталади (ўлчов бирлиги $1 \cdot 10^{-3}$ Нс/м) (4.3) формуладаги z – ўзгартиргичнинг электр томони салт юриши режимидаги механик томонида ўлчанган қаршилиқ.

3) Учунчидан (4.1) тенгламадан $K_1 = \left(\frac{U}{V} \right)_{I=0}$, $K_2 = \left(\frac{F}{I} \right)_{V=0}$, (4.4)

Қийматлар қурилма бажараётган электромеханик ўзгартиришни белгилайди ва электромеханик боғланиш коэффициентлари, энергияларнинг ўзгартирилиш қўламини аниқлайди. Кўпчилик электромеханик ўзгартиргичлар қайтарилувчан, яъни улар ўзгартиришни икки томонлама бажаради. Қайтарилмайдиган ўзгартиргичлар тури кам, уларга кўмирли микрофонлар мисол бўла олади.

Ишлаш принципига қараб, ўзгартиргичлар индуктивли ва сиғимли ўзгартиргичларга бўлинади.

Индуктивли ўзгартиргичларда силжитувчи куч тоқларнинг ўзаро таъсири туфайли пайдо бўлади, электр юритувчи куч эса, магнит оқими ўзгаришига боғлиқ.

Сиғимли ўзгартиргичларда силжитувчи куч зарядларнинг ўзаро таъсири натижасида пайдо бўлади, ҳосил бўлган ўзгарувчан кучланиш эса сиғимларнинг ўзгариши натижасидир. **Пьезоэлектрик ўзгартиргичларни** алоҳида гуруҳга киритадилар, аммо расмий равишда улар сиғимли турдаги ўзгартиргичларга киради.

4.3. Электростатик ўзгартиргичлар

Электростатик ўзгартиргичларнинг ишлаш принципини электростатик майдон қонунларидан фойдаланиб тушунтириш мумкин.

Агарда қопламаларида доимий кучланишли U_0 конденсатор олиб ва битта қопламасига ўзгарувчан тезлик V таъсир этсак (4.2-а расм), унда конденсаторда ўзгарувчан ЭЮК ҳосил бўлади

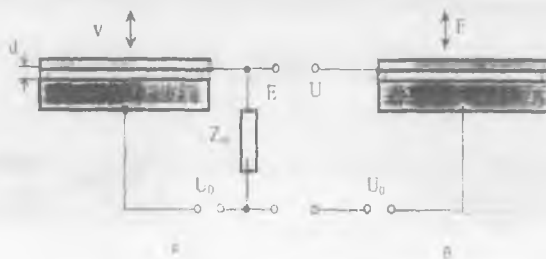
$$E = \frac{U_0 V}{j\omega d} \quad (4.5)$$

d – тебраниш бўлмагандаги конденсатор қопламалари орасидаги масофа; ω – тебраниш частотаси.

Ҳақиқатан, конденсатор қопламалари оралиғини ўзгартириш унинг сиғимини ўзгартиради, ўз навбатида конденсатор

зарядини ўзгартиради. Конденсаторли микрофоннинг ишлаши шу принципга асосланган.

4.2-расм. Конденсатор туридаги микрофон



Конденсаторга уланган ўзгарувчан кучланиш $U \sim$ таъсирида ундан ўзгарувчан ток I оқади, унда конденсатор қопламларидаги ўзгарувчан куч қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$F = \frac{U_0 I}{j\omega d} \quad (4.6)$$

Конденсаторли (электростатик) радиокарнайларларнинг ишлаши ҳам шу принципга асосланган.

(4.5) ва (4.6) формулалардан сиғимли (электростатик) тизимларнинг **электромеханик боғланиш коэффициентини** аниқлаш мумкин.

$$K_{\text{бор}} = \frac{F}{I} = \frac{E}{V} = \frac{U_0}{j\omega d} \quad (4.7)$$

Электромеханик боғланиш коэффициентининг мавҳум киймати шуни кўрсатадики, куч ва ток фазаси бўйича 90° га силжиган.

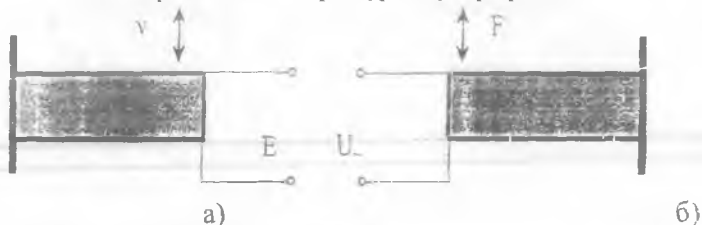
Электромеханик боғланиш коэффициентининг узатилаётган частота тебранишларига боғлиқлигига эътиборни қаратиш лозим. Ночизикли бузилишлар содир бўлмаслиги учун $U_0 \gg U$ шarti бажарилмоғи лозим.

Агарда кристалл пластинкасини деформацияласак, масалан, пластинканинг бир учини ташқи куч таъсирида V тезликда тебранишга мажбур қилсак (4.3-а расм), унда унинг электродларида ўзгарувчан ЭЮК E пайдо бўлади:

$$E = \frac{kl^2 v}{j\omega h^2}, \quad (4.8)$$

Бунда: l, h – пластинканинг узунлиги ва қалинлиги, k – пьезоэффект коэффициенти. Бу ҳодиса **тўғри пьезоэффект** деб аталади ва ўзгартиргич – генераторларда (микрофонларда) қўлланилади.

4.3- расм. Пьезоэлектрик турдаги ўзгартиргич



Агар бундай пластинканинг электродларига ўзгарувчан I токни пайдо қилувчи $U \sim$ кучланиш берсак (4.3-б расм), унда F куч пайдо бўлиб, пластинка V тезликда тебранади:

$$F = \frac{kl^2 v}{j\omega h^2} \quad (4.9)$$

Бу ҳодиса **тесқари пьезоэффект** деб аталади ва ўзгартиргич двигателларда (радиокарнайларда) қўлланилади. Пьезоэлектрик ўзгартиргичларнинг эгилувчан деформацияли боғланиш электромеханик коэффициенти куйидагича аниқланади:

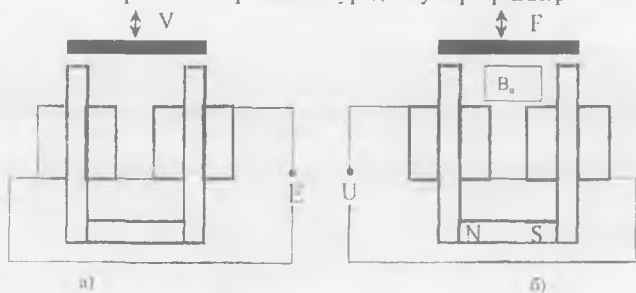
$$K_{\text{бор}} = \frac{kl^2}{\omega h^2} \quad (4.10)$$

Агар ферромагнит материалдан ясалган мембранани ўзгармас магнитнинг учига яқинлаштирсак ёки узоқлаштирсак (4.4-а расм), яъни ғалтак ўзагидан оқаётган магнит оқимини ўзгартирсак, ғалтакларда ЭЮК индукцияланади:

$$E = B_0 L_K v n S, \quad (4.11)$$

Бунда: n – ғалтак ўрамлари сони; B_0 – магнит занжирдаги индукция; L_K – ғалтак индуктивлиги. Электромагнит микрофонлар ва механик товуш ёзувчи, товуш олувчилар шу принципда ишлайди.

4.4-расм. Электромагнит туридаги ўзгартиргичлар



Ғалтакларга уларда ток I пайдо этувчи ўзгарувчан U кучланиш уласак (4.4-б расм), унда $B \ll B_0$ шартида мембранага ўзгарувчан куч таъсир этади.

$$F = B_0 L_r I n S, \quad (4.12)$$

Электромагнит радиокарнайлар ва телефонлар шу принцилда ишлайди. Электромагнит тизимидаги электро-механик ўзгартиргичнинг электро механик боғланиш коэффициенти

$$K = B_0 L_r n S \quad (4.13)$$

Ўзгартиргич – двигательнинг тўла электр қаршилиги:

$$Z = Z_0 + \frac{K^2}{Z_0 + Z} = Z_0 + Z_{\text{кир}} \quad (4.14)$$

$Z_{\text{кир}}$ – киритилган электр қаршилик. Ўзгартиргичнинг хусусий электр қаршилиги Z_0 механик қисмнинг реакцияси натижасида

$$Z_{\text{кир}} = \frac{K^2}{Z_0 + Z} \text{ қийматга ошади, бу қиймат киритилган}$$

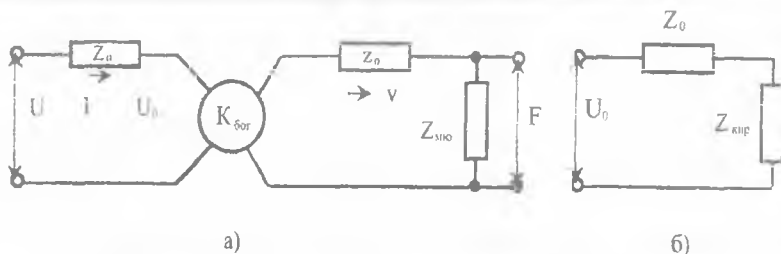
электр қаршилик деб аталади. Унинг физик маъноси шундан иборат. Агар магнит майдонидаги симга кучланиш берсак, унда ҳосил бўлган ток кучи симнинг ҳаракатланишига сабабчи бўлади. Аммо ўзгартиргичнинг қайтарилувчанлиги ҳисобига симнинг ҳаракати шу симда ЭЮК пайдо этади. Кейинги ЭЮК индукция қонунига асосан «ўзини пайдо этган

кучга қаршилик қилади» ва кўпинча уни тескари ЭЮК деб атайдилар, чунки у берилган кучланишга қарши йўналтирилган. Шунинг натижасида ток ва кучланиш пасаяди, бу электр занжирга қўшимча қаршилик улаган билан баробар.

4. 4. Ўзгартиргичнинг эквивалент схемалари

Ўзгартиргич двигательнинг умумий эквивалент схемаси 4.5-а расмда келтирилган. К ўзгартиргич бўлиб, унинг чап қисми ўзгартиргичнинг электр схемасини кўрсатади, К нинг ўнг томони эса ўзгартиргичнинг механик эквивалент схемаси. 4.5-б расмда иккита электр қаршилик Z_0 ва киритилган электр $Z_{кир}$ иборат электр-эквивалент схема келтирилган.

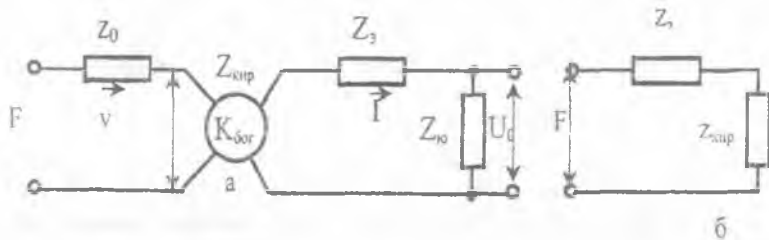
4.5-расм. Ўзгартиргич двигательнинг умумий эквивалент схемаси



а – умумий; б – электр-эквивалент схемалари.

Ўзгартиргич генераторнинг эквивалент схемаси 4.6-расмда келтирилган.

4.6-расм. Ўзгартиргич генераторнинг эквивалент схемалари



а – умумий; б – механик.

Генераторнинг механик кириш қаршилиги қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{F}{V} = z_0 + \frac{K^2}{z_0 + z} = z_0 + z_{\text{кпр}} \quad (4.15)$$

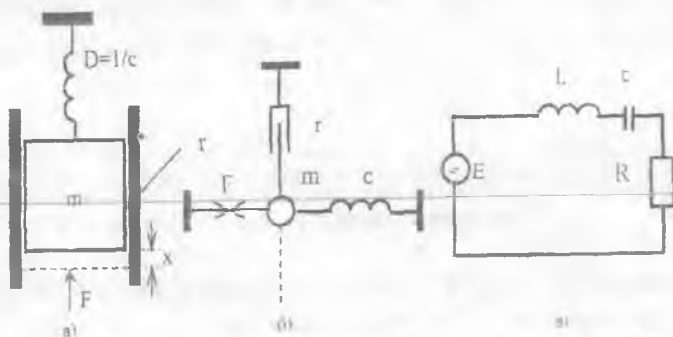
4.5. Электромеханик ўхшатишлар усули

Электроакустик қурилмаларда мураккаб механик ёки механо-акустик тебраниш тизимлари қўлланилади. Уларни механиканинг оддий ҳар бир элементи учун тенгламаларни тузиш ва ечиш анчагина қийинчилик туғдиради. Мураккаб тебраниш тизимларининг техник ҳисоби электромеханик ўхшатишлар усулини қўллаганда, анча соддалашади. Бу усул асосида турли физик табиат – электр ва механик тебраниш ҳодисаларини ифодаловчи тенгламаларнинг ўхшашлиги ётади. Агар тенгламалар ўхшаш бўлса, уларнинг ечими ҳам ўхшаш. Шунинг учун у ёки бу механик масаланинг ечими электротехник масала ечими билан ўзгартирилиши мумкин.

Шундай қилиб, электромеханик ўхшатишлар усулининг асоси шундан иборатки, исталган механик тебраниш тизимини унга ўхшаш электр схема билан алмаштириш мумкин. Энг кўп қўлланиш кетма-кет электр контури учун Кирхгоф тенгламаси, механик тугун учун Д'Аламбер принципининг электромеханик тизимлари ўхшашлиги асосида бажарилади. Бир даражаси озод оддий механик тизимнинг тебраниш жараёнини кўриб чиқамиз (силжиш факат вертикал йўналишда бўлади).

Фараз қилайлик, эластиклиги D тенг бўлган, пружина билан маҳкамланган m массага эга бўлган жисмга F куч таъсир қиляпти (4.7-а расм).

4.7-расм. Оддий механик тизим модели (а) ва унинг электр ўхшашлик (б) схемаси



ДАламбер конунига асосан тизим мувозанатда бўлиши учун ташқи таъсир куч, тизим реакцияси билан мувозанатланиши керак:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \quad (4.16)$$

Бунда: $F_1 = m \frac{d^2x}{dt^2}$ – пружина массасининг реакция кучи; $F_2 = r \frac{dx}{dt}$ – пружинанинг ишқаланиш кучи; $F_3 = D_x$ – пружинанинг эластиклик кучи.

$$F = m \frac{d^2x}{dt^2} + r \frac{dx}{dt} + \frac{x}{c} \quad (4.17)$$

Бунда: r – ишқаланиш коэффициенти; $c = \frac{1}{D}$ – пружинанинг эгилувчанлиги.

Бу тенглама бирламчи кетма-кет контурдаги зарядларнинг силжиш тенгласига ўхшаш (4.7-в расм):

$$E = L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \quad (4.18)$$

L, R, C – индуктивлик, қаршилик ва сифим; q – заряд.

Ток ва тебраниш тезлиги ўртасидаги математик ўхшашликни таъкидлаб ўтамыз: $i = \frac{dq}{dt}$ ва $v = \frac{dx}{dt}$

Электротехникада кучланишнинг токка нисбати **электр қаршилик** деб аталади, 4.7-в расмдаги занжир учун:

$$Z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (4.19)$$

мос ҳолда механик тебраниш тизими учун:




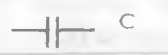
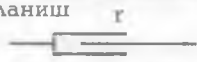






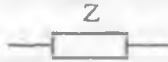
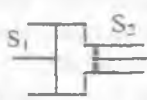
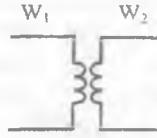
$$\frac{F}{V} = z = r + j \left(\omega m - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (4.20)$$

Кейинги (4.20) формулани **Омнинг механик қонуни** дейиш мумкин. Табиийки, механик қаршиликнинг ўлчов бирлиги **мехом**. Механик қаршиликнинг ўлчов бирлиги кг/с. Шунга ўхшаш резонанс частоталарни ҳам аниқлаш мумкин: электр занжир учун $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, механик занжир учун эса:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{mc}}$$

Демак, индуктивлик, актив қаршилик ва сиғим мос ҳолда масса, ишқаланиш қаршилиги ва эгилувчанликка ўхшаш. Шунга айтиш керакки, юқоридаги ўхшашлик расмий бўлиб, физик маънога эга. Электр занжирдаги индуктивлик кучланиш манбаини узиб-улаганда токнинг оний ўсиши ва камайишига тўсқинлик қилади. Механик тизимлардаги масса ҳам худди шундай вазифани бажаради. Жисм инерционлиги унга куч таъсир этганда тезликнинг оний ошишига ва тўхташига тўсқинлик қилади. Электр занжирдаги актив қаршилик ҳисобига энергиянинг бир қисми иссиқлик энергиясига айланади. Ишқаланиш бўлганда механик энергиянинг бир қисми ҳам иссиқлик энергиясига айланади. Зарядланган конденсатордаги энергия сиқилган пружинага ўхшаш.

Барча айтилганларни электромеханик ўхшашлик жадвали 4.1 га киритамиз. 4.1-жадвалдан кўриниб турибдики, механик боғланишларнинг электр тизимидаги ўхшашликлари мавжуд: механик элементларнинг занжир усулида боғланиши икки қутблик электр занжирларнинг параллел уланишига ўхшаш; механик тизимдаги тугун боғланиш электр занжирдаги кетма-кет уланишга мос.

| Номи | Белгиланиши | Номи | Белгиланиши |
|---------------------------|--|--------------------------|--|
| Масса |  | Индуктивлик |  |
| Эгилувчанлик |  | Сифим |  |
| Ишқаланиш |  | Актив қаршилик |  |
| Куч |  | ЭЮК кучланиш |  |
| Тебраниш тезлиги |  | Ток |  |
| Комплекс механик қаршилик |  | Комплекс электр қаршилик |  |
| Акустик трансформатор |  $n = \frac{S_2}{S_1}$ | Электр трансформатори |  $n = \frac{W_2}{W_1}$ |

4.8-расмда келтирилган оддий механик тизимларнинг электр-эквивалент схемаларини тузиш қийинчилик туғдирмайди. Мураккаб механик тизимлар учун умумий коидаларга риоя қилган ҳолда электр-эквивалент схемасини беҳато тузиш лозим.

Г. А. Гамбурцев таклиф этган эквивалент схемалар тузиш усулларидан бирини кўриб чиқамиз.

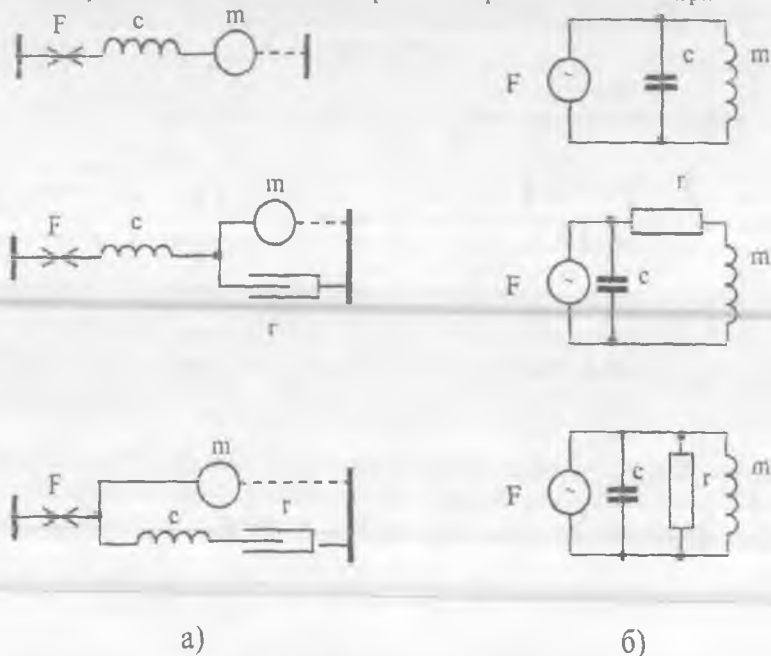
Шуни айтиш лозимки, энг қийини қурилманинг механик тизимини қуришдир. Уни қуриш ҳаракатда қатнашадиган механизм элементларини аниқлашдан бошланади. Кейин массага таъсир этадиган ташқи куч аниқланади.

Механик схемадаги куч массага механизмнинг силжимайдиган нуктасига нисбатан қаратилган бўлиши керак. Масса

билан боғлиқ бўлиб қолган элементлар унинг йўналишига нисбатан параллель ёки кетма-кет уланади.

Юқорида баён этилган мулоҳазалар асосида биз эквивалент схемаларни, яъни берилган механик схеманинг электр ўхшашлик схемасини чизишимиз мумкин (4.8-расм).

4.8-расм. Оддий механик моделларнинг электр-эквивалент схемалари



a)

б)

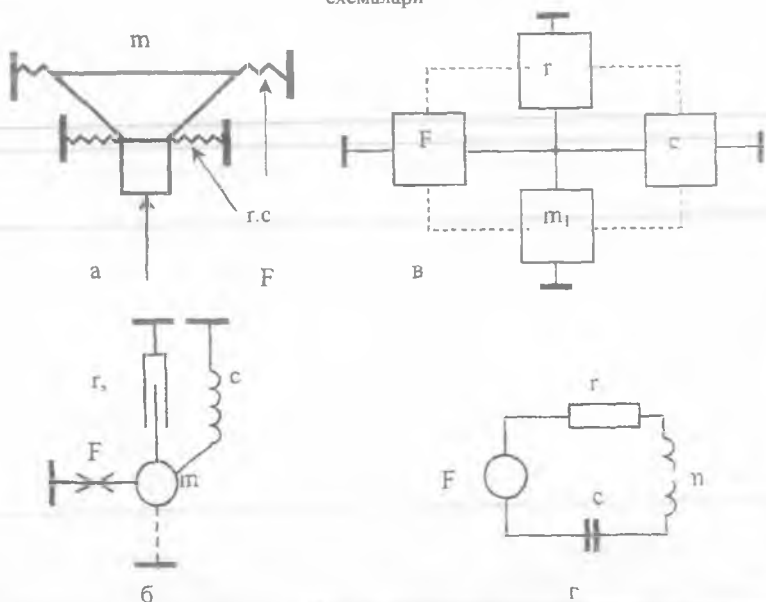
Уланиш усулини аниқлашда оддий қоидаги риоя қилиш зарур: ҳаракат элемент орқали узатилса, бу элементнинг олиб ташланиши ҳаракат узатишини тўхтади, унда бу элемент кетма-кет уланади; бу элементнинг олиб ташланиши ҳаракат йўналишини тўхтатмаса, унда бу элемент таъсир куч йўналишига нисбатан параллель уланади. Ҳаракатнинг кейинги узатилиши схемадаги бошқа элементлар ёрдамида амалга оширилади.

Механик тизимларнинг электр ўхшашлиги схемаларини тузиш қоидаларини электродинамик радиокарнай каллагининг

соддалаштирилган модели мисолида кўриб чиқамиз (4.9-а расм).

Схемада F – товуш ғалтақдан ток оққандаги таъсир куч; c – диффузорнинг умумий илиниш эгилувчанлиги; r – илинишнинг молекуляр ишқаланиши; m – ғалтақ ва диффузор массалари.

4.9 - расм. Электродинамик радиокарнайнинг механик ва электр-ўхшашлик схемалари



Шундай қилиб, электр ўхшашлик схемасини тузиш учун:

1. Механик тебраниш тизими чизиб олинади. Схемани тузиш механик куч қўлланилиш нуқтасидан бошланади (4.9-б расм). Механик элементлар схемасини боғловчи линиялар, **механик боғланиш линиялари** деб аталади. Бунда албатта, масса кўзғалмас нуқтага нисбатан силжийди деб ҳисоблаб, у кўзғалмас нуқтага штрихли линия билан боғланади.

2. Механик схема қайта чизилади. Бунда схеманинг барча элементлари қайтадан квадрат кўрinishда элементларнинг ҳарфли белгилари билан чизилади. Истисно тариқасида трансформаторнинг бирламчи ўрами тўғри тўртбурчак, иккиламчи ўрами эса тўғри тўртбурчакка туташган квадрат

килиб чизилади (4.10 – 4.11-расм). Масса элементлари штрих линиялари бўйлаб қўзғалмас нукта томон силжийди, штрихли линия узлуксиз линия билан алмаштирилади (4.9-в расм). Массалар ўрнида тугунлар шаклланади. Барча квадратлар штрихли линиялар билан боғланади, улар ҳар бир квадратни кесиб ўтганда механик боғланиш линияларига перпендикуляр ўтади ва ёпик контурлар ҳосил қилади. Бу штрихли линиялар механик боғланиш линияларини кесиб ўтмай шундай боғланиши керакки, берк контурлар ичида силжидиган механизм қисмлари қолмасин.

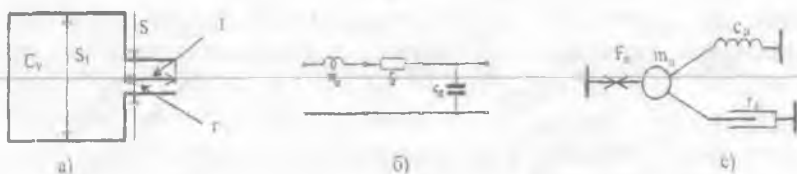
3. Штрихли линиялар ташкил этган схема қайта шундай чизиладики, квадратлар электр ўхшашлик схемаларда белгиланганига мос бўлиши керак (4.9-г расм). Ҳосил бўлган схемада механик белгилар қолдирилади.

4.6. Акустик тизимлар

Механик тебраниш тизимларидан ташқари, электроакустик ўзгарткичларда **акустик тебраниш тизимлари** деб аталувчи тизимлар қўлланилади. Улардаги айрим элементлар газсимон муҳитдан иборат. Акустик тизимлар бўшлик, каналлар, ҳажм резонаторлари турида бўлиб, биргаликда мураккаб қурилмаларни ташкил этади, ўзининг ҳаракати билан резонанс контурлари, филтрлар ва б. ўхшайди. Акустик тебраниш тизимининг оддий мисоли сифатида **Гельмгольц резонаторини** айтиш мумкин (4.10-расм). Резонатор **параметрлари тарқалган тизимни** ифодалайди. Аммо резонаторнинг ўлчамлари унга таъсир этаётган тўлқин узунлигидан кичик бўлганда, унда бундай тизимни, **параметрлари мужассамланган тизим** деб қараш мумкин.

Резонатор ҳажми V ва қўндаланг кесими S тенг, бўғиз узунлиги l бўлган қолба идишдан иборат. Қолбадаги ҳаво шартли равишда икки бўлакка бўлинади: бир қисми идиш тубида, қолган қисми эса резонатор бўғизида деб фарз этилади.

4.10-расм. Гельмгольц резонатори (а), унинг электр-эквивалент (б), механик-эквивалент (с) схемалари



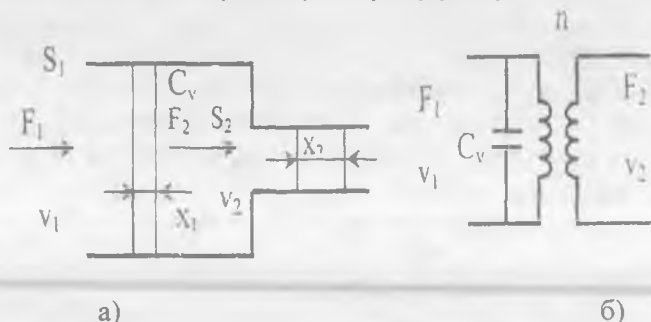
Резонаторнинг барча ҳаво массаси унинг бўғизида, эластик-лиги тубида мужассамланган, колба бўғизидagi ҳаво массаси амалда сиқилмайди ва қаттиқ поршен каби ҳаракатланади деб фараз қиламиз. Бундай поршеннинг ҳаракатланишида унинг девори билан ҳаво заррачалари ўртасида ишқаланиш r пайдо бўлади. Резонаторнинг тубида жойлашган ҳаво эластиклик хусусиятига эга, яъни эгилувчанлик C_v ролини бажаради. Бундай тақсимлаш фақат тахминийдир, чунки резонатор тубидаги ҳавонинг бир қисми инерциал қаршиликка эга. Аммо $\frac{S_1}{S}$ нисбат катта бўлгандагина бундай тахмин қониқар-лидир, чунки тебраниш кинетик энергиясининг асосий қисми резонатор бўғизида бўлади.

Шундай қилиб, биз маълум механик тугун схемасига (4.10-расм) эга бўламиз. Шунинг учун олдинги олинган натижалар акустик тебраниш тизимлари учун ҳам ҳақлидир. Масалан, резонаторнинг механик резонанс частотаси $\omega_0 = \frac{1}{m \cdot c_v}$ тенг.

Резонаторлар амалда кўп қўлланилади. Унинг актив қаршилиги қиймати ва характерига қараб қўлланилиши турлича бўлиши мумкин. Агар актив қаршилигини инобатга олмасак, унда резонатор товуш кучайтиргич вазифасини бажаради. Ишқаланиш қаршилиги сунъий равишда оширилса, унда резонатор товуш энергиясини ютувчи хусусиятга эга бўлади. Резонансли товуш сўндиргичларнинг ишлаши шу принципга асосланган, улардаги ишқаланиш резонатор бўғизини беркитувчи мато ҳисобига ошади.

Акустик трансформатор. Кўпинча электроакустик аппаратлар конструкциясида тебранувчи ҳаво оқимини ўзгарувчи юза кесими таъминлайдиган қурилмалар қўлланилади. Оддий кўринишда бундай қурилмани иккита идеал турли юзадаги ўзаро туташ камерадаги ҳаво ҳажми орқали боғланган поршен сифатида кўриш мумкин.

4.11-расм. Акустик трансформатор



а – акустик трансформатор; б – электр-эквивалент схема

Фараз қилайлик, юзаси S_1 тенг поршен (4.11-а расм) F_1 куч таъсирида v_1 тезликда тебранади. У сиқиб чиқараётган ҳаво оқими $v_1 S_1$ ҳажмий тезликка эга. Камерадаги ҳавонинг сикилшиини инобатга олмаган ҳолда барча сиқиб чиқарилган ҳаво оқими S_2 кесим юзасидан ўтади, шундай қилиб, $v_1 S_1 = v_2 S_2$ ёки:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{S_1}{S_2} = n \quad (4.21)$$

Камерадаги биринчи поршеннинг x қийматга силжиши натижасида, ташки кучни мувозанатлаштирувчи ортиқча $P_{\text{тов}}$ босим ҳосил бўлади, у $F_1 = P_{\text{тов}} S_1$ тенг.

Бу босим камеранинг барча деворларига таъсир этади, шу жумладан S_2 поршенга ҳам. Шунинг учун $F_1 = P_{\text{тов}} S_2$.

Аммо: $P_{\text{тов}} = \frac{F_1}{S_1}$ тенг бўлгани учун $F_2 = \frac{F_1 S_2}{S_1}$ ёки:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = n \quad (4.22)$$

Олинган кийматлар электр трансформатордаги нисбатларга мос (4.11-б расм).

Электр трансформатори ўрамлари сонининг аналоги бўлиб камеранинг юзаси ҳисобланади. Шундай қилиб, акустик камера куч ва тезликларнинг акустик трансформатори ҳисобланади. Амалда камерадаги ҳаво сиқилади, демак, ҳаракатланаётган S_1 поршендан ҳаво заррачалари S_2 юзага камерадаги ҳаво ҳажмининг эластиклиги орқали ўтади. Бу эластик элемент акустик трансформаторнинг электр аналоги схемасида трансформаторнинг бирламчи, ёки иккиламчи ўрамига параллель уланиши мумкин. Электр трансформаторда бир неча иккиламчи ўрам бўлиши мумкин. Худди шунга ўхшаш акустик трансформаторда ҳам бир неча чиқиш тешиклари бўлиши мумкин.

Назорат саволлари:

1. Электромеханик ўзгартиргичнинг умумий схемасини чизинг, дифференциал тенгламасини ёзинг ва тушунтиринг.
2. Электромеханик ўзгартиргичларда қўлланиладиган ўзаролик принципи нимадан иборат?
3. Ўзгартиргичларнинг боғланиш K_1 ва K_2 коэффициентлари формуласини ёзинг ва тушунтиринг.
4. Механик тебраниш тизимларининг электр ўхшашлик схемаларини тузишни тушунтиринг.
5. Электр занжири ва механоакустик тебраниш тизимлари учун резонанс частоталари формулаларини ёзинг ва тушунтиринг.
6. Ўзгартиргич-двигатель электр-эквивалент схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
7. Ўзгартиргич-генераторнинг механик-эквивалент схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
8. Электромеханик ўхшашлик услуби принципини тушунтиринг.
9. Акустик трансформаторнинг электр ва механик трансформаторлардан қандай фарқи бор?

10. Акустик тебраниш тизимларининг кандай хусусиятларини биласиз?

11. Гельмгольц резонаторининг механик схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.

12. Гельмгольц резонаторининг электр-эквивалент схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.

13. Акустик трансформаторнинг ишлаш принципини тушунтиринг.

У БОБ. МИКРОФОНЛАР

5.1. Микрофонларнинг классификациялари ва техник тавсифлари

Электроакустик сигнал узатишнинг асосий мақсади товуш эшиттиришларини табиийлигича қайта эшиттиришдир. Товуш эшитиш таассуротлари фақатгина товуш босимига боғлиқ бўлмасдан, балки тўлқин fronti эгрилигига ҳам боғлиқ. Шунинг учун товушни қайта эшиттириш нуқтасида товуш босими ва тўлқин fronti эгрилигини табиийлигича сакланишига эришиш зарур. Тўлқин фронтининг эгрилиги ўтиш жараёнлари характерини белгилайди, чунки уларнинг эгрилик радиуси қанчалик кичик бўлса, яқин товуш майдони шунчалик кучлироқ ва паст частотанинг нисбий кучи шунчалик катта бўлади. Йўналганлик таассуротини ҳосил қилиш учун эса бир неча узатиш каналларидан фойдаланиш керак ёки эшиттиришларни бир неча радиокарнайлар орқали узатиш лозим. Тўлқин fronti эгрилигини инобатга олмасак, бу ҳолда, тингловчилар ўтиш жараёнларига муносабатларини билдиришлари учун ўрнатилган радиокарнайлардан эшитиришларни бевосита тинглагандаги масофаларга мос равишда жойлашишлари керак. Аммо микрофонларнинг сифатли бўлиши учун яна бир қатор омиллар керакки, улардан бири, фойдали кучланишни шовқин кучланишига бўлган нисбати.

Ҳар қандай микрофоннинг вазифаси фазонинг қандайдир нуқтасида товуш майдонини характерлайдиган параметрларни электр кучланиши ёки токига ўзгартиришдир.

Микрофонларнинг кўпдан-кўп турлари мавжуд бўлиб, улар радиоэшиттириш ва телевидение тизимларида, телефонияда, овозлаштириш, товуш кучайтириш, овоз ёзиш ва б. қўлланилади. Микрофон ҳар қандай электроакустик ва радиоэшиттириш трактларининг биринчи ва энг асосий элементларидан

хисобланиб, у эшиттириш каналининг сифат кўрсаткичини белгилайди.

Микрофонлар, бир - бирларидан куйидаги кўрсаткичлари билан фарқланади:

– акустик тебранишларни электр тебранишларига ўзгартириш усули билан;

– товуш тебранишларини микрофон диафрагмасига таъсир этиш усули билан;

– йўналганлик диаграммаси ҳамда белгиланиши билан.

Акустик тебранишларни ўзгартириш усули бўйича микрофонлар:

– электродинамик (ғалтакли ва тасмали);

– конденсаторли (сиғимли, шу жумладан электретли);

– электромагнитли;

– пьезоэлектрик;

– кўмирли;

– транзисторли турларига бўлинади.

Микрофон диафрагмасига товуш тебранишларининг таъсири бўйича: товуш қабул қилгич; товуш градиенти қабул қилгич ва комбинацияланган турларига бўлинади.

Микрофонлар йўналганлик диаграммаси бўйича: йўналмаган (доира); бир томонлама йўналган: кардиоа, суперкардиоа, гиперкардиоа; икки томонлама йўналган (саккизсимон ва косинусоидали) турларига бўлинади.

Микрофонларнинг асосий техник кўрсаткичларни кўриб чиқамиз.

Сезгирлик эркин товуш майдонда микрофон акустик ўқи бўйича, акустик ўқидан 1м масофада унга таъсир этаётган товуш босими $P_{\text{тов}}$ микрофон чиқишида ривожлантираётган U кучланишни $P_{\text{тов}}$ товуш босимга нисбати билан аниқланади:

$$E = \frac{U}{p_{\text{тов}}}, \left[\frac{\text{мВ}}{\text{Па}} \right]. \quad (5.1)$$

Сезгирлик кучланишнинг салт юриши ҳолатида ёки юкламадаги номинал кучланиш киймати бўйича аниқланади. Микрофоннинг номинал юки сифатида 1000 Гц частотадаги унинг ички каршилиги модули олинади.

Ўлчаш шароитларига қараб, микрофон сезгирлигини эркин майдон ва диффузия майдони бўйича белгилайдилар.

Эркин товуш майдони деб, тўғри товуш майдони устунлик қиладиган, қайтган тўлқинлар бўлмаган бўлса ҳам, кам микдорда бўлган майдонларга айтилади.

Диффузияли товуш майдони – бу шундай майдонки, ундаги ҳар бир нуқтада товуш энергияси зичлиги бир хил ва унинг турли йўналишларига бир вақтда бир хил энергия оқими йўналади.

Сезгирлик сатҳи – 1 В/Па нисбатан децибелларда ифодаланган сезгирлик.

Сезгирликнинг стандарт сатҳи – 1В/ Па товуш босимда номинал $R_{\text{ном}}$ қаршиликда ривожланаётган, децибелларда ўлчанадиган кучланишнинг $P_0=1$ мВт қувватга мос кучланишга нисбати, яъни $P_{\text{тов}}=1$ Па га тенг бўлгандаги микрофоннинг номинал юкланишга бераётган қувват сатҳи.

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

Йўналганлик диаграммаси – микрофонга товуш θ бурчак остида тушганда ўлчанган сезгирлиги E_0 унинг ўқи бўйича сезгирлигига нисбати билан баҳоланади:

$$D_0 = \frac{E_0}{E_{\text{ўқ}}}, \quad (5.3)$$

Микрофоннинг йўналганлик тавсифлари кутб координаталарида чизилади ва бундай график йўналганлик диаграммаси деб аталади.

Микрофоннинг йўналганлиги ҳисобига унинг диффузия майдони бўйича сезгирлиги $E_{\text{диф}}$ ўқи бўйича сезгирлигидан кичик. Бу камайишни ҳисобга олиш учун **йўналганлик коэффициенти** киритилган.

$$\Omega = \frac{E_{\text{ўқ}}^2}{E_{\text{диф}}^2} \quad (5.4)$$

Децибелларда ифодаланган йўналганлик коэффициенти, **йўналганлик индекси** деб аталади:

$$Q_m = 10 \lg \Omega \quad (5.5)$$

Йўналганлик индекси микрофоннинг иккита товуш манбаларидан: бири микрофон ўқида жойлашган ва бошқаси тарқалган товуш тўлқинлари манбаи ривожлантираётган қувват сатҳлари фарқини кўрсатади (агарда иккаласи микрофон жойлашган жойда бир хил босим яратса). Бошқача қилиб айтганда, йўналганлик индекси микрофон ўқидан ўтаётган сигналга нисбатан шовқиннинг бостирилишини кўрсатади.

Диффузия майдонидаги сезгирлиги – бу микрофоннинг ўқи бўйича сезгирлигини йўналиш коэффициентининг илдиз ости қиймати нисбатига тенг, яъни

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

Йўналганлик тавсифи қанчалик ўткир бўлса, шунчалик диффузия майдонидаги сезгирлиги кичик, яъни реверберацияланувчи товушга бўлган сезгирлиги кичик.

Микрофоннинг **фронт бўйича сезгирлиги** – бу олд ярим фазодан тушаётган товушларга бўлган интеграл сезгирлик.

$$E_{\phi} = \frac{E_0}{\sqrt{\Omega_{\phi}}} \quad (5.7)$$

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

«Фронт/орқа томон» сезгирлигининг фарқи микрофон акустик ўқи бўйича сезгирлигини E_{180° сезгирлигига нисбати:

$$Q_{\phi/180^\circ} = 20 \lg \frac{E_{\text{фк}}}{E_{\text{орк. томон}}} \quad (5.9)$$

Шуни айтиб ўтиш лозимки, микрофонга ҳеч қандай сигнал таъсир этганда ҳам унинг чиқишидаги кучишиш нолга тенг эмас. Унинг чиқишидаги мавжуд кучланиш атроф муҳит заррачаларининг флукутацияси ва микрофон электр қисмидаги иссиқлик шовқинлари билан белгиналади.

Хусусий ҳалақитлар (шовқинлар) сатҳи акустик киришига келтирилган, бу ўлчамларни эквивалент товуш босими $P_{\text{шов}}$

сагҳи сифатида аниқлайдилар, яъни у микрофонга таъсир этганда, микрофон чиқишидаги кучланиш $U_{\text{шов}}$ микрофоннинг киришида товуш тўлқинлари бўлмагандаги ривожлантираётган кучланиш нисбатига тенг:

$$L_{\text{шов}} = 20 \lg \frac{P_{\text{шов}}}{P_0} \quad (5.10)$$

Бунда: $P_{\text{шов}} = \frac{U_{\text{шов}}^2}{E_0} \quad P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$

Юқорида қайд этилган кўрсаткичлардан ташқари микрофон яна бошқа кўрсаткичлар, шу жумладан частота диапазонида берилган частота тавсифи нотекислиги билан фаркланади.

5.2. Микрофонларнинг ишлаш принципи

Товуш қабулқилгичлар орасида энг кенг тарқалгани бу – микрофондир. Кўмирли микрофон (5.1-расм) диафрагмасига товуш босими таъсир қилганда, у тебрана бошлайди, бу тебранишлар тактига мос ҳолда кўмир кукуни (2) заррачаларининг сиқилиш кучи ҳам ўзгаради, натижада (1) ва (3) электродлар ўртасидаги қаршилик ўзгаради ва оқайтган ток ҳам ўзгаради. Кўмирли микрофон унга тушаётган товуш энергиясидан тахминан 10 баробар кўпроқ электр энергиясига эга. Босимнинг қаршиликка нисбатан даврий ўзгаришини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$R = R_a (1 + m \sin \omega t) \quad (5.11)$$

Агар микрофон ташқи қаршилик ва ўзгармас манба билан кетма-кет уланган бўлса, унда ташқи қаршилик R ажралаётган ўзгарувчан кучланиш қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$U = R_a i = \frac{R_a U_0}{R_a + R_0 (1 + m \sin \omega t)} = \frac{U_0 R_a}{R_a + R_0} \left[1 - \frac{R_a}{R_a - R_0} m \sin \omega t + \left(\frac{R_a}{R_a + R_0} \right)^2 m^2 \sin^2 \omega t + \dots \right] \quad (5.12)$$

Фойдали ўзгарувчан кучланиш иккинчи қўшилувчи билан ифодаланади, энг катта қийматга $R_0 = R_a$ эришади, яъни

манбанинг ички қаршилиги микрофон қаршилиги билан мослаштирилганда:

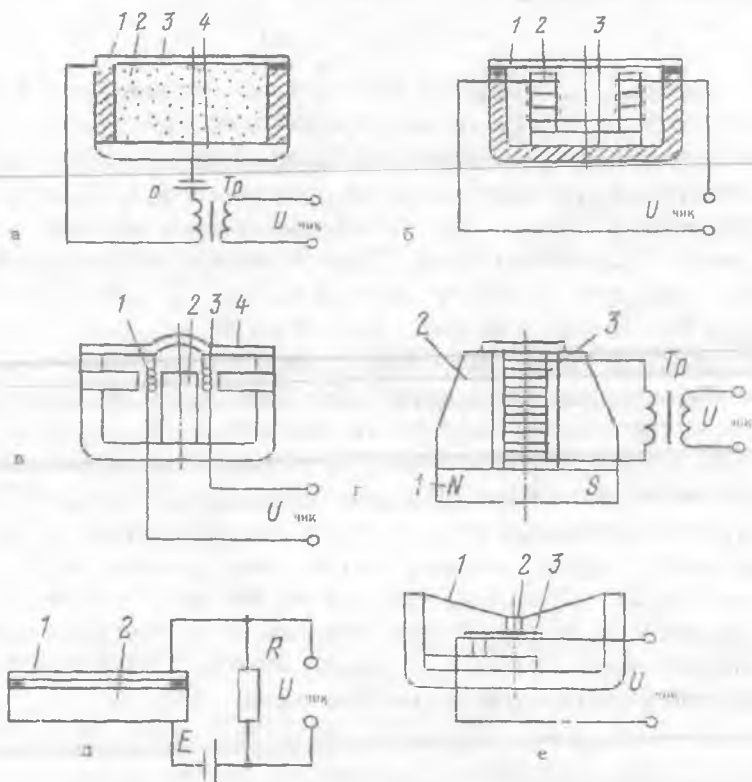
$$U_{\text{opt}} = \frac{U_0 m}{4} \sin \omega t \quad (5.13)$$

Амалда U_0 кучланишни 0,5В ошириш мумкин эмас, чунки электр ёйи кўмир кукунини куйдириб юборади.

Кўмирли микрофоннинг асосий афзаллиги – унинг юқори сезгирлиги, натижада уни кучайтиргичларсиз қўллаш мумкин. Камчилиги сифатида частота тавсифи нотекислигининг катталиги ва улар билан боғлиқ бўлган ночизиқли бузилишларнинг катталигидир. Кўмирли микрофоннинг бу камчиликлари туфайли юқори сифатли товуш эшиттириш, овоз ёзиш ва ўлчашларда ундан фойдаланмайдилар.

Кўмирли микрофонлардан кейин **электромагнит** микрофони ихтиро этилган (5.1-б расм). Электромагнит микрофонларнинг ишлаш принципи ғалтак ўзагидан оқаётган магнит оқими узгариши натижасида ЭЮК пайдо бўлишига асосланган. Диафрагма тебранганда диафрагма билан магнит ўзаги кутблари оралиги ўзгаради, натижада магнит оқими ўзгаради. Бу оралик диафрагма тебранганда ўзгаради ва магнит оқимини модуляциялайди. Магнит ўзагига ўралган симда индукцияланган магнит оқими ўзгаради натижада микрофон чиқишида ўзгарувчан частотали товуш кучланиши пайдо бўлади.

5.1-расм. Ҳар хил турдаги микрофонларнинг схемалари



Товуш эшиттиришда **электродинамик** микрофоннинг энг кўп тарқалган икки: ғалтакли ва тасмали турлари қўлланилади. Электродинамик ғалтакли микрофон, халқа магнит тизими тиркиши (1)да (5.1-и расм) қўзғалувчи ғалтак (3) диафрагма (4) билан бириктирилган. Диафрагмага товуш босими таъсир этганда у қўзғалувчи ғалтак билан биргаликда тебранади. Натижада, ғалтак урамларида микрофоннинг чиқиш кучланиши пайдо бўлади. Ғалтакли микрофон конструктив мустаҳкам, ишлаши барқарор, частота диапазони кенг, аммо частота тавсифининг нотекислиги нисбатан катта.

Тасмали электродинамик микрофоннинг тузилиши ғалтакли мкпрофондан бир мунча фарқланади (5.1-г расм).

Магнит тизими икки кутбли 2 ўзгармас магнитдан иборат бўлиб, улар, орасида енгил ва ингичка (2 мкм) гофрланган (букланган) алюмин тасма 3 тортилган. Тасманинг икки томонига товуш босими таъсир этганда у тебранади ва ўзгармас магнит куч чизикларини кесиб ўтади, натижада тасманинг учларида кучланиш пайдо бўлади. Тасманинг қаршилиги кичик бўлганлиги сабабли, уловчи симларда тушиш кучланишини камайтириш мақсадида, тасма учларидаги кучланиш, унга бевосита яқин жойлаштирилган кучайтирувчи трансформатор (Тр)нинг бирламчи ўрамига узатилади. Тасмали микрофон юқори сезгирликка эга, частота диапазони кенг ва частота тавсифининг нотекислиги жуда кичик.

Камчилиги нисбатан ўлчамининг катталиги ва очиқ майдонларда ишлатиш тавсия этилмайди, чунки “елвизак”дан кўрқади.

Замонавий электроакустика трактларида энг кўп тарқалган конденсаторли микрофонлардир. Конденсаторли(сиғимли) микрофон куйидагича ишлайди (5.1-д расм). Таранг тортилган мембрана 1 товуш босими таъсирида кўзгалмас электрод 2 га нисбатан тебранади. Параметрлари юқори бўлишлиги талаб этиладиган конденсаторли микрофонларнинг мембранаси қалинлиги 5 – 20 мкм юқори полимерли (фторпласт, лавсан) материалдан қилиниб тилла суви пуркалади. Мембрана кўзгалмас электрод билан электр конденсаторнинг копламаси ҳисобланади. Конденсатор электр занжирига ўзгармас ток манбаи E ва юк қаршилиги R га кетма-кет уланади. Товуш босими таъсирида мембрана тебраниши натижасида конденсаторнинг сиғими ўзгаради, электр занжирда ўзгарувчан ток пайдо бўлади ва $R_{\text{юк}}$ қаршилигида тушиш кучланиши ҳосил бўлади, бу кучланиш микрофоннинг чиқиш кучланиши. Конденсаторли микрофон кенг частота диапазонида юқори сезгирликка эга, частота тавсифининг нотекислиги жуда кичик. Конденсаторли микрофонлар радиоэшиттириш ва телевидение студияларида кўп қўлланилади.

Конденсаторли микрофонларнинг камчилиги сифатида унинг баҳоси қиммат ҳамда алоҳида таъминот манбаи

бўлишлигини таъкидлаш зарур. Бу камчиликлар унинг қўлланилиш имкониятларини бирмунча чеклайди.

Электретли микрофон конденсаторли микрофонга ўхшаш, ammo қоплам потенциаллари фарқи ташқи манбадан таъминланмайди, аксинча, мембрана ёки қўзғалмас электродни электр зарядлаш натижасида эришилади. Мембрана ва қўзғалмас электрод электр зарядларни узоқ муддат сақлаб туриш хусусиятига эга бўлган материаллардан тайёрланади.

Пьеза микрофонларнинг (5.1-е расм) ишлаш принципи қуйидагича: мембрана (1)га таъсир этаётган товуш босими (2) стержен орқали пьезаэлемент (3)га таъсир этади. Пьезаэлемент деформацияланади, натижада элемент қопламида мусбат ва манфий кучланиш пайдо бўлади. Пьезаэлектр микрофонлар кейинги йилларда кенг қўлланила бошланди.

Транзисторли микрофонларнинг ишлаши қўзғалувчи, диафрагма бириктирилган учлик найза бир вақтнинг ўзида яримўтказгичли триоднинг эмиттери ҳисобланиб, товуш босими таъсирида эмиттернинг ўтиш қаршилигини ўзгартиришига асосланган. Бундай микрофонлар анчагина сезгир бўлсаларда, ammo қўлланишда барқарор эмас ҳамда тор ва нотекис частота тавсифига эга. Шуни айтиш керакки, кўмирли ва транзисторли микрофонлар қайтарилувчан ўзгартиргичлар турига кирмайди, улар релели ўзгартиргичлар турига киради.

5.3. Микрофон – электромеханик ўзгартиргич

Микрофон сезгирлиги (5.1) формулага асосан микрофон чиқишидаги кучланишни унга таъсир этаётган товуш босими нисбатига тенг:

$$E = \frac{U}{P_{\text{тов}}}$$

4.7-расмдан кўришиб турибдики микрофон юк қаршилигига ишлаганда, унинг чиқишидаги кучланиш:

$$U = U_0 \frac{Z_{\text{мк}}}{Z_0 + Z_{\text{юк}}} \quad (5.14)$$

Салт юришидаги (4.6) формулага биноан кучланиш:

$$U_0 = Kv \quad (5.15)$$

Ўз навбатида, (4.27) формуладан:

$$v = \frac{F}{Z_0 + Z_{\text{кыр}}} \text{ да :} \quad (5.16)$$

$$Z_{\text{кыр}} = \frac{|K^2|}{Z_0 + Z_{\text{юк}}} \text{ -- киритилган қаршилиқ}$$

Микрофонга таъсир этувчи куч эркин товуш майдонидаги товуш босимига пропорционал

$$F = a_{\text{тов}} \quad (5.17)$$

Бунда: a -- акустик тавсиф деб аталувчи ва юза ўлчов бирлигига эга бўлган пропорционаллик коэффициентини.

(5.15 – 5.17) формулаларни (5.14) га қўйиб микрофон сезгирлигини қуйидагича ифодалаймиз:

$$E = a \frac{K}{Z_0 + Z_{\text{кыр}}} + \frac{Z_{\text{юк}}}{Z_0 + Z_{\text{юк}}} \quad (5.18)$$

Бундан ташқари, микрофон сезгирлигини қуйидаги нисбатлар кўпайтмаси ҳолида ҳам ифодалаш мумкин:

$$E = \frac{U}{P_{\text{тов}}} = \frac{U}{V} \cdot \frac{V}{F} \cdot \frac{F}{P_{\text{тов}}}$$

$$\frac{F}{V} = \varphi_{\text{мех}} = \frac{K}{Z_0 + Z_{\text{кыр}}} \text{ -- механик тавсиф:}$$

$$\frac{U}{V} = \varphi_{\text{эл}} = \frac{Z_{\text{юк}}}{Z_0 + Z_{\text{юк}}} \text{ -- электр тавсиф;}$$

$$\frac{F}{P_{\text{тов}}} = a = \varphi_{\text{ак}} \text{ -- акустик тавсиф.}$$

Бундан микрофоннинг умумий сезгирлигини аниқлайдиган қуйидаги формула келиб чиқади:

$$E = \varphi_{\text{ак}} \cdot \varphi_{\text{мех}} \cdot \varphi_{\text{эл}} = \varphi_{\text{ак}} \cdot \frac{K}{Z_0 + \frac{K^2}{Z_0 + Z_{\text{кыр}}}} \cdot \frac{Z_{\text{юк}}}{Z_{\text{юк}} + Z_0} \quad (5.19)$$

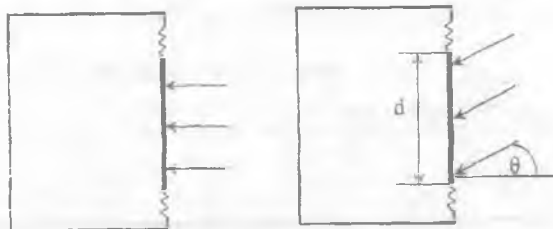
5.4. Микрофон – товуш қабул қилгич

Микрофонларнинг акустик қисми тузилишига қараб улар: товуш босими қабул қилгич, товуш босими градиенти қабул қилгич ва комбинацияланган микрофонларга бўлинади. Босим қабул қилгичнинг характерли хусусиятларидан бири шуки, унинг қабул диафрагмаси таъсир этувчи товуш тўлқинлари учун биргина фронтал томондан очик (5.2-а расм).

Ўлчамлари тўлқин узунлигидан кичик бўлган $d \ll \lambda$ диафрагмаларга таъсир этаётган куч қуйидагича аниқланади $F = p_{\text{тов}} S$ диафрагманинг ўлчамлари тўлқин узунлиги билан баробар бўлса, унда интерференция ходисаси рўй беради ва диафрагмага таъсир этаётган куч $F = (1 - 2)p_{\text{тов}} S$ га тенг.

Диафрагма ўлчамлари ошган сари ундан қайтган товуш тўлқинлари ҳисобига куч орта боради.

5.2-расм. Микрофон босим қабул қилгичнинг схематик кўриниши



Диафрагма яқинида товуш босими дўнглигида турғун тўлқинлар пайдо бўлади. Бу ҳол микрофон сезгирлигининг ошишига сабабчи бўлади.

Товуш босими диафрагмага бурчак остида тушганда, диафрагманинг турли нуқталари энди бир фазада кўзгалмай, турли фазаларда кўзғолади. Диафрагманинг бир-биридан d масофада турувчи четки нуқталари фазаси қуйидагича ҳисобланади

$$\varphi = 2\pi \frac{d \sin \theta}{\lambda} \quad (5.20)$$

Бу ҳолда диафрагмага таъсир этувчи йиғинди куч камая боради ва микрофон йўналганлик хусусиятига эга бўла

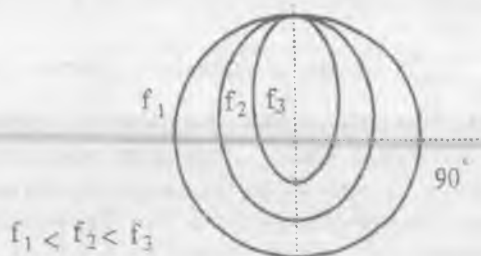
бошлайди (5.3-расм). Шундай қилиб, товуш босими қабул қилгич микрофони учун частота ошиши билан сезгирлиги ва йўналганлик диаграммасининг ошиши характерлидир.

Энди микрофон – товуш босими градиенти қабул қилгични кўриб чиқамиз. Бундай микрофоннинг диафрагмаси ўлчамлари чекланган экранда жойлашган деб, фараз этиш мумкин (5.4а-расм). Диафрагма иккала томондан очик бўлганлиги учун унга товуш кучлари фарқи таъсир этади.

Масофа фарқи эса:

$$\Delta r = \delta \cos \theta \text{ га тенг.} \quad (5.2.1)$$

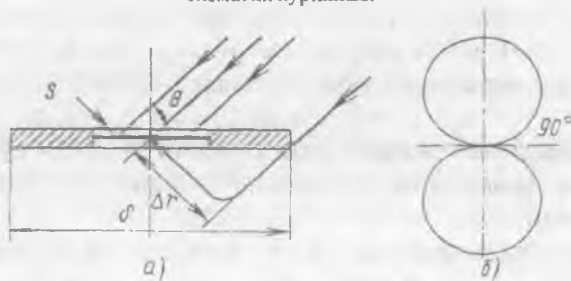
5.3-расм. Босим қабул қилгичнинг турли частоталарда йўналганлик диаграммаси



Диафрагмани тебратувчи куч F , кучлар айирмасига тенг $F_1 = p_{\text{тов}} S \sin \omega t$ ва $F_2 = p_{\text{тов}} S \sin(\omega t - \varphi)$, гармоник тебранишларда:

$$F = F_1 - F_2 = p_{\text{тов}} S [\sin \omega t - \sin(\omega t - \varphi)] = 2p_{\text{тов}} S \sin \frac{\varphi}{2} \cos \left(\omega t - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (5.22)$$

5.4-расм. Босим градиенти қабул қилгич (а) ва йўналганлик диаграммаси (б) схематик кўриниши



Фазалар фарқи

$$\varphi = 2\pi \frac{\delta \cos \theta}{\lambda} \quad \text{тенг.}$$

Шунинг учун:

$$F = 2p_{\text{тов}} S \sin\left(\pi \frac{\delta \cos \theta}{\lambda}\right) \cos\left(\omega t - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (5.23)$$

Ўлчамлари тўлқин узунлигидан анча кичик бўлган диафрагма-малар учун $\frac{\delta}{\lambda}$ кичик ва қуйидаги аниқлик билан

$$\sin\left(\pi \frac{\delta \cos \theta}{\lambda}\right) \approx \pi \frac{\delta \cos \theta}{\lambda} \quad \text{ҳисоблаш мумкин.} \quad (5.24)$$

Бунда:

$$F = p_{\text{тов}} S \frac{2\pi}{\lambda} \cos \theta \cos\left(\omega t - \frac{\varphi}{2}\right) = F_m \cos\left(\omega t - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (5.25)$$

$F_m = p_{\text{тов}} S \frac{\delta}{c_{\text{тов}}} \omega \cos \theta$ Демак, диафрагмага таъсир этаётган куч частотага ва микрофон ўқи ва товуш тўлқини келиш йўналиши оралиғидаги косинус бурчагига пропорционал.

Микрофоннинг йўналганлик тавсифи «саккизсимон» (5.4-б) кўринишда. Микрофон акустик ўқи бўйича тарқалаётган товуш тўлқинларига сезгир бўлиб, акустик ўқига перпендикуляр бўлган тўлқинларни қабул қилмайди яъни $\theta = \pi/2$ (5.4-а расм).

Хулоса қилиб шунни айтиш керакки, микрофон ясси тўлқин майдонида жойлашган ёки шар тўлқинидан етарлича масофада жойлашган шартига тўғри келиб, ундаги фронт эгрилиги амалда аҳамиятга эга эмас.

Паст частоталарда амалда кенг тарқалган (манбадан 0,5 м) масофада микрофон яқин зонада бўлади (тўлқин узунлиги 6,8 м). Юқори частоталар учун, масалан, 10.000 Гц, у энди узок зонада ($\lambda = 3,4$ см) ҳисобланади. Шунинг учун паст частоталарда микрофон диафрагмасига таъсир этаётган куч, асосан фронт ва фронт орти тўлқинлари амплитудаси фарқи билан аниқланади.

Юқори частоталарда, фаза фарқлари каттарок бўлиб, амплитудаларнинг ўзгариши кам. Шунинг учун диафрагманинг икки томонидаги босимлар фарқи тебранишлар фазаси фарқи билан аниқланади. Товуш манбаидан яқин масофаларда

стандарт микрофонлар учун, наст частоталарда сезгирлик юкори частоталардагига караганда юкори. Демак, микрофон-босим градиенти қабул қилгичларни товуш манбаи яқинига жойлаштириш мумкин эмас, чунки микрофон паст частоталарни «чизиб» ўтади. Зарур ҳолларда бундай жойлаштирилганда микрофон кучайтиргичига мос ҳолдаги коррекция киритилади.

Комбинацияланган микрофонлар деб, икки ёки учта умуми чиқишга эга бўлган базавий микрофонларга айтилади. Баъзи микрофонларнинг кичик тизимларини бирлаштириш турли электромеханик ёки механик кўринишда бўлиши мумкин.

Бири босим қабул қилгич, иккинчиси босим градиенти қабул қилгичлардан иборат, иккита микрофоннинг биргаликда ишлаши кўриб чиқамиз.

Фараз қилайлик, босим қабул қилгичнинг сезгирлиги E_1 , босим градиенти қабул қилгичнинг сезгирлиги $E_2 \cos\theta$. Уларни кетма-кет ул сезгирлиги E_0 га тенг булган қабул қилгични оламиз.

$$E_0 = E_1 + E_2 \cos\theta \quad (5.26)$$

Бундай қабул қилгичнинг ўқи бўйича сезгирлиги:

$$E_0 = E_1 + E_2 \quad (5.27)$$

$q = \frac{E_1}{E_0}$ - босим градиентининг умумий сезгирликни ташкил этишдаги ҳиссасини аникловчи параметрни киритиб, комбинацияланган қабул қилгичнинг сезгирлигини аниклаймиз:

$$E_\theta = E_0 (1 + q + q \cos\theta) \quad (5.28)$$

Бундай қабул қилгичнинг йўналганлик тавсифи:

$$D_\theta = \frac{E_\theta}{E_0} = 1 + q + q \cos\theta \quad (5.29)$$

Қабул қилгич умумий сезгирлик E_0 ҳосил қилишдаги умумий улушини аникловчи $q = \frac{E_1}{E_0}$ параметрни киритиб, уни

ўзгартириш йўли билан турли йўналганлик тавсифларни олиш мумкин. Масалан $q = 0$ бўлганда, микрофон босим қабул қилгич сифатида ишлайди ва йўналганлик диаграммаси доира

шаклида бўлади. $q=0,5$ қийматда эса: $E_1=E_2$ йўналганлик диаграммаси:

$$D_{\theta} = \frac{1}{2}(1 + \cos \theta) \quad (5.30)$$

ифодаланиб кардиоида кўринишида бўлади. $q=1$ бўлганда, $D_{\theta} = \cos \theta$ йўналганлик диаграммаси саккизсимон, q параметрга 0 ва 1 оралиғидаги қийматларни бериб супер ва гиперкардиоида туридаги йўналганлик диаграммаларини олиш мумкин.

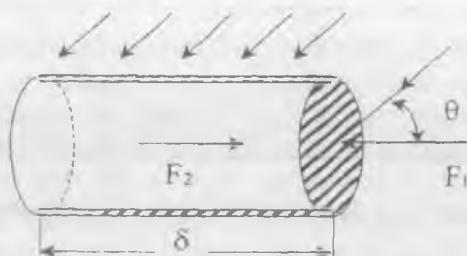
Электр комбинацияланган микрофон. Бундай микрофонларда чиқиш кучланишлари бир фазада ёки тескари фазада қўшилади. Кучланишларни қўшиш бевосита ёки фаза силжитувчи занжирлар ёки бошқаргичлар ёрдамида амалга оширилади. Электр комбинацияланган микрофонлар эксплуатация нуктаи назаридан жуда муҳим сифатни, йўналганлик тавсифини масофадан ўлчаш имкониятини беради.

Чизикли микрофонлар комбинацияланган микрофонлар гуруҳига киради. Бундай микрофонлар “пистолет” микрофонлари ҳам деб аталади. Чизикли микрофонлар гуруҳининг натижавий йўналганлик тавсифи алоҳида микрофонларнинг йўналганлик тавсифлари кўпайтмасига тенг.

Микрофонларнинг бундай хусусиятлари ўта йўналган тавсифларини олиш имконини беради.

Акустик комбинацияланган микрофонлар. Бундай микрофонларнинг акустик тизимлари шундай тузиладики, таъсир этаётган куч икки таркибий қисмга бўлиниб, биттаси товуш тўлкинининг тушиш бурчагига боғлиқ бўлмаган ҳолда, иккинчиси эса $\cos \theta$ пропорционал. Бундай микрофоннинг схемаси 8 узунликдаги трубага жойлаштирилган диафрагма кўринишида 5.5-расмда келтирилган.

5.5-расм. Бир томонлама йўналтирилган қабул қилгичнинг схематик кўриниши



Диафрагманинг тебраниши $F=F_1-F_2$ кучи таъсирида бўлади. Диафрагманинг икки томонига таъсир этувчи F_1 ва F_2 , кучлар бир-бирдан фазалари билан ажралиб туради. Кучлар айирмасининг амплитудаси куйидаги формула билан аниқланади:

$$F_m = p_{\text{тов}} S \frac{\omega}{c_{\text{тов}}} \delta (1 + \cos \theta). \quad (5.31)$$

Бундай қабул қилгичнинг йўналганлик тавсифи $D=(1+\cos\theta)$ тенг. Трубканинг очик қисми ва узунлигини ўзгартириб, исталган кўринишдаги йўналганлик диаграммасига эга бўлган микрофонни олиш мумкин.

5.5. Ғалтакли микрофон

Ғалтакли босим қабул қилгич микрофоннинг соддалаштирилган конструктив тузилиши 5.6-а расмда кўрсатилган. Микрофон магнит ва кўзгалувчи тизимлардан ташкил топган. Магнит тизими цилиндр шаклидаги доимий магнитдан (1) ташкил топган ва унга қалин пўлат диск шаклидаги гардиш бириктирилган. Пастки гардиш (2)нинг марказида керна деб аталувчи думалок стержен (3 – магнит ўзак) жойлаштирилган, юқори гардиш (4)нинг марказида керна (3)дан катта диаметри думалок ойна бор. Унда халқасимон тиркиш мавжуд бўлиб ундаги магнит майдони радиал йўналишга эга. Ўзгармас магнит юқори коэрцитивли коришмадан тайёрланган бўлиб, гардиш ва керна кам углеродли юқори магнит ўтказувчанлик хусусиятига эга бўлган пўлатдан тайёрланган.

Микрофоннинг қўзғалувчи тизими енгил диафрагмадан 5 иборат бўлиб, унга қаттиқлик бериш мақсадида куббасимон шаклда ясалган. Диафрагма гофрланган ёка 6 орқали юқори гардишга бириктирилган ва марказлаштирилган шайба вазифасини бажариб диафрагмани фақат вертикал ўқ бўйича эркин силжишига имконият беради. Диафрагма билан ғалтак (7) қаттиқ бириктирилган ва у ҳам радиал майдонда жойлашган. Диафрагма товуш босими таъсирида тебранганда, ғалтак радиал магнит майдони чизикларини кесиб ўтади ва унинг кискичларида ЭЮК пайдо бўлади. Ҳар қандай микрофоннинг ишлаш принципини унинг сезгирлигини таҳлил этишдан бошлаймиз. Ғалтакли микрофон учун унинг сезгирлиги (5.16 ва 4.9) формулалари асосида:

$$E_{\theta} = \frac{Bla}{Z_0 + \frac{B^2 l^2}{Z_0 + Z_{\text{юк}}}} \cdot \frac{Z_{\text{юк}}}{Z_0 + Z_{\text{юк}}} \quad (5.32)$$

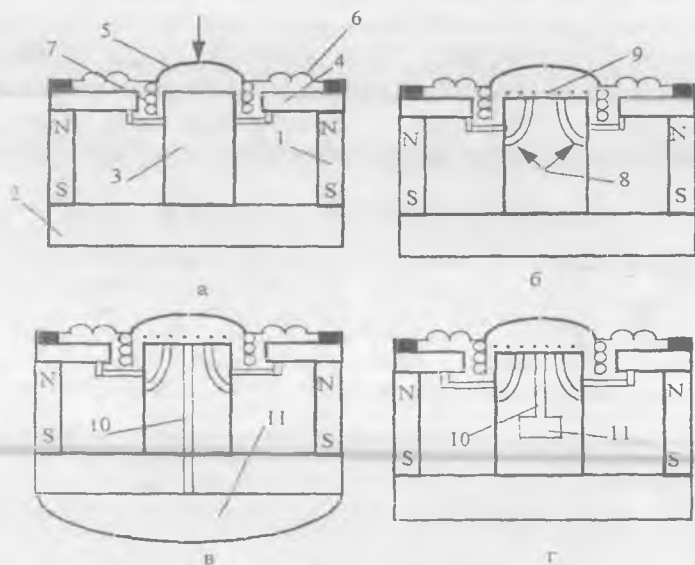
Микрофон юкмаси $Z_{\text{юк}}$ сифатида, одатда, микрофон кучайтиргичининг кириш қаршилиги олинади, хусусий қаршилиги эса: $Z_0 = R_r + j\omega L_r$, бунда; R_r ва L_r — ғалтакнинг актив ва индуктив қаршиликлари.

Ғалтак одатда, кам сонли ўрамларга эга, шунинг учун унинг электр қаршилигини актив деб ҳисоблаймиз, яъни $Z_0 \approx R_r$.

Микрофоннинг ўлчамлари унга таъсир этаётган товуш тўлқин узунлигидан кичик бўлган частоталарда унинг акустик тавсифи $\varphi_{\text{ак}} = S$, юза ўлчамга эга. Юқорида айтилганларга асосан, микрофоннинг сезгирлиги:

$$E_{\theta} = \frac{1}{2} \frac{BIS}{Z_0 + \frac{B^2 l^2}{2R_r}} \quad (5.33)$$

5.6-расм. Галтакли микрофон-босим кабул қилгич конструкцияси



(5.33) формуладан кўришиб турибдики, сезгирликнинг частота тавсифи фақат унинг хусусий механик қаршилиги Z_0 га боғлиқ, чунки $Z_0 = \left(\frac{F}{V} \right) i = 0; V = j\omega x$. Бунда: x – силжиш.

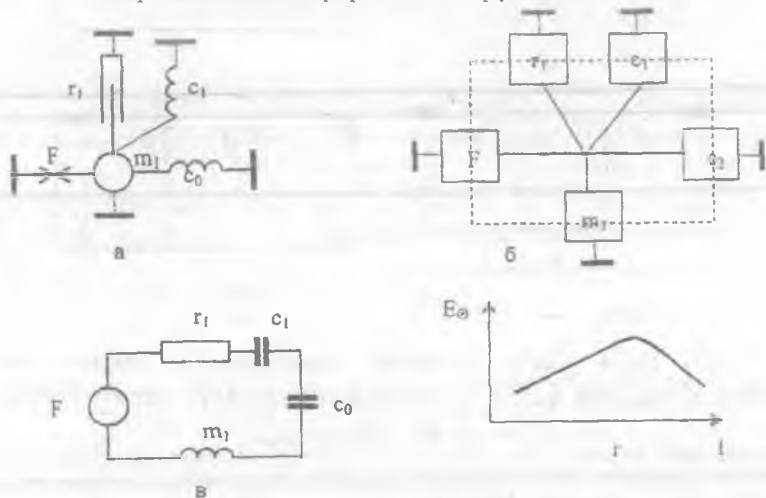
Шунинг учун микрофонни конструкциялашда унинг механик қаршилигини берилган ишчи частота полосасида ўзгармас бўлишига эришиш зарур.

5.7-расмда кўрилатган микрофоннинг электр ўхшашлик схемаси келтирилган. Бунда C_1 ва C_0 – диафрагманинг илиниш ва унинг остидаги ҳаво ҳажмининг эгиловчанлиги; m_1 – диафрагма массаси; r_1 – силжувчи тизимнинг актив йўқолишлари. Сезгирликнинг келтирилган частота тавсифидан (5.7-г расм) кўришиб турибдики, у катта нотекисликка эга, C_1 ва C_0 кетма-кет уланганлиги сабабли резонанс частотаси юқори.

Шуни айтиш керакки кўриб чиқилган микрофон сезгирлиги кичик. Сезгирликни ошириш мақсадида кернда тор каналлар 8 очилади ва шу йўл билан диафрагма ости ҳажми магнит ичи

ҳажми билан туташтирилади (5.6-б расм). Каналлар 8 ва магнит ичи ҳажмлари, Гельмгольц резонаторини ташкил этади ва уларнинг параметрлари: m_2 – ҳаво массаси; r_2 – каналдаги актив йўқолиш қаршилиги ва C_2 – магнит ичидаги ҳаво ҳажмининг эгилувчанлиги. Микрофоннинг электр ўхшашлик схемаси 5.8-в расмда ва Гельмгольц резонатори параметрлари r_2, c_2, m_2 билан ўзгартирииб трансформация коэффиенти орқали ҳисобланган схема 5.8-г расмда келтирилган.

5.7- расм. Ғалтакля микрофоннинг электр ўхшашлик схемаси



Схемадан кўриниб турибдики, ўхшашлик схема Г симон полосали филтрнинг звеносини ташкил этади. Филтър параметрлари тўғри танланганда, унинг частота тавсифи

$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{m_1 c_1}}$ дан $\omega_2 = \sqrt{\omega_1^2 + \frac{4}{m_1 c_0}}$ гача бўлган частота

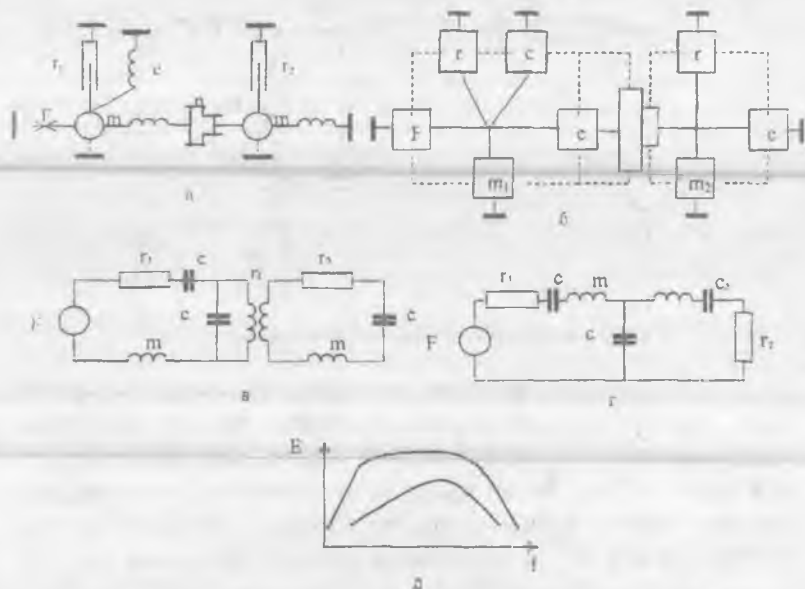
диапазонида текис бўлади. Резонанс ҳодисаларини йўқотиш мақсадида сунъий равишда кернга ипак мато 9 ёпиштириш йўли билан r_2 қаршилиқни оширадилар.

Паст частоталарда частота тавсифининг пасайиши микрофоннинг кўзгалувчи тизими билан боғлиқ, пасайишини диафрагма массаси ва унинг эгилувчанлигини ошириш эвазига камайитириш мумкин. Аммо микрофон сезгирлигини ошириш макс-

дида, диффузорнинг массаси конструкцияси йўл қўйган энг кичик қийматда олинади. Микрофонни силкинишларга чидам-ли бўлишига эришиш, диафрагма эгилувчанлигини ошириш частота диапазони кенгайтиришдагидек натижа бермайди. Ҳақиқатан, бу диффузорнинг ўта қайишқоқлигига олиб келади ва тасодифий турткилар магнит гардиши ва ўзаги ўртасидаги туркишда жойлашган галтакни оғишига сабабчи бўлади.

Шунинг учун микрофон частота тавсифининг пастки чегараси тахминан 300 Гц гача текис бўлишига интиладилар.

5.8-расм. Частота тавсифи коррекцияланган галтакли микрофоннинг электр ухшашлик схемаси

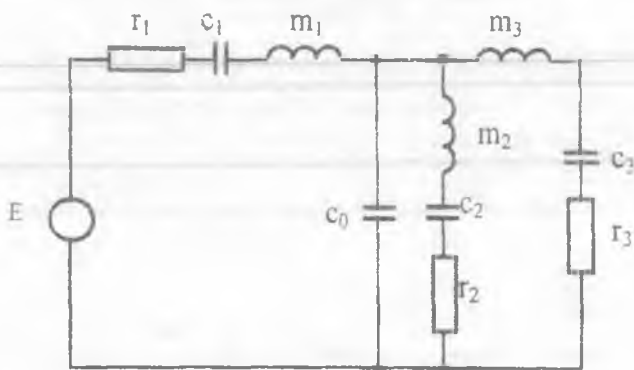


Бу чегарани пастга томон кенгайтириш учун қўшимча коррекцияловчи элементлар киритилади. Шундай коррекцияларнинг иккита варианты 5.6 в,г- расмларда кўрсатилган.

Биринчи вариантда (5,6-в расм) магнитнинг марказий стер-жнида канал 10 очилади, ундаги ҳаво массаси m_3 . Канал магнит ортидаги эгилувчанлик C_3 дан иборат қўшимча ҳажм 11 га қўшилади. Бу қўшимча резонатор паст частотанинг пастки ω_1 чегарасига созланади ва шу йўл билан пастки

частота чегараси кенгайтирилади. 5.6-г расмда кўрсатилган конструкция ҳам худди шундай ишлайди. Кенг частота полосаси талаб этилганда бир неча шундай резонаторлардан, фойдаланиб текис частота тавсифини олиш мақсадида уларни ω_1 дан пастки частоталарга созлайдилар. Бундай микрофоннинг электр-эквивалент схемаси 5.9-расмда кўрсатилган. Элементларни мос холда танлаш йўли билан пастки частота чегарасини 50 – 80 Гц гача пасайтириш мумкин.

5.9-расм. Паст частоталарда кўшимча коррекция қўлланилган ғалтакли микрофоннинг электр-эквивалент схемаси



Электродинамик ғалтакли микрофоннинг асосий афзалликлари: конструкциясининг ишончилиги, частота диапазонининг кенглиги, алоҳида таъминот манбаининг йўқлиги, узун микрофон кабели билан ишлаши мумкинлиги. Мураккаб коррекция тизими қўлланилишига карамай, ғалтакли микрофонлар ишчи частота диапазонда катта нотекисликка эга.

5.6. Тасмали микрофон

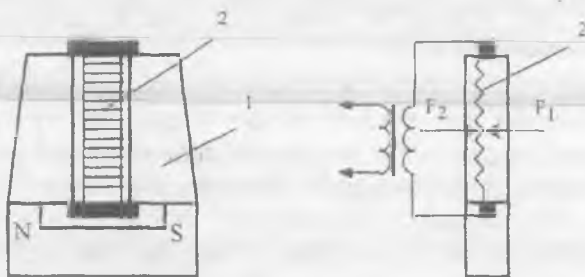
Тасмали микрофоннинг ишлаш принципи ғалтакли микрофон ишлаш принципига ўхшайди, аммо конструктив тузилиши тубдан фарк қилади (5.10-расм). Магнит тизими тақасимон шаклда бўлиб, магнит кутблари учлари (1)да юпка

гофрланган тасма (2) жойлаштирилади. Тасма магнит майдонининг куч чизикларига параллел жойлашган.

Микрофоннинг ўзи товуш манбаига нисбатан шундай жойлашадики, акустик тўлқин яратаётган куч тасма юзасига перпендикуляр йўналган бўлиши керак.

Тасмага товуш тўлкини икки томондан таъсир эта олади, шунинг учун у иккала томондаги товуш босими айирмаси таъсирида тебранади, шундай қилиб, у товуш босим градиенти қабул қилгичдир. Тасма радиал магнит майдонда тебраниб, магнит майдони куч чизикларини кесиб ўтади ва унинг қисқичларида акустик сигнални акс эттирувчи ЭЮК индукцияланади. Тасмали микрофон индуктив турдаги ўзгартиргич. Микрофон ўлчами унга таъсир этаётган тўлқин узунлигидан кичик бўлганда, унинг йўналганлик диаграммаси саккизсимон кўринишда бўлади. Микрофон конструкцияси ички қаршилик R_i ни юклама қаршилик R_o билан мослаштирувчи микрофон трансформаторини ўз ичига олади. Трансформатор бевосита микрофон ёнига ўрнатилиб кабел ёрдамида кучайтиргичга уланади. Микрофон конструкцияси шойи мато тортилган перфорацияланган ғилоф билан қопланади.

5.10-рasm. Тасмали босим градиенти қабул қилгич конструкцияси



Тасмали товуш босим градиенти қабул қилгич микрофонининг сезгирлигини аниқлаймиз.

(5.24) формулани (5.16) формулага қўйиб, (5.14)ни инобатга олган ҳолда:

$$E_{\theta} = \frac{\omega S d}{C_{\text{тов}}} \cos \theta \cdot \frac{Bl}{Z_0 + \frac{B^2 l^2}{Z_0 + Z_{\text{ю}}}} \cdot \frac{Z_{\text{ю}}}{Z_0 + Z_{\text{ю}}} \quad (5.34)$$

Формуладан кўриниб турибдики, микрофон сезgirлиги частотага пропорционал.

Механик тизимнинг хусусий каршилиги

$$Z_0 = j\omega m + \frac{1}{j\omega c} = j\omega m \left(1 - \frac{1}{\omega^2 m c} \right) \quad (5.35)$$

Тасманинг электр каршилиги кичик бўлганлиги сабабли уни инобатга олмаймиз. Унда:

$$E_{\theta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega S d}{C_{\text{тов}}} \cos \theta \cdot \frac{Bl}{j\omega \left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2} \right) + \frac{B^2 l^2}{2R}} \quad (5.36)$$

Микрофон сезgirлиги частотага боғлиқ бўлмаслиги учун куйидаги шарт бажарилиши керак:

$$\omega_0 \ll \omega \quad \text{ва} \quad \frac{B^2 l^2}{2R} \ll \omega m \quad (5.37)$$

Биринчи шартни бажарилиши жуда осон, бунинг учун тасманинг эластиклигини ошириш керак, уни гофрлайдилар ва шу йўл билан тасманинг резонанс частотаси 10 – 15 Гц гача пасаяди. Бу кўрсаткич микрофон паски кабул қилиш частотасидан ҳам паст.

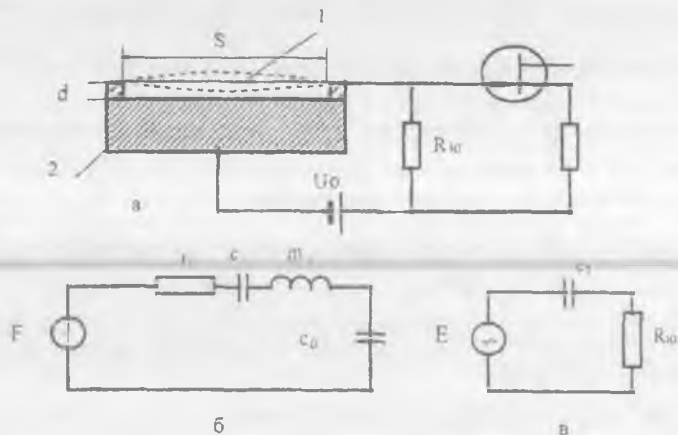
Микрофон сезgirлигини тасманинг юзасини ошириш йўли билан эришиш ҳеч қандай натижа бермайди, чунки тасма юзасининг ошиши унинг массасини ошишига олиб келади, у, ўз навбатида, эгилувчанликни камайтиради ҳамда микрофон ўлчамларини оширади. Иккинчи шарт нисбатан ўрта ва юкори частоталарда осон бажарилади. Паст частоталарда частота тавсифининг берилган пасайиши тирқишдаги индукцияни танлаш йўли билан эришилади.

Тасмали микрофоннинг энг нозик томони шундаки, тасма кучсиз шамол таъсирида узилиши мумкин. Шу сабабли бу турдаги микрофон «елвизак»дан кўркади. Шунинг учун бу турдаги микрофонлар хоналарда ва бинолар ичида фойдаланилади. Кўпроқ телестудияларда қўлланилади.

5.7. Конденсаторли ва электретли микрофонлар

Конденсаторли микрофон (5.11-а расм) конструктив конденсатордан иборат бўлиб, битта электроди қўзғолмас массив (1), иккинчиси эса юққа таранг тортилган мембрана (2)дан ташкил топган. Конденсаторга юқори омли юк қаршилиги $R_{ю}$ орқали қутбловчи U_0 кучланиш уланади.

5.11-расм. Конденсаторли микрофон



Мембрана тебранганда C_k конденсатор сизими ўзгаради, заряд ўзгармас бўлгани учун ундаги кучланиш ўзгаради. Бу қушимча кучланиш мембранага товуш босими таъсирида пайдо бўлган ЭЮКдир. Микрофонда ночизиқли бузилишлар пайдо бўлмаслиги учун $U_0 \gg U_{\sim}$ шarti бажарилиши керак.

Электретли микрофон. Бу турдаги микрофонда конденсаторли микрофондан фарқли равишда қутбловчи кучланиш, полимердан ёки қутбланувчи керамик материаллардан тайёрланган бир электродини олдиндан электрлаш натижасида олинади. Бундай электрод металл қопламадан иборат бўлиб, у, аслида, конденсатор электроди ҳисобланади, электрет эса қутбланиш манбаи бўлиб хизмат қилади. Механик, акустик ва конструктив тавсифлари бўйича электретли микрофон конденсаторли микрофондан фарқ қилмайди.

Конденсаторли микрофон босим кабул қилгич сезгирлиги формуласини келтириб чиқарамиз.

Конденсаторли микрофоннинг электр-эквивалент схемаси 5.11-б расмда келтирилган. Микрофоннинг хусусий механик қаршилиги:

$$Z_0 = r_1 + j\omega m_1 + \frac{1}{j\omega c_2} \quad (5.37)$$

Бунда: $c_2 = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$ – микрофон капсули тизимининг силжиши эгилувчанлиги; C_0 – мембрана ости ҳаво ҳажмининг эгилувчанлиги; C_1 – мембрананинг эгилувчанлиги.

Мембрананинг конструктив хусусиятларини инобатга олиб, унинг актив қаршилигини ҳисобга олмаган ҳолда микрофоннинг хусусий механик қаршилиги:

$$Z_0 = j\omega m_1 + \frac{1}{j\omega c_2} = \frac{1}{j\omega c_2} (j - \omega^2 m_1 c_2) = \frac{1}{j\omega c_2} \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right) \quad (5.38)$$

Бунда: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{m_1 c_2}}$ – мембрананинг резонанс частотаси.

Микрофоннинг хусусий электр қаршилиги сиғим характериға эга ва у: $Z_0 = \frac{1}{j\omega c_2}$ аниқланиши мумкин; Электро-

механик боғланиш коэффициенти $K_{гор} = \frac{U_0}{j\omega d}$; микрофон босим кабул қилгич бўлганлиги учун, акустик тавсифи $\varphi_{ак} = S$.

Шунинг учун механик тавсифи $\varphi_{мс} = \frac{K_{гор}}{Z_0 + Z_{агр}} = \frac{U_0}{j\omega d}$.

Киритилган қаршилик $Z_{кпр}$ инобатга олмаймиз. Конденсатор микрофонининг сезгирлик формуласи:

$$E_s = S \cdot \frac{U_0}{j\omega d \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right)} \cdot \frac{1}{j\omega c_2} \cdot \frac{R_{ак}}{R_{ак} + \frac{1}{j\omega c_2}} = \frac{U_0 c_2 s R_{ак}}{d \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right) R_{ак} + \frac{1}{j\omega c_2}} \quad (5.39)$$

(5.39) формуладан кўриниб турибдики, конденсаторли микрофоннинг сезгирлиги частотага боғлиқ, унинг характери

электр занжири (5.11-в расм) ва механик тизим параметрлари (ω_0) билан аниқланади.

Конденсаторли микрофоннинг сезгирлиги частотага боғлиқ бўлмаслиги учун қуйидаги иккита шарт бажарилиши керак:

$$R_{\text{ЮК}} \gg \frac{1}{\omega_n C_{\Sigma}} \quad \text{ва} \quad \omega_0 > \omega_{\text{Ю}} \quad (5.40)$$

Бунда: ω_n ва $\omega_{\text{Ю}}$ – микрофон ишчи диапазонининг пастки ва юқори частоталари.

(5.40) шартларининг бажарилиши хусусиятларини кўриб чиқамиз. Биринчи шарт частота диапазонининг пастки чегарасида бажарилиши кийин. Агарда, пастки чегара частотаси

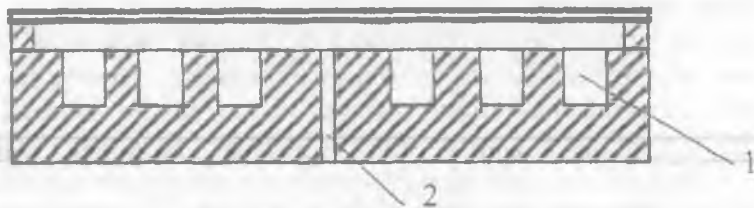
$\omega_n = \frac{1}{R_{\text{Ю}} C_0}$ деб олинса, бу частотада сезгирлик ўрта

частоталар-дагига нисбатан 3 дБ га пасаяди. Микрофоннинг сижими C_0 кичик бўлганлиги туфайли $R_{\text{Ю}}$ жуда катта бўлади. Масалан, $C_0 = 100$ пФ ва $f = 50$ Гц бўлганда, $R_{\text{Ю}} = 30$ МОм га тенг. $R_{\text{Ю}}$ бундай катта қийматга эга бўлиши микрофоннинг хусусий шовқин сатҳининг катта бўлишига олиб келади. Иккинчи шартнинг бажарилиши учун тебраниш тизимининг хусусий резонанс частотаси жуда юқори бўлиши талаб этилади. Қўзғалувчан тизимнинг массасини камайтириш мақсадида у жуда юпқа (20 – 25 мкм) дюралюминий фольгадан ёки юқори полимерли органик плёнкадан тайёрланиб, молекуляр тилла пуркалади. Микрофон хусусий резонанс частотасини мембранани таранг тортиш ҳисобига ошириш мумкин. Аммо мембрана юпқа (20 – 25 мкм) бўлганлиги туфайли, биринчидан, уни таранглиги чекланган. Иккинчида, мембрана таранглигини ошиши унинг эгилувчанлигини сусайишига, ўз навбатида, бу микрофон сезгирлигининг пасайишига сабабчи бўлади.

Бундай қарама-қаршилик конденсаторли микрофон конструкциясида мурасали ҳал этилади. Талаб этилаётган кичик букилувчанлик ҳаво ҳажмининг қайишқоқлиги ҳисобига эришилади. Одатда, конденсаторли микрофон ҳажми берк бўлади, аммо ташқи атмосфера босими тирқиш d таъсир қилмайди (шу жумладан, микрофон сезгирлигига ҳам), бу ҳажм ташқи муҳит билан қўзғалмас электродда капилляр каналлар

очилади, шундай қилиб, конденсаторли микрофон ҳажми ташки атмосфера босими билан мувозанатлаштирилади. Конденсаторли микрофоннинг кичик сезгирлиги, юқори хусусий шовкин сатҳига тўғри келмайди. Сезгирликни ошириш мақсадида қўзғалмас (статик) электродда тароксимон кесимлар қилинади 5.12-расм.

5.12-расм. Микрофон капсули қирқими

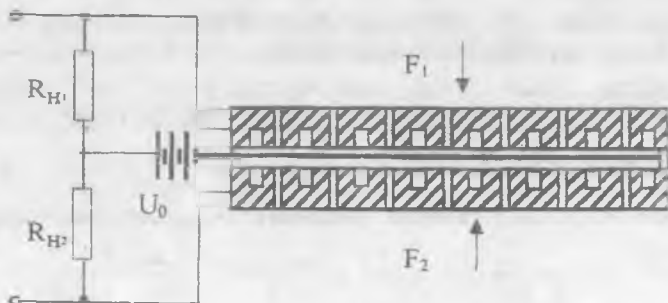


Шу йўл билан конденсатор сигимини ўзгартирмай мембрана ости ҳажми 10 мартагача ошириш мумкин, бу микрофон сезгирлигини 20 дБ оширишдемақдир. Шундай қилиб, (5.38) шартлари бажарилганда, конденсаторли микрофоннинг сезгирлиги частотага боғлиқ бўлмайди ва қуйидагича ифодаланади:

$$E_{\theta} \approx \frac{U_0 S_c \Sigma}{d} \quad (5.41)$$

Конденсаторли микрофонлар ўзининг сифат параметрлари билан энг яхши частота характеристикаси текис микрофон ҳисобланади. Аммо конструкцияси анча мураккаб ва таннархи эса қиммат. Яна бир камчилиги, алоҳида таъминот манбаи кераклигида, шу боис қўлланилиши чекланган. Конденсаторли микрофонлар босим, босим градиенти қабул қилгич ва комбинацияланган турларида ишлаб чиқилади. Кондесаторли босим градиенти қабул қилгич микрофон конструкцияси 5.13-расмда кўрсатилган.

5.13-рasm. Конденсаторли босим градиенти қабул қилгич микрофони



5.8. Комбинацияланган микрофонлар

Илгари сўз юритилган электр комбинацияланган микрофонларнинг бир неча турларини кўриб чиқамиз. Фараз қилайлик, қарарма-қарши томонга йўналтирилган, йўналганлик диаграммаси кардиодала иккита бир хил микрофон комбинацияланган (5.14-рasm). Акустик ўқлари бир-бирига нисбатан 180° бўлганлиги учун бирининг Θ тўлқин тушиш бурчагига нисбатан чиқиш кучланиши қуйидаги нисбат билан аниқланади:

$$u_1 = U_0 \frac{1 + \cos \theta}{2} \quad (5.42)$$

Иккинчиси эса:

$$u_2 = U_0 \frac{1 + (\cos \theta + 180^\circ)}{2} \quad (5.43)$$

Уларнинг йиғиндиси:

$$u = u_1 + u_2 = U_0 \frac{2 + \cos \theta + (\cos \theta - 180^\circ)}{2} \quad (5.44)$$

Уларнинг айирмаси:

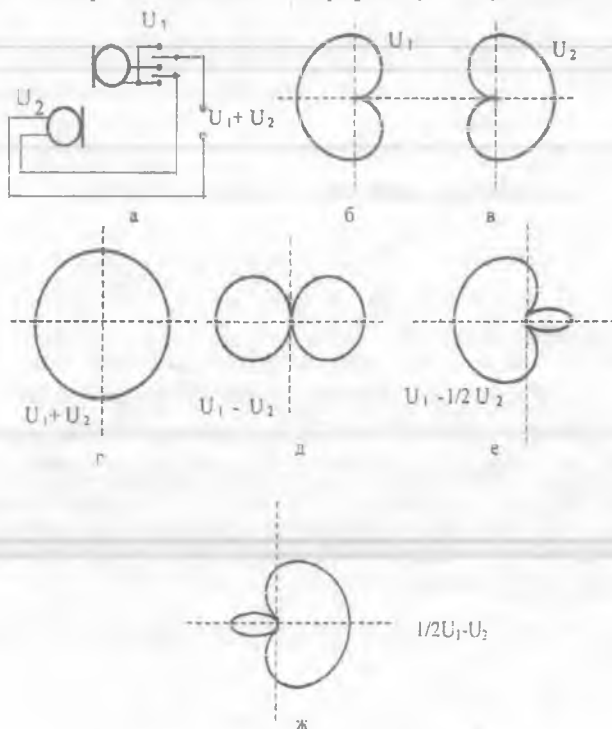
$$u = u_1 - u_2 = U_0 \cos \theta \quad (5.45)$$

Чиқиш кучланишлари қўшилганда, тизим диаграммаси йўналмаган кўринишринишда (5.14-г рasm), кучланишлар

айирилганда эса тизим диаграммаси йўналганлик хусусиятига эга бўлади (5.14-д расм).

Биринчи ёки иккинчи микрофонни ўчирганимизда, чиқиш кучланишлари тенг бўлмаганда, ёки чиқиш кучланишларини айирганимизда бир қатор оралик йўналганлик диаграммаларини олиш мумкин. Улардан айримлари 5.14-е, ж расмда келтирилган. Микрофонларнинг акустик ўқини 180° эмас 90° га буриб кучланишлар u_1 ва u_2 максимумига 90° бурчак оралигида эришиш мумкин.

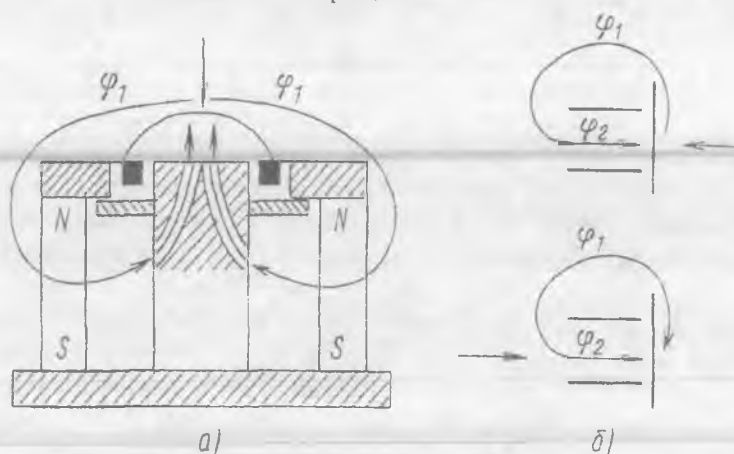
5.14-расм. Электр комбинацияланган микрофон ва унинг йўналганлик тавсифи



Микрофонларнинг комбинацияланган йўналганлик диаграммаларини олиш учун алоҳида асосий микрофонлардан фойдаланиш зарур эмас, турли тавсифдаги микрофонларни битта акустик-механик тизимда мужассамлаштириш мумкин. Ғалтакли акустик комбинацияланган микрофоннинг схемаси

5.15-расмда келтирилган. Микрофон-босим кабул қилгичда, фаркли равишда, доимий магнит тўлик цилиндр шаклида эмас, алоҳида ўзак шаклида ясалган. Бу ҳолда товуш майдони микрофоннинг олд томонигагина таъсир этиб қолмасдан, тўлқин микрофонни айланиб, керндаги тор каналлардан ўтиб, диафрагма остидаги ҳажмда товуш босими ҳосил қилади. Шунни айтиш лозимки, керндаги каналлар микрофон частота тавсифини коррекциялаш учун эмас, товуш тўлқинларини узатиш учун хизмат қилади.

5.15-расм. Ғалтакли акустик комбинацияланган микрофоннинг тизими ва ишлаш принципи



5.15-расмдан кўришиб турибдики, микрофон диаграммасининг олд ва орқа томонига таъсир этувчи босим фазалари бўйича $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ фаркланади. Бу ерда φ_1 товуш тўлқини диафрагманинг олд томонидан керндаги каналларнинг кириши-гача бўлган энг қисқа йўлни босишдаги фаза силжиши:

$$\varphi_1 = 2\pi \frac{d \cos \theta}{\lambda} \text{ тенг.}$$

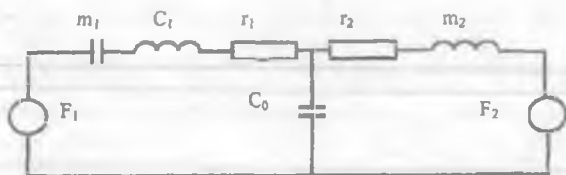
φ_2 – қўшимча акустик тебраниш тизимининг реактив қаршилиги мембрана остидаги ҳаво массаси ва эгилувчанликни ҳосил қилган фаза силжиши.

Микрофоннинг конструктив параметрлари шундай танлаб олинадики, товуш тўлқини фронтал ($\theta = 0^\circ$) тушганда, фазалар

фарки $\varphi = 180^\circ$ ёки унга яқин бўлиб, унинг икки таркиби кушилади.

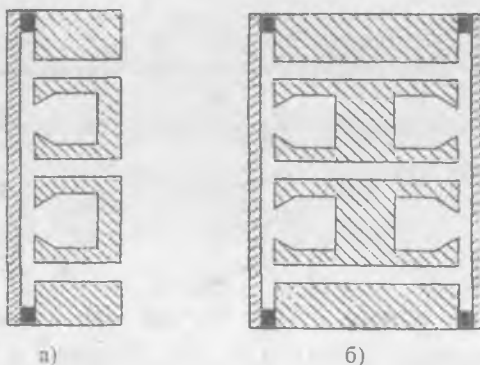
Товуш тўлкини микрофоннинг орқа томонидан тушиб таъсир этганда, диафрагмага таъсир этаётган босим бири-бирига қарама-қарши йўналади ва уларнинг йиғиндиси нольга тенг бўлади. Юқорида баён этилган микрофоннинг электр-эквивалент схемаси 5.16-расмда келтирилган.

5.16-расм. Акустик комбинацияланган ғалтакли микрофоннинг электр-эквивалент схемаси



Бундай қабул қилгичларнинг йўналганлик диаграммаси кардиоидага яқин. Фазалар фарқи φ_1 ва φ_2 частотага боғлиқ бўлганлиги учун $\varphi_1 = \varphi_2$ шартнинг бажарилиши қийин, шунинг учун тўлқин орқа томондан тушганда сезгирлик нолга тенг бўлмайди. Бундай турдаги микрофонлар учун сезгирликнинг «фронт – фронт орти» фарқи 12–15 дБ ташкил этади. Акустик комбинацияланган микрофоннинг соддалаштирилган схемаси 5.17-а расмда келтирилган. Бир томонлама йўналганлик диаграмманинг шаклланиш механизми 5.16- расмдигидан фарқ қилмайди. Амалда кўрилатган микрофон тури икки мембранали бажарилади 5.17б-расм. Расмдан кўриниб турибдики, мембранаosti қатламда икки турдаги катакча пайдо бўлади: ёпиқ тагликда қабул қилгич, икки томони очик тагликда эса босим градиент қабул қилгичи.

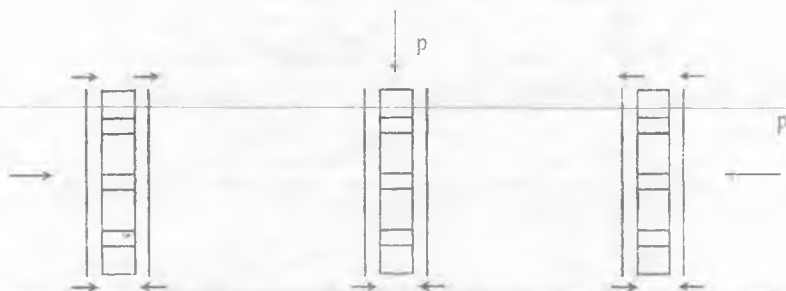
5.17-расм. Акустик комбинацияланган конденсаторли
микрофон қурилмаси



Иккала мембрананинг тебраниши иккита: синфазали босим градиент қабул қилгич ва қарама-қарши фазали босим градиент қабул қилгич билан аниқланадиган асосий тебранишларни қўшилиши сифатида кўриш мумкин. Қутбловчи кучланиш фақат битта **электр актив** деб аталувчи мембранага уланади.

Бир йўналишли хусусиятларнинг шаклланишини 5.18-расм тушунтиради, унда турли бурчак остида тушаётган иккита асосий тебранишларни қўшиш натижаси кўрсатилган. $\Theta=0^\circ$ (электр актив мембрана товуш манбаига қаратилган); $\varphi_1=90^\circ$ (товуш ён томондан таъсир этади); $\varphi_1=180^\circ$ товуш манбаига ҳаракатсиз мембрана қаратилган. Юқоридаги стрелкалари босим градиенти билан белгиланган синфазали силжишларни ифодалайди; пастдаги стрелкалар эса қарама-қарши силжишларни ифодалайди. $\varphi_1=0^\circ$ бўлганда синфазали ва қарама-қарши фазали чап (электр актив) мембрананинг силжиши бир хил ишорага эга ва бу мембрана иккиланган амплитуда билан тебранади. Шунини таъкидлаб утамизки унг томондаги мембрананинг тебраниши бизни қизиқтирмайди, у қарама-қарши ишорага эга, бу мембрана силжймайди.

5.18-расм. Кардиоидали йўналганлик диаграммаси шаклланишига оид

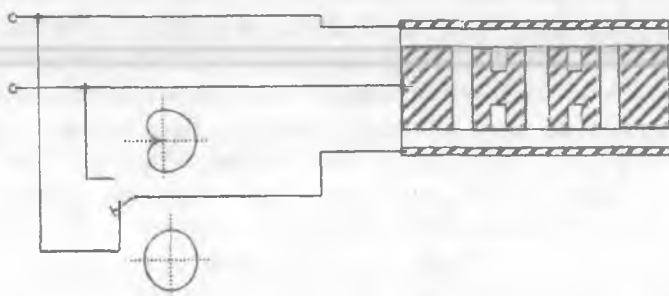


Микрофонга тўлқин $\Theta = 90^\circ$ бурчак остида тушганда, син-фазали силжишлар бўлмайди ва чап мембрананинг тебраниш амплитудаси фақат товуш босими билан белгиланади.

У $\Theta = 0^\circ$ дагига қараганда, икки марта кам бўлади. $\Theta = 180^\circ$ тенг бўлганда, ўнг мембрана иккиланган амплитуда билан тебранади, чап мембрана эса силжимайди, бу ҳолда, табиийки, микрофон ўзгарувчан кучланиш ривожлантирмайди.

Шундай қилиб, кардиоидали йўналганлик тавсиф тизимнинг электр ассимметрияси ҳисобига эришилади. Йўналганлик диаграммаси узиб-уланувчи конденсаторли микрофон схемаси 5.19-расмда кўрсатилган.

5.19-расм. Йўналганлик диаграммаси турли шаклдаги конденсаторли микрофон

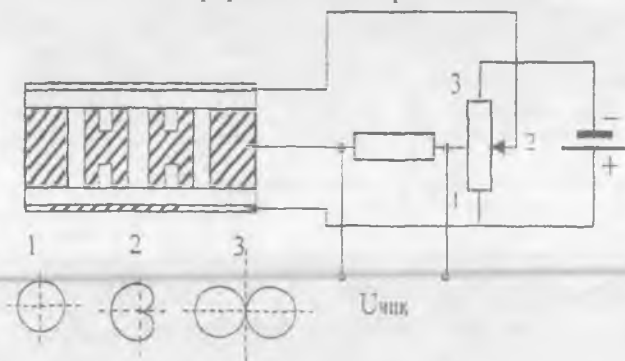


У иккита кардиоидали микрофондан ташкил топган бўлиб, уларнинг йўналганлик диаграммаси максимуми 180° силжи-

ган. Агарда иккита кардиоида тавсифли мембрана кучланишлари қўшилса, йўналмаган микрофон олинади.

Иккита мембранали капсуладан фойдаланиш микрофоннинг йўналганлик диаграммасини бошқариш имкониятини беради (5.20-расм). Кутбловчи кучланиш йўналганлик бошқаргичи вазифасини бажарувчи потенциометрга уланади.

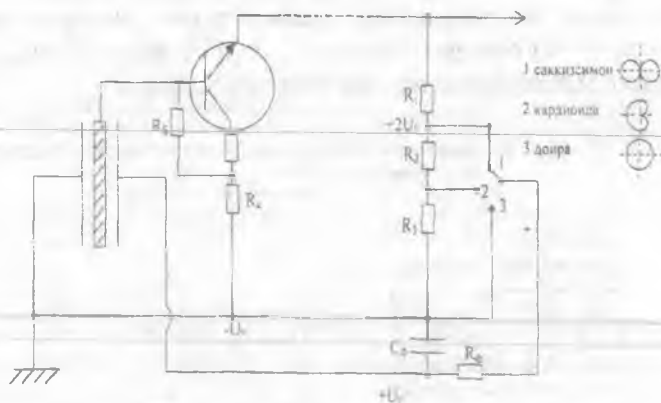
5.20-расм. Йўналганлик диаграммаси масофадан бошқариладиган конденсаторли микрофоннинг ишлаш принципи



Қўзғалмас электрод потенциометр ўртасига резистор R оркали уланади. Чап мембрана таъминот манбаининг мусбат кутбига уланган. Ўнг мембрана потенциометрнинг турли нукталарига уланиши мумкин. 1 нуктага уланиши йўналмаган микрофонга мос, 3 нуктага уланиши эса икки томонлама йўналган микрофонга мос. 2 ҳолатда мембрана қўзғолмас электрод олаётган электр потенциални олади, шунинг учун у электр актив бўлмайди, унинг йўналганлик диаграммаси кардиоида шаклида бўлади.

Комбинацияланган конденсаторли микрофон тузилишининг бир кўриниши 5.21-расмда берилган.

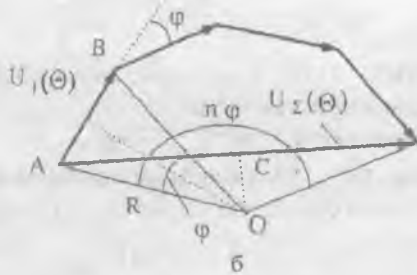
5.21-расм. Комбинацияланган конденсаторли микрофон тузилишининг бир кўриниши



5.9. Товуш сигналларни қабул қилувчи ўткир йўналтирилган микрофонлар

Айрим ҳолларда, товуш кучайтиришни ташкил этишда ўткир йўналтирилган микрофонларни қўллаш зарурати туғилади. Бу масаланинг ечими чизикли микрофонлар гуруҳини яратиш орқали ҳал этилади. Бундай микрофонлар n бир хил микрофонлардан иборат бўлиб, улар бир чизикда бири-биридан d масофада жойлашган. Бу вазият юқори сифатли товуш эшиттиришни кескин оғирлаштиради. Бундай вазиятдан юқори фазовий танловчанлик хусусиятларига эга бўлган микрофонларни қўллаш билан чиқиш мумкин. Бундай микрофонлар ўткир йўналтирилган микрофонлар деб аталади. Чизикли гуруҳ микрофонлари 5.22а-расмда келтирилган.

5.22- расм. Чизикли гурух микрофонлари



Бундай микрофонлар гуруҳининг йўналганлик хусусиятлари шаклланишини кўриб чиқамиз. Микрофонлар кетма-кет уланади. Агар ясси тўлқин гуруҳ ўқига нисбатан Θ бурчаги остида тушиб U_1 кучланишни ҳосил қилса, у билан қўшни бўлган микрофон шундай амплитудали кучланишни пайдо қилади, фазаси эса:

$$\varphi = k\Delta r = kds\sin\theta = 2\pi\frac{d}{\lambda}\sin\theta \quad \text{силжийди.}$$

Микрофонлар ҳосил қилган кучланишларнинг вектор диаграммасида кўрсатилганидек (5.22б-расм) φ бурчагига буриб кетма-кет қўшиб бутун гуруҳ микрофонлари ривожлантираётган кучланишни оламиз. OAB ва OAC учбурчаклари учун мос ҳолда:

$$\sin\frac{\varphi}{2} = \frac{AB}{R} = \frac{U_1}{2R} \quad (5.46)$$

$$\sin\frac{n\varphi}{2} = \frac{AC}{R} = \frac{U_2}{2R} \quad (5.47)$$

Умумий кулчаниш:

$$U_2 = U_1 \frac{\sin\frac{n\varphi}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}} \quad (5.48)$$

Микрофоннинг қисқичларидаги кучланиш унинг сезгирлиги ва йўналганлик тавсифи билан аниқланади, яъни:

$$U_1 = U_{\text{макс}} D_1(\theta).$$

$$U_{\Sigma} = U_{\text{макс}} D_1(\theta) \frac{\sin \frac{n\varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}, \quad (5.49)$$

Унда:

Бунда: $D_1(\theta)$ – чизикли гуруҳдаги алоҳида микрофоннинг йўналганлик тавсифи.

Агар текис товуш тўлкини акустик ўқи бўйича йўналган бўлса, унда алоҳида микрофонлар кучланиши ўртасида фаза силжиши бўлмайди ва йиғинди кучланиш

$$U_{\Sigma} = nU_{\text{макс}} \quad (5.50)$$

Унда гуруҳ микрофонларнинг йўналганлик тавсифи:

$$D_{\Sigma}(\theta) = D_1(\theta) \frac{\sin \frac{n\varphi}{2}}{n \sin \frac{\varphi}{2}} \quad (5.51)$$

Ёки:

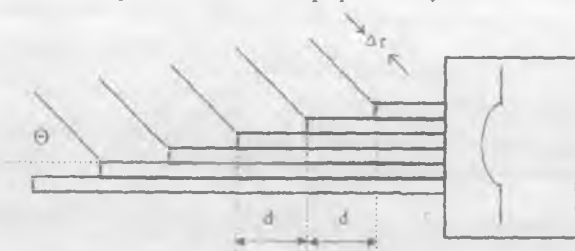
$$D_{\Sigma}(\theta) = D_1(\theta) D_p(\theta) \quad (5.52)$$

$$D_{\text{гр}}(\theta) = \frac{\sin \frac{n\varphi}{2}}{n \sin \frac{\varphi}{2}} = \frac{\sin \left(\frac{n\pi \lambda \sin \theta}{\lambda} \right)}{n \sin \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \right)} - \text{чизикли гуруҳ ёки } n \text{ йўналмаган}$$

микрофонлардан иборат тизимнинг йўналганлик тавсифи. Шундай қилиб, чизикли гуруҳ микрофонларнинг $D_{\Sigma}(\theta)$ йўналганлик тавсифини битта микрофон йўналганлик тавсифи $D_1(\theta)$ гуруҳ микрофонлари йўналганлик тавсифи $D_{\text{гр}}(\theta)$ кўпайтмасига тенг. Йўналганлик фақат кўрилаётган юзадагина ошади. Симметрия ўқиға перпендикуляр юзадаги йўналганлик диаграммаси битта микрофоннинг йўналганлик диаграммасига ўхшаш.

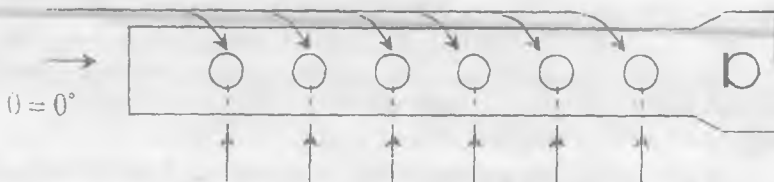
Чизикли гуруҳ микрофонларини найсимон ёки пистолет микрофонлар деб ҳам атайдилар. Унинг схематик тузилиши 5.23-расмда кўрсатилган.

5.23- расм. Найсимон микрофоннинг тузилиши



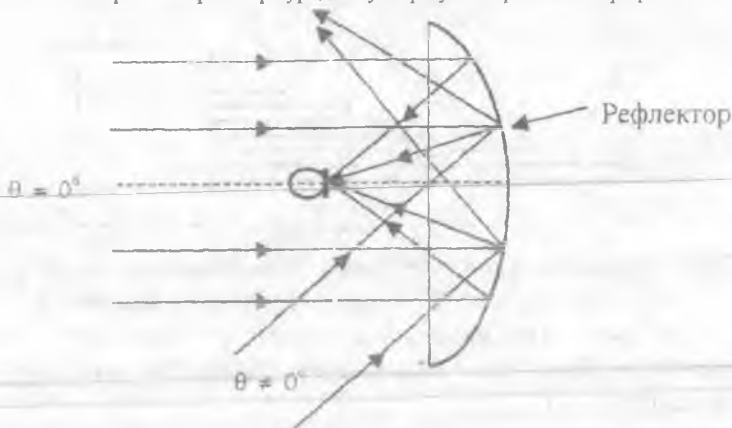
Интерференция туридаги ўткир йўналтирилган микрофоннинг бошқа кўриниши 5.24-расмда кўрсатилган. Микрофон тешикли найча ёки унинг орқа кўндаланг кесимида йўналтирилмаган ёки бир томонлама йўналтирилган капсула жойлаштирилган.

5.24-расм. Ўткир йўналтирилган югурувчи тўлқин микрофон схемаси



Найча тешиги мато ёки ғовак материал билан бириктирилади. Йўналганлик диаграммаси найча тешикчаларидан ўтаётган парциал товуш тўлқинларнинг интерференцияси ҳисобига эришилади. Товуш fronti найча ўқига параллел ҳолда силжиганда, барча парциал тўлқинлар силжувчи элемент-мембранага бир хил фазада келади. Найча узунлиги тўлқин узунлигидан катта бўлганда, унинг йўналганлиги сезиларли ошади. Шунинг учун узунлиги 1 метр ва ундан ортик бўлганда йўналганлик паст 150 – 200 Гц частоталарда фақат капсула билан белгиланади. Амалдаги ўткир йўналтирилган микрофонлардан рефлекторли микрофонларни айтиш мумкин. Бундай микрофонларда капсула параболик кайтаргич фокусида жойлаштирилади.

5.25-расм. Рефлектор туридаги ўткир йўналтирилган микрофон



Параболанинг хусусиятларига асосан, қайтарилган товуш тўлқинлари капсула жойлашган ер парабола фокусида йиғилади. Уларнинг фазаси бир хил. Парабола ўқиға бурчак остида тушаётган I товуш тўлқинлари рефлектор ёрдамида тарқатилади, натижада улар микрофонга тушмайди.

Рефлектор тизимида йўналганлик диаграммаси интерференция тизимдагига қараганда кўпроқ частотага боғлиқ ва амалда паст частотада йўналмаган диаграммадан юқори частотада тор йўналганликкача ўзгаради.

5.10. Радиомикрофонлар

Азал-азалдан микрофонларни ишлатиш билан боғлиқ бўлган муаммо – бу микрофонларнинг аппаратураларга бўлган «боғлиқлиги»: микрофон кабеллари артистларга, журналистларга, видео ва товуш операторларига, овоз режиссёрларига кўпгина ташвиш келтиради. Шунинг учун йигирма йиллар илгари пайдо бўлган радиомикрофонлар товуш узатиш ва эшиттириш масалаларини ҳал этишда қўл келади. Ҳозирги вақтда кўпгина радиомикрофонлар тизими мавжуд бўлиб, улар радиосигналларни узатиш ҳамда конструкциялари билан фарқланади. Кўп тарқалган радиомикрофонлар турига узаткич ва антеннаси «қўл» микрофони

филофида жойлаштирилган радиомикрофондир. Бундай микрофонлар, асосан, концерт эшиттиришларида қўлланилади. Театр-концерт эшиттиришларида бош микрофонлари кўп қўлланилади, унда узаткич белбоққа бириктирилган ёки чўнтакда бўлиб ижрочи қўллари максимал бўш бўлиб қолади.

Кейинги пайтларда бундай микрофонларни ижрочининг бевосита оғзига яқин жойлаштирилганлиги гувоҳи бўляпмиз. Бундай ҳолат ўз-ўзидан акустик уйғонишни бартараф этишда жуда қўл келади.

Радиомикрофонларнинг бошқа тури мусиқа асбоби микрофонларидир. Бундай микрофонлар мусиқа асбобига (саксафон, труба) ёки электрогитарага бириктирилиб узаткичнинг чизикли киришига уланади. Радиомикрофонларнинг яна бошқа бир тури - бу **ёқа микрофонларидир**, уларнинг асосий қўлланилиши, телевидениеда, ток-шоуларда, виднотасвирга олишда, турли презентацияларда ишлатилади. Бу микрофонларнинг ўлчамлари жуда кичкина бўлиб улар кистиргич билан бириктирилади. Узаткич эса, белбоғда ёки чўнтакка жойлаштирилади. Кўп радиомикрофонларда радиоканалда частота модуляцияси услуги қўлланилади. Оддий радиомикрофонлар 170 – 220 МГц частота диапазонида ишлайди. Бу диапазонда бир вақтнинг ўзиде 8 тагача тизимни ишлатиш мумкин.

Мураккаб ва қиммат тизимлар эса, юқорироқ 1 ГГц гача бўлган частота диапазонида ишлайди. Уларнинг техник ечими анча мураккаб бўлиб, бир вақтнинг ўзиде 15 ва ундан ортиқ тизимни ишлатиш мумкин. Узаткичнинг қуввати, одатда, 50 мВт бўлиб, уни аниқ қабул қилиш масофаси 100 – 150 метрни ташкил этади.

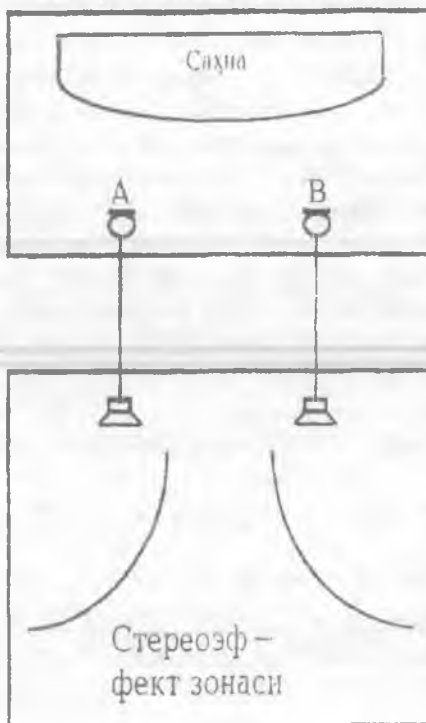
Оддий радиомикрофонлар одатда битта антеннага эга. Аммо бу частота диапазонида радиотўлқинлар турли жисмлардан, девор ва б. қабилардан қайтиб мураккаб интерференция ҳосил қилади, шу сабабли қабул қилиш жойида «жимлик» зонаси пайдо бўлади. Шунинг учун мураккаблиги ва қимматлилигига қарамасдан, икки антеннали тизимлар ишлатилади. Уларнинг ишлаш принципи шундай, агарда битта антенна «жимлик» зонасида бўлса, иккинчиси фазода

биринчиси билан ажратилган холда ишончли қабул қилишни давом эттиради.

5.11. Микрофонли стереофоник тизимлар

Стереозффе́кт иккита омилдан иборат: чап ва ўнг қулоққа келувчи сигналларнинг турли вақти ва бу сигналларнинг турлича жадаллиги. Бир қарашда, бу икки омил **АВ тизими**да амалга ошириладигандек, бу тизимда бир хил тавсифли А ва В микрофонлари хонанинг икки томонига симметрик ўрнатилади (5.26-расм). Микрофон чиқишидаги сигналлар алоҳида кабеллар орқали хонадаги тингловчига нсбатан чап ва ўнг томонда жойлашган радиоқарнайларга келади.

5.26- расм. АВ микрофонли тизим



Стерефоник эффект товуш манбаига яқин турган микрофон қабул қилган товуш сатҳи шу товушни қабул қилган иккинчи микрофон сатҳидан катталиги, ҳамда вақт бўйича ўзиши ҳисобига эришилади. Бу сатҳлар нисбати ва вақт силжиши стереоэффект зонасида турувчи тингловчилар учун радиокарнайлар орқали эшиттирувчи товушларда ҳам мос равишда сақланади. Радиокарнайлар яқинида бу зона радиокарнайлар ўқи олдида мужассамланади ва ундан узоқлашган сари кенгая боради. Микрофонлар ўртасидаги товуш манбаининг силжиши натижасида микрофонлар қабул қилаётган сатҳлар нисбати ва товушларнинг вақт силжиши ҳам ўзгаради. Шунга мос равишда товушларни тинглаш хоналарида қайта эшиттириш шароитлари ҳам ўзгаради. Одам эшитиш аъзосига бу радиокарнайлар ўртасидаги мавҳум манбаининг силжишидек туюлади.

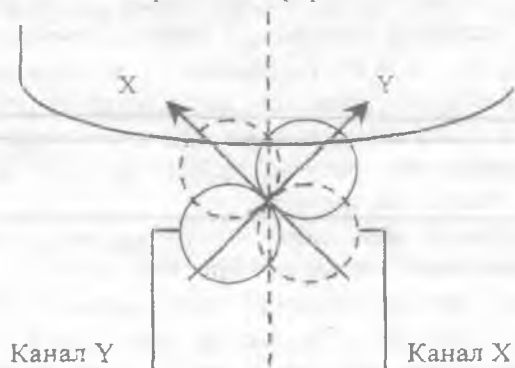
АВ стерефоник тизимининг асосий камчилиги шундаки, иккита стерефоник сигналларнинг йиғиндиси монофоник эшиттиришда тўла мослашмайди. Аммо кўриниб турибдики, А ва В микрофонлари қабул қилган сигналларни қўшганда, частота бузилишлари бўлиши шарт, бу бузилишлар товуш манбаидан микрофонларгача бўлган масофа фарқи ва интерференция эффекти билан боғлиқ. Масофа фарқи фаза силжишини 180° гача буриши мумкин, бунда монофоник сигналда шу товуш частотаси умуман бўлмайди.

Интерференция эффектларини йўқотиш учун қўшма микрофонлар тизими ишлаб чиқилган, уларда стереоэффект сигналлар сатҳининг фарқи ҳисобига шаклланади. Бундай тизимларда микрофонлар турли ва турлича белгиланган йўналиш диаграммаларига эга бўлиши керак.

ХҲ тизимда (5.27-расм) иккита бир хил тавсифли ва йўналганлик диаграммаси саккизсимон микрофон бир нуқтада шундай жойлашганки, уларнинг йўналганлик диаграммаси ўқлари 90° ни ташкил этади. Микрофонлар чап ва ўнг канал радиокарнайлари билан боғланган. Бунда стерефоник эффект микрофонларнинг товуш манбаидан келатган товуш тўлқинларига турлича сезgirлиги ҳисобига бўлади.

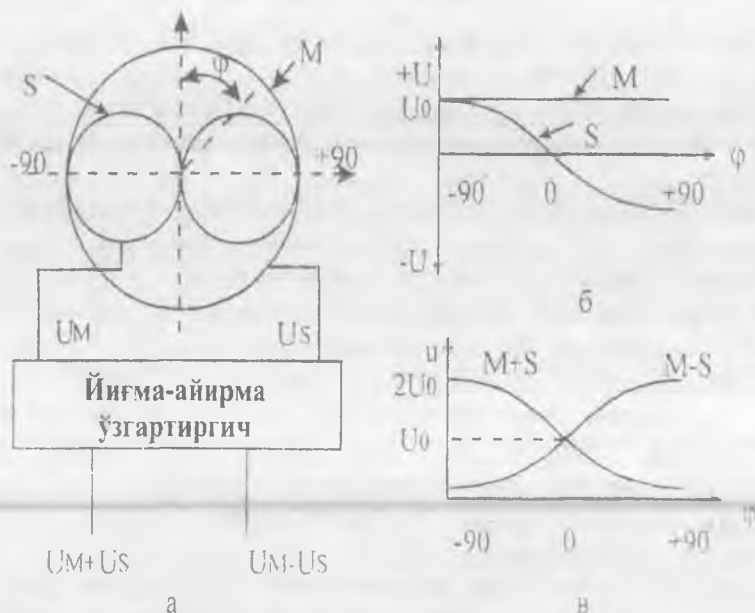
ХҲ тизими АВ тизимига қараганда анча мослашувчанроқ, аммо сахна марказида жойлашган товуш манбалари бирмунча баланд товушга эга ва монофоник эшиттиришларда улар тингловчиларга яқинроқ жойлашгандек туюлади. ХҲ тизими сахнада қўзғалмайдиган ижрочиларни ёзишда қўлланилади, сахна марказидаги ижрочилар эса микрофондан узоқроқда жойлаштирилади.

5.27- расм. ХҲ микрофони тизим



Товушни MS усулида узатишда микрофонлар ХҲ усулидагидек сахна марказида жойлаштирилади. Бироқ бу ҳолда микрофон-лардан биттаси йўналтирилмаган; иккинчиси йўналтирилган, бўлиб йўналганлик диараммаси «саккиз-симон» шаклда бўлади (5.28-а расм).

5.28-расм. MS микрофонли тизим



Микрофонлар чикишидаги кучланишларнинг товуш келиш бурчагига бўлган боғлиқлиги 5.28-б расмда кўрсатилган. М канал микрофони кучланиши доимо ўзгармас, S канал микрофони чикишида эса кучланиш товуш канали йўналиши -90° ва $+90^\circ$ бўлганда максимал, кийматга эга.

Товушларни қайта эшиттиришда чап радиокарнайга иккала микрофондан йиғинди ($U_M + U_S$) кучланишлар, радиокарнайга эса айирма кучланишлар ($U_M - U_S$) берилади. Чап ва ўнг канал стереофоник сигналларнинг бўлиниши қўшма-айирма ўзгартиргич ёрдамида амалга оширилади. Қўшма-айирма ўзгартиргичнинг ишлаши 5.28-в расмда кўрсатилган.

MS тизими аниқ афзалликларга эга. М канали тўлақонли монофоник каналдир, шундай қилиб MS тизими тўлалигича монофоник канал билан мосдир.

5.12. Микрофонларни ишлатиш хусусиятлари

Микрофонлар белгиланиши бўйича учта катта гуруҳга бўлинади: маиший магнит ёзув аппаратлар учун; профессионал мақсадлар учун ва махсус белгиланиши бўйича. Профессионал микрофонлар ҳам белгиланиши бўйича куйидагиларга ажратилади: овоз ёзиш ва узатиш, мусиқа ва бадий нуткларни ёзиш студиялари телекиностудиялардан узатиш учун; товуш ва мусиқа кучайтириш тизимлари учун; акустик ўлчовлар учун; диспетчер алоқаси учун.

Бундан ташқари, микрофонлар конструктив ечими ва сигнал манбаига нисбатан жойлашиши бўйича:

- пол устидаги устунчага ўрнатилган;
- столга ёки минбарга ўрнатилган;
- ичига ўрнатилган (масалан, йиғилишлар столи);
- эстрада солистдари учун (қўл микрофонлари);
- ёка микрофонлари (кийимга бириктириладиган);
- радиомикрофонлар;
- иншоатдан узоқ масофада жойлашганда репортаж олиб бориш ёки ҳужжатли тасвирларга туширишда қўлланиладиган (ўта йўналтирилган) микрофонлар;
- қатлам чегарали микрофонлари (PZM-микрофонлари).

Микрофонларни танлашда уларнинг ишлаш шароитларини билмасдан туриб, бирон-бир тавсия бериш жуда кийин, чунки маълум конструктив ечимдаги микрофон бошқа шароитларга ва белгиланишига мутлоқ тўғри келмаслиги мумкин.

Студия микрофонларининг эксплуатацияси. Товуш ёзиш ва телевидение эшиттириш студиялари юқори электроакустик параметрларга эга бўлган кенг полосали микрофонлар билан таъминланган бўлиши шарт. Шунинг учун студияларда йўналган, диаграммалари ўзгарадиган кенг частота ва динамик диапазонли конденсаторли микрофонлар қўлланилади. Бундан ташқари, конденсатор микрофонларининг сезгирлиги динамик микрофонларга қараганда 5 – 10 марта юқори бўлиб, эшитиладиган ўтиш бузилишлари деярлик йўқ, чунки кўзгалувчи тизимнинг резонанс частотаси юқори частота чегарасига яқин бўлиб, жуда кичик асйликка эга.

Шунинг учун овоз ёзиш студиялари ва овоз ёзиш тизимларида, универсал микрофонлар сифатида кардиоидали йўналганлик диаграммага эга бўлган конденсаторли микрофонлар КМ 84, КМ 184 (Neman), С460В (АКГ) ва МКЭ – 13м (М-микрофонлар) қўлланилади. Конденсаторли микрофонларнинг камчилиги сифатида алоҳида таъминот манбаи ва у билан боғлиқ бўлган кучланиш блоки зарурлиги, сезгирлиги хароратнинг кескин ўзгариши ва намликка боғликлигини ҳам айтиш керак. Хароратга боғликлиги шундаки, микрофонга бевосита уланган кучайтиргичнинг кириш қаршилиги 0,5 – 2 гОм, шунинг учун намлик катта бўлганда, бу қаршилик камаяди, натижада паст частоталар сусайиб, шовкин сатҳи ошади. Шу сабабли конденсаторли микрофонларни очик ҳавода деярлик қўлламайдилар.

Микрофонларни студияларда одатда пол устунчаларига ёки «лайлак» таёкчаларга ўрнатадилар. Микрофонлар студияларда ёзув вақтида кўзготилмайди, таёкчалар эса, мустаҳкам этиб амортизаторларга ўрнатилади. Микрофонларни ўрнатишга бўлган кўп талаблар, одатда, кўз билан чамаланади. Масалан, телевидение ёзувида кадрга тушиши мумкин бўлган микрофон ўлчамлари катта бўлмаслиги, қопламалари ялтирок бўлмаслиги керак. Телевидение рангтасвирларни аниқ қафолатли узатиш керак. Кадрдан ташқарида кўчма микрофонлар қўлланилади. Кўчма микрофонларни эшиттириш давомида жойларидан кўзгатиш мумкин бўлганлиги учун уларни шамолдан сақлаш, титраш ва силкинишлардан ҳимоялашнинг махсус чора-тадбирлари қўрилади. Товуш манбаигача бўлган нисбатан узоқ масофа ва катта шовкин, одатда, йўналган ёки ўта йўналган микрофонларни қўллашни такозо этади.

Бир томонлама йўналган микрофонлар ижрочилар кенг бурчакда ташкил этиб жойлашганларида ва ёзув вақтида бир неча микрофонлардан фойдаланиб алоҳида гуруҳларни ажратиш зарурати бўлганда ва, шунингдек, ташқи шовкинларни ёзув жараёнига таъсирини камайитириш мақсадида қўлланилади.

Икки томонлама йўналтирилган микрофонлар дуэт ёзувларда, ашулачи ва аккомпаниатор мулоқатларда, кичик

муסיқа таркибидаги ёзувларда ҳамда шовкин манбаи йўналишини сусайтириш юқсадларида қўлланилади. Бу вазиятда микрофонлар шовкин манбаига ёки тўлқин қайтарувчи юза зоналарига минимал сезгирликдаги йўналишда ўрнатадилар.

Йўналганлик диаграммаси «саккизсимон» микрофонлар ҳам яккахон хонандани ёки алоҳида муסיқа асбобларини ажратиш зарура бўлганда ижрочига бевосита яқин жойлаштирилади. Бунда товуш манбаидан яқин масофаларда товуш тўлқинларининг доирасимонли натижасида рўй берадиган «**яқин зона эффекти**» фойдаланилади. Микрофоннинг биринчи ва иккинчи акустик киришларига фазаларигина эмас, балки амплитудалари ҳам бошқа бўлган сигналлар таъсир этади. Бу эффект кўпроқ «саккизсимон» диаграммали микрофонларда намоён бўлиб, бошқаларида умуман кузатилмайди.

Йўналтирилмаган микрофонлар хонада бир неча микрофонлар ўрнатилиб ёзув жараёни олиб боришда, умумий акустик муҳитни узатиш учун қўлланилади, шунингдек, нутк, ашула ва муסיқаларни товуш кучли сўндирилган хоналарда, турли учрашувларни ёзиш учун ҳам қўлланилади.

Кейинги пайтларда шундай ёзувлар учун кўпроқ PZM микрофонлари қўлланилмоқда. Овоз режиссёрлари орасида PZM аббревиатура микрофон турининг белгиланиши сифатида ўрнашиб қолди. Уни бирнеча: альтернатив номлари, масалан «boundary-microphone» ёки «чегара қатлам микрофони» каби номлари мавжуд.

Маълумки, микрофон тўлқин қайтарувчи юзага ёки тўсиққа яқин жойлашган бўлса, унда қўшимча амалда йўқотиб бўлмайдиган частот тавсифининг тароқсимон эффекти пайдо бўлади. PZM микрофонлар частота тавсифининг тароқсимон эффектини йўқотади, чунки улар тўлқин товушларни янгича принципда қабул қилади. Товуш чегарага етган захоти (девор, стол, пол) унинг олдида 4 – 5 миллиметрли товуш қатлами пайдо бўлади. Шу қалинликда тўғри ва қайтган сигналлар когерент, фазалари сақланган ҳолда қўшиладилар. PZM микрофонларда ўзгартиргич шу босим зонаси чегарасида жойлашган, шу боис фаза интерференцияси пайдо бўлишини йўқотади. Бундай микрофонларни йўнал-

ганлик диаграммаси микрофон жойлашган юза йўналиши ва ўлчамларига боғлиқ бўлиб, ярим доирага яқин. «Чегара қатлами» микрофонига мисол тариқасида С562ВL (АКG) ва МК 403 (Неватон) келтириш мумкин.

PZM микрофонлари декорацияларда яхши никобланиб, столда ўрнатилганлиги сезилмайди.

Чегара қатламда товуш босимининг ошиши, микрофон сезгирлигини 6 дБ га оширади.

PZM микрофонларининг жаранглаши бошқаларникидан ажралиб туради. Биринчидан, ижрочилардан узоқда бўлганда, уларга тиниқ тембр хос ва диффузия майдонининг сигнал қиймати катта. Иккинчидан, сигнал тушиш бурчагига боғлиқ бўлмаган текис амплитуда частота тавсифи хос.

PZM микрофонлари товуш манбаига яқин жойлашган йўналтирилмаган микрофонларга қараганда кўпроқ субъектив жарангрок товушни беради. Ва, ниҳоят, ижрочи кўзгалганда унинг тембри анъанавий техника ёзувларидагига қараганда камрок ўзгаради. Гап шундаки, товуш сигнаolini кабул қилиш жойида сигналнинг частота тавсифи доимо чўкки ва чўкмалардан иборат бўлади. Агарда товуш манбаи микрофонга нисбатан силжий бошласа, микрофонга тушаётган товуш ва биринчи товуш қайтарилиши фазалари нисбаги ҳам ўзгаради. Натижада тавсиф чўкки ва чўкмалари сурила бошлайди ва тембр ўзгариш эффектини беради. Иккита PZM микрофонидан яхши стереомикрофон ҳосил қилиш мумкин.

Алоҳида гуруҳни «камера устида» микрофон ташкил этади. Видеокамераларда, одатда, нисбатан катта бўлмаган энгил, йўналганлиги кардионда диаграммасидан ўткиррок микрофонлар қўлланилади. Мисол сифатида МКЭ – 24 ва МКЭ – 25 (Микрофон – М) микрофонларини айтиш мумкин.

Товуш кучайтириш тизимларида микрофонларнинг ишлаш хусусиятларни. Профессинал мусика, товуш кучайтириш тизимлари, театр, концерт залларидан эшиттиришларни трансляция қилиш учун яна бир гуруҳ микрофонлар қўлланилади. Товуш кучайтириш тизимларида микрофонларнинг ишлаш хусусиятларидан бири айрим частоталарда (паразит тескари алоқа натижасида микрофонларнинг ўз-

Ўзидан уйғонишидир бу ходиса микрофонга қайтарилган тўлқин товушлари тўғридан-тўғри радиокарнайдан шифт, девор ва бошқа юзалардан келиши натижасида содир бўлади. Булар, одатда, зални овозлаштиришдаги товуш босимини чеклайди. Тизимнинг барқарорлигини ошириш, сигнални махсус электрон қайта ишлаш куйида кўриладиган бир неча оддий йўллар билан амалга оширилади.

1. Микрофонни бирламчи сигналга максимал яқинлаштириш (ижрочига, нотикқа, мусиқа асбобига), яъни ёқа ва қўл микрофонларни қўллаш тавсия этилади. Таъкидлаб ўтамиз, ёқа микрофонлари, одатда, йўналтирилмаган, шунинг учун уларни нотикқа яқинлаштирилиши уларнинг частота тавсифларига таъсир этмайди.

2. Нотикни ва микрофонни радиокарнайдан ва товуш қайтарувчи юзалардан имконияти борича узоқлаштириш зарур.

3. Микрофоннинг йўналганлик диаграммасини тўғри танлаш ва унинг ишчи ўқини шовқин манбаи, ҳамда радиокарнай ва товуш колонкаларига нисбатан тўғри йўналтириш керак.

Товуш кучайтириш тизимларида ва телевидение трансляциясида кичик микрофонлардан кўпроқ фойдаланилиши мақсадга мувофиқдир.

Концерт залларида, эстрада, трибуналарида катта ҳалакитлар ва вибрациялар бўлиши эҳтимоли бор, шунинг учун кўп микрофон устунлари тебраниш ютгичларга эга. Бундай микрофонларда тебранишга қарши махсус чоралар кўрилади: микрофон капсуласи амортизацияланади ёки микрофон ғилофидан ажратилади, паст частоталарни қирқувчи электр филтрлар қулланилади.

Европа (AKG, Sennheiser, Bevdynamik), Америка (Electro-Voice, Shure), Россия (Байтон – 2) фирмалари шундай микрофонларни ишлаб чиқаради. Шуни айтиш керакки, динамик микрофонлар конденсаторли микрофонларга қараганда тебранишларга анча чидамли.

Нутқларни кучайтириш тизимида (конференцзал, мажлислар зали, драмтеатрлар ва б.) асосий мезон бўлиб, тембрни тўғри узатиш эмас, нутқнинг аниқлиги ҳисобланади, шунинг учун микрофонларнинг частота диапазонини 100 – 10000 Гц

билан чеклаш ва паст частоталарда 300 – 400 Гц бошлаб 10 – 12 дБ пасайишига коникиш хосил килиш керак. Бундай микрофонларга Д541, Д558В, Д590, С580 (АКГ) ва МД – 91, МД – 96, МД – 97 (Микрофон – М) мисол бўла олади. Частота диапозонини яна ҳам сиқиш 500 – 5000 Гц нутк аниқлигига зарар етказмаган ҳолда нотик товуши тембрини сезиларли ўзгаришига олиб келади, бу эса юқори сифатли товуш кучайтиришда унчалик зарур эмас. Шунинг учун частота диапозони 500 – 5000 Гц ва ундан тор бўлганда, бундай микрофонлардан фақат алоқа қурилмаларида, товуш тембрини сақлаш унчалик аҳамиятга эга бўлмаган, фақатгина ҳаракатлар маъносини, командаларни тўғри узатиш учунгина фойдаланадилар.

Ёқа микрофонлари. Алоҳида гуруҳ микрофонларига кўкрак ёки ёқа микрофонлари киради. Улар телевидение ва товуш кучайтириш тизимларида қўлланилади. Ёқа микрофонлари одатда босим қабул қилгич бўлиб, улар енгил ва улчамлари кичик ва кийимга махсус бириктириладиган мосламага эга. Бу микрофонлар турига СК97 – 0 (АКГ), МКЕ10 (Sennheiser), КМКЭ400 (Неватон) ва б. киради. Бу микрофонларнинг афзалликлари ва камчиликлари бор. Бирдан-бир афзаллиги шундаки, бу нотикнинг эркинлиги, микрофоннинг фойдали товуш манбаига яқинлиги. Камчилиги – микрофонни кўкрак кафасига яқинлиги, бу паст частоталарнинг рангига таъсир кўрсатади. Кўпчилик ҳолларда манба блоки нотикларга ноқулайликлар яратади. Микрофон кабеллари кийимларга ишқаланиб, шовкин хосил қилади. Бундан ташқари, бундай микрофонларни қўллашда психологик ноқулайликлар ҳам мавжуд.

Очпк ҳавода ишлаш учун мўлжалланган микрофонлар ҳар қандай ҳавода ишлашга мўлжалланган бўлиши керак: ёмғир, қор, шамол ва ҳ. к. Шу мақсадларда, одатда, динамик микрофонлар қўлланилади. Улар бошқа турдаги микрофонларга қараганда чидамлироқ. Шамолга қарши чидамлилигини ошириш мақсадида, улар шамолга қарши қалпоқча билан жиҳозланади. Бу микрофонларда алоҳида таъминот манбаининг бўлмаслиги уларнинг афзаллигидир. Кўчаларда репортажлар олиб бориш учун қўл микрофонларидан фойдаланиш

мақсадга мувофиқдир, чунки улар шамол ва тасодифий турткиларга чидамли. Бундай микрофонларга мисол тариқасида F – 115 (Сопу) ва МД – 83 (Микрофон – М) келтириш мумкин. Очиқ жойда товуш кучайтиришда юқоридаги сабабларга кўра йўналган микрофонлардан фойдаланиш афзал, шу айтиш лозимки, микрофонларга қор, ёмғир тегмаслиги керак (айвонча ёки кичик будка бўлини керак).

Назорат саволлари:

1. Микрофонлар қандай классификацияланади, қандай асосий техник тавсифларини биласиз?

2. Босим қабул қилгич ва босим градиенти қабул қилгичларни тушунтиринг.

3. Электр ва акустик комбинацияланган микрофонларнинг тузилишини тушунтиринг.

4. Ғалтакли микрофоннинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтиринг.

5. Ғалтакли микрофон сезгирлигининг чизиқли частота тавсифини шакллантириш механизминини тушунтиринг.

6. Тасмали микрофоннинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтиринг.

7. Тасмали микрофон босим градиенти қабул қилгич кўзгалувчи қисминин хусусий частотаси танлаш нимага асосланган?

8. Микрофоннинг ўткир йўналганлик хусусиятларига эришиш принципини тушунтиринг.

9. PZM микрофонлар ишлаш принципини тушунтиринг.

10. Микрофонли стереофоник АВ тизимнинг ишлаш принципини тушунтиринг.

11. Микрофонли стереофоник ХУ тизимнинг ишлаш принципини тушунтиринг.

12. Микрофонли стереофоник MS тизимнинг ишлаш принципини тушунтиринг.

13. Микрофонларни ишлатиш принципи қандай?

VI БОБ. РАДИОКАРНАЙЛАР

6.1. Радиокарнайларнинг асосий техник тавсифлари

Радиокарнайлар – электр тебранишларни акустик тебранишларга айлантирадиган ўзгартиргич. Радиокарнайларнинг кўп турларида электр энергияси акустик энергияга ўзгартирилади. Реле принципига асосланган, шундай радиокарнайлар тури борки (масалан, пневматик радиокарнайлар), уларда акустик ёки механик тебранишлар таъсирида ҳаво оқимининг доимий энергияси акустик энергияга ўзгартирилади. Радиокарнайларнинг ишлаши қуйидаги техник кўрсаткичлар билан баҳоланади.

Номинал қувват $P_{нк}$ – механик ва иссиқлик чидамлилиги ва берилган қийматидан катта бўлган ночизиқли бузилишлар билан чекланган радиокарнай киришига бериладиган максимал электр қувват. У, одатда, радиокарнай паспортидаги қийматдан кичик. Бундай қувват таъсирида радиокарнай узок вақт ишлаганда бузилмаслиги керак.

Товуш босими бўйича радиокарнайнинг частота тавсифи – эркин майдонда радиокарнайнинг ишчи марказидан маълум масофадаги нуқтада ривожлантираётган товуш босимининг частотага боғлиқлиги.

Акустик (ишчи) марказ – нурлатгичнинг нурлатиш тиркишини геометрик симметрия маркази. Радиокарнайларнинг акустик ўқ, одатда, геометрик симметрия ўқи билан мос. Ишчи марказда нурланиш максимал қийматга эга. Мураккаб нурлатгичлар учун ишчи марка унинг характеристикасида кўрсатилади. Радиокарнайнинг эффектив эшиттириш частота диапазони ва характеристикасининг нотекислиги ишчи ўқида ўлчанган амплитуда – частота характеристикаси бўйича аниқланади.

Ўртача товуш босими $P_{урт}$ – эркин майдонда берилган нуқтада маълум частота диапазонида радиокарнай ривожлантираётган товуш босимининг ўртача квадрат киймати.

Ўртача стандарт товуш босими $P_{ст}$ – ишчи ўқи марказидан 1м масофада радиокарнай киришига 0,1 Вт кувватга тенг кучланиш берилганда, номинал частота диапазонида радиокарнай ривожлантираётган ўртача товуш босими.

Характеристик сезгирлиг E_x – ишчи марказидан 1м масофада радиокарнай киришига 1,0 Вт кувватга тенг кучланиш берилганда, номинал частота диапазонида радиокарнай ривожлантираётган ўртача товуш босими $P_{урт}$ радиокарнай киришига берилаётган электр куввати $P_{эл}$ илдиз ости нисбатига тенг.

$$E_x = P_{урт} / \sqrt{P_{эл}} = P_{ном} / \sqrt{P_{ном}} = P_{урт} / \sqrt{0,1}. \quad (6.1)$$

Характеристик сезгирлик билан ўртача стандарт товуш босими тўғридан-тўғри боғланган:

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

Кириш қаршилиги – $z_{кир}$ частотага боғлиқ бўлганлиги учун маълумотномаларда **номинал электр қаршилик** берилади.

Йўналганлик тавсифи – эркин майдонда ишчи марказидан бир хил масофадаги нуқтада радиокарнай ривожлантираётган товуш босими P_θ , радиокарнай ишчи ўқи ва унга йўналтирилган бурчагига боғлиқлиги. Одатда, бу тавсиф ишчи ўқи товуш босимига нисбати билан меъёрланади

$$D(\theta) = \frac{P_\theta}{P_{ўқи}} \quad (6.3)$$

Ночизикли бузилишлар коэффиценти – берилган частоталарда радиокарнай киришига номинал кувватга мос синусоидал кучланиш бериб ўлчанади.

Фойдали иш коэффиценти – радиокарнай нурлатаётган акустик кувват P_a ни радиокарнай киришига берилган электр куввати $P_{эл}$ нисбатига тенг:

$$\eta = \frac{P_a}{P_{эл}} \quad (6.4)$$

Акустик ўқи бўйича сезгирлиги қуйидагича ифодаланади:

$$E_{\text{ук}} = \frac{P_1}{U} = \frac{P_1}{U_M} \cdot \frac{U_M}{F} \cdot \frac{i}{U}, \quad (6.5)$$

Бу ерда:

$\frac{P_1}{U_M}$ — акустик сезгирлик;

$\frac{U_M}{F} = \frac{1}{Z_M}$ — механик сезгирлик;

$\frac{F_1}{K_{\text{эмб}}}$ — электромеханик боғланиш коэффициентли;

$i/U = Z_{\text{эл}}$ — электр тавсифи;

Z_M — күзгалиш тизимининг тўла механик қаршилиги;

P_1 — радиокарнайдан 1 м масофадаги товуш босими;

U — радиокарнайга берилётган кучланиш.

Радиокарнай энергияни ўзгартириш принципи бўйича: электродинамик, электростатик ва релелиларга бўлинади.

Турлари бўйича: диффузорли, рупорли ҳамда якка турдаги ва гурухли радиокарнайларга бўлинади. Электростатик ўзгартириш тури бўйича: конденсаторли, электретли ва пьезорадиокарнайларга бўлинади. Релели турига пневматик радиокарнайлар қиради.

6.2. Нурлатгич турлари

Шар тўлқинлари учун қайтариладиган акустик кувват

$$P_{\text{ак}} = V^2 z_R = V^2 \rho c S (r_R + jx_R) \quad (6.6)$$

(6.6) формуладан кўриниб турибдики, нурланиш самардорлиги актив ва реактив нурланиш қаршилиги таркибига боғлиқ ва кўп жиҳатдан нурлатгичнинг частота тавсифини белгилайди. Нурлатгич қаршилиги таркибининг частота тавсифи, нурлатгичнинг тузилиш шакли ва акустик жиҳозланишга боғлиқ.

Нурланиш тўла қаршилигининг назарий ҳисоби мураккаб математик аппаратни талаб этади. Аниқ ёки тахминий натижаларни айрим идеаллаштирилган ҳоллар учунгина олиш

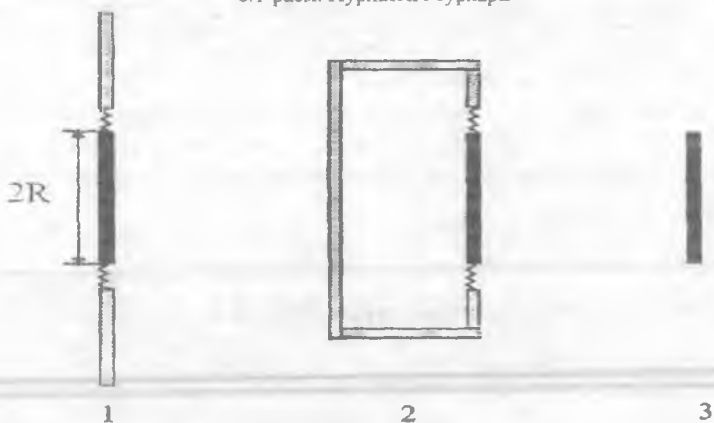
мумкин. Мисол тариқасида 6.1-расмда учта асосий думалок шаклдаги поршен туридаги нурлатгичлар келтирилган.

6.1-расмдаги 1 ва 3 турдаги нурлатгичлар амалда деярлик учрамайди. Одатда, чекланган ўлчамларда жойлаштирилган радиокарнайлар учрайди. Буларга радиоқабулқилгич ва телевизорда ўрнатилган абонент радиокарнайлари киради.

Тўлқин узунлиги катта бўлган паст частоталарда тўлқинлар уни осонгина айланиб ўтади. Шундай қилиб, тўлқин дифракцияси ҳисобига нурланиш икки томонлама бўлади, бу учинчи турдаги нурлатгичга мос келади деб ҳисоблаш мумкин.

Юқори частоталарда тўлқин узунлиги нурлатгич ўлчамларидан кичик, бу ҳолда дифракция бўлмайди. Энди нурлатгич ўзининг томонлари билан фақатгина ўзининг ярим фазосига нурлатади, бу биринчи турдаги нурлатгичга хосдир.

6.1-расм. Нурлатгич турлари



1 – чексиз каттик экрандаги думалок поршен; 2 – бир томони берк поршен; 3 – иккала томони очик поршен.

Иккинчи турдаги нурлатгич амалда 6.1-расмда кўрсатилгандек ишлатилади. Бу орқа томони берк яшчикка жойлаштирилган радиокарнайдир.

6.2-расмда нурланиш қаршилиги таркибларининг частота тавсифлари келтирилган. Аргумент сифатида нурлатгич

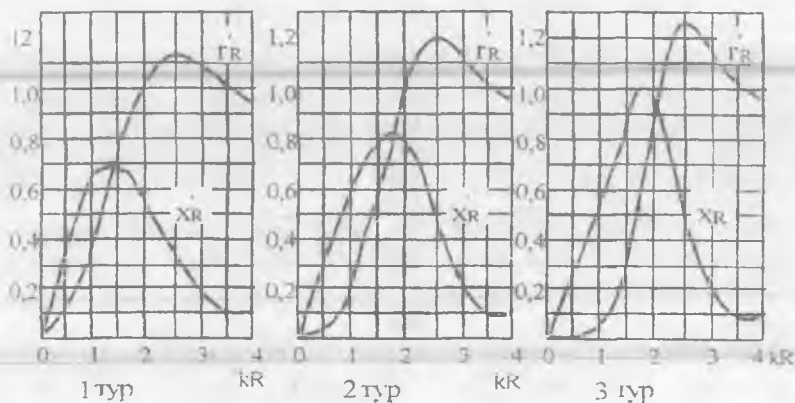
радиусини тўлқин сонга кўпайтмасидан фойдаланилади.

Эслатамиз, $k = \frac{\omega}{c}$, шунинг учун

$$kR = \omega \frac{R}{c} = 2\pi \frac{R}{\lambda}$$

Агарда нурланиш қаршилигида актив таркиб устун бўлса, нурлатиш самарали бўлади. Самарали нурлатиш чегаралари Γ_R' ва χ_R' компонентлари қиймати тенглиги билан аниқланади. Келтирилган графикларда биринчи турдаги нурлатгичлар учун Γ_R' ва χ_R' компонентлар тенглиги $kR=1,38$ қийматда бўлади, иккинси учун $kR=1,85$; учинчиси учун $kR=2,05$.

6.2-расм. Уч турдаги улчамсиз нурлатгич актив ва реактив қаршилиқ таркибларининг частота тавсифлари



Нурлатгич радиуслари тенг бўлгандаги нурлатиш частота чегараларини аниқлаймиз.

1-турдаги: $kR = \frac{\omega_n R}{c} = 1,38 \quad \omega_n = 1,38 \frac{c}{R}$

2-турдаги: $kR = \frac{\omega_n R}{c} = 2,05 \quad \omega_n = 2,05 \frac{c}{R}$

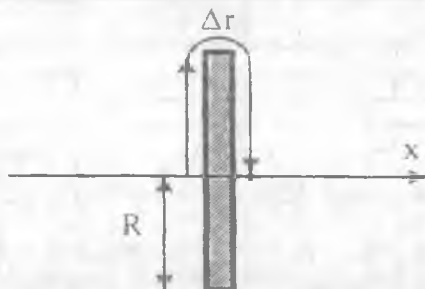
3-турдаги: $kR = \frac{\omega_n R}{c} = 2,05 \quad \omega_n = 2,05 \frac{c}{R} \quad c - \text{товуш тезлиги.}$

Келтирилган формулалардан кўришиб турибдики, поршен радиуслари тенг бўлганда, энг паст частотани биринчи турдаги нурлатгич нурлатар экан. Паст частотани самарали

нурлатиш учун нурлатгич радиуси катта бўлиши керак. Учинчи турдаги нурлатгич самарадорлиги энг кам бўлган нурлатгич, чунки у икки томонлама нурлатади (6.3-расм). Бунда унинг ҳар бир олд ва орқа томонида иккита тўғри ва тескари тўлқин ҳосил бўлади. Агарда поршен ўнг томонга силжиса, унда бу томонда муҳит заррачалари сиқилади. Шу пайтнинг ўзида унинг чап томонида муҳит заррачалари сийраклашади. Шундай қилиб, нурлатгичнинг икки томонида ҳосил бўлаётган тўлқинлар тескари фазада бўлади. Бу силжишни бошланғич силжиш деб атаймиз $\varphi_{\text{бош}} = \pi$.

Ўнг ярим фазога нурланишни кўриб чиқамиз. Дифракция борлигида тескари тўлқин поршенни айланиб ўтиб, тўғри тўлқинга қўшилади.

6.3-расм. Учинчи турдаги нурлатгичнинг хусусиятлари



Натижаловчи босим тўғри ва тескари тўлқин фаза силжиши йиғиндисига боғлиқ бўлади. Кузатув нуқтасини поршен юзасининг ўнг томонида унинг ўқида оламиз. Тескари тўлқин ушбу нуқтага етиши учун поршенни айланиб қушимча $\Delta\gamma = 2R$ масофани босиб ўтиши керак. Бу йўлда тескари тўлқинда қушимча фаза силжиши

$\varphi_{\text{қўш}} = k\Delta\gamma$ бўлади. Умумий фаза силжиши $\varphi_{\Sigma} = \varphi_{\text{бош}} + \varphi_{\text{қўш}}$. Паст частоталарда $R \ll \lambda$, демак қушимча фаза силжиши:

$$\varphi_{\Sigma} = k\Delta R = \frac{2\pi}{\lambda} 2R \cong 0 \quad \text{чунки,} \quad R/\lambda \cong 0$$

Умумий фаза силжиши $\varphi_{\Sigma} = \varphi_{\text{бош}} + \varphi_{\text{қўш}} = \pi$, яъни барча частота диапазонида тўлқинлар тескари фазада бўлади ва $R \ll \lambda$. Бунда тескари тўғри тўлқинни «сундиради». Бундай ҳодиса акустик қисқа туташув деб аталади.

Частота ошиши билан шундай вазият пайдо бўладики, f_1 частотада тескари тўлқиннинг қўшимча йўли Δr ярим тўлқин узунлигига тенг бўлади:

$$\Delta r = \lambda/2. \text{ Шунда } \varphi_{\text{қуш}} = k\Delta R = \frac{2\pi\lambda}{\lambda/2} = \pi, \text{ умумий фаза силжиши}$$

$\varphi_{\Sigma} = \varphi_{\text{бош}} + \varphi_{\text{қуш}} = 2\pi$. Иккала тўлқин бир фазада бўлиб тебранишларнинг кучайиши кузатилади.

Частоталарнинг кейинги ошишида f_2, f_3 ва б. частоталарда:

$$f_2: \quad \Delta r = \lambda; \quad \varphi_{\text{қуш}} = \frac{2}{\lambda}\lambda = 2\pi; \quad \varphi_{\Sigma} = \varphi_{\text{бош}} + \varphi_{\text{қуш}} = 3\pi$$

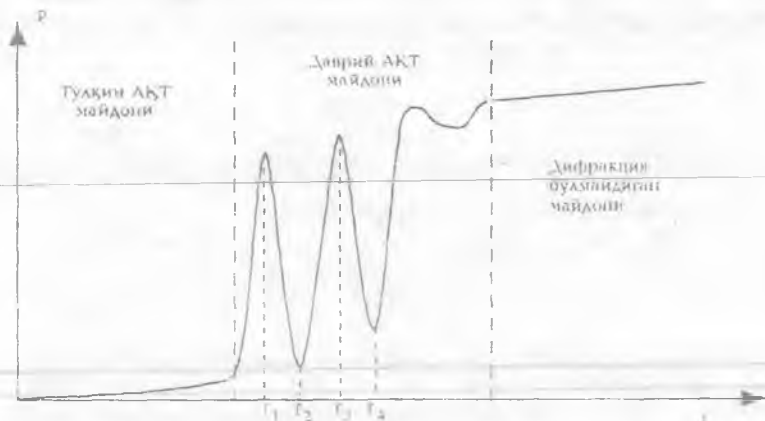
тўлқинлар қарама-қарши фазада бўлади ва акустик қисқа туташув сусаяди.

$$f_3: \quad \Delta r = 3/2\lambda; \quad \varphi_{\text{қуш}} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{3}{2}\lambda = 3\pi; \quad \varphi_{\Sigma} = \varphi_{\text{бош}} + \varphi_{\text{қуш}} = 4\pi$$

тўлқинлар бир хил фазада бўлиб, тебранишлар кучаяди ва ҳ.к.

Нурлатгич ўлчамлари тўлқин узунлигидан катта бўлган юқори частоталарда дифракция бўлмайди ва тескари тўлқин поршенни айланиб ўта олмайди. Даврий акустик қисқа туташув йўқолади ва бундай нурлатгич биринчи турдаги нурлатгичга айланади. Агарда АҚТ ҳолатни инобатга олганимизда нурлатгичнинг босим частота тавсифи 6.4-расмда кўрсатилганидек бўлар эди. Шундай қилиб, оддий, ҳеч қандай акустик жихозланмаган нурлатгич, акустик қисқа туташув натижасида паст частоталарни нурлата олмайди. АҚТ йўқотиш учун турли усуллардан фойдаланилади: экран, ёпиқ яшчик ва фазаинвертор.

6.4-расм. Учинчи турда нурлатгичнинг акустик киска туташув ходисаси



Нурлатгичларнинг йўналганлиги. Аввал чексиз экранда жойлаштирилган биринчи икки турдаги нурлатгичларнинг йўналганлик хусусиятларини кўриб чиқамиз. Нурлатгичнинг диаметри бўйича бир бўлакчани ажратиб оламиз ва уни d участкаларга бўламиз (6.5-расм).

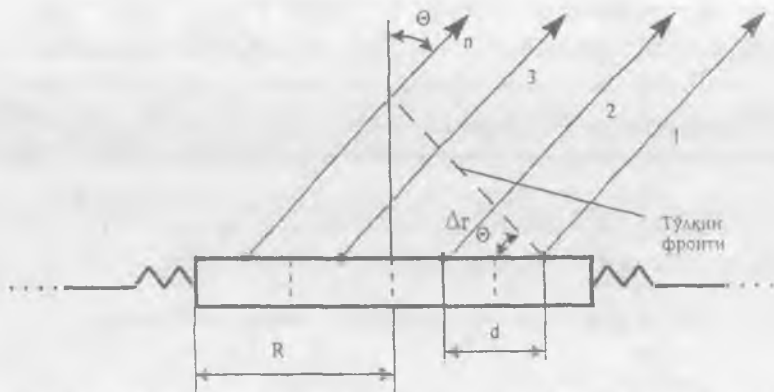
Иккита ҳолатни кўриб чиқамиз:

1. Кузатув нуқтаси акустик ўқда ($\Theta = 0$), $r \gg R$ масофада жойлашган. Участкаларнинг алоҳида нуқталаридан келаётган товуш тўлқинлари, амалда бир хил йўл босадилар, демак уларнинг фазалари ҳам бир хил. Кузатилаётган нуқтадаги умумий товуш босими $P_{0\Sigma}$, p_i нуқтадаги босимларнинг арифметик йиғиндисига тенг

$$P_{0\Sigma} = \sum_1^n P_i,$$

Бунда: n – участкалар сони.

6.5-расм. 1 ва 2 турдаги нурлатгичларнинг йўналганлиги



2. Кузатув нуқтаси акустик марказидан бир хил масофада Θ бурчак остида жойлашган. Энди алохида участкалардан товуш тўлқинлари турли масофани босиб ўтади. Масалан, 1 ва 2 нурлар фарқи $\Delta r = d \sin \Theta$ ташкил этади.

Нурлар ўртасидаги фаза силжиши:

$$\varphi = k \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \Theta \text{ га тенг.}$$

Кузатилаётган нуқтадаги умумий босим P_{Θ} босимларнинг геометрик йиғиндисига тенг бўлади:

$$P_{\Theta\Sigma} = P_{\Theta 1} + P_{\Theta 1} e^{j\varphi} + P_{\Theta 1} e^{j2\varphi} + P_{\Theta 1} e^{j3\varphi} + \dots$$

Буни векторлар диаграммаси кўринишида таълил қилиб чиқамиз. Натижаловчи вектор биринчи векторнинг бошланishiни охириги 1 векторнинг учи билан боғлайди. Формуладан кўрииб турибдики, тўлқин тушиш бурчаги ошиши билан силжиш фаза бурчаги оша боради, йиғинди босим эса камаяди.

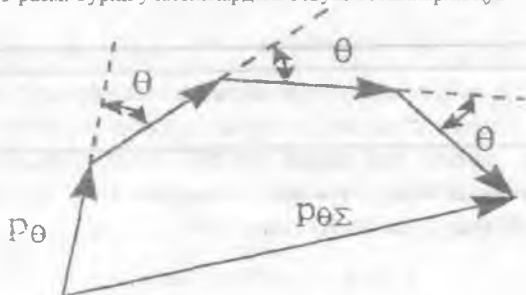
Аммо силжиш фазаси d/λ га ҳам боғлиқ. Паст частоталарда $d \ll \lambda$ ва $d/\lambda \approx 0$. Демак, тўлқин нурлари ўртасида фаза силжиши бўлмайди. Бу d/λ нисбати қанчалик катта бўлса, фаза силжиши ҳам шунчалик катта бўлади. Йиғинди босим тўлқин тушиш бурчаги ошган сари камая боради ва нурлатгич йўналганлик хусусиятига эга бўла бошлайди.

6.7-расмда нурлатгичнинг паст ва юқори частоталардаги йўналганлик диаграммаси келтирилган.

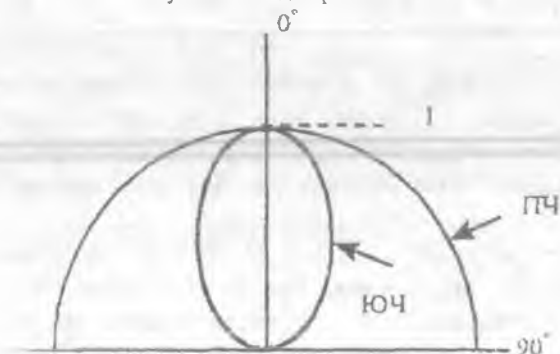
3-турдаги нурлатгичнинг йўналганлик диаграммасига келсак, 6.8-расмдан кўришиб турибдики, нурлатувчи поршен жойлашган юзада (AA юзаси) нурланиш ҳар қандай частотада ҳам бўлмайди. AA юзадаги ҳар қандай нуқтагача иккала тўлқин учун масофа бир хил, яъни $\Gamma_1 = \Gamma_2$.

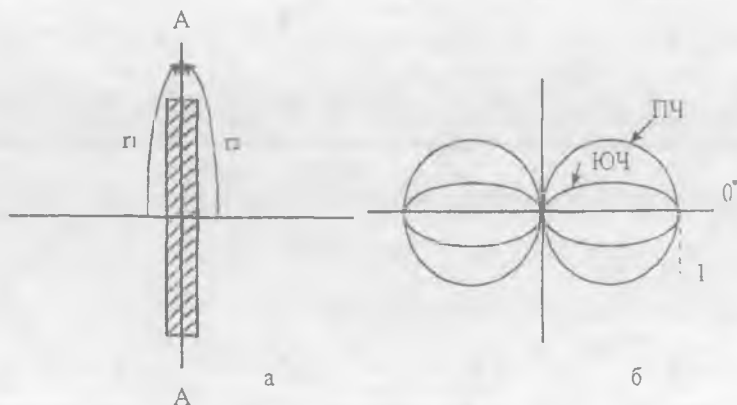
Тўғри ва тескари тўлқинлар ўртасидаги фаза нолга тенг, фақат бошланғич силжиш π га тенг. Шунинг учун AA юзасидаги ҳар қандай нуқтада тўлқинлар тескари фазада тўқнашадилар ва бир-бирларини «сўндирадилар».

6.6-расм. Турли участкалардаги товуш босимларни қўшиш



6.7-расм. 1- ва 2-турдаги нурлатгичларнинг паст ва юқори частоталарда йўналганлик диаграммаси





AA юзага перпендикуляр юзада нурланиш самарадорли бўлади. $kR \ll 1$ бўлганда, йўналганлик диаграммаси саккизсимон шаклда бўлади: $D(\Theta) = \cos\Theta$. $R > \lambda$ йўналганлик диаграммаси бир томонлама йўналган нурлатгичлардан кам фарк қилади. Шунни айтиш лозимки, йўналганлик диаграммаси хар доим нурлатгич ётган юзага симметрик бўлади.

6.3. Чизикли гуруҳ нурлатувчилари

Чизикли гуруҳ нурлатувчилари (товуш колонкалари). Нурлатгичнинг кувватини ва йўналганлик диаграммасини ошириш мақсадида гуруҳли бир нечта бир хил (иккитадан саккизтагача) маълум масофада вертикал линияда жойлашган диффузорли радиокарнайлар қўлланилади. Уларнинг горизонтал майдондаги йўналганлик диаграммаси якка радиокарнайнинг йўналганлик диаграммасидан фарк қилмайди. Аммо вертикал майдонда бундай гуруҳнинг йўналганлик диаграммаси айрим якка карнайларнинг нурланиш интерференцияси натижасида сезиларли кучаяди.

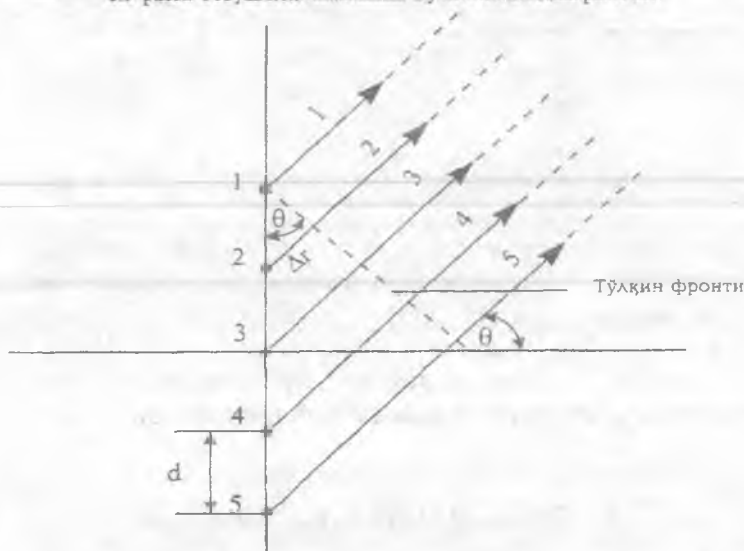
6.9-расмда чизикли гуруҳ нурлатгичларнинг схематик кўриниши келтирилган.

Агарда, кузатув нуктасини колонканинг акустик ўқида $r \gg d$ масофада олсак, унда алоҳида каллакларнинг p , товуш босими

бир хил фазада бўлади. Демак, умумий товуш босими $P_{\Theta\Sigma}$ алоҳида каллак босимларининг арифметик йиғиндисига тенг бўлади:

$$P_{\Theta\Sigma} = \sum_1^n P_i, \text{ бунда } n - \text{ гуруҳдаги каллаklar сони.}$$

6.9-расм. Товуш колонкасининг йўналганлик диаграммаси



Энди йўналганликни товуш колонкасининг акустик ўқидан ташқарида бурчак остида тушаётган тўлқин fronti учун кўриб чиқамиз. Алоҳида каллаklардан келаётган товуш нурлари кузатув нуқтасигача турли йўлни босиб ўтали. Масалан, 1- ва 2-нурлар 6.10-расмга асосан:

$$\Delta r = d \sin \Theta \text{ тенг.}$$

Бу нурлардаги фаза силжиши:

$$\varphi = k\Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \Theta$$

Кузатув нуқтасидаги умумий босим алоҳида p_i босимларнинг геометрик йиғиндисига тенг бўлади:

$$P_{\Theta\Sigma} = P_{\Theta 1} + P_{\Theta 1} e^{j\varphi} + P_{\Theta 1} e^{j2\varphi} + P_{\Theta 1} e^{j3\varphi} + \dots,$$

Бунда: ρ_{01} – кузатув нуқтасида якка қаллақ ривожлан-тираётган товуш босими. Товуш колонкаларининг ўлчамлари паст частоталарда ҳам катта бўлганлиги сабабли, у вертикал майдонда ҳам йўналганлик хусусиятига эга бўлади.

Бурчак Θ ошиши билан, товуш босими $\rho_{0\gamma}$ камаяди. Частота ошиши билан, колонка ўлчамининг тўлқин узунлигига бўлган нисбати $I=d(n-1)$ ошади, натижада йўналганлик диаграммаси кучаяди.

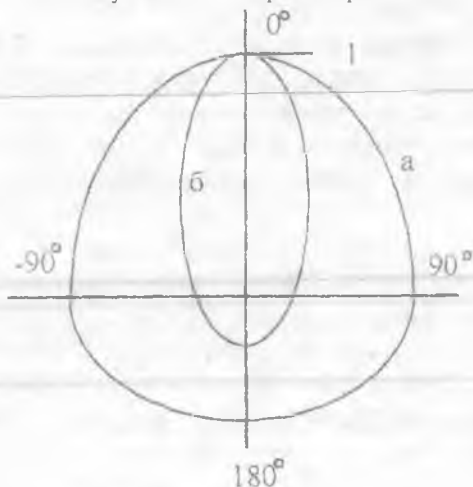
Йўналганлик диаграммаси ярим эллипсни эслатади (6.10-расм).

Частота ошиши билан йўналганлик диаграммаси ошади ва нурланувчи майдон камаяди. Горизонтал майдонда юқори частоталарда йўналганлик диаграммани кенгайтириш учун колонкага қўшимча акустик ўқлари 60° га бурилган яна битта, айрим ҳолларда иккита қаллақ занжирни ўрнатади.

Агар йўналганлик диаграммани вертикал юзада ошириш зарурати туғилса, унда икки ёки учта товуш колонкасини устма-уст ўрнатадилар. Йўналганлик диаграммаси ўткир бўлганлиги учун, уни ўрнатиш баландлиги шундай танланадики, колонканинг акустик ўқи тингловчи кулоғи юзасига нисбатан $5 - 10^\circ$ ташкил этсин. Шунда залнинг биринчи қаторида товуш босими ошиб кетмаслигини назорат этиш керак.

Радиал радиокарнайлар. Очик майдонларни овозлаштиришда (кўча, хиёбон, майдон ва ҳ. к.) айрим ҳолларда доира шаклидаги йўналганлик диаграммаси керак бўлади. Бундай йўналганлик диаграмма бир гуруҳ электродинамик радиокарнайларни доира бўйлаб ўрнатиш ҳисобига эришилади. Уларнинг ўқи пастга қараб 45° остида ўрнатилади. Қаллақлар сони одатда 4 дан 6 тагача олинади. Бундай радиокарнайларнинг пастки қисмида, одатда, доирасимон товуш қайтарувчи тўсиқлар ўрнатилади.

6.10-расм. Товуш колонканинг горизонтал а ва вертикал б юзлардаги йўналганлик диаграммалари



6.4. Диффузорли радиокарнайлар

Диффузорли радиокарнайлардаги механик ҳаракатланувчан тизим, яъни диафрагма механик тебранишларни акустик тебранишларга ўзгартириб товушни атроф-муҳитга нурлатиш вазифасини ўтайди. Шунинг учун диафрагмани диффузор, яъни сочувчи деб, радиокарнайни эса бевосита нурлатувчи радиокарнай деб атайдилар. Диффузор мураккаб шаклга эга бўлгани учун уни поршен каби тебранаётган ясси диафрагмага ўхшатиш мумкин, бундай ўхшашликка диффузорни радиокарнай ғилофига мос равишда бириктириш битан эришилади: биринчидан, диффузор эгилувчан бўлиши, иккинчидан акустик ўқи бўйлаб тебраниши керак.

Товуш тўлқинларнинг нурланиш жараёни содда: диафрагма ўзининг тебранишида унга бевосита ёндошган муҳит зарраларини тебратиб, унда ўзгарувчан сиқилиш ва сийраклашиш ҳосил қилиб, муҳитнинг қўшни қатламига узатади,

натижада товуш тезлигида ҳаракатланаётган тўлқин пайдо бўлади. Газсимон (ва суюқ) муҳит узлуксизлиги принципида диафрагманинг тебраниш тезлиги v_d ва унга ёндошган муҳит заррачалари тезлиги v_m бир хил бўлиши керак, яъни; $v_d = v_m$. Диафрагма тебранишига муҳит қаршилиқ кўрсатади. Бу қаршилиқ **нурланиш ($z_{нур}$) қаршилиги** деб, аталади. Нурланиш қаршилиги диафрагманинг механик $z_{мд}$ қаршилигига қўшилади, яъни

$$\frac{F}{v_m} = z_{мд} + z_{нур} = z_m \quad (6.7)$$

Нурланиш қаршилиги, аслида, муҳит билан радиокарнай нурлатгич юзаси туташган жойдаги товуш тўлқинининг акустик қаршилигидир

$$z_{нур} = \delta_{aR} S = R_{нур} + jX_{нур} \quad (6.8)$$

Бунда: S – нурлатгич юзаси; δ_{aR} – нурлатгич яқинидаги муҳитнинг солиштирма акустик қаршилиги. Тўла нурланиш куввати:

$$P_{нур} = v_d^2 \cdot z_{нур} \quad (6.9)$$

Умумий ҳолда нурланиш куввати актив – чексизликка кетувчи энергия куввати ва реактив – товуш майдонида ҳосил бўлиб энергия заҳирасини белгиловчи таркиблардан иборат.

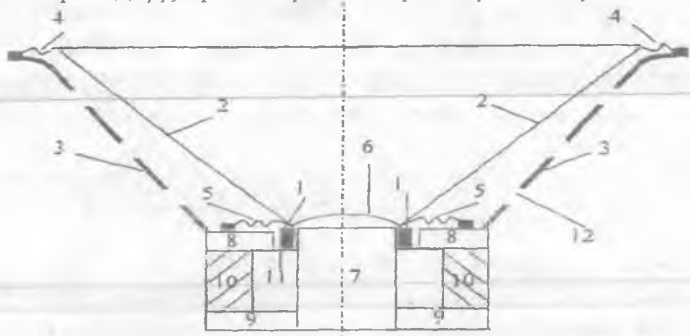
Нурланиш қаршилигининг реактив ташкил этувчиси **инерцион** (киритилган) **қаршилиқ** $\omega m_{кнр}$ дир, бошқача қилиб айтганда, киритилган ҳаво массаси қаршилиги $m_{кнр}$:

$$m_{кнр} = \rho SR / \left(\frac{\omega^2 R^2}{c^2} + 1 \right) \quad (6.10)$$

Нурлатгичнинг массаси шу кийматга ошгандек бўлади ва шунинг учун уни **бирга қўзғалувчи масса** дейдилар.

Энди тўғридан-тўғри нурлатувчи диффузорли электродинамик радиокарнайнинг конструктив тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиб чиқамиз. Диффузорли электродинамик радиокарнайнинг тузилиши 6.11-расмда келтирилган.

6.11-расм. Диффузорли электродинамик радиокарнайнинг тузилиши



1 – товуш ғалтаги; 2 – диффузор; 3 – диффузор ушлагич қобик; 4 – гофрировкаланган илгич; 5 – гофрировкаланган марказлаштирувчи шайба; 6 – куббасимон калпок; 7 – магнит ўзаги; 8 – 9 – пастки ва юқори гардишлар; 10 – магнит; 11 – ҳалқасимон тирқиш; 12 – орқа томонга нурлатиш тирқиши.

Диффузорли электродинамик радиокарнайнинг ишлаш принципи динамикли микрофон ишлаш принципига ўхшаш. Магнит ўзак (7) ва юқори гардиш (8) орасида ҳалқасимон тирқиш (11) бўлиб, унда эркин қўзғалувчи товуш ғалтаги (1) жойлаштирилган. Радиал магнит майдонда жойлашган симли ғалтак (1)дан ўзгарувчан ток ўтказилганда таъсир куч $F=B\ell i$ тенг, бунда B – тирқишдаги индукция; ℓ – ғалтак сими узунлиги; i – ғалтакдан оқатган ток.

Бу куч товуш ғалтаги (1)нинг бир учи қобик (3)нинг ташқи чеккаларига гофрировкаланган илгич билан, иккинчи учи гофрировкаланган марказлаштирувчи «шайба» (5) билан юқори гардиш (8)га қаттиқ бириктирилган диффузор (2)ни ҳаракатга келтиради. Бунинг натижасида диффузор акустик ўки бўйича тебранади. Ҳалқасимон ўзгармас магнит (10), юқори пастки гардишлар (8 – 9) ва магнит ўзаги (7) орасида доимий магнит майдони пайдо бўлади. Товуш ғалтаги ва мустаҳкамловчи мосламалардан иборат қўзғалувчи механик тизимни, паст ва ўрта частоталарда бир бутун тебраниш

тизими деб кўрилиш мумкин, яъни барча тебраниш тизими массалари m , бирга қўзғалувчи масса $m_{\text{кпр}}$, учта кетма-кет уланган эгилувчанлик (илмоқ эгилувчанлиги C_1 , гофрировкаланган марказлаштирувчи шайба эгилувчанлиги C_2 , ва ҳаво эгилувчанлиги C_3); учта актив (қаршилик ғалтакнинг тирқишдаги ҳавога ишқаланиш қаршилиги r_1 , марказлаштирувчи шайба, илгич ва диффузордаги механик йўқолиш қаршилиги r_2 ҳамда нурланиш қаршилиги $r_{\text{нур}}$) лардан иборат тебраниш тизими деб ҳисоблаш мумкин. Бу ҳолда механик қаршилик

$$z_{\text{м}} = (r_1 + r_2 + r_{\text{нур}}) + j\omega(m_{\text{с}} + m_{\text{кпр}}) + \frac{1}{j\omega} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) = r_{\text{м}} + j\omega m + \frac{1}{j\omega C_{\text{м}}} \quad (6.11)$$

Диффузор мембрана каби букилмаслиги учун унга махсус шакл бериллади. Диффузор қаттиклигини ошириш мақсадида у доирасимон ёки эллиптик конус шаклида ясаллади. Шунга қарамасдан юқори частоталарда диффузор мембрана каби тебранади, яъни тўлқин диффузор марказидан унинг четига томон тарқалади.

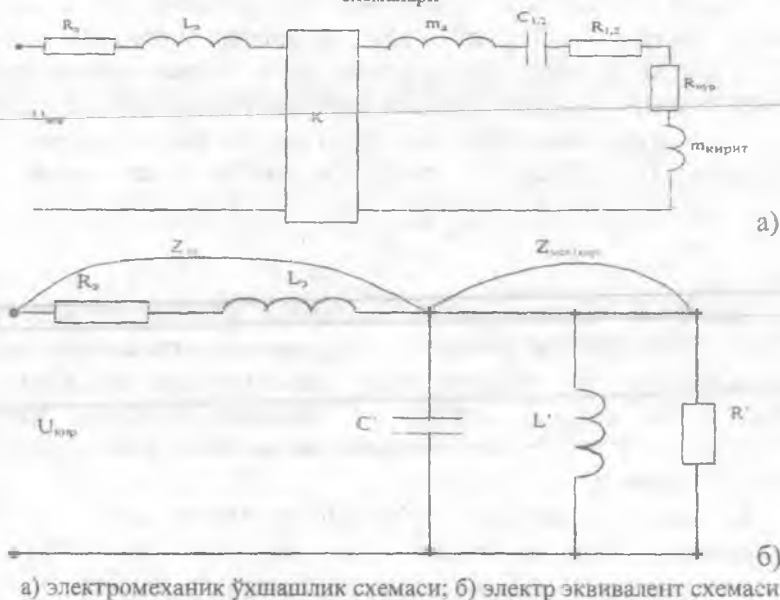
Шунинг учун механик тебраниш тизимини паст ва ўрта частоталар учун параметрлари мужассамланган тизим сифатида ва юқори частоталар учун параметрлари тарқоқ тизим сифатида алоҳида-алоҳида кўриш лозим.

Радиокарнайнинг электр кириш қаршилиги $Z_{\text{ЭК}}$ ғалтакнинг хусусий $Z_{\text{Г}}$ ва $Z_{\text{кпр}}$ киритилган қаршиликлар йиғиндиси билан аниқланади, яъни;

$$Z_{\text{ЭК}} = Z_{\text{Г}} + Z_{\text{кпр}} \quad (6.12)$$

Радиокарнайнинг хусусий қаршилиги ғалтакнинг актив R , ва индуктив L_3 қаршиликлардан иборат. Киритилган қаршилик эса, тўла механик қаршилик $z_{\text{м}}$ ва электромеханик боғланиш коэффициентини $K_{\text{э.м.б}} = \sqrt{1}$ билан аниқланади. 6.12 - расмда электродинамик радиокарнайнинг кириш қаршилиги схемалари келтирилган.

6.12-расм. Диффузорли электродинамик радиокарнайнинг кириш каршилиги схемалари



а) электромеханик ўхшашлик схемаси; б) электр эквивалент схемаси.

6.12 б-расмдан киритилган каршилик:

$$z_{\text{кир}} = B^2 \ell^2 / z_M = B^2 \ell^2 / \left(r_M + j\omega m + \frac{1}{j\omega C_M} \right) \quad (6.13)$$

Киритилган каршиликни киритилган ўтказувчанлик билан алмаштирамиз:

$$\frac{1}{z_{\text{кир}}} = Y_{\text{кир}} = \frac{r_M}{B^2 \ell^2} + \frac{j\omega m}{B^2 \ell^2} + \frac{1}{j\omega C_M B^2 \ell^2} \quad (6.14)$$

Куйидаги белгиланишни киритамиз:

$$R' = B^2 \ell^2 r_M; C' = m B^2 \ell^2 \text{ ва } L' = C_M B^2 \ell^2 \quad (6.15)$$

Бу холда, умумий ўтказувчанлик:

$$Y_{\text{кв}} = \frac{1}{R'} + j\omega C' + \frac{1}{j\omega L'} \quad (6.16)$$

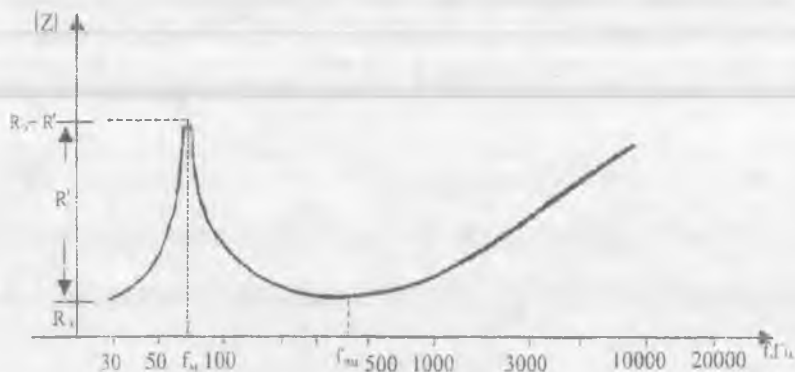
Учта ўтказувчанлик R' , C' ва L' параллел уланган. Шунинг айтиб ўтиш керакки, электр-эквивалент схемада инерцион қаршилиқ сизим эквивалентига мос, эгилувчанлик қаршилиги индуктив эквивалентига мос.

Радиокарнай киришидаги сигнал частотаси $f = 0$ бўлганда унинг тўла кириш қаршилиги модули $|Z| = R_3$ га тенг. Частота ошган сари радиокарнай механик қисмининг индуктив қаршилиги ошаборди, радиокарнай диффузорининг тебраниш амплитудаси ҳам ошади ва механик резонанс содир бўлади.

Механик тизимнинг резонанс частотаси параллел контур элементлари билан аниқланади, яъни: $f_M = \frac{1}{2\pi} \sqrt{L'/C'}$. Бу частотада радиокарнай диффузори максимал амплитуда билан тебраниб, унинг тўла кириш қаршилиги модули максимум қийматга эга бўлади. яъни товуш ғалтагининг актив ва киритилган реактив қаршиликлари йиғиндисига тенг:

$$|Z| = R_3 + R' \quad (6.17)$$

6.13-расм. Электродинамик радиокарнай тўла кириш қаршилиги модули қийматини частотага боғлиқлик графиги



Механик резонанс частотадан юқори частоталарда ғалтакнинг тўла кириш қаршилиги модули қиймати радиокарнай механик қисмининг эластиклиги ошиши ҳисобига радиокарнай актив қаршилиги қийматигача камаяди ва 150 – 400 Гц

частоталарда кетма-кет элементлар C, L , резонанси содир бўлади:

$$f_{эм} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{L_3 C'} \quad (6.18)$$

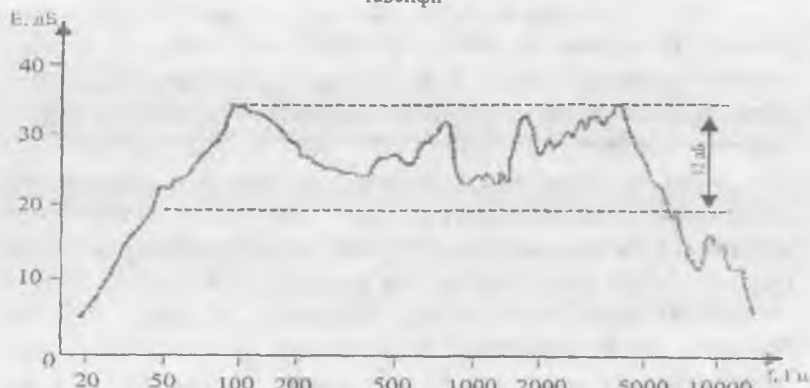
Бу частота **электромеханик резонанс частотаси** дейилади. Электромеханик резонанс частотада радиокарнайнинг тула кириш қаршилиги модули қиймати минимал R , қийматгача камаяди, аммо ундан кичик бўлмайди.

Электромеханик частотадан юқори частоталарда L , ошиши ҳисобига тула кириш қаршилиги модули ошади, 6.13-расм.

Расмдан кўриниб турибдики, механик резонанс радиокарнай сезгирлиги ночизиклигини оширади, механик резонансдан пастки частоталарда эса, унинг сезгирлиги кескин пасаяди.

Радиоканай сезгирлиги кўзгалувчи тизим массасига боглик бўлганлиги туфайли механик резонанс частотасини пасайтириш учун диффузорнинг эгиловчанлигини ошириш зарур. Бу йўл билан сезгирликни ошириш диффузор тебранишидаги барқарорликнинг бузилиши билан чекланади. Демак, сигнални узатиш пастки частота диапазони 50 – 60 Гц дан паст бўлмас экан, кўпчилик ҳолларда бу кўрсаткич 70 – 80 Гц ни ташкил этади. 6.14-расмда диффузорли электродинамик радиокарнай сезгирлигининг частота тавсифи келтирилган. Юқори частоталарда радиокарнай сезгирлик тавсифида жуда кўп чўкки ва чўкмалар пайдо бўлади.

6.14-расм. Диффузорли электродинамик радиокарнай сезгирлигининг частота тавсифи



Одам эшитиш азвоси катта инерционликка эга бўлганлиги туфайлигина, бу чўққи ва чўкмаларни сезмайди. Юқори частоталарда радиокарнай сезгирлигини товуш ғалтаги индуктивлигини камайтириш йўли билан, масалан, Фуко токлари ёрдамида ошириш мумкин. Бунинг учун магнит ўзакка ҳалқасимон кесилган қалпоқча кийгизилади.

6.5. Электродинамик радиокарнайларда ночизикли бузилишлар

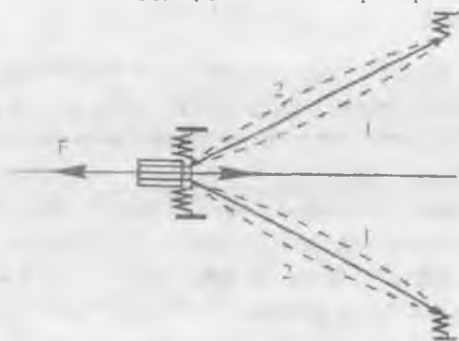
Тўғридан-тўғри нурлатувчи радиокарнайларда ночизикли бузилишларнинг асосий сабаби, диффузор илгичнинг ночизикли эластиклиги ва ишчи тирқишдаги магнит майдоннинг ўқи бўйича ножинслилиги. Паст частоталарда конус катта амплитуда билан силжийдида, натижада ташки гардиш ва марказлаштирувчи шайба ривожлантираётган эластик куч илгичнинг эластик деформациясига нисбатан тезроқ ошади. Бунинг натижасида пайдо бўладиган ночизикли бузилишлар симметрик бўлиб, 400 Гц частота номинал қувватда гармоника коэффиенти 3 – 4% ташкил этиб, паст частота томон ошиб боради. Ишчи тирқишдаги магнит майдоннинг бир жинсли эмаслиги билан боғлиқ бўлган бузилишлар товуш ғалтаги эгаллаган узунлигидаги магнит майдони индукцияси

В белгилайдиган электромеханик боғланиш коэффициентини (B_L билан белгиланади. Агар магнит майдони ўқ бўйича бир жинсли бўлмасдан тирқиш қирралари томон камайса, силжиш тизими ўртача ҳолатидан у ёки бу томонга силжиганда, товуш ғалтаги билан илашган майдон камаяди, мос ҳолда электромеханик боғланиш коэффициентини ҳам пасаяди. Бунда содир бўладиган бузилиш жуда ҳам кам. Агарда радиокарнай бир вақтда иккита сигнални нурлатса: ғалтак паст частотада катта амплитуда билан, юқори частотада кичик амплитуда билан кўзгалса, унда ахвол бир мунча ўзгаради. Амплитуда бўйича модуляцияланган паст частота тебранишлари электромеханик боғланиш коэффициентини ўзгартиради. Бу эшиттириш сигналлари спектрида ночизикли бузилишларга олиб келади. Ночизикли бузилишларнинг бошқа бир сабаби, радиокарнай диффузори катта амплитуда билан тебранганда тебранишларда эшиттириш қаллаги силжиш тизимини мустаҳкамлаш эластиклигининг ўзгаришидир. Ночизикли бузилишларнинг учинчи сабаби – диффузор конусининг параметрик тебраниши.

Ғалтак ўнг томонга электродинамик куч F таъсирида силжиганда, диффузор конуси асоси сиқилади, натижада у эгилади. Фараз қилайлик, ғалтакдаги токнинг биринчи (мусбат) ярим даврида конус ички томонга эгилди (6.15-расм, 1-ҳолат). Иккинчи ярим даврида эса, куч F нинг йўналиши тесқари томонга ўзгаради, ғалтак эса чап томонга силжийди, натижада конус асоси тақи томонга силжиб узаяди. Кейинги ярим даврда яна конус асосининг сиқилиши кузатилади, конус энди ташқи томонга эгилади, чунки узайишдан сўнг унинг ўртаси инерция бўйича стационар ҳолатидан ўтиб кетади.

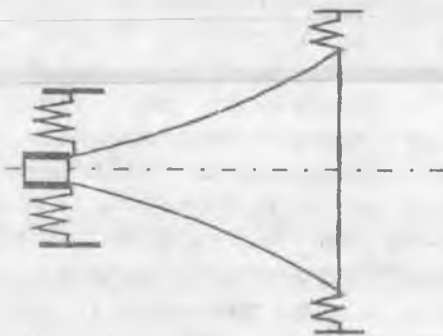
Кейинги узайишдан сўнг конус яна ички томонга эгилади ва ҳ. к. Шундай қилиб, ғалтакдаги токнинг икки даврида диффузор асоси кўндаланг бир давр тебранади, яъни тебранишлар субгармоникаларда бўлади.

6.15-расм. Радиокарнай диффузор ушлагичдаги параметрик тебранишлар



Акустик сигнал спектрида частоталари галтакдаги ток частотасидан икки марта кичик спектр таркиблари пайдо бўлади. Бу эшиттирилаётган товушдан кескин ажраладиган тингловчиларга титроқ сифатида эшитиладиган қўшимча товушлар пайдо бўлади. Бундай бузилишларни йўқотиш ёки камайтириш мақсадида конус асоси букилади. Асоси букилган диффузор кўндаланг сиқилганда, у букилган томонга эгилади (6.16-расм).

6.16-расм. Диффузор асоси букилган радиокарнай кўзгалиш тизими



6.6. Электродинамик радиокарнайларда частотали бузилишлар

Частотали бузилишлар асосан паст частоталарда, акустик қисқа туташув натижасида рўй беради. 6.4-расмда f_1 частотагача каллак нурланмаслиги кўрсатилган. Тескари тўлқин каллакни айланиб ўтиб уни бутунлай сўндиради, чунки уларнинг фазалари бир-бирларига тескари. Акустик қисқа туташувни йўқотиш ёки камайтириш мақсадида, каллакларни махсус ёпик яшиқ, экран ёки фазаинверторга ўрнатиб акустик жиҳозлайдилар. Аммо ҳар қандай акустик жиҳозлашда ҳам радиокарнайнинг пастки частота диапазони каллакнинг механик резонанси ω_0 билан чекланган. Пастки частоталарни яхши эшиттириш учун резонанс частотасини

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{mc_0}}$ га пасайтириш керак. Резонанс частотани

кўзгалувчи тизим массаси m ошириш ҳисобига камайтириш самара бермайди, чунки бу усул каллак сезгирлигини пасайишига олиб келади. Шунинг учун, резонанс частотани пасайтириш учун марказлаштирувчи шайба ва диффузорнинг юқори учига гофри эластиклигини ошириш керак. Эластикликни ошириш кўзгалувчи тизимнинг ишлаш барқарорлигига боғлиқ. Барқарорликнинг бузилиши натижасида товуш ғалтаги горизонтал силжиб, тирқиш деворларига ишқаланиши мумкин. Бу бузилишларга сабаб бўлади. Кенг полосали каллакларда механик резонанс частотаси 60 – 80 Гц, паст частотали каллакларда эса 20 – 50 Гц ни ташкил этади.

Диффузор қаттиқ поршен каби ишлайди, ғояси факат паст ва қисман ўрта частоталарда ҳақли, юқори частоталарда эса унинг қаттиклиги камайиб, бир неча нурланувчи зоналарга бўлинади. Агар электродинамик ғалтакнинг акустик ўқи бўйича берилган F куч 6.17-расмда кўрсатилганидек иккита:

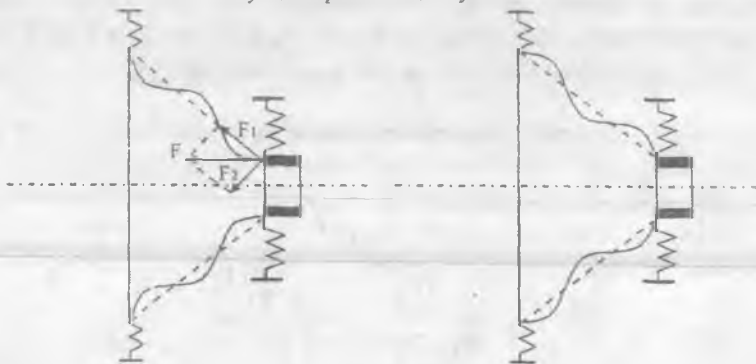
- F_1 куч диффузор бўйлаб (булама);
- F_2 куч диффузорга тўғри бурчак остида кўндаланг таркибга ажратилиши мумкин.

Диффузор F_1 куч таъсирида чўзилади ва сикилади, натижада диффузор ички ва ташки томонларга букилади. Бундай

букилиш натижасида ночизикли бузилишлар пайдо бўлади. Агар тебраниш частотаси паст бўлса, унда тўлқин узунлиги диффузор ўлчамидан анча катта. Шунинг учун диффузорнинг барча нуқталари бир хил амплитуда ва фазада тебранади, яъни диффузор бир бутун поршен каби тебранади, тебраниш частотаси юкори бўлса диффузор юзасидаги нуқталар турли амплитуда ва фазада тебранади. Диффузор юзаси тескари фазада доирасимон тебранаётган бир неча зоналарга бўлинади.

Бундай частоталарда нурлатаётган акустик қувват тескари фазаларда тебранаётган зоналар юзаси ва сонига боғлиқ бўлади. Шунини айтиш керакки, бир зона нурлатаётган тебранишларни иккинчи зона тебранишлари у ёки бу даражада сўндиради. Бу каллак тавсифининг юкори частоталарида бир қатор чўкки ва чўкмалар пайдо бўлишига олиб келади.

6 17-расм. Диффузорнинг сирт юза чизиғида кўндаланг тўлқинларнинг пайдо бўлиши



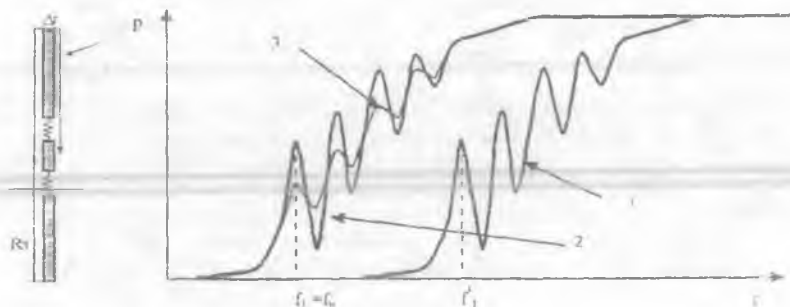
Юкори частоталарда частота бузилишнинг яна бир сабаби электромеханик резонанс частотада товуш ғалтагининг индуктив қаршилиги ошади, натижада каллакнинг тўла кириш қаршилиги $Z_{кир}$ ҳам ошади. $Z_{кир}$ ошса, каллакни таъминлаётган қувват камаяди, демак, акустик қувват ҳам камаяди. Шундай қилиб, ўртача ўлчамдаги электродинамик радиокарнай 500 – 800 Гц дан то 5000 – 6000 Гц гача бўлган диапазонда ишлай олади, бу частота диапазони юкори сифатли эшиттиришларни таъминлай олмайди.

6.7. Тўғри нурлатувчи радиокарнайларнинг эшиттириш частота диапазонини кенгайтириш усуллари

Пастки частоталар области. Юқорида айтиб ўтилганидек, пастки частоталарда бўладиган бузилишларнинг асосий сабаби акустик қисқа туташув. У билан курашиш мақсадида радиокарнайлар турлича акустик жиҳозланади. Улардан айримларини кўриб чиқамиз.

Акустик экран. Бу турдаги акустик жиҳозлаш маълум ўлчамдаги шит бўлиб, унга нурлатувчи каллак ўрнатилган (6.18-расм). Бундай экраннинг қўлланилиш гоёси шундаки, унинг ёрдамида тесқари тўлқин йўли Δg шундай ошириш керакки, биринчи тебраниш (f_1 частота, 6.4-расм) ишчи диапазоннинг пастки частотаси f_n да бўлсин. Шунда 6.16-расмда келтирилган частота тавсифи графиги (1-эгри чизик) паст частоталар томон чапга силжиб f_n ва f_1 мос тушади. 6.18-расмда нурлатувчи каллак экранга жойлаштирилган.

6.19-расм. Нурлатувчи каллакнинг частота тавсифи

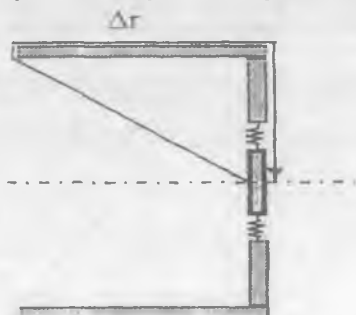


1 – экрансиз; 2 – каллак симметрик экранда; 3 – каллак носимметрик экранда.

Айтайлик, 50 Гц частотани самарали нурлатиш учун думалоқ экран радиуси $R_s = \lambda/4 = 6,8/4 = 1,7$ м тенг бўлиши керак. Табиийки бундай ўлчам ўта ноқулай. Шунинг учун кичик ўлчамли экранлар қўлланилади. Экранларнинг ўлчамини

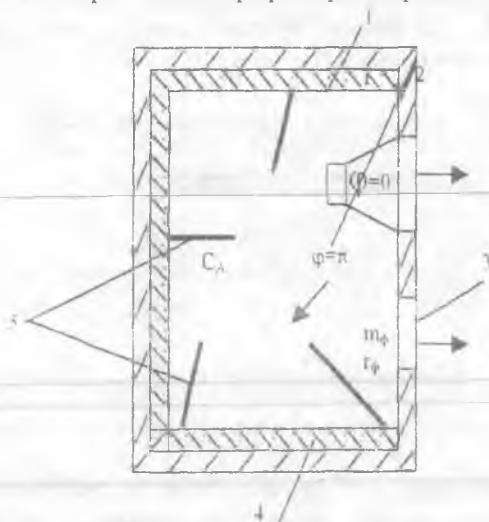
кичрайтириш мақсадида унинг орқаси очик кути сифатида бажарилади 6.20-расм. Бундай экранларга телевизор ва радиокабулқилгич кутилари киради.

6.20-расм. Радиокарнай симметрик экранда



Фазаинвертор. Пастки частоталарда радиокарнай сезгирлигини фазаинвертор ёрдамида ошириш мумкин. Фазаинвертор 6.21-расм, махсус ўлчамли кути (1) бўлиб, унга радиокарнай (2) ўрнатилган. кутининг олд томонида радиокарнай юзасига тенг тешик (3) бор, нурлатгичнинг орқа томонга нурлатаётган тўлқинлари ташқарига шу тешикдан чиқади. Кутининг хажми ва тешиги параллел уланган кути эгилувчанлиги C_k , массаси m_ϕ ва қаршилиқ Γ_ϕ иборат резонаторни ташкил этади, 6.22-а расм.

6.21-расм. Фазаинвертордаги радиокарнай

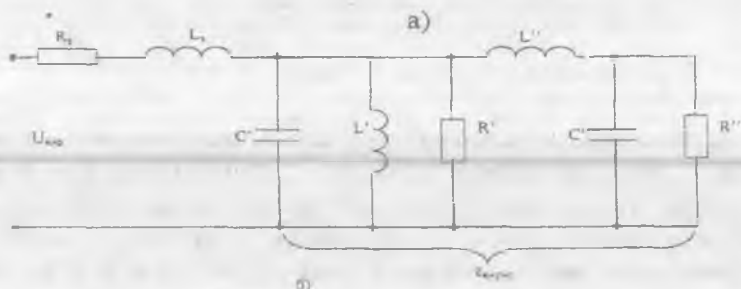
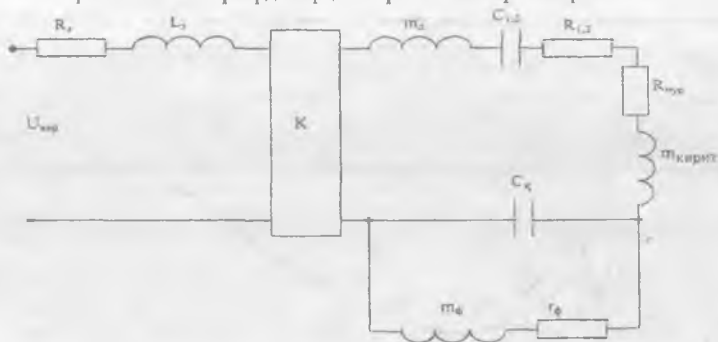


1 – қути; 2 – радиокарнай; 3 – инвертор тиркиши; 4 – товуш сундирувчи материаллардан ички коплама; 5 – тусиклар.

m_ϕ масса ташқи муҳит билан биргаликда тебранаётган қути тешигидаги ҳаво массасига тенг, Γ_ϕ актив қаршилик эса, ҳаво массасини қути тешиги деворларига ишқаланишдаги йўқолишни ва нурланиш қаршилигини ўз ичига олади.

Қутининг ички деворлари сундирувчи материаллар билан копланadi. Радиокарнай олд нурланиш фазасини фазаинвертор тиркишидан чиқаётган нурлатиш фазасига мослаш мақсадида қути деворларига махсус тусиклар ўрнатилади. Бундай резонатор частотасини кўзгалувчи тизимнинг механик резонанс частотаси ω_M тенг қилиб танлайдилар. Натижада, иккита кетма-кет резонансли ($m_d + m_{кпр}$); $C_{1,2}$ ($r_{1,2} - R_{кпр}$) ва параллел C_k, m_ϕ, Γ_ϕ элементлардан иборат механик резонанс тизимига эга бўламиз (6.22-а расм).

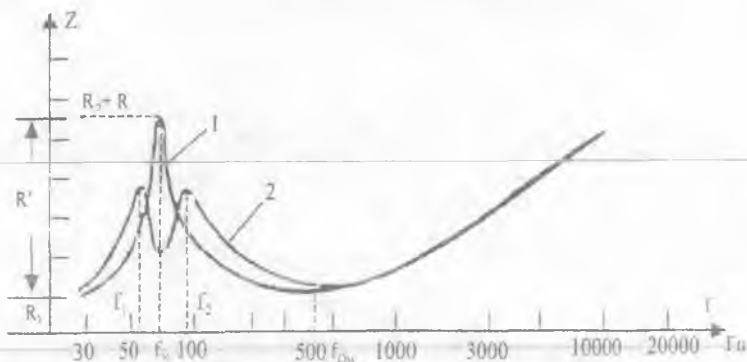
6.22-расм. Фазайнвертордаги радиокарнайнинг кириш қаршилиги схемаси



а) электромеханик ўхшашлик схемаси; б) электр- эквивалент схемаси

6.20-б расмда радиокарнай электр кириш қисмига келтирилган эквивалент схема берилган. Бу схемани 6.12-б расм билан солиштириганда қўшимча $L''=V^2\ell^2C_{к}$, $C''=m_{\phi}/V^2\ell^2$ ва $R''_{\phi}=V^2\ell^2/r_{\phi}$ звенолар пайдо бўлганлигини кўрамиз. 6.23-расмда фазайнверторсиз ва фазайнвертордаги электродинамик радиокарнайнинг тула кириш қаршилиги модули частота тавсифлари келтирилган.

6.23-расм. Радиокарнайнинг тўла кириш қаршилиги модулининг частота тавсифи



1 – фазаинверторсиз; 2 – фазаинверторда

Радиокарнай фазаинверторга жойлаштирилганда, унинг тўла кириш қаршилиги модулининг частота тавсифи икки урқачли эгри чизик кўринишида бўлади, яъни радиокарнай механик частота резонансидан пастда f_1 ва ундан юқори f_2 частоталарда иккита максимум чўкки ҳосил бўлади. Шунинг учун радиокарнай кириш қаршилиги механик резонансида чўкма ва ундан паст ва юқори частоталарда эса, иккита максимум (чўкки) бўлади, 6.23-расмдаги 2 эгри чизик.

Пастки $f_1 < f_m$ резонанс кўзгалувчи тизимнинг C_{12} эгилувчанлиги ва m_ϕ массаси билан, юқори $f_2 > f_m$ эса, кўзгалувчи тизимнинг барча массаси m ва қутидаги ҳаво эгилувчанлиги C_x билан аниқланади. Резонанснинг f_1 частотада пайдо бўлиши узатиш диапазоли пастки чегарасини бир мунча кенгайтиради. Бундан ташқари, f_2 резонанс частотада қути тешигидаги тебраниш фазаси қути юзаси-даги диффузор тебраниши фазаси билан мос бўлади, яъни инвертор фазани 180° буради, диффузорнинг олд ва орқа томонларидаги нурланувчи тўлқин фазалари 180° фарқланади. Бунинг натижасида диффузорнинг орқа томонга нурланиши олд нурланишга қўшилади. Механик частота резонансида инвертор фазани фақат 90° буради, шунинг учун орқа томонга нурланиши олд томон нурланишига озроқ қўшилади, f_1

частотада эса умуман қўшилмайди. Шунинг учун **фазаин-вертор радиокарнай сезгирлигнини механик резонансдан юқори частоталарда оширади.**

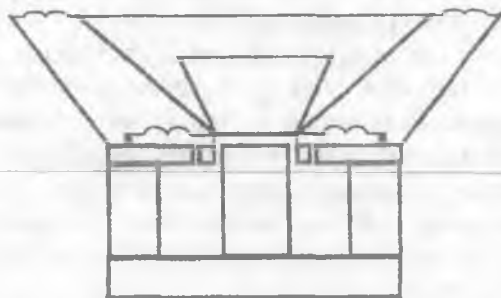
Диффузорли радиокарнайларнинг йўналганлик диаграмма-си у жойлашган экран ёки кути ўлчамларига боғлиқ бўлган ҳолда нолинчи ёки биринчи тартибдаги поршен нурлат-гичлари характеристикалари каби аниқланади.

Диффузорли радиокарнайларнинг фойдали иш коэффи-циенти механик тизими қаршилиги ҳавонинг акустик қаршилиги билан мослашмаганлиги туфайли жуда кичик, $\eta=0,3 - 0,7\%$ холос.

Радиокарнай сезгирлиги частота характеристикаси нотекис-лигини камайтириш, фойдали иш коэффициенти оширишнинг бир неча усуллари мавжуд, улардан: икки диффузорли радиокарнай, рупорли конструкция, секцияланган рупор, товуш колонкалари, паст, ўрта ва юқори частота полосали филтрлардан фойдаланиш, товуш ғалтагини демпферлаш ва бошқа усуллари мавжудки, уларни қўллаш натижасида радиокарнай техник кўрсаткичлари бир мунча яхшиланади.

Юқори частоталар области. Икки конусли каллақлар. Юқори частоталарда ишчи частота диапазонини кенгайтириш мақсадида иккиконусли каллақлар қўлланилади. Кичик диф-фузорга махсус ишлов берилиши ва конус бурчагининг кичиклиги туфайли унинг конструкцияси қаттиқ. Паст часто-таларда иккала конус бир бутундек ишлайди 600 – 1000 Гц бошлаб юқори частоталарда катта диффузор юзаси секин-аста зоналарга бўлиниб, кичик амплитудада тебрана бошлайди. Энг юқори частоталарда катта диффузорнинг товуш ғалтагига яқин зоналари самарали кўзгала бошлайди ва қўғалиш секин-аста кичик диффузорга ўтади.

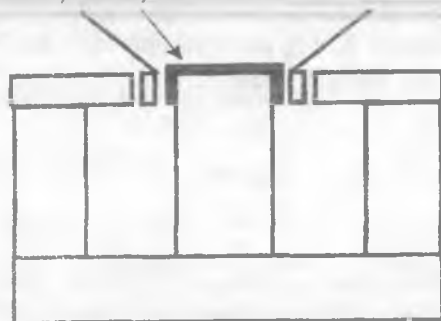
6.24-расм. Қўшимча диффузорли каллак



Шундай конструкция ҳисобига самарали нурланиш частота диапазодини 12 – 15 кГц гача кенгайтириш имкони тугилади.

Товуш ғалтаги индуктив қаршилигини компенсациялаш. Товуш ғалтагининг индуктив қаршилиги ошиши эффектининг олдини олиш мақсадида, керннинг юқори қисмига мисдан ясалган қалпоқча кийгизилади (6.24-расм). Қисқа туташган қалпоқча товуш ғалтаги билан индуктив боғланган. Қалпоқчада илашган ўзгарувчан ток ҳосил қилган магнит оқими товуш ғалтаги токи ҳосил қилган магнит оқимига қарама-қарши йўналтирилган. Бу товуш ғалтаги индуктивлигини камайишига эквивалентдир. Паст частоталарда ўзаро индукциянинг электр юритувчи кучи кичик ва қалпоқча ғалтак қаршилигига қеч қандай таъсир кўрсатмайди.

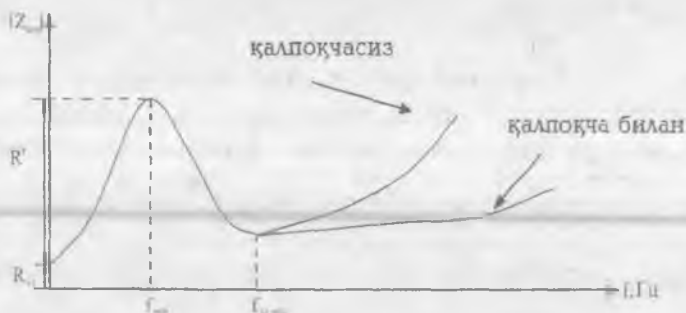
6.25-расм. Керн учига қалпоқча
қалпоқча



Частота ошиши билан ўзаро индукция ЭЮК ортади, қалпоқча ҳосил қилаётган магнит оқими ҳам ошади. Натижада товуш ғалтагининг индуктив қаршилиги сезиларли камаяди (6.25-расм). Компенсацияловчи қалпоқчанинг қўлланилиши товуш босимини 2 кГц бошлаб 5 – 7 дБ га оширади.

Каллакнинг кириш қаршилиги частота тавсифига компенсацияловчи қалпоқчанинг таъсири 6.26 - расмда келтирилган.

6.26-расм. Каллакнинг кириш қаршилиги частота тавсифига компенсацияловчи қалпоқчанинг таъсири



6.8. Радиокарнайларда ўтиш жараёнлари

Маълумки электроакустик тизимларнинг асосий техник параметрларига частота тавсифининг нотекислиги, эшиттириш частота диапазони ва гармоникалар коэффиенти киради. Юқоридаги параметрларга шундай омиллар, қоғоз масса-си, унинг диффузор юзаси бўйлаб бир текис тақсимланиши, ишчи тирқишдаги магнит индукцияси ва б. киради. Кўп тадқиқотлар шуни кўрсатдики, (эшиттириш) жаранглаш сифати яна нурлатувчи тизимларнинг ўтиш жараёнига ҳам боғлиқ.

1. Бир эркин даражали тизимлар. Бир эркин даражали тизимларнинг тебраниши куйидаги дифференциал тенглама билан ёзилади:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + r \frac{dx}{dt} + cx = P \sin \omega t, \quad (6.19).$$

Бунда: m – тизимнинг массаси; r – ишқаланиш коэффициентини; c – эластиклик коэффициентини.

Умумий тенглама куйидаги кўринишда бўлади:

$$x = Ae^{-\delta t} \sin(\omega_0 t + \varphi) + B \sin(\omega s - \varphi) \quad (6.20)$$

$$\text{Бунда: } B = \frac{P}{m \sqrt{(\Omega_0^2 - \omega^2)^2 + \frac{\omega^2 r^2}{m^2}}} = \frac{P}{mp} \quad \Omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} \quad (6.21)$$

$$\varphi = \arctg \frac{\omega r}{\Omega_0^2 - \omega^2} \quad \delta = \frac{r}{2m} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m} - \frac{r^2}{4m^2}} \quad (6.22)$$

A ва φ бошлангич шартга боғлиқ ихтиёрий ўзгармас катталиқ; уларни ҳисоблаш одатда қийин. Агар тизим, аввало, тинч ҳолатда бўлиб, унга берилган синусоидал куч $t=0$ вақтда беҳосдан таъсир этабошлаган бўлса, унда ихтиёрий A ва φ куйидаги хусусий қийматларга эга бўлади

$$A = \frac{P}{mp^2 \omega_0} \sqrt{4\delta^2 \omega_0^2 + (\Omega_0^2 - \omega^2 - 2\delta^2)^2} \quad \text{tg} \varphi = \frac{2\delta \omega_0}{2\delta^2 - (\Omega_0^2 - \omega^2)} \quad (6.23)$$

Тизимнинг ўтиш давридаги силжиши иккита тебраниш жараёнининг қўшилиши натижасидир: сўнмайдиган B амплитудали ва бошлангич амплитудаси A тенг сўнувчи жараён.

Агар кўзгатувчи частота ω , тизимнинг хусусий частотаси ω_0 яқин бўлса, унда δ сўниш коэффициентли тепкили сўниш тебраниш ҳосил бўлади.

Экспоненциал кўпайтгич куйидагича бўлади:

$$e^{-\delta t} = e^{-\frac{r}{2m} t} = e^{-\frac{d}{l_0} t} \quad (6.24)$$

Бунда: $d = \frac{\pi r}{\omega_0 m}$ – логарифмик декремент; l_0 – тизимнинг

хусусий тебраниш даври. Бундан кўриниб турибдики, сўниш тезлиги логарифмик декрементга ёки тебраниш тизимининг сўнишига боғлиқ. Сўниш қанчалик катта бўлса, стационар тебраниш шунчалик тез ўрнатилади.

T_0/d вақт ўтиши билан тикланувчи жараён ўзининг дастлабки қийматидан $e^{-1} = 37\%$ камаяди.

Тикланувчи жараённинг нисбий ўлчами B амплитудали тебранишни бошланғич A амплитудали тебранишга бўлган нисбати билан аниқланади. Бу ўлчам тизимнинг хусусий частотаси ва қўзғатувчи куч частоталарининг ўзаро нисбатларига боғлиқ.

Агар тизимнинг хусусий частотаси уни Қўзғатувчи куч частотасидан кичик, яъни $\Omega_0 = \omega$ бўлса, унда:

$$B = \frac{P}{m\omega} \frac{1}{\omega}; \quad A = \frac{P}{m\omega} \frac{1}{\Omega_0} \quad \text{т.е. } B \ll A \quad (6.25)$$

Агар $\Omega_0 = \omega$ бўлса, унда $B = \frac{P}{m\Omega_0^2}$ ва $A = \frac{P}{m\omega^2} \frac{\omega}{\omega_0}$, демак, кичик тебранишларда $B \approx A$.

Ниҳоят, тизимнинг хусусий айланма частотаси қўзғатувчи куч частотасидан катта, яъни $\Omega_0 \gg \omega$, унда:

$$B = \frac{P}{m\Omega_0^2} \quad \text{ва} \quad A = \frac{P}{m\omega^2} \frac{\omega}{\omega_0}, \quad \text{яъни } B \gg A \quad (6.26)$$

Келтирилган таҳлиллардан шу нарса кўришиб турибдики, қўзғатувчи куч частотаси қўзғалувчи тизимнинг шахсий частотасига нисбатан қанчалик катта бўлса, тебранишларнинг тикланиш жараёни шунчалик кўп бузилишларни келтириб чиқаради. Умумий интеграл қўзғатувчи куч тугагандан сўнг тикланиш мувозанатини олиш учун ҳам имкон беради. Агар сарфланадиган куч унинг қиймати нолга тенг бўлганда таъсир этиши тугаса, унда барқарорлик ўрнатилиши қуйидаги тенглама билан ифодаланиши мумкин:

$$x = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \psi).$$

2. Бирнеча эркин даражали тизимлар. Даражаси икки эркин тизимдаги тикланиш жараёнини ҳисоблаш учун бошланғич шартлардан ихтиёрий ўзгармасларни аниқлашга тўғри келади, аммо бу ҳисоблар шундай каттаки, уларни амалда бажариб бўлмайди.

$t=0$ вақтда максимал K қийматли ўзгармас кучни бехосдан уланиши қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$k = K \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \right] \quad (6.27)$$

Кавс ичидаги ифодалар қуйидаги қийматларга эга бўлади $t=0$ бўлганда $t<0$; $t=1/2$, бўлганда $t>0$; 1 (6.17) формулани қуйидаги комплекс кўринишга келтириш мумкин:

$$k = \frac{K}{2\pi j} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{j\omega t}}{\omega} d\omega \quad (6.28)$$

Динамик радиокарнай частотаси яқинидаги кўзголадиган тизимнинг силжиш амплитудаси қуйидагича ифодаланади:

$$\xi = \frac{F_m}{m\sqrt{(\omega_0 - \omega)^2 + 4\delta^2\omega^2}} \left\{ \sin(\omega t + \varphi) - e^{-\delta t} \left[\sin\varphi \cos\omega_0 t + \left(\frac{\delta \sin\varphi + \omega \cos\varphi}{\omega_0} \right) \cdot \sin\omega_0 t \right] \right\} \quad (6.29)$$

Формуладан кўриниб турибдики, биринчи қўшилувчи мажбурий тебранишлар, иккинчиси эса сўниш доимийси δ тенг эркин тебранишлардир.

Гуруҳли нурлатгичларда ўтиш жараёни бир катор афзалликларга эга, уларда кузатув нуқтасидаги товуш босими турли нурлатгичлардан келаётган товуш тўлқинларнинг суперпозицияси билан боғлиқ. Кузатув нуқтасидаги товуш босими амплитудаси

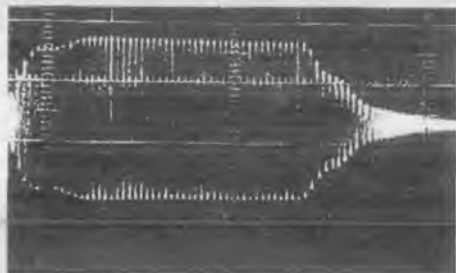
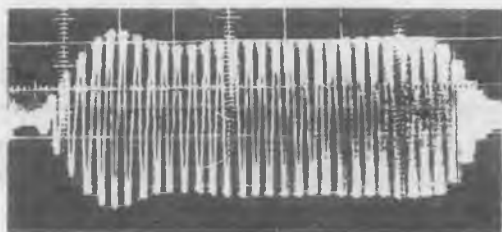
$$P_m = P_{m \text{ стац}} + P_{m \text{ ўтиш}} \quad (6.30)$$

Гуруҳли нурлатгичларнинг алоҳида радиокарнайлари доимо бир-биридан фаркланади. Шунинг учун ўтиш жараёни давомийлиги турлича бўлиб, алоҳида радиокарнайларнинг тавсифларига ва кўзгатувчи куч частотасига боғлиқ бўлади.

Радиокарнайларнинг ўтиш жараёнлари Москва электротехника алоқа институтининг товуш сўндирувчи камерасида Корринтон усули билан текширилди. Утиш жараёнини баҳолаш омили сифатида амплитуданинг стационар қийматидан 10% дан кўп бўлмаган тикланиш вақти олинди. Ўтиш жараёни 10 дан ортиқ турли радиокарнайларда текширилди.

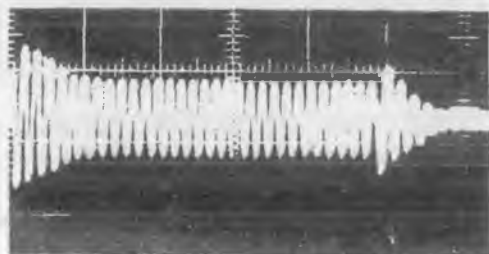
Радиокарнайларнинг ўтиш жараёнлари асосан частота тавсифларнинг экстремал частоталарида ўлчанади.

6.27-расм. 4 ГД – 4 радиокарнайнинг турли частоталардаги Утиш жараёни осциллограммалари



а)

а)



б)

б)

Биринчи ҳолатда (6.27-а расм) кўзгалувчи тебраниш частотаси нурланувчи тизимнинг бир шахсий частотасига мос келади; радиокарнайни улагандаги ва ўчиргандаги тикланиш вақти нисбатан катта. Тебраниш амплитудасининг бир хил ўзгариши кузатилади. Иккинчи ҳолда (6.27-б расм) тебранишлар интерференция натижасида кескин сусайган частоталарда уйғонади. Радиокарнайларнинг сезгирлиги хусусий частоталарда катта бўлганлиги сабабли, ўтиш жараёнларида товуш босими стационар режимдагидан анча юкори бўлади. Товуш колонкаларини текшириш шуни кўрсатдики, улар нисбатан кам ўтиш жараёнларига эга.

Амалий тажрибалар ва 700 дан зиёд осциллограммаларни қайта ишлаш натижасида шундай хулоса қилиш мумкин:

1. Паст частоталардаги ўтиш жараёнлари электр ҳам механик демпферлаш натижасида камаяди.

2. Электр демпферлаш амалда диафрагманинг хусусий тебранишига ва тизим элементларининг илинишига таъсир этмайди.

3. Радиокарнай частота тавсифининг чўкма областидаги ўтиш жараёнлари кўп ҳолларда хусусий резонанс тебранишлари чўкманинг чуқурлигигагина боглиқ бўлмасдан, унга яқин чўққилари билан ҳам аниқланади.

4. Ностационар жараёнлар кўпроқ частота тавсифининг чўкмаларида кузатилади, яъни хусусий тебраниш амплитудалари стационар режимдаги мажбурий тебраниш амплитудаларидан катта бўлади.

5. Бир вақтнинг ўзида бир неча хусусий тебранишлар уйғонганда, тикланиш жараёни осцилляцияланган характерга эга бўлади.

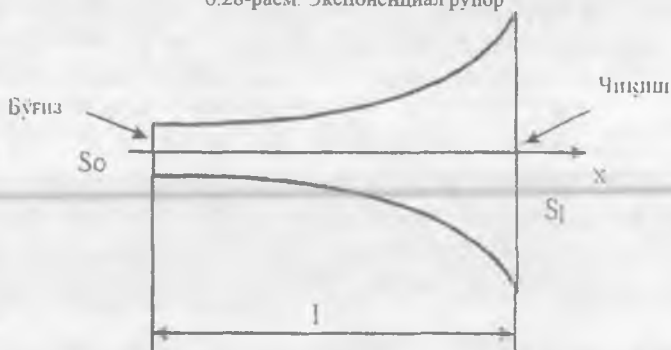
6.9. Рупорли радиокарнайлар

Рупорнинг хусусияти ва белгиланиши. Тўғридан-тўғри нурлатувчи каллакларнинг асосий камчилиги уларнинг фойдали иш коэффициентининг кичиклигидир, у 1 – 2 % ташкил этади. Бунинг сабаби, каллак силжувчи тизими меха-

ник қаршилигининг юклама қаршилиги билан мослашмаганлигида. Тўғридан-тўғри нурлатувчи каллақлар кичик зал ёки хоналарда ишлаганда унинг кичик ФИК сезилмайди, аммо катта залларни, майдонларни овозлаштирганда катта қувватли радиокарнайлар талаб этилади. Бундай вазиятда катта ФИК эга бўлган радиокарнайлар зарур. Буларга рупорли радиокарнайлар мос келади. Рупор каллакнинг механик қаршилигини атроф муҳит қаршилиги билан мослаштирадиган қурилма.

Рупор деб, ўзгарувчан кесимли қаттиқ трубага айтилади.

6.28-расм. Экспоненциал рупор



S_0 – рупор бўғизи юзаси; S_1 – рупорнинг чиқиш юзаси ; l – рупор узунлиги.

Кўндаланг кесим конуни бўйича ўзгарадиган турли рупорлар қўлланилади. Энг кўп тарқалгани экспоненциал рупорлардир, уларнинг кўндаланг кесими экспоненциал қонун бўйича ўзгаради

$$S = S_0 e^{\beta x} \quad (6.31)$$

$\beta = \frac{1}{S} \frac{dS}{dx}$ – узунлик ўлчамига эга бўлиб, рупорнинг кенгайиш

кўрсаткичи деб аталади.

Экспоненциал рупорда тўлқин тарқалиши фаза тезлиги V_0 частота билан қуйидагича боғлиқ:

$$V_{\phi} = \frac{C}{1 - \left(\frac{\beta C}{2\omega}\right)} = \frac{C}{1 - \left(\frac{\omega_{\text{кр}}}{\omega}\right)^2} \quad (6.32)$$

$\omega_{\text{кр}} \frac{\beta C}{2}$ – рупорнинг критик частотаси; C – товуш тезлиги.

Рупорда тўлқин жараёни $\omega_{\text{кр}}$ критик частоталардан юқори жойлашган частоталардагина бўлиши мумкин, чунки $\omega = \omega_{\text{кр}}$ бўлганда фаза тезлиги чексиз бўлади, $\omega < \omega_{\text{кр}}$ бўлган мавҳумдир. Бу рупорда тўлқин жараёни бўлмаслигини аниглади, чунки муҳит заррачалари фазали тебранишда бўлади. Аслида, рупордаги ҳаво бир бутундек тебранади. Рупор бу частоталарда атроф-муҳитга энергия тарқатмайди, аксинча, уни механик тизимга қайтаради. Частота ошиши билан ($\omega > \omega_{\text{кр}}$) фаза тезлиги камай боради ва чексиз муҳитдаги товуш тезлигига яқинлашади.

Рупорнинг кириш қаршилиги қуйидагича аниқланади

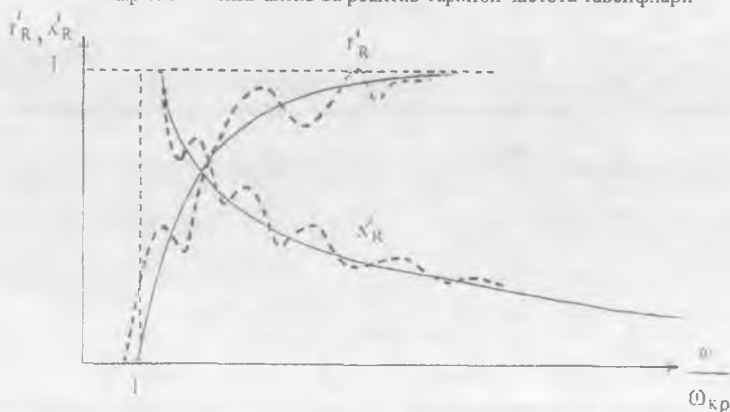
$$z = r + jX = \rho c S_0 (r_R + jx_R) = \rho c S_0 \left[\sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{\text{кр}}}{\omega}\right)^2} + j \frac{\omega_{\text{кр}}}{\omega} \right] \quad (6.33)$$

Чексиз узунликдаги рупор кириш қаршилиги таркибларининг частота тавсифи 6.29-расмда келтирилган.

Расмдан кўриниб турибдики, кириш қаршилигининг актив қисми реактив қисмидан $\sqrt{2} \omega_{\text{кр}}$ частотадан бошлаб оша боради ва рупор каллакни самарали юклайди, натижада нурланиш ҳам самарали бўлади.

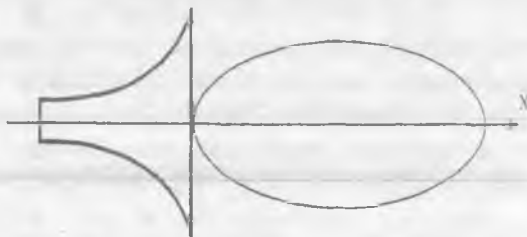
Рупорнинг ажойиб хусусиятларидан бири шундаки, у уз нурланишини ўқи бўйича концентрациялаши мумкин.

6.29-расм. Чексиз узун ва чекланган узунликдаги (пунктир) рупор кириш каршилигининг актив ва реактив таркиби частота тавсифлари



Кесими доира шаклидаги рупорнинг йўналганлик диаграммаси 6.29-расмда кўрсатилган.

6.29-расм. Кесими доира шаклидаги рупорнинг йўналганлик диаграммаси

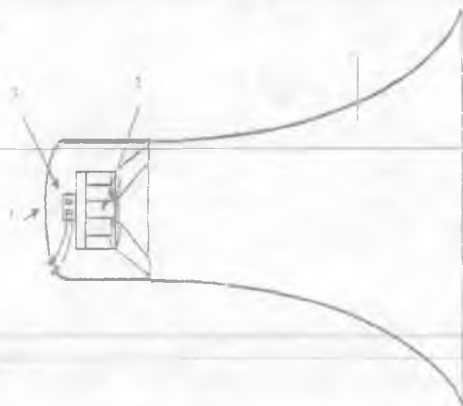


Рупорнинг қўлланилиши нурлатгичнинг ФИК кескин оширади ва 5 – 7 % етади. Рупорли радиокарнайлар икки турга бўлинади: кенг ва тор бўғизли.

Кенг бўғизли рупорли радиокарнайлар. Бу турдаги конструкцияларда нурлатгич сифатида оддий электродинамик радиокарнайлар қўлланилади. Кириш юзаси каллак коңуси юзасига тенг бўлганлиги учун уни **кенг бўғизли** деб, атайдилар.

Акустик қисқа туташувни йўқотиш мақсадида рупорнинг орка томони калпоқча билан беркитилган. 6.31-расмда кенг бўғизли рупорли радиокарнай конструкцияси кўрсатилган.

6.31-расм. Кенг бугизли рупорли радиокарнай



1 – рупор; 2 – электродинамик каллак; 3 – мословчи трансформатор; 4 – қалпоқча.

Бундан ташқари, у каллакни механик ва атмосфера таъсиридан сақлайди. Мословчи трансформатор каллакка берилиши керак бўлган 5 – 7 вольтни таъминлаб беради. Бундай радиокарнайларнинг ФИК 7 – 10 % ташкил этади. Унинг частота тавсифи каллак частота тавсифи билан белгиланади. Самарали ишлаш частота диапазони 150 – 7000 Гц.

Тор бугизли рупорли радиокарнайлар. Бундай турдаги конструкцияларда нурлатгич сифатида диафрагмасы қаттиқ ва юзаси S_d рупор кириш юзаси S_0 дан анчагина катта бўлган каллак қўлланилади. Диафрагма ва рупор оралигида рупоролди камера мавжуд ва у акустик трансформатор ролини ўйнайди. Рупорнинг тула кириш қаршилиги $Z_0 = \rho - S_0 = r_0$ тенг. Ишлаш частота диапазонида Z_0 актив ва r_0 га тенг.

Рупоролди камеранинг трансформация коэффиценти:

$$n = \frac{S_d}{S_0} > 1.$$

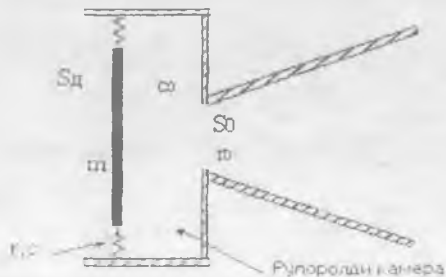
Рупорнинг трансформатор орқали ҳисобланган кириш қаршилиги:

$$r_0 = r_0 n^2 = \rho c S_0 \left(\frac{S_d}{S_0} \right) = \rho c \frac{S_d^2}{S_0} \quad (6.34)$$

Тор бугизли рупорли радиокарнайларнинг ФИК 15 – 20% ташкил этади.

6.32-расмда тор бугизли рупорли радиокарнай конструкциясининг кесими кўрсатилган.

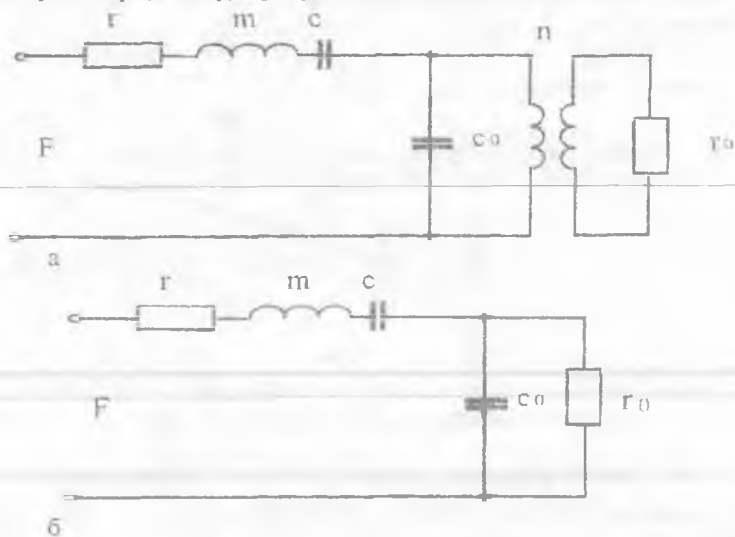
6.32-расм. Тор бугизли рупорли радиокарнай конструкцияси кесими



S_d – нурлатувчи диафрагма юзаси; S_0 – рупор бугизи юзаси; C_0 – рупорли камерадаги ҳавонинг эластиклиги; r_0 – рупорнинг кириш каршилиги; m – диафрагма массаси; r – йўқолиш каршилиги; c – бириктириш эластиклиги.

6.33-расмда каллакнинг силжиш тизими ва рупорли камеранинг электр-эквивалент схемалари берилган.

6.33-расм. Тор бугизли рупорли радиокарнайнинг электр- эквивалент схемаси



а – акустик трансформатор билан; б – рупор кириш қаршилигини трансформаторнинг бирламчи ўрамига ҳисобланган схемаси.

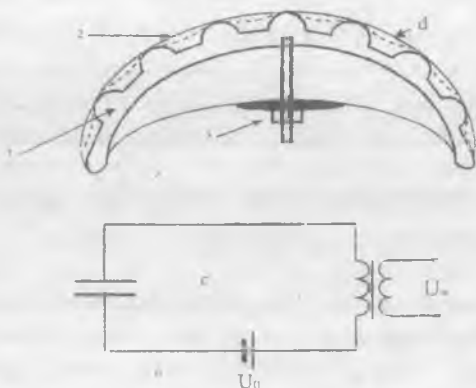
6.33-расмдан кўриниб турибдики, поршен камера ичига силжиганда камера ҳажми кичрайдиган камерадаги ҳаво эластиклиги камайдиган натижада рупорнинг кириш қаршилиги шунтланади. Бу, ўз навбатида, рупорли радиокарнай частота тавсифининг юқори частотасида пасайишига сабабчи бўлади. Иккинчи сабаби рупор олди камерасидаги тўлқин интерференцияси.

6.10. Конденсаторли радиокарнайлар

Конденсаторли радиокарнайлар электростатик ўзгартиргич двигатель турига киради. 6.34-расмда шундай радиокарнайнинг конструкцияси ва улаиш схемаси кўрсатилган. Унинг ишлаш принципи қуйидагича: киррали металл ярим цилиндр (1) узун металл планка ва винт гайка (3) ёрдамида металл билан қопланган юпқа полимер (2) бириктирилган.

Агар металл фольга қўлланилса, унинг ички томони диэлектрик билан қопланади.

6.34-расм. Конденсаторли радиокарнайнинг конструкцияси (а) ва унинг электр занжирга уланиш схемаси (б)



Ярим цилиндр ва металл қопланган полимер конденсаторнинг электродлари бўлиб, унга поляризацияловчи (кутбловчи) U_0 кучланиш уланса, электродларни тортувчи электростатик куч пайдо бўлади.

Агарда конденсаторга қўшимча ўзгарувчан U_{\approx} – кучланиш берилса, электродларни тортувчи электростатик куч пайдо бўлади. Агар конденсаторга қўшимча ўзгарувчан U_{\approx} кучланиш берилса, йиғинди электростатик куч U_0 ва U_{\approx} кучланишлар ишорасига мос ҳолда ўзгаради. Натижада плёнканинг тебраниш амплитудаси ҳам шунга мос ўзгаради.

Конденсаторли радиокарнайлар 5 – 7 кГц дан то 20 кГц гача бўлган частота диапазонида самарали ишлайди. Частота тавсифининг нотекислиги 3 дБ. Кичик мембрана ўтиш тавсифини яхши таъминлайди. Конденсаторли радиокарнайларда бурама ток ва магнит гистерезисига йўқолишлар йўқ.

Камчилиги: паст частоталарни самарали нурлатмайди ва алоҳида таъминот манбаи зарур.

6.11. Акустик тизимлар

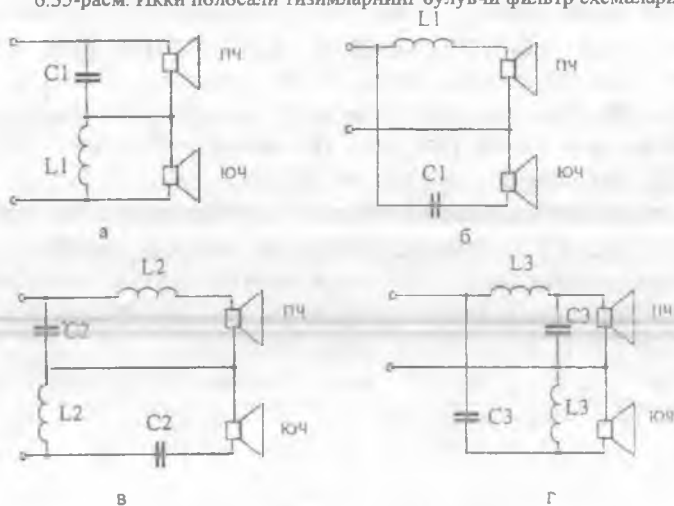
Олдинги бўлимларда радиокарнайларга нисбатан бири-бирига карама-қарши талаблар қўйилган эди. Паст частоталарни самарали эшиттириш учун катта юзага эга бўлган

поршен зарур, юкори частоталарни самарали эшиттириш учун эса кичик поршен зарур. Бу масаланинг ечими эшиттириш частота диапазонини бир неча полосаларга бўлишдир. Ҳар бир полоса алоҳида каллақда эшиттирилади. Каллақлар конструктив акустик агрегатларга бириктирилади ва улар **акустик тизимлар** деб аталади. Ҳозирги вақтда икки ва уч полосали акустик тизимлар мавжуд. Икки полосали тизимлар учун 300 – 500 Гц ёки 2000 – 4000 Гц полосалар танланади. Уч полосали акустик тизимлар учун эса, 400 – 4000 Гц чегараларида танланади.

Бунда битта-иккита паст частотали, битта ёки иккита урта частотали ва битта-иккита юкори частотали радиокарнайлар қўлланилади. Полосаларни бўлиш учун электр филтрлари ёки кроссоверлар қўлланилади.

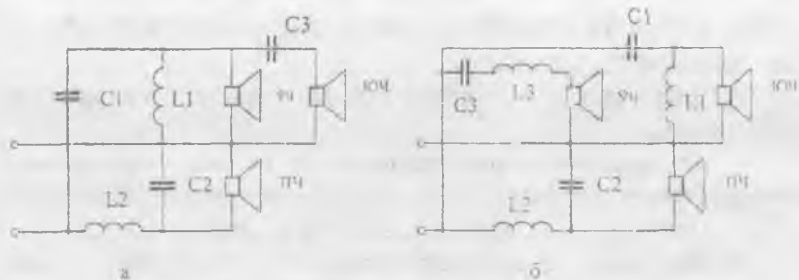
6.35-расмда икки полосали ва 6.36-расмда уч полосали тизим схемалари келтирилган.

6.35-расм. Икки полосали тизимларнинг булувчи филтр схемалари



а, в – каллақлар кетма-кет уланган; б, г – параллель уланган.

6.36-расм. Уч полосали тизим филтер схемалари



Назорат саволлари:

1. Радиокарнайларнинг асосий техник тавсифларини санаб ўтинг.
2. Қандай нурлатгичларни биласиз?
3. Электродинамик радиокарнайларда ночизикли бузилишлар ва уларни бартараф сабабларини этиш йўлларини тушунтиринг.
4. Электродинамик радиокарнайларда частотали бузилиш сабабларини тушунтиринг.
5. Тўғридан-тўғри нурлатувчи электродинамик радиокарнайнинг электр-эквивалент схемасини чизинг ва тушунтиринг.
6. Тўғридан-тўғри нурлатувчи электродинамик радиокарнайнинг тўла кириш қаршилиги модулини частотага боғлиқлик графигини чизинг ва тушунтиринг.
7. Фазаинверторнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
8. Фазаинверторнинг электр-эквивалент схемасини чизинг ва тушунтиринг.
9. Фазаинвертордаги электродинамик радиокарнайнинг тўла кириш қаршилиги модулини частотага боғлиқлик графигини чизинг ва тушунтиринг.
10. Радиокарнайнинг частота диапазонини кенгайтириш усулларини тушунтиринг.

11. Рупорли радиокарнайларнинг ишлаш принципини тушунтиринг

12. Тор ва кенг бугизли рупорли радиокарнайнинг ишлаш принципини тушунтиринг.

13. Чизиқли гуруҳ нурлатгичларнинг ишлаш принципини тушунтиринг.

14. Конденсаторли радиокарнайнинг ишлаш принципини тушунтиринг.

15. Акустик тизимларнинг қандай афзалликлари бор?

16. Микрофон ва радиокарнайларнинг асосий техник параметрлари қандай шароитларда ўлчанади?

VII БОБ. АРХИТЕКТУРА АКУСТИКАСИ АСОСЛАРИ

7.1. Архитектура акустикасининг қисқача ривожланиш тарихи

Архитектура қурилиш акустикасининг бошланиши қадим-қадимларга етиб боради. У вақтларда акустик масалалар аввал улкан шахсга оид, кейинчалик эса бошқа жамоат иншоотлари – томоша ва мажлислар залларини қуриш масалаларини ечишга қаратилган.

Ассири, Вавилон, Қадимги Миср бунёдкорлари э. авв. V – II асрларда ажойиб санъат кўринишдаги жонли архитектурага эга бўлган ибодатхоналарни қурган эдилар. Улкан қурилиш конструкциялари, скульптура ва тасвирий санъат – ҳамма-хам-маси ибодат қилувчиларни ажаблантириш, хайратга солиш учун қаратилар эди. Бундай мақсадга эришар эдилар ҳам. Ўша замонларда бунёдкорларга товуш тўлқинларнинг тарқалиш ва қайтиш қонунлари маълум бўлган. Улар шу қонунлардан оқилона фойдаланиб, ибодат қилувчиларни хайратда қолдирар эдилар.

Худди шундай ҳис қадимий юнонлар (э. авв. IV – VII аср) санъатида ҳам бошқачароқ тусда сезилар эди. Қадимий Юнон ибодатхоналари ва бошқа ижтимоий иншоотларга, ундаги қисмлари ўлчамларининг мутаносиблиги хосдир, улар юқори акустик хусусиятларини белгилайди. Кейинчалик қадимий грекларнинг қурилишда ақл-идрокка асосланган акустик ечимлари кўпгина мамлакат олимлари томонидан ўз тасдиғини топди. Қадимги Грециянинг томоша иншоотлари икки турга бўлинар эди: одейоналар ва театрлар. Биринчиси кичик ёпиқ бинолар бўлиб репетициялар ва кичик сонли ижрочилар ва томошабинларга мўлжалланган бўлса, иккин-

чиси очик турдаги тамоша иншоотлари бўлиб, тош ўриндиклари тепалик этакларига жойлаштирилар эди.

Греция архитекторларнинг анаъналарини Рим курувчилари давом эттирдилар. Рим иншоотлари грек иншоотларидек тепаликларга қурилмасада, жуда кўп ўхшашлиги бор эди. Ана шундай иншоотлардан бири э. авв. 80 – 90 йилларда қурилган 56 минг тамошобинга мўлжалланган Флавия – Көлизей амфитеатридир. Бундай катта иншоотларда ижрочиларнинг товушини кўп минг кишилик тамошабинларга табиийлигича етказиш халигача шу замон кишиларини хайратга солади. Грециядаги 17800 ўринли Помпей театри, Римда 20000 ўринли Марцелла театрлари шулар жумласидандир. Рим шоири, философи ва олими Кар Лукрецкий (э. авв. 99 – 55 йй.) «Табиат буюмлари ҳақида» деб аталувчи илмий асариди ўша даврдаги акустикага оид, шу жумладан хона акустикасига оид фикр-мулоҳазаларини билдирган эди. Кейинчалик Витрувий «Архитектура ҳақида» китобида антика архитекторларнинг тажрибасини умумлаштириб, қатор қонун-қоидаларни таърифлаб бердики, улар хали ҳам замонавий иншоотларда катта муваффақият билан қўлланилади. Хоналардаги акустик ҳодисалар ўзининг ажойиб тадбиқларини топди. Бизгача қадимий Рим ва Хитойдаги «шивирловчи галереялар» етиб келган.

Париж Пантеони ертўласидаги оҳиста қарсақ кўпдан-кўп кайтаришлар натижасида момакадирокдек акс садо пайдо қилади.

Дармштаддаги черковда акс садо баландлиги 47 м бўлган қуббадан товушнинг кайтиши натижасида пайдо бўлади.

Глочестердаги (Англия) ибодатхонада оҳиста сузлашув 25 м масофагача эшитилади. Бундай мисолларни кўпдан-кўп келтириш мумкин. Яна бир мисол, айтишларича Сиракуза (Сицилия) тошқонларидаги (7.1-расм) бир галереяга асирлар жойлаштирилар, юқорида эса улар нималар ҳақида гапирганларини эшитар, шундай қилиб, уларнинг сирларини билиб олар эканлар. Шу сабабли бу галереяни «Дионис қулоғи» номи билан атаганлар. «Дионис қулоғи»ни биринчи бўлиб В. Сэбин текширган.

7.1-расм. “Дионис кулоги” галереяси



Эйлер, Лагранж, Фурье, Стокс, Юнг, Гельмгольц ва б. акустикани фан сифатида дунё миқёсида юзага чиқардилар. XIX асрнинг охири – XX асрнинг бошларида В. Сэбин тажрибалар ўтказиб биринчи бўлиб хонанинг геометрик параметрлари, унинг акустик тавсифларига боғлиқлигини аниқлади ва шундай қилиб, архитектура акустикасига асос солди. Кейинчалик Эйринг, Хант, Беранек, Ма Да-ю, Кнудсон, Майер, Ватсонлар хоналар акустикаси назариясига сезиларли ҳисса қўшдилар. Собик Иттифоқ олимлари И. И. Андреев, И. Г. Дрейзен, А. Н. Качерович, С. Я. Лифшиц, А. В. Рабинович, С. Н. Ржевкин, М. А. Сапожков ва В. В. Фурдудевлар шу соҳадаги назарий ва амалий билимларни янада чуқурлаштириб, янги ғоялар билан бойитдилар.

Хона акустикасини ўрганиш ва текширишда Сэбин, асосан, товуш энергиясининг тарқалиши, тўсиқлардан қайтиши маса-

лаларини, яъни товуш нурининг геометрик хусусиятларини урганди.

Товуш тарқалишининг геометрик назарияси энг қадимий назариядир. Геометрик назария И. Г. Дрейзен, А. Н. Качерович, Л. Контюри, С. Я. Лифшиц ишларида яна ҳам ривожлантирилди.

Сэбин хонада товуш манбаи ўчирилгандан сўнг тўлкинларнинг тўсиқлардан кўп марта қайтиши ва уларнинг энергияси ютилишига асосланган **статистик назария** ғоясини илгари сурди. Аммо Сэбиннинг ғояси катта амалий аҳамиятга эга бўлиши билан бирга, каттик танқидга учради. 1929 йили Шустер ва Ветцман статистик назарияни тан олмадилар, уларнинг фикрича товуш манбаи ўчирилгандан сўнг сўниш мажбурий тебранишлар натижаси бўлмай, балки товуш манбаи уйғотган хусусий резонанс тебранишлари натижасидир, у хонанинг шакли ва ўлчамларига боғлиқ деган фикрни билдирдилар. Бундай назария **тўлкин назарияси** деб аталиб, Морзе Болт, Дрейзен, Фурдуев ва бошқалар томонидан ривожлантирилди.

7.2. Хона акустикасининг статистик назарияси

Катта хоналар акустикасининг яхши эшитиш шароити билан боғлиқ бўлган муаммолари азал-азалдан маълум бўлган. Хонада нутк янграганда унинг ҳар бир бўғини қисқа импульс сифатида тингловчига фақат тўғри чизик билангина эмас, балки девор, хона поли ва шипидан кўп маротаба синиб қайтарилиб этади. Товуш импульсининг ҳар бир қайтарилишида товуш энергиясининг бир қисми ютилади, натижада тингловчи секин-аста сўнаётган импульсларни эшитади. Агарда товуш сўниши катта бўлмаса, унда сўниш жуда секинлик билан давом этади. Бундай ҳолларда хона ўта жарангдор бўлиб, унда нутк аниқлиги йўқолади. Айтилган мулоҳазалар мусикага ҳам тааллуқли.

Ҳақиқатан ҳам, хонада сўниш катта бўлганда мусика қуруқ янграб ўзининг гўзал, нафис эстетик хусусияти пасайиб, ўз

таъсирини йўқотади. Бу мулоҳазалардан шу нарса келиб чиқадики, хонанинг сифатини аниқлайдиган аввал қайтган товушнинг давомийлиги, **реверберация** давомийлигидир. «Реверберация» иборасини илк бор Сэбин таклиф қилиб киритган, у «қайтиш», «қайтган садо», «кечиккан товушлар жаранглаши» маъносини билдиради.

Реверберациянинг статистик назариясига мурожат қилганда товуш сигналининг қуйидаги тушунча ва параметрларидан фойдаланилади:

- эркин ўтиш йўлининг ўртача узунлиги;
- йўлни эркин ўтишнинг ўртача вақти;
- ўртача ютилиш коэффициенти;
- реверберация вақти;
- биринчи қайтишларнинг кечикиш вақти;
- аниқлик ва равшанлик;
- акустик нисбат;
- жарангдорлик радиуси.

Аввал диффузия майдони тушунчасини кўриб чиқамиз.

Диффузия майдони – бу қайтган товушнинг энергияси тўғри товуш энергиясидан катта бўлган майдон. Қайтарилган товуш тўлқинлари хонада турли йўналишда тарқалади. Агарда қайтган товуш тез сўнмаса, унда хонанинг исталган нуқтасидаги бир-бирига тушадиган тўлқин векторлари сони кўп бўлиши мумкин. Бу ҳолда турли йўналишдаги товуш оқими энергиясининг ўртача қиймати бир-биридан кам фарқ қилади. Турли йўналишдаги товуш энергияси ўртача қийматининг тенглиги **майдон изотропияси** деб аталади. Майдон изотропияси товуш энергиясини хона ҳажми бўйича бир хил тақсимланишига олиб келади, яъни хонанинг турли нуқталарида товуш энергияси зичлиги ўртача қийматининг тенглигига олиб келади. Бу хусусият **майдон бир жинслилиги** деб аталади. Шундай қилиб, диффузия майдони – бу турли йўналишларда кўп марта қайтиб ҳаракатланаётган **бир жинсли ва изотропия** тўлқинлари майдони.

Тўлқинларнинг ўртача эркин босиб ўтиш йўли ва вақти. Хонадаги товуш майдонини статистик текширишлар

аввал тўсиклардан қайтаётган тўлқинларнинг ўртача қиймати ва вақтини аниқлашни тақозо этади:

$$\tau = \frac{4V}{cS} \quad (7.1)$$

Бир вақтда тўлқин қайтарилиши сони:

$$n = \frac{\ell}{\tau} = \frac{cS}{4V} \quad (7.2)$$

Товуш тўлқинининг ўртача эркин босиб ўтган йули:

$$\ell_{\text{ўрт}} = c \tau = \frac{4V}{S} \quad (7.3)$$

Товуш энергиясининг сўниш ва ўртача сўниш коэффициенти. Товуш тўлқини юзага тушиб қисман ундан қайтади, қисман юзадаги материалда ютилиб иссиқлик энергиясига айланади. Товуш тўлқинининг сўниши ва қайтиши акустиканинг геометрик конунига бўйсунди. Хонада қайтагандан сўнг қолган товуш тўлқини, қайтиш коэффициенти β , товуш ютиш коэффициенти α ва товуш ўтказиш коэффициенти γ лардан иборат:

$$\alpha = \frac{E_{\text{ютиш}}}{E_{\text{туш}}}; \quad \beta = \frac{E_{\text{кайт}}}{E_{\text{туш}}}; \quad \gamma = \frac{E_{\text{ўтган}}}{E_{\text{туш}}} \quad (7.4)$$

Бунда: $E_{\text{туш}}$ – юзага тушган товуш энергияси; $E_{\text{кайт}}$ – юзадан қайтган товуш энергияси; $E_{\text{ўтган}}$ – юзадан тўғри ўтган товуш энергияси. α , β ва γ – коэффициентларнинг қийматлари материалга, юзанинг конструктив тузилиши ва товуш тўлқинининг юзага тушиш бурчагига боғлиқ. Товуш ютиш коэффициентининг ўртача қиймати:

$$\alpha_{\text{ўрт}} = \frac{1}{n} \sum_1^n \alpha_i(\varphi_i) \quad (7.5)$$

$\alpha_i(\varphi_i)$ – товуш тўлқинининг φ_i бурчак остидаги товуш ютиш коэффициенти. Хонанинг деворлари турли хилдаги сўндирувчи материаллар билан қопланганлиги сабабли, уларнинг умумий товуш ютиш фонди қуйидагича ифодаланди.

$$A_0 = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i \quad (7.6)$$

Қўшимча фондга ижрочилар, тингловчилар ва улар эгаллаган юза, ҳисобга олиниши қийин бўлган анжомлар киради, қўшимча ютилиш коэффициенти:

$$A_{\text{қуш}} = \alpha_{\text{қуш}} S.$$

Хонадаги умумий товуш ютилиш қиймати:

$$A = \sum \alpha_i S_i N_k + \sum A_k \Lambda_k + \alpha_{\text{қуш}} S \quad (7.7)$$

Бунда: $A = \sum \alpha_i S_i N_k + \sum A_k \Lambda_k + \alpha_{\text{қуш}} S$ товуш ютилиш бирлигида ифодаланган. Товуш ютиш бирлиги этиб 1 м^2 очиқ ойнанинг ютиш коэффициенти олинади, $\alpha = 1$ тенг. Хона учун ўртача товуш ютилиш коэффициенти

$$\alpha_{\text{ўрт}} = \frac{A}{S} \quad \text{га тенг} \quad (7.8)$$

Стандарт реверберациянинг вақти. Хонадаги реверберация жараёнини баҳолаш мақсадида реверберациянинг стандарт вақти катталиги киритилган. Стандарт реверберациянинг вақти деб, товуш энергияси зичлигининг 10^5 марта, ёки 60 ДБ камайишига кетган вақтга айтилади,

Бу реверберация вақти Эйринг формуласи орқали аникланади ва у:

$$T_p = 0,161 \frac{V}{-\text{Shn}(1 - \alpha_{\text{ўрт}}) + 4 \mu V} \quad (7.9)$$

Бунда: $4\mu V$ – товушнинг ҳавода сўнишини аниқлайди.

Катта бўлмаган хоналар учун ва 1000 Гц паст частоталарда ҳаводаги сўниш коэффициенти $4\mu v$ инobatга олмаса ҳам бўлади. 4000 Гц юқори частоталарда $4\mu v$ асосий ролни ўйнайди ва реверберациянинг стандарт вақти камаяборади.

Ҳисоб-китобларда кўпроқ сўнишнинг реверберация коэффициенти $\alpha' = -\ln(1 - \alpha_{\text{ўрт}})$ фойдаланиладилар. Унда:

$$T_p = 0,161 \frac{V}{\alpha' S + 4\mu V} \quad (7.10)$$

7.3. Акустик нисбат ва эквивалент реверберация

Хонадаги товуш майдонини «туғри» ва «қайтарилган» товуш тўлқинлари йиғиндиси майдони деб қараш мумкин. Қайтарилган товуш тўлқинлари майдонини ҳамма вақт диффузия майдонига яқин дейиш мумкин. Шунинг учун бу майдон таркибини **диффузия майдони таркиби** деб аталади.

Қайтарилган товуш энергияси зичлиги туғри товуш энергияси зичлигига бўлган нисбати

$$R = \frac{\epsilon_{\text{диф}}}{\epsilon_{\text{туғ}}}$$
 ёки
$$R = \frac{P_{\text{диф}}^2}{P_{\text{туғ}}^2} \quad (7.11)$$

акустик нисбат деб аталади.

Товуш манбаигача бўлган $R=1$ масофа **жарангдорлик радиуси** деб аталади. Якка товуш майдони учун жарангдорлик радиуси

$$r_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{\alpha S \Omega_{\text{ж}} R^2(\theta)}{50,3(1-\alpha)}} \quad (7.12)$$

Акустик нисбатнинг ўзгариши реверберация вақти ўзгаришиде эшитилади. Бу эффектни баҳолаш учун **реверберация эквиваленти** тушунчаси киритилган.

$$T_{\text{эки}} \approx \frac{1,2T_p}{1,2 + T_p \lg\left(\frac{\Omega_{\text{м}} + R}{R}\right)} \quad (7.13)$$

Бунда: $\Omega_{\text{м}}$ – микрофоннинг йўналганлик коэффициенти.

Реверберация эквиваленти, товуш манбай ва микрофон жойлашган нукталарга, ҳамда микрофон йўналганлик диаграммасига боғлиқ.

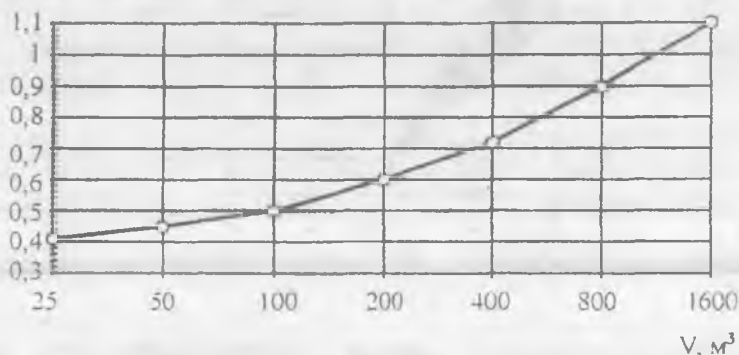
Реверберация эквиваленти товуш манбаига яқинлашган сари камаяди, чунки акустик нисбат камаяди. Акустик нисбат катта бўлган залдаги олис нукталарда, ҳар доим жарангдорлик бошқа нукталардагига нисбатан юқори бўлади.

7.4. Оптимал реверберация вақти. Студиялар

Нутқ студиялари. Нутқ студияларига қўйиладиган асосий талаблардан бири нутқнинг юқори аниқлиги ва ижрочининг нутқ тембрини сақлашдир. Изланиш ва тадқиқотлар шуни кўрсатадики, нутқнинг юқори аниқлиги товуш босими 50 – 80 дБ ва реверберация вақти 1с кам бўлганда эришилади. Нутқ эшиттиришларида студияларда, одатда, 10 кишидан ошмаслигини инобатга олган ҳолда бундай студияларнинг ҳажми айтарли катта бўлмайди. Ўрта частоталарда реверберация вақти 0,4 – 0,8с тавсия этилади. Мусиқа студиялари учун оптимал реверберация вақтини 7.2-расмда келтирилган эгри чизикдан аниқлаш мумкин.

7.2-расм. Реверберация вақтининг нутқ студияси ҳажмига боғлиқлиги

T, с



Шундай қилиб, оптимал акустик шароитларни яратиш учун нутқ студияси қуйидагича бўлмоғи шарт:

- реверберация вақти 0,4 – 0,8с;
- реверберация вақтининг частота тавсифи юқори частоталаргача чизикли бўлмоғи керак.

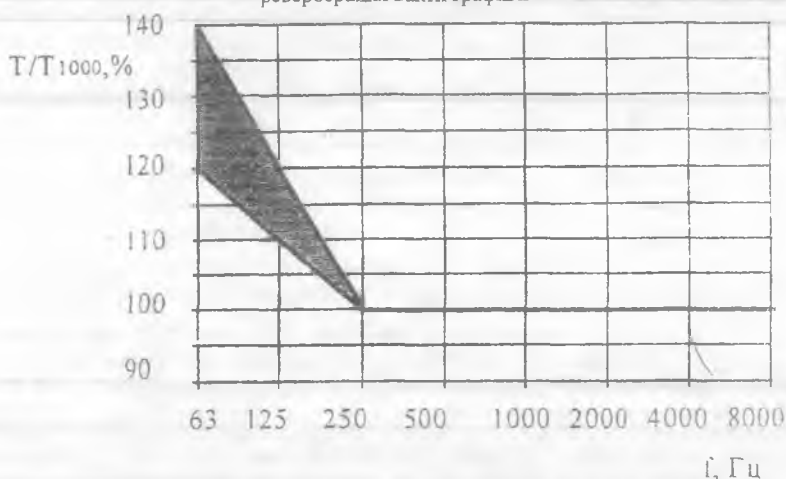
Мусиқа студиялари. Мусиқа асарларининг характерини, эшиттиришда иштирок этаётган ансамбл таркибини инобатга олиб ёзув жараёнидаги оптимал акустик шароитларни яратиш мақсадида мусикаларни эшиттиришда бир неча студиялардан фойдаланилад. Мусиқа студияларининг акустик шароитла-

рини, уларнинг ҳажми 2000 м³ катта бўлганда, оптимал реверберация вақти студия ҳажмига боғлиқ бўлмайди. Бундай студияларда оптимал реверберация вақти мусиқа асарларининг характери билан белгиланади. Оптимал реверберация вақти 1000 Гц частотада:

- замонавий мусиқа учун – 1,48 с;
- классик мусиқа учун – 1,54 с;
- романтик мусиқа учун – 2,07 с ташкил этади.

Кичик ҳажмдаги мусиқа студиялари учун оптимал реверберация вақти 7.3-расмда келтирилган графикдан аниқланади.

7.3-расм. Мусиқа студиялари учун оптимал реверберация вақти графиги



Мусиқа студиялари оптимал реверберация вақти паст частоталарда бироз кўтарилади, бу кўтарилиш тингловчиларнинг эстетик дидига, асосан, паст частоталарни алоҳида ажратиб тинглашлари билан боғлиқ.

Юқорида баён этилган фикрларга асосан, мусиқа студиялари реверберация вақтининг акустик талабларини куйидагича ифодалаш мумкин:

1. Кичик ва ўрта ҳажмдаги мусиқа студияларининг оптимал реверберация вақти 1 – 1,6с бўлиб, студияларнинг ҳажмига нисбатан танланади.

2. Катта ҳажмдаги студияларнинг оптимал реверберация вақти студиянинг ҳажмига камроқ боғлиқ бўлиб, кўпроқ ижро этиладиган мусиқа асарлари характерига боғлиқ. Кўп мақсадли студиялар учун тавсия этиладиган реверберация вақти – 1,7 – 1,8 с.

3. Паст частоталарда оптимал реверберация вақти ўрта частоталардагиларга нисбатан 20 – 40 % кўп бўлиши мумкин.

Телевидение студиялари. Телевидение студиялари радиозиттириш студияларидан фарқли равишда кўпдан-кўп мураккаб декорацияларнинг қўлланилиши билан ажралиб туради. Бу, ўз навбатида, ТВ студияларида кўзгалувчи камера, микрофонлар ва ёритгич асбобларидан фойдаланишни тақозо этади.

Бундай студияларнинг оптимал реверберация вақти ҳақида қуйидагича фикр юритиш мумкин:

– ТВ эшиттиришлари декорацияларнинг тез-тез ўзгариши билан боғлиқ бўлганлиги сабабли умумий товуш тулкини ютилиш фонди ҳам ўзгариб туради.

– ТВ кадри ўзгарганда унга мос ҳолда овоз тавсифлари ҳам ўзгариши лозим. Шунинг учун ТВ студияларининг реверберация тавсифлари сунъий тизимлар ёрдамида бошқарилади. Реверберация вақтини маълум диапазонда бошқариш учун ТВ студиясининг реверберация вақти 0,7 – 0,8 с олинади.

– ТВ студияларда камераларнинг борлиги, хизматчилар, ёритгичлар ва вентиляция асбобларининг нисбатан кўплиги ундаги шовқин сатҳини ошишига сабабчи бўлади. Шу сабабли реверберация вақти амалда эришилиши мумкин бўлган 0,8 – 1,0 с билан чекланилади.

Драматик эшиттиришларнинг кўп қисми мусиқа садолари жўрлигида олиб борилиши сабабли, реверберация вақтини частотага боғлиқ бўлмаслигига интилиш зарур. Шундай қилиб, ТВ студияларида яхши акустик шароит яратиш мақсадида қуйидаги талабларнинг бажарилишига эришиш зарур:

1. Реверберация вақти 0,8 – 1,0 с тенг бўлган ҳолда студия ҳажмига боғлиқ бўлмаслиги керак.

2. ТВ студияларини товуш сўндириш коэффиенти 0,7 – 0,8 тенг бўлган сўндирувчилар билан қайта ишлаш зарур.

3. Реверберация вақти частота тавсифининг чизикли бўлишига эришиш лозим.

4. ТВ студияларини шовқиндан сақланишини тўла таъминлаш зарур.

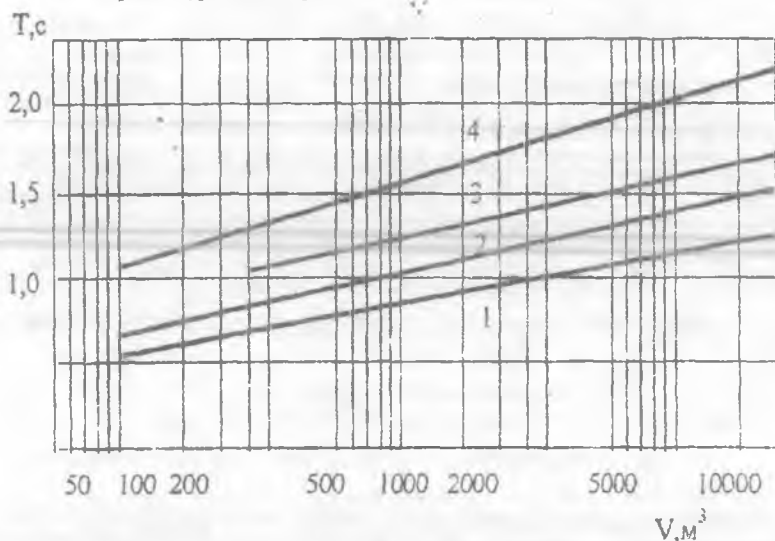
5. ТВ студияларининг реверберация вақтини сунъий тизимлар ёрдамида бошқариш лозим.

7.5. Товуш кучайтириш тизимли заллар

Юқорида кўриб чиқилган оптимал реверберация бўйича барча тахлиллар товуш кучайтириш тизимли залларга ҳам тааллуқли. Аммо товуш кучайтириш тизимларининг мавжудлиги алоҳида шартлар бажарилишини тақазо этади.

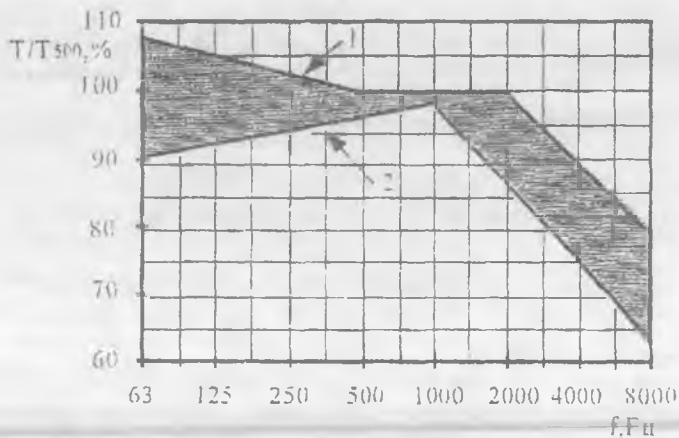
Бундай хоналар учун пастки частоталарда реверберация вақти частота тавсифининг пастки частоталарда кўтарилиши мумкин эмас, чунки бунда кучайтириш тизимининг баркарорлиги бузилади.

7.4- расм. Турли хоналар учун 500 Гц оптимал реверберация вақти



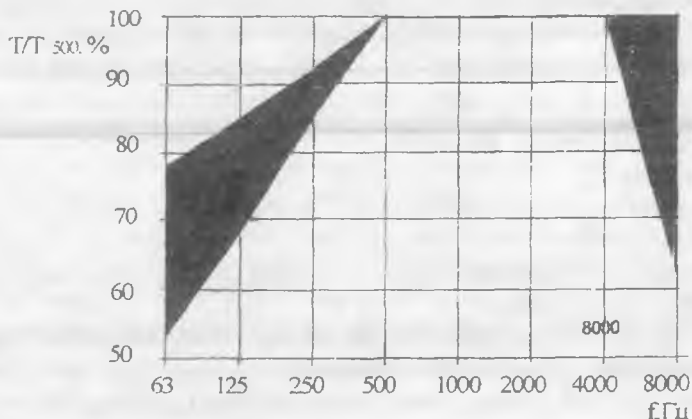
1 – аудиториялар, кинотеатрлар, мажлис заллари; 2 – театрлар; 3 – концерт заллари; 4 – орган мусика заллари.

7.5-расм. Мусика заллари учун реверберация вакти
частота тавсифлари



1 – органли заллар; 2 – бошка мусика заллари.

7.6-расм. Кинотеатрлар, мажлис заллари учун реверберация
вакти частота тавсифлари



7.4-расмда 500 Гц частотада оптимал реверберация вақтининг хона ҳажмига боғлиқлиги, 7.5 ва 7.6 расмларда эса, реверберация вақтининг частота тавсифлари келтирилган.

Стереофоник тизимлар қўлланилиши керак бўлган залларда реверберация вақтини 10 – 20% камайтириш керак.

Кинотеатр заллари реверберация вақтининг нисбатан кичиклиги, бу залларда эшиттириладиган фонограммаларда шу фонограммалар ёзилган хонанинг реверберация вақти мавжуд. Шунинг учун кинозал реверберациясига фонограмма реверберацияси қўшилади.

7.6. Зал акустикасини субъектив баҳолаш усуллари

Зал акустикасини субъектив баҳолаш ҳар қандай субъектив баҳолаш каби қийин ва мураккабдир. Субъектив баҳолашнинг қийинлиги, биринчидан, эшиттиришларнинг хусусиятлари билан боғлиқ бўлган тушунча ва ибораларнинг йўқлиги; иккинчидан, шу вақтгача олинган субъектив баҳолашни объектив натижалар билан солиштириш имконияти йўқлиги.

Залларнинг субъектив тавсифларини ўрганиш билан Л. Беранек шуғулланган. У залларнинг мусика-акустик сифатини баҳолашнинг 18 кўсаткичини ажратди. Улардан айримларини кўриб чиқамиз.

Тоннинг тўлалиги (жарангдорлиги). Мусика асбобининг ижроси тугагандан сўнг студия ёки концерт залида товуш тахминан 1 – 2 с давом этиши мумкин. Тоннинг тўлалиги қайтарилган ва тўғри товушлар баландлигининг нисбати ва реверберация вақтининг биргаликдаги таъсирига боғлиқ. Қайтарилган товуш баландлигининг тўғри товуш баландлигига нисбати қанчалик катта бўлса, тоннинг тўлалиги шунчалик кўп бўлади.

Товуш янграшининг аниқлиги мусика омиллари ҳамда хона акустикаси тавсифлари билан баҳоланади. Мусика янграшининг икки турдаги аниқлиги

Мавжуд, яъни оҳангдаги кетма-кет тонларнинг горизонтал янграш аниқлиги ва бир вақтда янграйдиган вертикал янграш аниқлиги.

Горизонтал аниқликка мусика омилларидан ижро суръати ва ижрочининг маҳорати таъсир этади. Вертикал аниқликка

эса, мусиканинг хусусиятилари, бир вақтда янграши керак бўлган тонларни танлаш, жрочилар маҳорати ва тингловчиларга боғлиқ.

Товуш интимлиги мусиқа ижро этилаётган хонада тингловчининг катнашуви, яқинлиги унга хонанинг ўлчамлари ҳақида тасаввур ҳосил қилишида ёрдам беради.

Интимлик хонада биринчи қайтган сигналнинг кечикиш вақти билан белгиланади.

Интим акустикага эга бўлган залларда қайтарувчи тўсиқлар шундай тузилганки улардан қайтган товуш тўлқинлари 20 м/с оралиқда кечикиб келади.

Товушнинг илиқлиги (бас тонининг тўлиқлиги) бас тонининг жарангдорлиги ўртача тон жарангдорлигидан фаркланиши билан аниқланади. Товушнинг илиқлиги паст частоталардаги реверберация вақти ўртача частоталардаги реверберация вақтига тенг ёки бир мунча каттароқ бўлгандагина содир бўлади.

Тўғри товуш баландлиги саҳнадан узоқлашган сари камаяди. Мусиқачиларни тўғридан-тўғри эшитиш оптимал масофаси 18 м ва солистлар учун 6 – 15 м бўлгани маъқул.

Товуш баланси мусиқа омиллари ва акустик характерга эга бўлган кўпдан-кўп кўрсаткичларнинг биргалиқдаги натижалари билан таъминланади. Товуш баланси саҳна олди фазонинг хусусиятларига, оркестр ижрочиларининг жойлашиши, дирижер ва ижрочиларнинг маҳоратига боғлиқ.

Ансамбль. Алоҳида мусиқа партияларини ритмик аниқ ижро этиш, мусиқа ижрочилари бир-бирларини қандай эшитишларига боғлиқ. Шундай қилиб, ансамблнинг сезиши акустик нуқтаи назаридан саҳна конструкцияси ёки оркестр яқинидаги қайтарувчи юзага боғлиқ.

7.7. Товуш ютувчи материаллар ва уларнинг конструкциялари

Хона ичини қайта ишлаш учун қўлланиладиган материалларнинг товуш ютиш коэффициенти, одатда, кичик.

Шунинг учун хоналарда, оптимал акустик шароит яратиш мақсадида махсус яратилган материаллар ва конструкциялардан фойдаланилади. Улар (абсорбентлар) юқори товуш ютиш хусусиятига эга.

Товуш ютувчи материалларни ишлаш принципига қараб икки гуруҳга бўлиш мумкин: ғовакли ва резонансли.

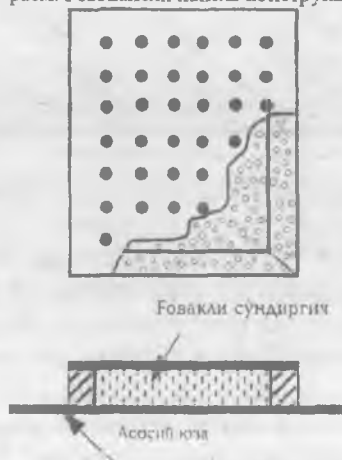
Ғовакли материаллар. Бу гуруҳга барча ғовакли турдаги материаллар киради: сиртини қоплайдиган плиталар, турли толалардан тайёрланган тўшаклар – шиша толали, минерал толали, капрон ва б. акустик сувок, турли драпировкалар, гиламлар ва ҳ. к.

Ғовакли материалларнинг товуш энергиясини ютиши, асосан, ғовакларда товуш заррачаларининг силжишидаги ишқаланиши ва материал скелетининг деформацияланишидаги ички ишқаланиш билан белгиланади.

Қаттиқ тўсиқдан товуш тўлқини қайтганда, унинг юзасида босим дўнглиги (тушаётган ва қайтаётган тўлқинлар босими кўшилади) тебраниш тезлигининг тугуни ҳосил бўлади. Тушувчи ва қайтувчи тўлқин тебранишлари тезлигининг фазалари 180° силжийди. Тебраниш дўнглиги қаттиқ юзадан $\lambda/4$ масофада пайдо бўлади.

Резонансли товуш ютгичлар. Резонансли товуш ютгичлар пластина каби тебранувчи резонаторли кўринишда ёки ҳаво резонаторлари турида тайёрланади. Бу турдаги конструкциялар товуш энергиясини паст ва ўрта частоталарда ютилишини таъминлайди.

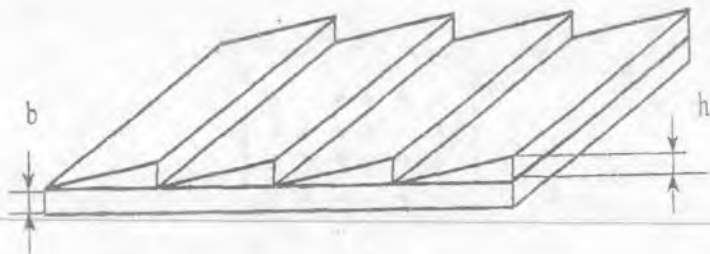
7.7-расм. Резонансли панель конструкцияси



7.8-расм. Бекеши шити конструкцияси



7.9- расм. Аррасимон резонансли панел эскизи



b – каркас қалинлиги, h – очилиш баландлиги.

Резонансланувчи панеллар. Резонансли панелларнинг конструкцияси 7.7-расмда кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, асосий балка юзаси билан фанера ёки клеёнкадан тайёрланган пластина ўртаси бўшлиқ. Агарда, юзага тушаётган товуш тўлкини частотаси пластинанинг хусусий частотасига мос келса, пластинанинг тебраниш амплитудаси максимал бўлади. Бу ҳолда пластинанинг эгилишида материалдаги ички ишқаланиш натижасида содир бўлган энергия йўқолиши ҳам максимал бўлади. Конструктив тузилишни ўзгартириш йўли билан унинг резонанс частотасини пастки частота томон силжитиш мумкин. Бундай конструкциянинг сўндириш коэффициенти катта эмас. Бу коэффициентни ошириш мақсадида, пластина ва балка ўртасидаги бўшлиқ ғовак материал билан тўлдирилади (масалан, минерал ёки шиша тола). Резонансли панеллар Бекеши шитлари (7.8-расм) номи билан ҳам машҳур. Бундай конструкциялар, одатда, фанера ёки рамага клеёнка тортилиб ясалади.

Резонансли панеллар кўп ҳолларда аррасимон конструкцияларда (7.9-расм) ясалади.

Перфорацияланган конструкциялар. Бу турдаги конструкциялар резонансланувчи панелларга ўхшаш. Рамага қопланган фанерада тешиқлар (перфорация) бўлиб, ҳар бир тешиқ унинг ичидаги ҳаво билан Гельмгольц резонаторидек ишлайди. Бундай резонаторнинг резонанс частотасини паст ва ўрта частоталарда фанера қалинлигини, тешиқ диаметрини, тешиқлар оралиғини ҳамда тўсик ва конструкция ораликларини ўзгартириш йўли билан силжитиш мумкин.

Материал ва конструкцияларнинг ютиш коэффициенти турлича бўлгани учун белгиланган товуш ютиш фондига эришиш учун турли хилдаги сўндиргичлардан фойдаланилади.

Хонани акустик қайта ишлашда, уларда диффузия товуш майдони ҳосил қилиш учун товуш сўндирувчи материал ва конструкцияларни ўзаро алмашлаб шоҳмот доскаси каби жойлаштириш зарур.

7.8. Хоналарнинг товуш изоляцияси

Студия, театр, концерт заллари ва аудиторияларнинг нормал фаолият кўрсатиши кўп жиҳатдан уларнинг турли хилдаги акустик шовқинлардан сақланишига боғлиқ.

Шовқинлар хонага турлича йўллар билан ўтиши мумкин:

– биринчидан, бино корпусининг силжиши натижасида, ён-верида ишлаётган транспорт воситаси, станоклар, вентиляция қурилмалари ва б.;

– иккинчидан шовқинларнинг хона конструкцияси тўсиқларидан ўтиши натижасида.

Бино корпусини ер қатлами вибрациясидан изоляциялаш мақсадида бино атрофида «акустик чок» (шлак, кум тўлдирилган ғов) қазилади. Бино корпусини вибрациялардан сақлаш мақсадида турли хилдаги эластик кистирмалар қўлланилади ҳамда бинонинг биринчи қавати фундаментлари рессорлар ёрдамида ажратилади. Тўсиқлардан ўтадиган шовқинларни камайтириш мақсадида уларни ва бостирмаларни ғоваксиз бўлишига эришиш, зич ўрнатиш ва ҳ. к. тадбирларни кўриш лозим.

7.9. Радиоэшиттириш студиялари реверберация вақти частота тавсифининг акустик ҳисоби

Маълумки, овоз эшиттириш электр канали уч трактдан: эшиттириш дастурларини шакллантириш тракти, дастурларни бирламчи ва иккиламчи тақсимлаш трактларидан иборат.

Дастурларни шакллантириш тракти тизимнинг бош участкаси бўлиб, аппарат: студия комплекслари, эшиттириш аппарат хонаси, марказий аппарат, трансляция аппарат, овоз ёзиш аппарат хоналари ва бошқа хизмат хоналаридан иборат. Овоз эшиттиришнинг сифати кўп жиҳатдан овоз, эшиттириш студияларининг тўғри лойиҳаланаши ва уларнинг акустик кўрсаткичларига боғлиқ. Студиялар студия — электр тракти — тингловчи хонаси тизимига кирувчи бошланғич (бирламчи) хонадир, шунинг учун унинг оптимал тавсифлари оддий хона оптимал тавсифларидан фарқ қилади.

Студия — мусика ва бошқа турдаги дастурларни ижро этиш учун мўлжалланган махсус хона. Радио ёки телевидение дастурларини яратиш бир-биридан фарқ қилганидек, радио-эшиттириш ва телевидение студиялари белгиланиши бир хил бўлгани билан, қурилиши, ички жиҳозланиши, эшиттиришларнинг мазмуни ва жуда кўп ажримлари билан фарқланади.

Овоз эшиттириш студиялари қурилиши бўйича мураккаб ва қиммат иншоотлардир. Студия конструкцияларининг мураккаблиги ва қимматлилиги уларга қўйилган талаблар билан белгиланади, булар: студияларнинг ўлчамлари ва шаклини тўғри танлаш, товуш изоляцияси, ёритилганлиги, вентиляцияси ва бошқаларни таъминлашдан иборат. Товуш изоляциясини яхши таъминлаш мақсадида, студиялар магистрал йўл ва кўчалардан узок жойларда қурилади.

Студияларни ёнма-ён жойлаштириш тавсия этилмайди, улар ўртасида шовкин сатҳи паст (тинч) бўлган хоналар жойлаштирилади. Кўп студиялар учун бинонинг подвал ва биринчи қаватлари маъқул. Студияларнинг фундаментлари бинонинг умумий фундаментида товуш ва виброизоляция материаллари билан ажратилган ва фундаментлар оралиғи ғовак чиқиндилар билан тўлдирилган бўлиши керак. Радио-уйлар ва студияларнинг деворлари алоҳида бўлиб қути ичида қути турида бир-бири билан мустақкам туташмай оралиғи товуш сўндирувчи материаллар билан тўлдирилади. Студияларнинг ҳар бир девори ажратилган фундаментли амортизаторларга таянади. Поли эса деворлар билан туташмай «сузувчи» конструкция турида бажарилади. Студияга зич ёпила-

диган вазмин эшикли тамбур орқалии кирилади. Студияларда меёрланган шовқин сатҳи 20 – 25 дБ га тенг, бу кўрсаткич сигимли микрофонларнинг хусусий шовқин сатҳидан салгина юқори. Энг катта шовқин сатҳи студиянинг аппарат хонасида содир бўлиб, бу хонадаги кузатув ойнаси уч қават бўлишига қарамай унинг изоляцияси етарлича эмас. Бу эса қўшимча чора-тадбирлар кўришни талаб этади. Шу ва бошқа талабларнинг бажарилиши студиянинг яхши акустик хусусиятларини таъминлайди. Студиянинг асосий сифат кўрсаткичларидан бири реверберация вақтининг частота тавсифи бўлиб, уни ҳисоблаш синчковлик, дид ва кўп вақтни талаб этади. Овоз эшиттириш студияларини лойиҳалаш ва акустик параметрларини ҳисоблашдаги яна бир қийнчилик бу, янги адабиётларнинг йўқлиги, мавжуд адабиётлар эса ноёб ва талабларга жавоб бермайди. Ушбу ахборот студияларнинг реверберация вақти тавсифини ҳисоблашни дастурлашга бағишланади.

Студияларнинг яхши акустик хусусиятлари, аввало, унинг ўлчамлари «олтин кесим» қонуни нисбатлари $h:V:l = 1:1,6:2,6$ ажарилиши билан, белгиланади.

Студиянинг стандарт реверберация вақти Сэбиннинг содда-лаштирилган формуласи бўйича ҳисобланади:

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{\alpha_{урт} \cdot S_{\Sigma}} = \frac{0,161 \cdot V}{A}, \text{ с}$$

Бу ерда:

$A = \alpha_{урт} \cdot S_{\Sigma}$ – умумий сўндириш коэффициенти;

0,161 – ўзгармас коэффициент;

V – студиянинг ҳажми, м^3 ;

$\alpha_{урт}$ – ўртача товуш сўндириш коэффициенти;

S_{Σ} – студия ички деворларининг умумий юзаси, м^2 .

2000 Гц ва ундан юқори частоталарда товушни ҳавода сўниши катта аҳамиятга эга, шунинг учун реверберация вақти Эйринг формуласи билан ҳисобланади

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{- S_{\Sigma} \ln(1 - \alpha_{урт}) + 4 \mu V}, \text{ с}$$

Бунда: μ – товушни ҳавода сўниш коэффиценти, u 1000 Гц паст частоталар учун нольга тенг.

Ҳисоблар товуш сўндирувчи материалларни танлаш билан бажарилади. Ҳисоблаш дастури икки хил ҳажмдаги радиоэшиттириш студиялари учун қўлланилади. Ҳисоблар натижаси 7.1 ва 7.2-жадвалларда келтирилган. Чизилган реверберация вақти частота тавсифи (7.10 – 7.11-расмлар) шуни кўрсатадики, ҳисобланган частота тавсифлари берилган реверберация вақтининг белгиланган оралигидаги оғиш $\pm 10\%$ дан кўп эмас.

Хона

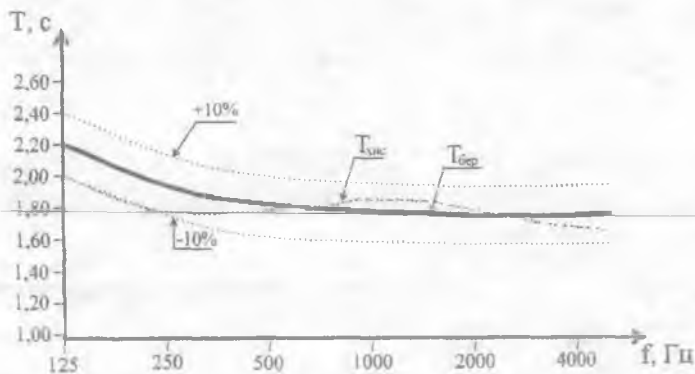
| |
|------------------------------------|
| $S_{\text{пол}} = 416 \text{ м}^2$ |
| $V = 4160 \text{ м}^3$ |
| $S_{\text{дев}} = 840 \text{ м}^2$ |
| $S_{\text{шиш}} = 416 \text{ м}^2$ |

| |
|----------|
| $l = 26$ |
| $b = 16$ |
| $h = 10$ |

7.10-расм.

Тавсия этилган реверберация вақтининг частота тавсифи

| Товуш сундирувчилар | Частота, Гц | | 125 | | 250 | | 500 | | 1000 | | 2000 | | 4000 | |
|---------------------------------|-------------|----------------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
| | ЮТ. коэф | ЮТ. юза, сом | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A |
| Ютилатмасой фонди Ижрочилар | 100 | киши | 0,28 | 28,00 | 0,40 | 40,00 | 0,45 | 45,00 | 0,49 | 49,00 | 0,47 | 47,00 | 0,45 | 45,00 |
| Асбооблар | 100 | дона | 0,23 | 23,00 | 0,26 | 26,00 | 0,26 | 26,00 | 0,29 | 29,00 | 0,32 | 32,00 | 0,36 | 36,00 |
| Гўлам | 110 | м ² | 0,12 | 12,00 | 0,14 | 14,00 | 0,23 | 23,00 | 0,32 | 32,00 | 0,38 | 38,00 | 0,42 | 42,00 |
| Бўш пол | 270 | м ² | 0,02 | 2,40 | 0,025 | 2,75 | 0,03 | 3,10 | 0,04 | 4,08 | 0,04 | 4,80 | 0,04 | 4,80 |
| Бўш диворлар ва шип | 397,5 | м ² | 0,01 | 3,98 | 0,01 | 3,98 | 0,02 | 7,95 | 0,02 | 7,95 | 0,03 | 11,93 | 0,03 | 11,93 |
| Кўтиш ойнаси | 3 | м ² | 0,35 | 1,05 | 0,25 | 0,75 | 0,18 | 0,54 | 0,12 | 0,36 | 0,07 | 0,21 | 0,04 | 0,12 |
| Акустик зипилар | 10,5 | м ² | 0,30 | 3,15 | 0,30 | 3,15 | 0,30 | 3,15 | 0,40 | 4,20 | 0,40 | 4,20 | 0,40 | 4,20 |
| Вентиляция пиллараси | 4 | м ² | 0,30 | 1,20 | 0,42 | 1,68 | 0,50 | 2,00 | 0,50 | 2,00 | 0,50 | 2,00 | 0,50 | 2,00 |
| Кўшимча ютиш фонди | | | | | | | | | | | | | | |
| Перфорация иялц рамкалар | 100 | м ² | 0,18 | 18,00 | 0,32 | 32,00 | 0,36 | 36,00 | 0,36 | 36,00 | 0,35 | 35,00 | 0,33 | 33,00 |
| Перфорация калц рамкалар | 180 | м ² | 0,2 | 36,00 | 0,46 | 82,80 | 0,58 | 104,40 | 0,52 | 93,60 | 0,41 | 73,80 | 0,31 | 55,80 |
| Перфорация калц рамкалар | 80 | м ² | 0,47 | 37,60 | 0,47 | 37,60 | 0,36 | 28,80 | 0,28 | 22,40 | 0,25 | 20,00 | 0,27 | 21,60 |
| Яришчиландлар | 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 |
| Яришчиландлар | 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 |
| Яришчиландлар | 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 |
| Егоч панел | 120 | м ² | 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% хисобга олинмаган мевериялар | | | | 15,26 | | 18,66 | | 19,80 | | 19,10 | | 19,60 | | 20,40 |
| Товушнинг ҳавода сунishi | | | | | | | | | | | | 33,20 | | 70,00 |
| $A_{\text{хисоб}}$ | | | | 341,54 | | 391,87 | | 416,39 | | 380,31 | | 389,79 | | 410,65 |
| $T_{\text{хисоб}}$ | | | | 1,96 | | 1,71 | | 1,61 | | 1,76 | | 1,72 | | 1,63 |
| $T_{\text{бер}}$ | | | | 2,20 | | 1,85 | | 1,70 | | 1,70 | | 1,70 | | 1,70 |
| $A_{\text{бер}}$ | | | | 304 | | 361 | | 393 | | 393 | | 316 | | 252 |



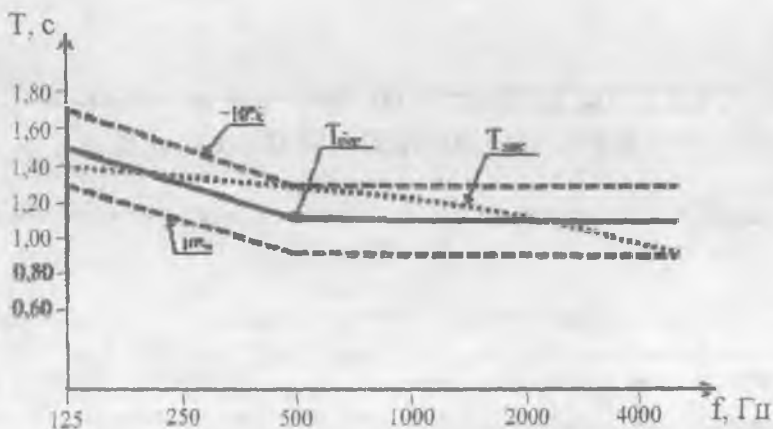
Хона

7.2-жадвал

| | |
|------------------------------------|--------------------|
| $S_{\text{псл}} = 104 \text{ м}^2$ | |
| $V = 520 \text{ м}^3$ | $l = 13 \text{ м}$ |
| $S_{\text{лев}} = 210 \text{ м}^2$ | $b = 8 \text{ м}$ |
| $S_{\text{шип}} = 104 \text{ м}^2$ | $h = 5 \text{ м}$ |

| Товуш сундурувчилар | Частота, Гц | | 125 | | 250 | | 500 | | 1000 | | 2000 | | 4000 | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | ЮТ. коэфф. юза, сон | ЮТ. коэфф. юза, сон | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A | $\alpha_{\text{урт}}$ | A |
| Ютилиш асосий фонди | | | | | | | | | | | | | | |
| Ижрочилар | 20 | кяши | 0,28 | 5,50 | 0,40 | 8,00 | 0,45 | 9,00 | 0,49 | 9,80 | 0,47 | 9,40 | 0,45 | 9,00 |
| Асбоблар | 20 | дона | 0,23 | 4,60 | 0,26 | 5,20 | 0,26 | 5,20 | 0,29 | 5,80 | 0,32 | 6,40 | 0,36 | 7,20 |
| Гилтам | 60 | м^2 | 0,12 | 7,20 | 0,14 | 8,40 | 0,23 | 13,80 | 0,32 | 19,20 | 0,38 | 22,80 | 0,42 | 25,20 |
| Буш пол | 44 | м^2 | 0,02 | 0,88 | 0,025 | 1,10 | 0,03 | 1,32 | 0,04 | 1,76 | 0,04 | 1,76 | 0,04 | 1,76 |
| Бун деворлар ва шип | 230 | м^2 | 0,01 | 2,30 | 0,01 | 2,30 | 0,02 | 4,60 | 0,02 | 4,60 | 0,03 | 6,90 | 0,03 | 6,90 |
| Курши ойяси | 1 | м^2 | 0,35 | 0,35 | 0,25 | 0,25 | 0,18 | 0,18 | 0,12 | 0,12 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,04 |
| Ақстик зилкалар | 2,0 | м^2 | 0,30 | 0,60 | 0,30 | 0,60 | 0,30 | 0,60 | 0,40 | 0,80 | 0,40 | 0,80 | 0,40 | 0,80 |
| Вентилацин ганжараси | 2 | м^2 | 0,30 | 0,60 | 0,42 | 0,84 | 0,50 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 0,50 | 1,00 |
| Кушамча юттиш фонди | | | | | | | | | | | | | | |
| Перфораци яли рамкалар | 19 | м^2 | 0,18 | 3,42 | 0,32 | 6,08 | 0,36 | 6,84 | 0,36 | 6,84 | 0,35 | 6,65 | 0,33 | 6,27 |
| Перфорацияли рамкалар | 33 | м^2 | 0,2 | 6,60 | 0,46 | 15,18 | 0,58 | 19,14 | 0,52 | 17,16 | 0,41 | 13,53 | 0,31 | 10,23 |
| Яришциндрлар | 25 | м^2 | 0,38 | 9,50 | 0,28 | 7,00 | 0,3 | 7,50 | 0,21 | 5,25 | 0,16 | 4,00 | 0,13 | 3,25 |
| Егоч панел | 40 | м^2 | 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% ҳисобга олинмаган материаллар | | | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 | | 4 |
| Товушнинг ҳавода сузиши | | | | | | | | | | | | 4,16 | | 14,55 |
| | | $A_{\text{хисоб}}$ | | 59,25 | | 66,55 | | 77,18 | | 79,93 | | 86,27 | | 94,61 |
| | | $T_{\text{хисоб}}$ | | 1,41 | | 1,26 | | 1,06 | | 1,05 | | 0,97 | | 0,88 |
| | | $T_{\text{бер}}$ | | 55,8 | | 69,7 | | 83,7 | | 83,7 | | 83,7 | | 70 |
| | | $A_{\text{бер}}$ | | 1,50 | | 1,20 | | 1,00 | | 1,00 | | 1,00 | | 1,00 |

7.11-расм. Ҳисобланган реверберация вақтининг частота тавсифи



Олинган натижалар шуни кўрсатдики дастур, эшиттириш студияларини лойиҳалаш ва акустик тавсифларини ҳисоблашда қўл келади, ўқув жараёнига татбиқ этиш эса талабаларга қулайлик туғдиради.

Назорат саволлари:

1. Қандай майдонларга диффузия майдони дейилади?
2. Хонадаги товуш тўлкинининг ўртача вақти, ўртача эркин югуриш узунлиги тушунчаларини тушунтиринг.
3. Тўлкиннинг ўртача эркин югуриш вақти қандай аниқланади?
4. Товуш ютилишнинг ўртача коэффиценти қандай аниқланади?
5. Реверберациянинг стандарт вақтига таъриф беринг.
6. Эйринг ва Сэбин формулаларини тушунтиринг.
7. Акустик нисбат ва реверберация эквиваленти тушунчаларини тушунтиринг.
8. Товуш сўндирувчи материалларнинг қандай турларини биласиз?
9. Студияларни акустик ҳисоблаш услубини тушунтиринг.

VIII БОБ. ОВОЗЛАШТИРИШ ВА ТОВУШ КУЧАЙТИРИШ ТИЗИМЛАРИ

8.1. Овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимларининг вазифалари

Товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимлари куп мақсадли залларда ва очик майдонлар, истирохат боғлари, стадионлар, спорт майдончаларида нотик, ижрочи, хонанда ва муסיқа асбобларининг товуш сигналларини кучайтириш талаб этилади. Товуш кучайтириш тизимлари қачонки, бирламчи сигнал қуввати (нотик, ижрочи, муסיқачи ва б.) тингловчилар эгаллаган ерда етарлича қувватда сигнал сатҳи ҳосил қила олмаганда қўлланилади. Акустик шароитлари нормал, ҳажми 2000 м³ зиёд ва тингловчиларгача бўлган масофа 25 м дан ортик бўлган залларда товуш кучайтириш тизими ишлатилади. Шовқин сатҳи юқори ва товуш сўндирилиши камрок бўлган кичик ҳажмдаги хоналарда ҳам товуш кучайтириш тизими қўлланилиши мумкин.

Товуш кучайтириш тизимининг овозлаштириш тизимидан фарқи шундаки, товуш кучайтириш тизимида радиокарнай нурлатаётган кучайтирилган товуш майдонида микрофон жойлаштирилади, натижада акустик тескари боғланиш деб аталувчи жараён кузатилади. Шунинг учун товуш кучайтириш тизими потенциал барқарор эмас ва айрим шароитларда генерация режимига ўтиши ҳам мумкин.

Овозлаштириш майдонида радиокарнайларнинг жойлаштирилишига боғлиқ ҳолда товуш кучайтириш ва овозлаштириш: бир жойга тўпланган, зонал ва тақсимланган тизимларга бўлинади.

8.2. Товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимларига қўйиладиган талаблар

Товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимлари белгиланишига қараб, фақат умумий талабларгагина (ҳосил кила оладиган овоз эшиттириш частота полосаси, частотали ва ночизикли бузилишлар) эмас, айрим махсус талабларга ҳам жавоб бериши керак. Айрим ҳолда овозлаштирилаётган майдонда товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизими товуш майдонининг зарурий сатҳни, унинг белгиланган нотекислигини, эшиттириш узвийлигини, товуш манбаларини локаллаш, нуткнинг аниқлигини таъминлаши керак.

Тўғри, товуш ҳисобига ҳосил бўлган майдоннинг зарурий сатҳи $N_{тўғри}$ товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимларининг белгиланишига боғлиқ. Юқори сифатли тизимлар кичик шовқин сатҳ – 40 – 45 дБ ишлайди. Бундай тизимларда максимал акустик сатҳ ($N_{тўғри}$) бирламчи сигнал манбаининг табиий жарангдорлиги билан аниқланади. Шунинг учун мусика дастурларини эшиттирганда тингловчи ўтирган жойда $N_{тўғри} = 90 - 94$ дБ, нутқ кучайтиришда эса 80 – 86 дБ босим сатҳини таъминлаш зарур бу, тахминан 1 – 1,5 м масофада нотик яратаётган акустик сатҳга тўғри келади.

Товуш майдони нотекислиги $\Delta N_{тўғри}$ – овозлаштириладиган майдондаги максимал ва минимал акустик сатҳлар фарқи. Мусикани қайта эшиттиришда нотекислик $\Delta N_{тўғри} \leq 6$ дБ қабул қилинса, нутқни қайта эшиттиришда $\Delta N_{тўғри} \leq 8$ дБ қабул қилинади.

Товуш янграшининг туташлиги – сезиларли ёки ҳалақит берувчи акс садонинг бўлмаслиги. Товуш янграшининг туташлиги турли вақтга кечикувчи тўғри ва кечикадиган сигнал сатҳларининг маълум нисбати билан таъминланади.

Товуш манбаларини локаллаш – туюладиган товуш манбаини кулоқ солиб ҳис этилиши. Товушларнинг янграши, қўриш таъсирчанлиги, эшитиш таъсирчанлигига мос бўлган-

да, энг яхши қабул қилинади. Овозлаштиришнинг куйидаги тизимлари мавжуд:

1. Бир жойга тўпланган тизим;
2. Зонал тизим;
3. Таксимланган тизим.

8.3. Бир жойга тўпланган тизим

Агарда товуш сигнали тингловчиларга бир нуқтадан келса, у бир жойга тўпланган тизим деб аталади. Бу тизим кўриш таъсирчанлигини эшитиш таъсирчанлигига яхши боғлайди.

Бу тизим кўпинча берк хоналарда қўлланилади:

А) Радиокарналар юқорида жойлаштирилган пештоқ, тизими (8.1-расм), бу тизим ўлчамлари катта бўлмаган залларда, қачонки сахна тепасидаги дарчада катта пештоқ бўлса ёки йўналтирилган нурлатгич (радиокарнай)ларни сахнаолди соябонидаги токчага ўрнатиш имконияти бўлганда қўлланилади;

Б) Радиокарнайлар ён томонга жойлаштирилган пештоқ тизими (8.1-б расм) бу тизим ўлчамлари катта бўлмаган залларда, сахна тепасида тешик пештоқлари бўлган залларда қўлланилади.

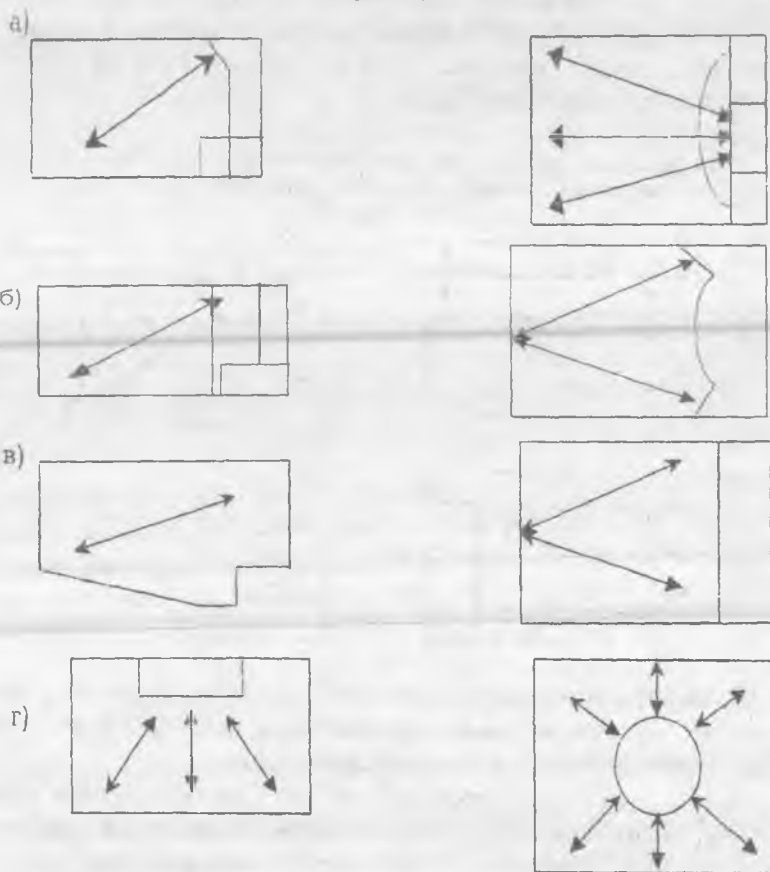
Бундай тизим тик амфитеатрли ва балконли залларни овозлаштириш учун жуда қулай.

В) Ён деворларга йўналтирилган нурлатгичларни ўрнатиш тизими (8.1 в расм) бу тизим, сахна тешигида пештоқ бўлмаганда ёки очик эстрадада қўлланилади. Радиокарнайлар залда сахна олди баландликда ёки сахнадан нарироқда кронштейнларга ёки махсус токчаларга ўрнатилади.

Г) Нурлатгичлар марказда жойлаштирилган тизим (8.1-г расм) бу тизим тингловчилар маълум белгиланган ўринга эга бўлмаган ҳолларда (ракс, кўргазма заллари ва б.) ёки тингловчилар залнинг марказий қисми атрофида (цирк) ўтирганларида қўлланилади. Радиокарнайлар марказда жойлаштириладиган товуш кучайтириш тизимлари эса микрофонлар

залнинг марказий қисмида жойлаштирилгандагина, қўлланадими мумкин.

8.1-расм. Бир жойга тупланган тизим ва уларни жойлаштириш вариантлари



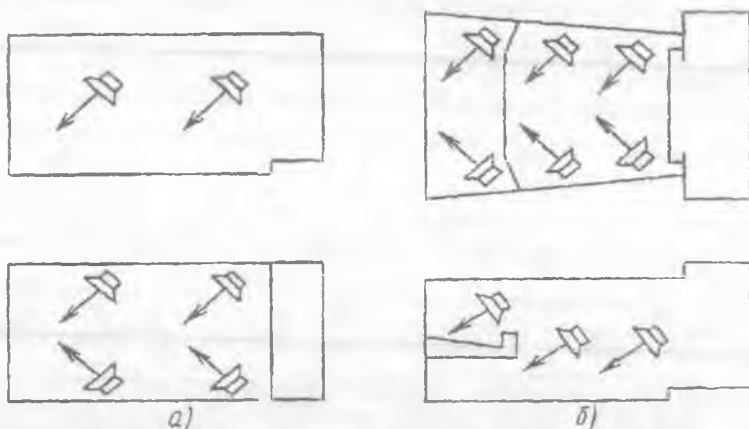
а) пешток марказида; б, в) пешток ён деворларида; г) зал марказида.

8.4. Зонал тизимлар

Зонал тизимларда овозлаштирувчи майдон бир неча зоналарга бўлинади, ҳар бир зона товуш майдони алоҳида радиокарнайлар ёки бир-бирига яқин жойлаштирилган гуруҳли радиокарнайлар ёрдамида эришилади (8.2- расм).

Бу тизимлар катта майдонларни, очик жойларни: истироҳат боғлари, ишлаб чиқариш корхона майдонлари, кўчаларни овозлаштиришда қўлланилади.

8.2-расм. Радиокарнайларнинг деворга жойлаштирилиши (а), балконни овозлаштириш учун деворга қўшимча нурлатгичларни зона тизимида жойлаштириш (б)



Радиокарнайлар шундай жойлаштирилиши керакки, уларнинг овозлаштириш зоналари қисман бир-бирини қопласин ва барча овозлаштириш юзасини қамраб олсин.

Товуш майдони нотекислигини ҳисоблаганда қўшни майдонча чегараларидаги товуш майдони сатҳи, иккита радиокарнай нурланишининг қўшилиши натижасида, бир радиокарнай нурлатаётган акустик сатҳга нисбатан 3 дБ ёки 1.41 марта ошиши ҳисобига олинади. Шу билан баробар, майдон бурчакларида тўрт радиокарнай нурланиши қўшилади, шунинг ҳисобига акустик сатҳ 6 дБ га ошади. Зона чегаралари бўйлаб акустик сатҳ деярли ўзгармайди. Ҳар бир зона ичидаги товуш колонкаси учун акустик сатҳ қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{тов}}^2 = P_{\text{тов1}}^2 / h^2 \quad (8.1)$$

Радиал радиокарнай учун:

$$P_{\text{тов}}^2 = P_{\text{тов1}}^2 / (h^2 + C^2) \quad (8.2)$$

Бир жойга түпланган мураккаб тизимлар учун радиокарнайларнинг текширилатган нукталаридаги нативавий товуш босими:

$$P_{\Sigma \text{тов}} = \sqrt{P_{\text{тов1}}^2 + P_{\text{тов2}}^2 + \dots} \quad (8.3)$$

Овозлаштириш нотекислиги:

$$\Delta N_a = 20 \lg \left(\frac{P_{\text{тов } \Sigma \text{ max}}}{P_{\text{тов } \Sigma \text{ min}}} \right) \quad (8.4)$$

Бу ерда $P_{\text{тов } \Sigma \text{ max}}$ ва $P_{\text{тов } \Sigma \text{ min}}$ — максимал ва минимал товуш босими.

Овозлаштиришнинг зонал тизимларида айрим радиокарнайларнинг акс садоланиш эхтимоли бор. Акс садо товуш эшиттиришни бузади, шу боис айрим зона майдонлари учун яқинда ва узокда жойлашган радиокарнай босим сатхлари айирмасини ва сигналларнинг кечикиш вақтини ҳисобга олишга тўғри келади. Одатда, бундай ҳисоблар товуш колонкалари ва рупорли радиокарнайлар қўлланилганда бажарилади.

8.5. Таксимланган тизимлар

Овозлаштиришнинг таксимланган тизимлари деб, товуш тингловчиларга бир ёки бир неча радиокарнайлардан бир хил сатҳда келишига айтилади.

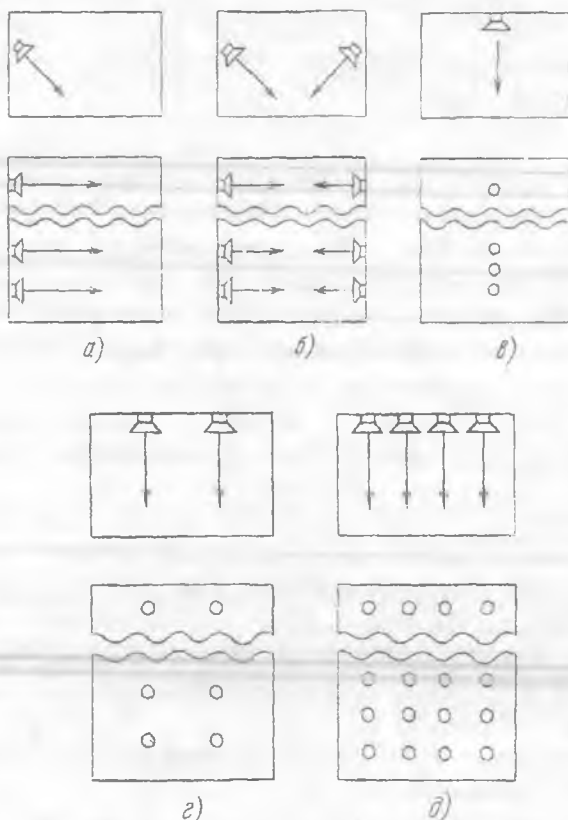
Бундай тизимлар товушни қайта эшиттириш ва нуткни кучайтиришда қўлланилади.

8.3-расмда таксимланган тизимларнинг асосий тузилиш вариантлари кўрсатилган.

Таксимланган овозлаштириш тизимида куйидагилар: **чи-зикли, шифтли, суяичикли ўриндикда радиокарнайларнинг таксимланган тизими, очик майдонда овозлаштиришнинг таксимланган тизимлари** киради.

Чизиқли тизимлар баланд бўлмаган чўзинчок шаклдаги биноларни, коридорлар, платформалар, метро станцияларни, катта бўлмаган аудиторияларни овозлаштириш ва товуш кучайтиришда қўлланилади.

8.3-расм. Радиокарнайларнинг тақсимланган тизимда жойлаштирилиш турлари



а) деворда битта радиокарнай; б) деворда иккита радиокарнай; в) шифтда битта радиокарнай занжири; г) шифтда иккита радиокарнайлар занжири; д) шифтда тўртта радиокарнайлар занжири.

Пештоқли тизимлар икки вариантда қўлланилади. **Эни нисбатан тор**, шифти баланд хоналарда, шифтга бир ёки икки

қатор йўналтирилган радиокарнайлар ўрнатилади. Шифти нисбатан паст хоналарда шифт юзаси бўйича нурлатгичлар бир текис тақсимланади.

Суянчиқли ўриндиқларда радиокарнайлари тарқатилган тизим, катта қувватга эга бўлмаган (0,1; 0,25 Вт) конусли радиокарнайлар суянчиқ орқасига ўрнатилади, бу тизим товуш кучайтиришда қўлланилади.

Овозлаштиришнинг тақсимланган тизими, бу тизим очик майдонларда, асосан, чизикли овозлаштириш тизимидек қўлланилади (истироҳат боғлари, стадионлар).

Овозлаштиришнинг у ёки бу тизимини қўллаш ҳар бир ҳолатда ускуналарнинг вазифалари ва хонанинг акустик хусусиятларига боғлиқ ҳолда танланиши мақсадга мувофиқ бўлади.

8.6. Нутқнинг тушунарлилиги ва аниқлиги

Нутқнинг тушунарлилиги – трактнинг нутқни узатиш учун яроқлигини белгилайдиган асосий тавсиф. Бу тавсифни бевосита аниқлаш учун диктор ва бир неча тингловчиларни тақлиф этиб нутқ тушунарлилигини статистик усул билан аниқлаш мумкин. Нутқ тушунарлилигини унинг аниқлиги орқали аниқлайдиган қўшимча усул ҳам ишлаб чиқилган.

Нутқ аниқлиги деб тракт бўйича узатилган нутқлардан нисбий ёки фоиз ҳисобида тўғри қабул қилинган нутқ элементларига айтилади.

Нутқ элементлари – бу жумла, сўз, бўғин, товуш ва рақамлар. Шунга мос ҳолда бўғин, товуш, сўз, маъно ва рақамлар аниқлигига ажраладилар. Улар орасида статистик боғланиш мавжуд. Амалда аксарият сўз, бўғин ва маъно аниқлигидан фойдаланилади. Бундай экспертизаларни олиб бориш учун рус нутқида учрайдиган сўз ва бўғинларининг махсус жадвали тузилган. Бундай жадваллар артикуляция жадваллари деб аталади. Нутқ аниқлигини аввалдан белгиланган тингловчилар бригадаси ёрдамида субъектив-статистик йўл билан ўтказилади. Бу ҳолда ўлчамлар турли усулларда олиб борилади, масалан, баллар билан баҳолаш, тўғри қабул

килинган сўзлар фоизи ва ҳ. к. 8.1-жадвалда нутқ аниқлиги тўрт босқичли баҳоланиши келтирилган:

- аъло, агарда тушунарлилик қайта сўровсиз тула бўлса;
- яхши, агарда тингловчиларда қайта сўраш эҳтиёжи тутилса;
- коникарли, агарда тингловчилар қайта тез-тез сўрасалар;
- имкон даражасидаги, агарда тингловчилар қайта-қайта сўрасалар, ёки сўзни ҳарфма-харф айтишни сўрасалар.

Аниқликнинг пасайишига хонадаги акустик шовқинлар, товуш диффузияси ва реверберацияси халақитлари, бирламчи товуш манбаини етарлича кучайтирилмаганлиги сабаб бўлиши мумкин.

8.1-жадвал

| Тушунарлилик | Аниқлик, % | |
|------------------|-------------|-------------|
| | Бўгин | Сўз |
| Аъло | 80 ва юқори | 98 ва юқори |
| Яхши | 50 – 80 | 93 – 98 |
| Коникарли | 40 – 50 | 87 – 93 |
| Имкон даражасида | 25 – 40 | 75 – 87 |

Овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимлари нутқ аниқлигини таъминлаши зарур. Ахборот дастурларини узатишда, митинг ва мажлисларни эшиттиришда аниқлик аъло даражада, яъни 80% сўз бўгин аниқлигини ёки 98% сўз аниқлигини таъминлаши зарур. Диспетчер алоқаси учун мос ҳолда бу кўрсаткичлар 45 – 50% ва 87 – 99% ташкил этиши керак. Нутқ аниқлигини узатиш трактининг тавсифлари ва қабул қилиш шароитлари ўртасида бевосита боғлиқлик мавжуд. Айтилган боғлиқликни Флетчер ва Коллард ихтиро этган **формант назарияси** ёрдамида ўрнатиш мумкин. Одам сўзлайдиган частота диапазонида нутқ товушлари энергиясининг тўпланиш хусусиятлари бор. Частота диапазонининг у ёки бу участкасида энергиянинг тўпланишига **форманта** деб аталади. Уларнинг жойлашиши товушнинг сўздаги ёки иборадаги ўрнига, ҳамда ҳар бир одамнинг индивидуал артикуляция аппаратига боғлиқ. Ҳар бир товуш бир неча формантлардан иборат. Нутқ товуши формантлари частота

диапазони 150 – 7000 Гц ташкил этади. Бу диапазон шартли равишда 20 тенг полосаларга бўлиниб, ҳар бирида форманталарнинг пайдо бўлиши эҳтимоли бир хил. Бундай полосаларни **тенг аниқлик полосалари** деб аталади. Товуш материаллари етарлича кўп бўлганда ҳар бир полосада формант пайдо бўлиши эҳтимоли 0,05 тенг.

Формантларнинг интенсивлик сатҳлари турлича: жарангдор товушларда интенсивлик бугиқ товушлардагига нисбатан юқори.

Акустик шовкинлар сатҳи ошганда формантлар аввал паст сатҳлар билан, кейин юқорирок сатҳлар билан ниқобланади. Шундай қилиб, ниқобланиш натижасида формантларни эшитиш эҳтимоли камаяди. Бу камайишнинг k полосадаги коэффициентини эшитилиш k_{ϕ} ёки **аниқлик коэффициентини** деб аталади. Эшитилиш коэффициентини 8.4-расмдаги графикдан аниқлаш мумкин. Бу графикда формантнинг сезилиш сатҳи E_{ϕ} ва унга мос эшитилиш коэффициентини k_{ϕ} берилган

$$\Delta A = 0,05k_{\phi} \quad (8.5)$$

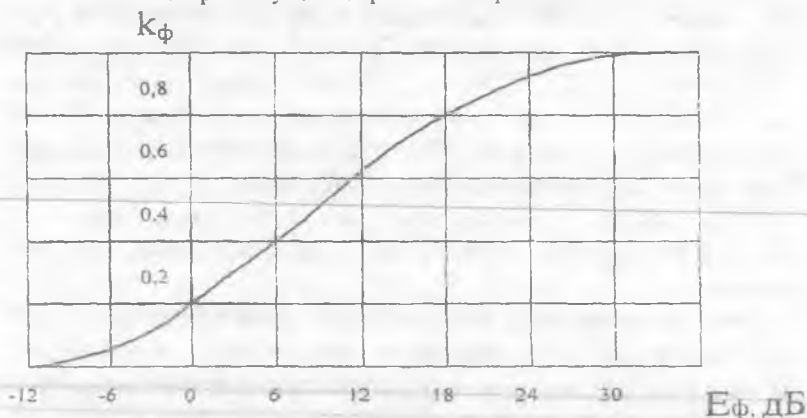
$$E_{\phi} = B_n - B_{ш} \quad (8.6)$$

Нутқ частота диапазонидаги умумий формант аниқлиги:

$$A = 0,05 \sum_{n=1}^{20} k_{\phi n} \quad (8.7)$$

Формантли ва бошқа турдаги аниқлик тажриба йўли билан аниқланган. Сўз бўғинлари учун бундай боғлиқлик 8.5-расмда келтирилган.

8.4-расм. Нутқ сатхларининг интеграл таксимоти



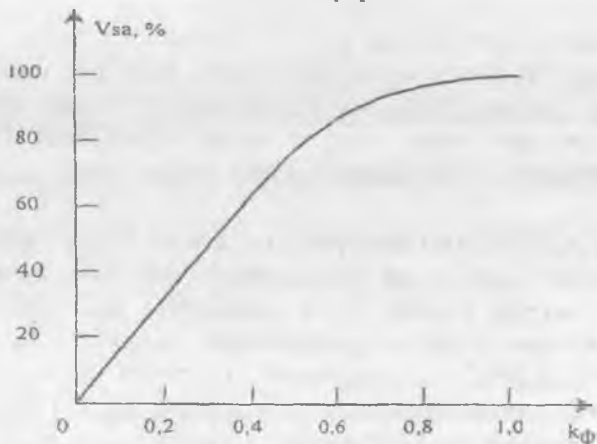
Бу расмдан кўришиб турибдики нутқнинг тўла аниқлигига барча формантларнинг ярмисини қабул қилганда (формант аниқлиги 0,5) эришилади, бу нутқнинг ортикчалигидан дарак беради.

Овозлаштириладиган хоналар учун нутқ аниқлигини аниқлаш, аввало, максимал акустик шовқин ва минимал тўғри товуш сатҳи нуктаси учун аниқланади. Нуктада турган тингловчи олдидаги спектрал сатҳ:

$$S_{pc} = S_{pm} + Q_{mc} \quad (8.8)$$

Бунда: S_{pm} – микрофон олдидаги спектрал сатҳ; Q_{mc} – трактнинг кучайтириш индекси.

8.5-расм. Бўғин аниқлигининг формант аниқлигига боғлиқлиги графиги



Бу маълумотлар бир хил аниқликдаги ҳар бир полоса учун аниқланади. Шу полосалар учун тинглаш нуқтасидаги халақит ва шовқинлар учун спектрал сатҳ:

$$S_{ш} = 10 \lg(10^{0,1S_{аш}} + 10^{0,1S_x}) \quad (8.9)$$

Бунда: $S_{аш}$ – акустик шовқиннинг спектрал сатҳи; S_x – халақитнинг спектрал сатҳи :

$$S_x = S_{pc} - 21 + 10 \lg R + N_d + \left(\frac{50}{3}\right) \lg T_p \quad (8.10)$$

Бунда: $10 \lg R$ – диффузия товушидан халақитга қўшимча тузатиш (R – ҳисоблаш нуқтасидги акустик нисбат); N_d – қўшимча дифракцион тузатиш; $(50/3) \lg T_p$ – реверберация халақитларига қўшимча тузатиш; T_p – реверберация вақти.

Акустик шовқин сатҳи қуйидагича аниқланади:

$$S_x = S_{аш} + 6 \quad (8.11)$$

Бу шарт (8.18), (8.20) ва (8.21) инobatга олган ҳолда тракт индексини аниқлайди:

$$Q_{исрв} = S_a - S_{рм} \left[10 \lg R + N_d + \left(\frac{50}{3}\right) \lg T_{кр} \right] + 27 \quad (8.12)$$

Трактнинг бундай индексини **рационал индекс** деб атайдилар.

Кучайтириш рационал бўлганда:

$$S_{аш} = S_x + 1 \quad (8.13)$$

Яъни акустик шовкин $S_{аш}$ умумий шовкинга қўшган ҳиссаси катта эмас. Товуш кучайтириш тизими барқарор ишлаши ва **регенератив реверберация** бўлмаслиги учун ҳар бир поло-садаги амалдаги тракт индекси киймати рационал кийматга якин бўлиши ва чегаравий индекс кийматидан ошмаслиги лозим.

Нутк аниқлигини ошириш усуллари. Нутк аниқлигини оширишнинг самарадор усулларида бири ҳалақит сатҳини пасайтиришдир. Амалда бунга ҳамма вақт ҳам эришиб бўлмайди, шунинг учун товуш босимини ошириш, микрофонни товуш манбаига яқинлаштириш, сўзловчи баланд овозда сўзлаши билан тракт индексини оширишга ҳаракат қиладилар.

Нутк аниқлигини оширингнинг бошқа усули, нутк сигна-лини сиқиш, яъни максимал нутк сигналларини сақлаган ҳол-да кичик босимли сигнал сатҳини кўтариш. Сиқишнинг яна бир усули, бу амплитудали чеклаш, яъни клипплаш. Бунда нутк сигнали амплитудаси доимий бўлган оралиги ўзгарувчан кетма-кет импульсларга айланади. Натижада барча нутк товушлари бир хил сатҳга эга бўлади. Эшитилиш сифати пасаяди, аммо аниқлик сезиларли даражада ошади, чунки клиппланмаган паст товушлар сигналларни никобловчи шов-кин сатҳларидан юқори бўлади, натижада эшиттириш ҳалақит сатҳидан юқори бўлади. Нутк аниқлигини оширишда воко-дерларнинг қўлланилиши айниқса қўл келади.

Вокодер — узатиш қисмида нутк сигналларидан нуткнинг ахборот параметри: **нуткнинг спектрал оғишини** ва асосий тон параметрларини ажратадиган қурилма. Вокодернинг ка-бул қилиш қисмида тоннинг асосий параметри, асосий тон частота генераторини, яъни томоқ импульсларига ўхшаш им-пульс ишлаб чиқарувчи генераторни бошқаради. Бу импульс-лар акустик тизимнинг жарангдор нутклар трактини имита-цияловчи мураккаб фўлтрларга берилади. Бўғик нутк товуш-ларини синтезлаганда генератор шовкин кучланиши беради ва у бўғик товуш фўлтрларига узатилади. Синтезланадиган товуш сатҳлари ва фўлтр параметрларини вокодернинг

узатиш томонидаги сигналлар бошқаради, натижада, нутқ сигнаlining спектрал оғиши тикланади. Тикланган сигналнинг сифати ва аниқлиги етарли даражада юқори бўлади.

8.7. Залларни созлаш бўйича айрим тавсиялар

Нурлатгичларни оптимал жойлаштириш. Товуш кучайтириш тизимлари ўрнатиладиган заллар ўзларининг белгиланиши бўйича бир-бирларидан фаркланадилар. Ҳар бир зал ўзининг архитектура хусусиятларига боғлиқ ҳолда товуш кучайтириш тизимларини лойиҳалашда алоҳида ёндошишни талаб этади.

Залнинг ўлчамлари катта бўлганда биринчи муаммо-керакли товуш босимини таъминлаш. Иккинчи муаммо, кўпчилик хоналарга хос бўлган катта реверберация вақти. Агарда тингловчи товуш манбаига яқин бўлса гуё у «тўғри майдон» да бўлгандек туюлади. Бу майдонда манбаидан чиқаётган товуш, қайтган товушдан баландроқ бўлади, Реверберация фазосида ҳардоим қайтган товуш тўғри товушдан баландроқ жаранглайдиган нуқта мавжуд. Натижада, товушнинг аниқлиги ва тиниқлиги йўқолади. Бу муаммони ҳал этишнинг иккита йўли бор. Биринчиси, хонанинг шаклини ўзгартириб, акустик жиҳозларини қайта ишлаш. Иккинчиси, товуш кучайтириш комплексини тўғри лойиҳалаш ва танлаш. Биринчи вариант амалда бажарилиши қийин бўлганлиги сабабли товуш кучайтириш тизимини лойиҳалаш ва акустик тизимни тўғри танлашга катта аҳамият берилади. Хонадаги нутқ товуши аниқлигини ошириш мақсадида хонанинг амплитуда-частота тавсифини эквалайзер ёрдамида коррекциялаш, сунъий ревербератор ва фонограммалардан фойдаланилади.

8.8. Зал товуш кучайтириш тизимининг акустик ҳисоби Нутқ товуши кучайтириш тизимини ҳисоблаш.

Ҳисоблаш учун дастлабки маълумотлар:

1. Тингловчилар сони – $N = 432$ киши.

2. Талаб этиладиган товуш майдони сатҳи – $N_T = 80$ дБ.

3. Белгиланган тўғри товуш нотекислиги сатҳи – $\Delta N_{\text{тўғри}} =$
6дБ.

4. Зал режаси 8.6-расмда келтирилган.

Ҳисоб:

1. Зал шакли ва ўлчамларини аниқлаш.

Зал тўғри тўртбурчакли, залнинг охирига пол бироз қиялик билан кўтарилган, зал ўлчамларини «Олтин кесим» коидаси асосида аниқлаймиз, яъни ўлчам нисбатлари

$$h:v:l; 1:1,6:2,6 \text{ бўлиши керак} \quad (8.14)$$

Бундан:

– залнинг баландлиги – $h=10$ м;

– залнинг эни – $v=16$ м;

– залнинг бўйи – $l=26$ м;

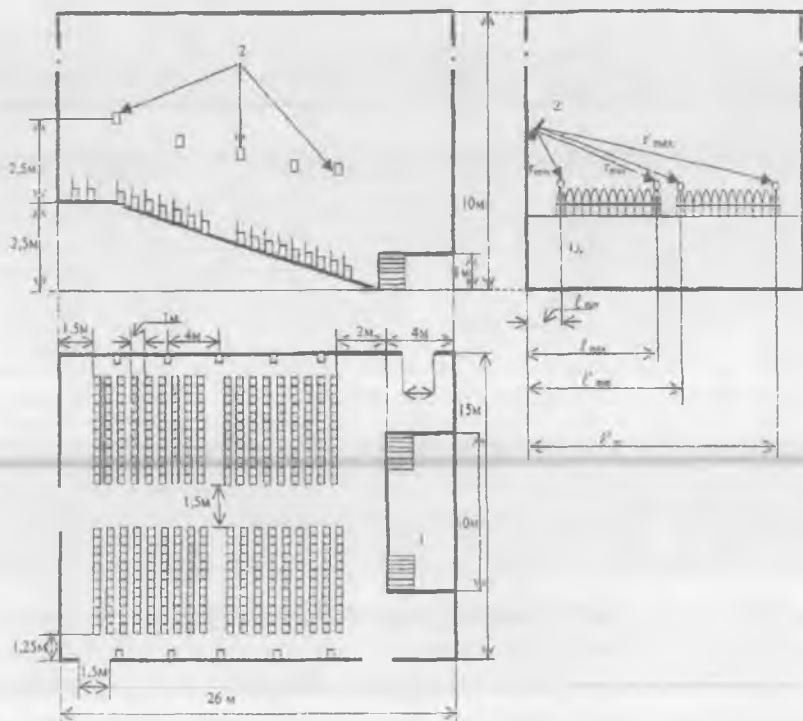
Зал режасидан, унинг ҳажми, деворлари юзасини аниқлаймиз. Залнинг ҳажми:

$$V_3 = h : v : l = 10 : 16 : 26 = 4160 \text{м}^3 \quad (8.15)$$

Ертўла ва зал полининг бироз кўтарилишини инобатга олгандаги ҳажмларини аниқлаймиз:

$$V_1 = h_1 \ a_1 \ v = 2,5 \ 2,5 \ 16 = 100 \text{м}^3 \quad (8.16)$$

8.6-расм. Зал режиси ва вертикал кесим



1 – эстрада; 2 – радиокарнайлар.

$$V_2 = h_1 \cdot \frac{1}{2} a_2 \cdot v = 2,5 \cdot 0,5 \cdot 17,5 \cdot 16 = 350 \text{ м}^3 \quad (8.17)$$

Ертўланинг умумий ҳажми:

$$V_{\text{ерт}} = V_1 + V_2 = 100 + 350 = 450 \text{ м}^3 \quad (8.18)$$

Эстрада ҳажми:

$$V_{\text{эстр}} = 1 \cdot 4 \cdot 10 = 40 \text{ м}^3 \quad (8.19)$$

Залнинг бўш ҳажми:

$$V = V_3 - V_{\text{ерт}} - V_{\text{эстр}} = 4160 - 450 - 40 = 3670 \text{ м}^3 \quad (8.20)$$

Зал деворларининг ички юзасини аниқлаймиз. У деворларнинг бўйлама юзаси, эни, пол ва шифт юзалари йиғиндисига тенг.

$$S_{\text{умум.}} = S_{\text{шифт}} + S_{\text{пол}} + S_{\text{дев}} + S_{\text{ен эстр.}} \quad (8.21)$$

Демак,

$$S_{\text{шифт}} + S_{\text{пол}} = 2(l \cdot b) = 2(26 \cdot 16) = 932 \text{ м}^2 \quad (8.22)$$

8.6-расмдаги зал шаклига асосан:

$$\Sigma S_{\text{ён}} = S_{\text{ён1}} + S_{\text{ён2}} + S_{\text{ён3}} \quad (8.23)$$

$$S_{\text{ён1}} = h_2 + a_1 = 7,5 \cdot 2,5 = 18,75 \text{ м}^2 \quad (8.24)$$

$$S_{\text{ён2}} = \frac{1}{2}(h_2 + h_3) \cdot a_2 = \frac{1}{2}(7,5 + 10) \cdot 17,5 = 153,13 \text{ м}^2 \quad (8.25)$$

$$S_{\text{ён3}} = h_3 \cdot a_3 = 10 \cdot 6 = 60 \text{ м}^2 \quad (8.26)$$

$$\Sigma S_{\text{ён}} = 18,75 + 153,13 + 60 = 120 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{орк.дев}} = h_2 + b = 7,5 \cdot 16 = 120 \text{ м}^2 \quad (8.27)$$

$$S_{\text{олд.дев}} = h_3 \cdot b = 10 \cdot 16 = 160 \text{ м}^2 \quad (8.28)$$

$$S_{\text{вм.дев}} = S_{\text{олд.дев}} + S_{\text{орк.дев}} + \Sigma S_{\text{ён.дев}} = 160 + 120 + 2 \cdot 231,88 = 743,76 \text{ м}^2 \quad (8.29)$$

$$2 S_{\text{ён эстр.}} = 2(2 \cdot 4 \cdot 1) = 16 \text{ м}^2 \quad (8.30)$$

$$S_{\text{вм}} = S_{\text{шифт}} + S_{\text{пол}} + S_{\text{вм.дев}} + 2 S_{\text{ён эстр.}} = 932 + 932 + 743,76 + 16 = 1591,76 \text{ м}^2 \quad (8.31)$$

8.9. Товуш сўндирилиши ҳисоби

8.7-расмдан 500 Гц частотада оптимал вақт реверберациясини аниқлаймиз,

$$T_{\text{опт}} = 1,05 \text{ с}$$

Эйринг формуласидан ўртача товуш сўндириш коэффициенти $\alpha_{\text{врт}}$ аниқлаймиз

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{\Sigma S \ln(1 - \alpha_{\text{врт}})} \quad (8.32)$$

Ундан:

$$-\ln(1 - \alpha_{\text{врт}}) = \frac{0,161 \cdot 4160}{1583,76 \cdot 1,05} = \frac{669,76}{1662,94} = 0,40 \quad (8.33)$$

8.5-жадвалдан $\alpha_{\text{врт}}$ ни аниқлаймиз:

$$\alpha_{\text{врт}} = 0,33$$

Залда оптимал вақт реверберациясини таъминлайдиган умумий сўндирилиш фонди коэффициенти аниқлаймиз:

$$A = \alpha_{урт} \cdot S_{\Sigma} = 0,33 \cdot 1583,76 = 522,64 \quad (8.34)$$

Товуш сундирилишининг асосий фондини ҳисоблаймиз. Зал режасидан кўриниб турибдики, ўриндиқларнинг ўрнатилиш қадами 1м тенг. 6м узунликдаги қаторга 8 та ўриндиқ ўрнатилган бўлса, 1м² иккита тингловчи ўтириши мумкин.

Демак, тингловчилар банд этган юза:

$$S_1 = 0,5 \cdot 416 = 208\text{м}^2 \quad (8.35)$$

8.7-жадвалдан 500 Гц частотада S₁ юзанинг сундириш коэффи-циенти 0,8 тенг. Демак, тингловчилар киритаётган сундириш

$$A_1 = 0,8 \cdot 416 = 332,8\text{м}^2 \quad (8.36)$$

Ўриндиқ ўтиш ораликлари эни 1,2м бўлиб, гилам йулакчалар тушалган, йулакчаларнинг умумий узунлиги 98м, улар юзаси:

$$S_2 = 1,2 \cdot 98 = 117,6\text{м}^2 \quad (8.37)$$

15103 артикул буйича гилам йулакчанинг товуш сундириш коэффициенти:

$$A_2 = 0,21 \cdot 117,6 = 24,69 \quad (8.38)$$

Эстрада ва буш пол юзаси:

$$S_{\text{пол}} = S_{\text{пол}} - S_1 - S_2 = 416 - 208 - 117,6 = 88,4 \text{ м}^2 \quad (8.39)$$

Паркетли полнинг товуш сундириш коэффициенти:

$$A_3 = 0,070 \cdot 82,4 = 5,76 \quad (8.40)$$

Залнинг бир томонидаги деразалар юзаси 17м², унинг сундириш коэффициенти:

$$A_4 = 0,18 \cdot 17 = 3,06 \quad (8.41)$$

Залда учта ёғоч эшик бўлиб, умумий юзаси 14м², унинг сундириш коэффициенти:

$$A_5 = 0,1 \cdot 14 = 1,4 \quad (8.42)$$

Залдаги барча дераза ва эшикларга парда илинган, уларнинг юзаси:

$$S_3 = S_{\text{ойна}} + S_{\text{эшик}} + S_{\text{саҳна}} = 17 + 14 + 160 = 191\text{м}^2 \quad (8.43)$$

Қулайлик яратиш ва дидли кўриниши учун пардаларни бироз кўпроқ S₃=240 м² оламиз.

Унинг товуш сундириш коэффициенти:

$$A_6 = 0,52 \cdot 240 = 124,8 \quad (8.44)$$

Эстрада, ён эстрада, эшик ва деразалар юзасини айиргандан кейинги буш деворлар юзаси:

$$S_{\text{ум.дев}} - S_{\text{эстр}} - S_{\text{ен эстр}} - S_{\text{ойна}} - S_{\text{эшик}} = 743,76 - 160 - 8 - 17 - 14 = 544,76 \text{ м}^2 \quad (8.45)$$

Девор силлик ва сувалган:

$$\alpha = 00,2$$

Демак:

$$A_7 = 0,02 \cdot 536,76 = 10,73 \quad (8.46)$$

Залнинг шипи текис, гипс билан сувалган. Гипснинг сундириш коэффиценти: $\alpha = 00,2$

$$\text{Унда: } A_8 = 0,02 \cdot 416 = 8,32 \quad (8.47)$$

Товуш сундирилишининг умумий фонди:

$$A_i = \sum_{n=1}^8 A_n = 525,28 \quad (8.48)$$

Шундай қилиб, талаб этиладиган умумий сундирилиш фонди коэффиценти $A_{\text{тал}} \ll A$, яъни $525,28 = 523,66$. Бу кўрсаткич маълум даражада залдаги тингловчилар ҳисобига ўзгариши мумкин.

8.10. Радиокарнайларнинг талаб этиладиган акустик куввати ва тўғри товуш сатҳи ҳисоби

А) Акустик нисбат, тўғри ва диффузия товушлари ҳисоби. Тизимнинг вазифаси ва берилган нотекистик $\Delta N_{\text{тўғри}}$ ҳамда 8.8-расмдаги графикдан фойдаланиб, $R_{\text{врт.}} = 2$ тенг қабул қиламиз.

(8.17) ва (8.21) формулаларидан тўғри товушнинг ўртача ва минимал сатҳ қийматларини аниқлаймиз:

$$N_{\text{тўғри врт.}} = N_{\text{т}} - 10 \lg(1 + R_{\text{врт.}}) = 80 - 10 \lg 3 = 75,2 \text{ дБ} \quad (8.49)$$

$$N_{\text{тўғри мин}} = N_{\text{т врт.}} - 0,5 \Delta N_{\text{тўғри}} = 75,2 - 3,0 = 72,2 \text{ дБ} \quad (8.50)$$

Диффузия товуши сатҳини аниқлаймиз:

$$N_d = N_{\text{тўғри}} - 10 \lg \frac{1 + R_{\text{диф}}}{R_{\text{диф}}} = 80 - 10 \lg \frac{3}{2} = 78,2 \text{ дБ} \quad (8.51)$$

Акустик нисбат қандай чегараларда ўзгаришини аниқлаймиз:

$$R_{\text{мин}} = R_{\text{врт.}} \cdot 10^{-0,05 \Delta N_{\text{тўғри}}} = 2 \cdot 10^{-0,3} = 1 \quad (8.52)$$

$$R_{\text{макс}} = R_{\text{врт.}} \cdot 10^{-0,05 \Delta N_{\text{тўғри}}} = 2 \cdot 10^{0,3} = 4 \quad (8.53)$$

Демак, $R_{\text{мин}}$ ва $R_{\text{макс}}$ қийматлар берилган чегараларда экан, 8.6-жадвалга қаранг.

Б) Радиокарнайларнинг талаб этилган акустик қувватини ҳисоблаш.

N_d қийматини билатуриб, диффузия майдони ҳосил қилиш учун зарур бўлган радиокарнайлар нурлатиш қуввати P_a аниқлаймиз:

$$P_a = A \cdot 10^{\frac{N_d - 96}{10}} = 523 \cdot 0,0168 = 8,78 \text{ мВт} \quad (8.54)$$

Радиокарнайлар нурлатаётган тўла акустик қувват:

$$P_a = \frac{P_a}{1 - \alpha_{\text{ур}}} = \frac{8,78}{1 - 0,33} = 13 \text{ мВт} \quad (8.55)$$

8.11. Овозлаштириш тизими ва радиокарнайлар турини танлаш

Зални овозлаштириш тизимини танлашда қуйидагиларга аҳамият бериш зарур:

- залнинг белгиланиши;
- залнинг чизиқли ўлчамлари.

Шулардан келиб чиққан ҳолда зал кўп мақсадли ва ўлчамлари етарлича катта. Бу, марказлаштирилган тизимни қўллаш мумкинлигини билдиради. Бунда бир хил товуш майдони ҳосил қилиш мақсадида ўткир характеристика йўналганлигига эга бўлган товуш колонкаларини олиш ва уларни акустик марказидан 3,5м баландликда ўрнатиш керак. Аммо биз кўраётган мисолда берилган тўғри товуш майдон сатҳи нотекислиги $\Delta N_{\text{тўғри}} = 6$ дБ ва кўриш ва эшитиш образлари мослигини таъминлаш зарурати бўлганлиги учун икки қатор кам қувватли товуш колонкаларидан иборат тақсимланган овозлаштириш тизимини қўллаш мақсадга мувофиқдир. Товуш майдони нотекислигининг минимал қийматини таъминлаш учун товуш колонкаларини ўрнатиш баландлигини аниқлаймиз:

$$h = 0,5V \sqrt{1 - e_n^2} \quad (8.56)$$

Бу ерда: $v = l_2 - l_1$ – залнинг эни; e_b – товуш колонкасининг вертикал текисликдаги йўналтирилганлик характеристикаси, 2КЗ-2 учун $e_b = 0,95$, демак,

$$h = 0,5 \cdot 16 \sqrt{1 - 0,95^2} = 2,5 \text{ м} \quad (8.57)$$

Товуш колонкаларини ўрнатиш қадами куйидаги формула билан аниқланади:

$$d \leq 2h \sqrt{(1 - e_r^e)(1 - e_b^2)} = 2 \cdot 2,25 \sqrt{(1 - 0,5^2)(1 - 0,95^2)} = 13,69 \text{ м} \quad (8.58)$$

Ҳисобланган ўрнатиш қадами, зарурий товуш майдони сатҳи, унинг белгиланган нотекислиги, янгроқлик узвийлиги, нутқ аниқлигини таъминлай олмайди. Шунинг учун колонкалар занжири қадамини 4 м танлаб оламиз. Ҳар бир товуш колонка занжири залнинг ярмини таъминлайди.

Товуш колонкасидан чекка жойларда ўтирган тингловчиларга бўлган масофани аниқлаймиз:

$$r_{\text{мин}} = \sqrt{\ell_{\text{мин}}^2 + h^2} = \sqrt{1,5^2 + 2,5^2} = 2,9 \text{ м} \quad (8.59)$$

$$r_{\text{макс}} = \sqrt{\ell_{\text{макс}}^2 + h^2} = \sqrt{7^2 + 2,5^2} = 7,4 \text{ м} \quad (8.60)$$

$$r'_{\text{мин}} = \sqrt{\ell_{\text{мин}}'^2 + h^2} = \sqrt{9^2 + 2,5^2} = 9,3 \text{ м} \quad (8.61)$$

$$r'_{\text{макс}} = \sqrt{\ell_{\text{макс}}'^2 + h^2} = \sqrt{14,5^2 + 2,5^2} = 14,7 \text{ м} \quad (8.62)$$

$\ell_{\text{мин}}$, $\ell_{\text{макс}}$, $\ell'_{\text{мин}}$ ва $\ell'_{\text{макс}}$ қийматлари 8.6-расмда келтирилган.

Битта товуш колонка занжири ишлагандаги майдон нотекислиги куйидаги формула орқали аниқланади:

$$\Delta N = 10 \lg \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{мин}}} = 10 \lg \frac{R_{\text{макс}}}{R_{\text{мин}}} \quad (8.63)$$

$$\Delta N = 10 \lg \frac{14,7}{2,9} = 7,05 \text{ дБ}$$

Олинган натижа талаб этилганидан катта, шунинг учун икки товуш колонка занжирини қўллаш зарур. Бунда товуш майдони нотекислиги:

$$\Delta N_{\text{турни}} = 10 \lg \frac{P_{\text{макс}}^2}{P_{\text{мин}}^2} = 10 \lg \frac{\frac{1}{\Gamma_{\text{мин}}} + \frac{1}{\Gamma_{\text{макс}}}}{\frac{1}{\Gamma_{\text{макс}}} + \frac{1}{\Gamma_{\text{мин}}}} \quad (8.64)$$

$$\Delta N_{\text{турни}} = 10 \lg \frac{\frac{1}{2,9} + \frac{1}{14,7}}{\frac{1}{7,4} + \frac{1}{9,3}} = 2,3 \text{ дБ}$$

Олинган натижа кониқарли.

Радиокарнай акустик ўқи бўйича акустик марказидан 1м масофада ривожлантираётган товуш босими P ҳисоблаймиз

$$P^2 = \frac{2 \pi \rho_1^2 \sqrt{1 - e_r^2}}{d \sqrt{0,25 \cdot 16^2 + 2,5^2}} = \frac{17,62}{33,53} = 0,525 \quad (8.65)$$

Бунда: $P=0,725 \text{ н/м}^2$.

Залнинг бошка нукталарида товуш босими бу қийматдан фаркли бўлади.

8.12. Кучайтиришнинг чегаравий индекси хисоби ва микрофон турини танлаш

Трактнинг рационал индекси қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$Q_{\text{рац}} = V_a - V_{\text{нм}} - \sum \Delta L + 27 \quad (8.66)$$

V_a – шовқининг спектрал сатҳи;

$V_{\text{нм}}$ – нутқнинг микрофон олдидаги спектрал сатҳи:

$$V_{\text{нм}} = V'_s + 20 \lg (1/\Gamma_m) \quad (8.67)$$

V_s – диктор оғзидан 1м масофадаги спектрал сатҳ;

Γ_m – диктор оғзидан микрофонгача бўлган масофа:

$$\sum \Delta L + \Delta L_{\text{RM}} + \Delta L_{\text{T}} + \Delta L_{\text{Tб}} \quad (8.68)$$

Бунда:

$\Delta L_{\text{Tб}}$ – тингловчи бошидан товуш қайтишига тузатиш;

ΔL_{T} – максимал акустик нисбат:

$$\Delta L_{\text{RM}} = 10 \lg R_{\text{макс}} \quad (8.69)$$

Трактнинг чегаравий индекси қуйидаги формула билан аниқланади:

$$Q_{\text{ТҲРИ}} = q_m - \Delta L_{\text{RM}} - 1_r \quad (8.70)$$

Бу ерда q_m – микрофоннинг йўналганлик индекси. МД-52-А микрофонини танлаймиз. Ҳисоблар натижасини 8.2-жадвалга кiritамиз.

Трактнинг хақиқий индекси ҳисоби натижалари

8.2-жадвал

| Частота Гц | Ωг | Lg. | ΔL_{RM} | q_m | $-Q_{\text{кр}}$ | ΔL_1 | ΔL_2 | $\sum \Delta L$ | $V_{\text{мч}}$ | V_1 | $Q_{\text{мч}}$ |
|---------------|------|------|------------------------|-------|------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|
| | | | | | | | | | | | |
| 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 |

8.3-жадвал

| Частота, Гц | Сезирлик, дБ | | Йиғинди сезирлик, дБ | Тракт индекслари | | |
|----------------|--------------|-------|----------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| | МД-52-А | 2К3-2 | | $Q_{\text{кр}}$ | $Q_{\text{рац}}$ | $Q_{\text{МС}}$ |
| 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 |

8.13. Нутқ равшанлиги

Нутқнинг тушунарлилиги трактнинг нутқ эшиттиришга лаёқатлигини аниқлайдиган асосий характеристика ҳисобланади.

Нутқ аниқлиги деб, тракт орқали узатилган нутқ элементларининг умумий сонидан нисбий ёки тўғри қабул қилинган элементлар сонинг фоиз қийматларига айтилади.

Нутқ элементлари – бу жумла, сўз, бўғин, товуш ва рақамлар. Мас ҳолда, бўғин, товуш, сўз, мазмун ва рақам аниқлигига ажратилади. Қуйида нутқ аниқлиги ҳисоби тартиби келтирилган.

1. Микрофонгача бўлган масофага тузатиш киритиш билан нутқ спектрал сатҳи қуйидаги формула билан аниқланади:

$$B_{\text{ш}} = B'_p + 20 \lg \frac{1}{r_m} \quad (8.71)$$

2. Берилган спектр ва акустик шовқин сатҳи бўйича унинг спектрал сатҳи B_a аниқлаймиз.

3. Нутқ аниқлиги тенг бўлган полоса кенглиги тузатиш йиғиндиси $\sum \Delta L$ аниқлаймиз,

4. Худди шундай, трактнинг ҳақиқий тинглаш жойи индекси $Q_{\text{тж}}$ ни аниқлаймиз.

5. Тинглаш жойидаги нутқнинг спектрал сатҳни аниқлаймиз:

$$B_{\text{н.т}} = B_{\text{н.м}} - Q_{\text{т.ж}} \quad (8.72)$$

6. Халақитлар спектрал сатҳи қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$B_x = B_{\text{н.т}} + \sum \Delta L_{21} \quad (8.73)$$

7. Халақитлар ва шовқинлар спектрал сатҳлари йиғиндиси аниқлаймиз:

$$B_{\text{ш}} = 10 \lg \left[10^{0,1B_a} + 10^{0,1B_x} \right] \quad (8.74)$$

8. Формант сезиш сатҳини қуйидаги формула орқали аниқлаймиз:

$$E = B_{\text{н.т}} - B_{\text{ш}} \quad (8.75)$$

9. Формант сезиш сатҳи ҳисоб натижалари бўйича нутқ аниқлиги коэффициентини қуйидаги қийматлар учун аниқлаймиз:

$$0 < E < 18 \text{ дБ} \quad K_a = \frac{E+6}{30} \quad (8.76)$$

10. Ҳисобланган аниқлик коэффициентларини қўшиб формант аниқликни топамиз:

$$A = 0,2 = \sum_{K=1}^4 K_a \quad (8.77)$$

11. Ҳисоб натижаларини 8.4-жадвалга киритамиз.

8.4-жадвал

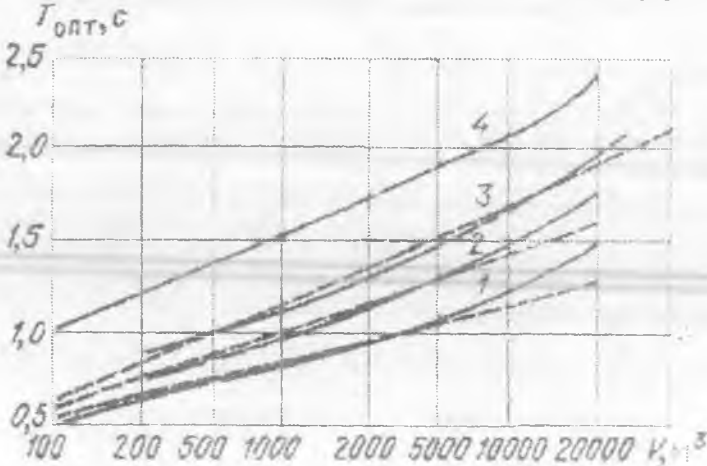
| Частота, ν Гц | $V_{\text{нч}}$ дБ | $V_{\text{д}}$ дБ | $\sum \Delta$ дБ | $-Q_{\text{тк}}$ дБ | дБ | $V_{\text{с}}$ дБ | $E_{\text{д}}$ дБ | $E_{\text{л}}$ дБ | K | A |
|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|------|------|
| 250 | 56 | 34 | 1,7 | 6,6 | 49,4 | 30,1 | 33,5 | 13,9 | 0,66 | 0,13 |
| 500 | 56 | 30 | 3,1 | 3 | 49 | 31,7 | 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 |
| 10000 | 28,5 | 7,5 | 5,7 | 11 | 17,5 | 2,5 | 5,6 | 11,9 | 0,49 | 0,1 |

8.14. Намунавий ускуна танлаш

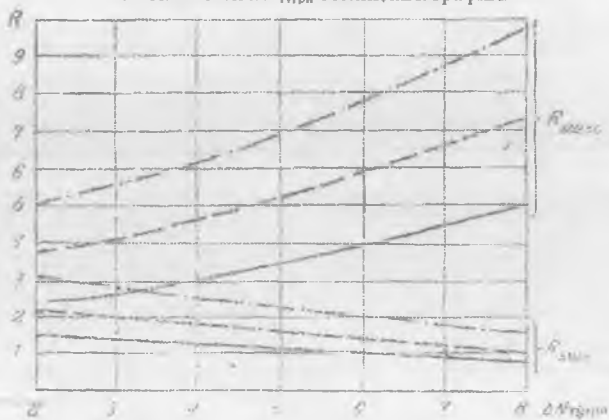
Радиокарнайлар истеъмол этадиган умумий электр қувват $P_{\text{умум}} = 10 - 2,5 = 25$ Вт ЗС-25х2М товуш кучайтириш станциясини танлаймиз. Аппаратурадаги иккита канални ишлатганда 50 Вт номинал қувватга эга бўламиз.

Ҳар бир каналнинг қуввати 25 Вт тенг. Товуш кучайтириш тизими барқарорлигини ошириш мақсадида биз бир каналдан фойдаланиб, иккинчисини илиқ захирада колдирамиз.

8.7-расм. Оптимал реверберация вақтининг зал ҳажмига боғлиқлиги графиги



8.8-расм. Акустик нисбат R нинг майдон сатхи нотекислиги $\Delta N_{\text{урт}}$ боғлиқлиги графиги



8.5-жадвал

| $-\ln(1 - \alpha_{\text{урт}})$ | $\alpha_{\text{урт}}$ | $-\ln(1 - \alpha_{\text{урт}})$ | $\alpha_{\text{урт}}$ |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 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 |

| Ускунанинг белгиланиши | Талаб этилаётган товуш майдони сатҳи N_T , дБ | Туғри товуш майдони сатҳи нотекислиги ΔL , дБ | Акустик нисбат | |
|--|--|---|----------------|------------|
| | | | R_{\min} | R_{\max} |
| Муסיқани қайта эшиттириш ва театр эффектлари учун қурилма | 100 | ≤ 6 | $\geq 0,5$ | 8 – 10 |
| Муסיқа дастурларини қайта эшиттириш: солист овозла – рини кичик кучайтириш учун қурилма | 94 ÷ 96 | ≤ 6 | ≥ 1 | 8 – 10 |
| Муסיқа дастурларини қайта эшиттириш (мадҳиялар, рақс, муסיқалар ва б.к)да, нутқни кучайтириш учун қулланиладиган қурилма | 94 ÷ 96 | ≤ 8 | > 1 | 4 – 6 |
| Нутқни кучайтириш учун қурилма | 80 – 86 | ≤ 8 | > 1 | 4 – 6 |
| Нутқни юқори шовқин ша – роитида қайта эшиттириш учун қурилма | Ҳисоб – ланган сатҳ шовқин сатҳидан 10 – 15 дБ юқори бўлиши керак, аммо 96 ÷ 100 дБ дан ортиқ эмас | | | |
| | | | нормаланмайди | |

| Сундирувчи | α ни частотага боғлиқлиги | | | | | | |
|--|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 6000 |
| Тингловчилар | 0,33 | 0,41 | 0,44 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,47 |
| Тингловчилар ёғоч ўрин – диқда | 0,17 | 0,36 | 0,47 | 0,52 | 0,50 | 0,46 | 0,44 |
| Суянадиган ёғоч ўриндиқ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| чарм қопланган | 0,10 | 0,12 | 0,17 | 0,17 | 0,12 | 0,10 | 0,10 |
| чарм ва порселон қопланган | 0,05 | 0,09 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,15 |
| Суянадиган ўриндиқ, ду – хоба қопланган | 0,14 | 0,22 | 0,31 | 0,40 | 0,52 | 0,60 | 0,62 |
| Юмшоқ ўриндиқ | 0,05 | 0,09 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,15 |
| Ярим юмшоқ ўриндиқ | 0,05 | 0,08 | 0,18 | 0,15 | 0,17 | 0,15 | 0,05 |
| Қаттиқ ўриндиқ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 1м ² даги тингловчилар | 0,28 | 0,40 | 0,45 | 0,49 | 0,47 | 0,45 | 0,44 |
| Асфальт устига қопланган паркет | 0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 |
| Паркет шпонкада | 0,20 | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,07 |
| Ёғоч харилардаги пол | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,06 |
| Поддаги 5 мм резина | 0,04 | 0,04 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,06 |
| Релин | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,06 |
| Линолеум қаттиқ асосда | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Суवालган девор, клейли бўёқланган | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Худди шундай, мойланган | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Оҳак ва металл тур билан суवालган девор | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,06 |
| Худди шундай, ёғоч тур билан | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,04 | 0,06 | 0,06 |
| Ёғоч плиталар | 0,12 | 0,11 | 0,1 | 0,03 | 0,08 | 0,11 | 0,12 |
| Қум – оҳакли девор | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,04 | 0,06 | 0,06 |
| Оддий гипс сувоқ | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,07 |
| Темир – бетон юза | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| АЦП сувоқ | 0,27 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,33 | 0,40 | 0,13 |
| Мармар, сранг ва б.қ | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| Терилган гишг, зиҳли | 0,15 | 0,19 | 0,29 | 0,28 | 0,38 | 0,46 | 0,45 |
| Худди шундай, зиҳсиз | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,06 |
| Метлах плитаси | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| Саҳна тешиги | 0,20 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,20 |
| Вентилиация тешиги | 0,30 | 0,42 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,51 | 0,52 |
| Ойна (бир қават) | 0,35 | 0,25 | 0,18 | 0,12 | 0,07 | 0,04 | 0,03 |
| Лоқланган эшиклар | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Қарағай эшиклар | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,11 | 0,11 |

| Материал | b, мм | α ни частота Гц га боғланқани | | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 6000 |
| Минерал пахтали ПП – 80 | - | 0,08 | 0,30 | 0,64 | 0,89 | 0,95 | 0,81 | 0,73 |
| Шундай | 50 | 0,21 | 0,40 | 0,72 | 0,98 | 0,97 | 0,79 | 0,75 |
| «Стилит» | - | 0,43 | 0,98 | 0,89 | 0,99 | 0,95 | 0,87 | 0,75 |
| Дарахт – қилиқли | 50 | 0,22 | 0,30 | 0,34 | 0,32 | 0,41 | 0,42 | 0,42 |
| «Фибролит» 30 мм | - | 0,06 | 0,16 | 0,25 | 0,38 | 0,59 | 0,63 | 0,59 |
| Шундай | 150 | 0,15 | 0,42 | 0,55 | 0,24 | 0,53 | 0,63 | 0,56 |
| Акустик ПА / Д | - | 0,05 | 0,59 | 0,52 | 0,53 | 0,25 | 0,11 | 0,08 |
| Шундай | 100 | 0,34 | 0,67 | 0,52 | 0,52 | 0,26 | 0,15 | 0,14 |
| Акустик ПА / О | - | 0,01 | 0,17 | 0,68 | 0,98 | 0,86 | 0,45 | 0,28 |
| Шундай | 100 | 0,20 | 0,52 | 0,98 | 0,85 | 0,80 | 0,45 | 0,28 |
| Акустик ПА / С | 100 | 0,18 | 0,64 | 0,99 | 0,93 | 0,90 | 0,83 | 0,76 |
| «Травертон» | - | 0,02 | 0,14 | 0,65 | 0,90 | 0,87 | 0,86 | 0,88 |
| Шундай | 100 | 0,28 | 0,81 | 0,86 | 0,87 | 0,89 | 0,86 | 0,88 |
| «Акмигран» | 100 | 0,29 | 0,70 | 0,68 | 0,68 | 0,75 | 0,74 | 0,70 |
| «Брекчия» | 50 | 0,33 | 0,44 | 0,69 | 0,88 | 0,92 | 0,69 | 0,66 |
| Шишаматоли тўшак «Атимс» | 50 | 0,08 | 0,26 | 0,64 | 0,89 | 0,75 | 0,78 | 0,80 |
| АТМ I – 50 П | - | 0,36 | 0,76 | 0,98 | 0,89 | 0,88 | 0,58 | 0,47 |
| Минерал пахта тўшак | - | 0,17 | 0,59 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,87 | 0,84 |
| Дағал йиғилган мато | 50 | 0,10 | 0,28 | 0,46 | 0,60 | 0,58 | 0,60 | 0,68 |
| Репс | 800 | 0,14 | 0,40 | 0,80 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| «Маркиза» | - | 0,04 | 0,23 | 0,40 | 0,57 | 0,53 | 0,62 | 0,60 |
| Гиламлар артикул 1346 | - | 0,02 | 0,05 | 0,26 | 0,47 | 0,54 | 0,70 | 0,71 |
| артикул 15103 | - | - | 0,04 | 0,21 | 0,45 | 0,55 | 0,62 | 0,64 |
| латексли | - | - | 0,04 | 0,15 | 0,31 | 0,63 | 0,72 | 0,63 |
| тўқли | - | 0,02 | 0,05 | 0,07 | 0,11 | 0,29 | 0,48 | 0,50 |

| Тури | Қуввати, Вт | Габарит ўл- чамлари, мм | e_r | e_b |
|---------------------------|-------------|----------------------------|-------|-------|
| А) Товуш колонкалари | | | | |
| 2КЗ-2 | 2 | 600x120x73 | 0,5 | 0,95 |
| 2КЗ-6 | 2 | 394x132x94 | 0,5 | 0,900 |
| 2КЗ-5 | 2 | 680x120x73 | 0,5 | 0,958 |
| 8КЗ-4 | 8 | 423x188x124 | 0,65 | 0,902 |
| 10КЗ-2 | 10 | 775x365x255 | 0,90 | 0,965 |
| 25КЗ-2 | 25 | 960x415x320 | 0,90 | 0,970 |
| 50КЗ-2 | 50 | 1160x580x383 | 0,90 | 0,980 |
| 100КЗ-2 | 100 | 1310x610x460 | 0,90 | 0,982 |
| 15КЗ-4 | 15 | 725x274x100 | 0,87 | 0,962 |
| 15КЗ-6 | 15 | 651x301x179 | 0,89 | 0,955 |
| 25КЗ-6 | 25 | 1320x307x260 | 0,90 | 0,983 |
| 25КЗ-12 | 25 | 730x280x210 | 0,87 | 0,962 |
| 50КЗ-5 | 50 | 1280x340x230 | 0,91 | 0,982 |
| 50КЗ-3М | 50 | 1480x394x294 | 0,91 | 0,985 |
| 100КЗ-13 | 100 | 1280x340x280 | 0,91 | 0,982 |
| Б) Рупорли радиокарнайлар | | | | |
| Думалоқ | | 500 | 0,77 | 0,77 |
| Жуфтланган | ∅ | 1150x500 | 0,77 | 0,95 |

Назорат саволлари:

1. Товуш кучайтириш тизими ёрдамида қандай масалалар ечилади?
2. Хонанинг товуш майдони қандай параметрлар билан белгиланади?
3. Овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимларига қандай талаблар қўйилади?
4. Акустик тескари алоқа тушунчасини тушунтиринг
5. Овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимларининг қандай турларини биласиз?
6. Оптимал реверберация вақтини аниқлаш услубини тушунтиринг

7. Товуш кучайтириш тизимлари барқарорлигини оширишнинг қандай усулларини биласиз?

8. Хонада товуш аниқлигини оширишнинг қандай усулларини биласиз?

Таъриф ва тушунчалар

Азимут (Azimut). Магнит ёзув ёки эшиттириш каллаги тиркиши билан магнит тасмаси силжиётган йуналиш чизиғи ташкил этган бурчак. Бу бурчак 90^0 тенг бўлиши керак. Бу кийматдан у ёки бу томонга оғиши каллакнинг нотўғри ҳолатига ёки магнитофон юкори платаси юзасига параллель бўлмаган силжиши натижасидир. Бундай оғишни каллак ва тасма тортиш механизмларини бир-бирига параллель ҳолатга келтириш билан соланади, эшиттириш каллаги ҳолати эса махсус частота тонлари ёзилган ишчи ўлчов лентаси эшиттиришга қўйилади ва субъектив максимал товуш олгунча ёки сатҳ ўлчагичи максимал кийматга эришгунча, каллак у ёки бу томонга аста бурилади.

Алдамчи эффектлар (Cod effects). Кулгили садоланишни (жаранглашни) ҳосил қилиш мақсадида кескин ошириб юборилган товуш эффектлари

“Акс садо хонаси” (Echo chamber). Берк хонада табиий реверберация тақлидини олиш учун мўлжалланиб махсус жиҳозланган хона. “Акс садо” хонанинг етарли даражада тўғри чизикли реверберация вақти частота характеристикасини олиш учун унинг деворлари товуш қайтарувчи материаллар ва ускуналардан иборат. “Акс садо хона”нинг реверберация вақти 2 с ва ундан ортик бўлиши мумкин.

Акустика (Acoustics). Товуш тарқалишини ўрганувчи фан. Кўпинча “студия акустикаси” ибораси қўлланилади. У хона ўлчамлари, шакл, ундаги товуш қайтарувчи юзалар, материаллар сони ва улпнинг жойлаштирилишига боғлиқ. Студиянинг амалдаги акустикаси студия юзаларининг қайтиб тушган товуш тебранишларига таъсир даражаси билан аникланади. Шундай қилиб, студия акустикаси микрофоннинг жойлаштирилиши, унинг товуш манбаигача бўлган масофа ва товуш тўлкинининг тушиш бурчагига тўғридан-тўғри боғлиқ.

Акустик ўк (Axis). Микрофон ва радиокарнайнинг акустик ўқи деб, микрофон мембранаси ва радиокарнай диффузори

ишчи марказидан ўтган тўғри чизикқа айтилади. Айрим ҳолларда акустик ўқ симметрия ўқи деб ҳам аталади. Микрофон ва радиокарнайларнинг сезgirлиги акустик ўқ бўйича максимал қийматга эга.

Акустик экран (Skreen). Студияда эркин ўрнатилган товушни ютадиган ва қайтарадиган, шунингдек студиянинг бир қисмидан иккинчи қисмига таркалаётган тўғри товуш тўлкини тушишини тўсадиган юзага айтилади. Агарда студияда микрофонга манбадан тўғри тушаётган товуш тўлкини йўналишида бирон-бир тўсик бўлса, унда тўсик “микрофонни экранлапти” дейдилар.

Атмосфера (Atmosphere). Исталган хонадаги товуш фони. Одатда бундай фон радио эшиттиришларда зарур, чунки у радио тингловчиларга табиийлик ва “қатнашув эффекти” ни таъминлайди. Фонограммага ёзилган умумий товуш фонидан, алоҳида магнит тасмасига ёзилиб, сатҳлари микшерланадиган “муҳит” сигналини ажратабилиш зарур. Студия ташқи шоиқинлардан изоляцияланган бўлишига қарамай студиядаги “муҳит” халақит даражасигача етадиган атроф муҳитдан ўтадиган шовкин. Кўпинча бундай ҳолат йўналмаган микрофонларни товуш манбаидан анча узоқ масофада жойлаштирилганда юз беради. Ижрочининг ҳаракати, вентиляция тизимининг тирқишларидан ўтадиган ҳаво оқими, ҳатто дикторнинг оғир нафас олиши ҳам эшиттиришда ёқимсиз шовкин чиқаради.

Атроф муҳит шовқини (Ambient noise). Исталган хонада, студияда, турар жойда ёки серкатнов кўчада товуш фони мавжуд. Оддий шароитларда одам эшитиш аъзоси бундай шовкинга кўникади ва уни сезмайди. Албатта, айрим ҳоллардаги максимал ёки минимал кучли шовкинлар бундан истисно. Монофоник эшиттиришларда оддий сатҳдаги шовкин ҳам етарлича сезилади. Бунда эшиттиришга ёки фонограммага шовкин ўтишининг олдини олиш мақсадида товуш манбаи ва микрофонни ўзаро оптимал жойлаштириш асосий масала ҳисобланади. Радиотингловчилар нуктаи назаридан тушуниб бўлмайдиган шовкинлардан ҳоли бўлмоқ зарур.

Ацетат (Acetate). Ацетат целлюлоза магнит тасма асоси сифатида қўлланиладиган материал бўлиб, унинг юзасига магнит кукуни пуркалади.

Баланс (Balance). Микрофон ва товуш манбаларини ўзаро оптимал ўрнатилиши, бунда микрофонга шовкин тушмайди, тўғри ва қайтган товуш тўлқинларнинг коникарли нисбати таъминланади.

Бир фонограммадан иккинчисига аста ўтиш (Overlap changeover). Бир фонограммадан иккинчисига ўтиш шундай амалга ошириладики, бунда тахминан ярим минут давомида иккала фонограмма эшитилади. Бир фонограмма иккинчисини коплаш вақти синхронлашни амалга оширилиб микшер бошқаргич билан бир фонограммани чиқариб, иккинчисини киритиш учун фойдаланилади. Бундай ўтишдан олдин иккинчи фонограмма сигнали линияга киритилиб назорат радиокарнай орқали этилади, биринчи фонограмма мазмуни кулокчин (наушник) орқали тингланади.

Вибрато (Vibrato). Секундига тахминан 5 – 8 Гц билан даврий тез ўзгарадиган товуш частотаси. Бундан давомли ноталар садоланишини (жарангваниши) бойитишда ижрочилар ва ашулчилар фойдаланадилар

Динамика (Dynamics). Мусика асарининг жаранглаш баландлигининг ўзгариш характерини шундай баҳолайдилар (шунингдек нутқ ва аралаш мусиқа-нутқ эшиттиришларни ҳам). “Динамика” тушунчаси бутун бир мусиқа асари сатхлари ўзгариши учун иккита алоҳида олинган ноталар оралиғидаги ёки бир бутун нота “товуш қобиғида” ги ўзгариш характерига нисбатан ҳам кўрилиши мумкин.

Динамик диапазон (Dynamic Loudspeaker). Бу тушунча орқали радиоэшиттириш товуш баландлиги диапазони тушунилади. Уни мусиқа асари янграганда товуш баландлигини сатҳ кўрсаткичларда ўлчанган максимал ва минимал кийматлари фарқи билан аниқлаш мумкин.

Диссонанс (Dissonance). Бир-бирдан частота бўйича ярим тонга ёки бир бутун тонга фаркланадиган иккита товушнинг эшитилиш ҳисси. Уларнинг частоталарини яқинлаштир-

ганимизда бу товушлар аввалига тепки хиссини уйғотади, сўнгра бирдек жаранглайди.

Долзарб ёзув (Actuality). Магнит тасмасига бўлаётган воқеаларни ёзиш. Репортаж, интервью, драматик сахналаштирилган воқеалар бундан истино.

Диффузор (Cone). Радиокарнай диффузори – қаттиқ қоғоз ёки полистиролдан ясалган қонуе. У енгил ва мустаҳкам бўлиши керак. Қоғозли диффузор радиал йўналишда эгилиб, тебраниш частотаси гармоникаларида қўшимча зарарли тебранишлар бўлмаслиги учун диффузор чаётлари гофрланади, қаткат бурмаланади.

Ёрдамчи кўрсатмалар (Pointer). Эшиттириш материалларида *радиопьесадаги* сахна воқеалари ва жойларини радиотингловчиларга тушунарли бўлишига ёрдамлашувчи мулокат, товуш эффектлари ва б.

“Жонли” радиоэшиттириш (Live transmission). Товуш ёзувчи тасмага олдиндан ёзилган элементлари бўлмаган радиоэшиттириш

Иккиламчи микшерлаш (Gross fade). Бир товуш манбаидан (ёки гуруҳ товуш манбаидан) бошқа товуш манбаига (ёки гуруҳ товуш манбаига) ўтиш мақсадида кетма-кет икки марта микшерлаш.

Импеданс (Impedance). Электр занжирнинг актив ва реактив, сизимли ва индуктивли таркиблари билан аникландиган тўла қаршилиги.

Истиқбол (Perspective) “Сахна чуқурлиги” бўйича тасаввур этишга имкон берадиган, тўғри ва қайтган товуш сатҳлари нисбатининг ўзгариши.

Ишга тайёр ҳолатдаги студия (Studio set-up). Микрофонлар энг қулай жойда ўрнатилган, ишга барчаси тайёр-ёруғлик сигналлари ёқилган.

Кайфият бағишловчи мусика (Mood music). Ўйналаётган сахна кайфиятини яхшироқ тушунишга ёрдамлашувчи ва тингловчилар эътиборини радиопостановканинг асосий мазмунидан чалғитмайдиган фон даражасидаги куй.

Копир – эффект (Printing). Магнит тасмасига ёзилган сигнални тасманинг бир қатламидан бошқа қатламга ўтиши.

Копир – эффект эшиттириш сифатини ёмонлаштиради. Буни олдини олиш йўллари: тасма сакланадиган хона ҳарорати $+18-24^{\circ}\text{C}$ бўлиши, ёзилган тасмаларни вақти-вақти билан бошқа бобинага (кассета) ўраш лозим.

Қўидаланг йўналган ёки чапараста микшерлаш (Gross fade). Бир товуш манбаидан (ёки гуруҳ товуш манбаидан) бошқа товуш манбаига (ёки гуруҳ товуш манбаига) ўтиш мақсадида кетма-кет икки марта микшерлаш. Бу операцияни бажариш вақтида микшернинг иккала бошқаргичи (ёки гуруҳ бошқаргичлари) бир вақтда очик бўлиши керак. Радиоэшиттиришда бу жараён қўлда бажарилади; микшерлаш тезлиги радиоэшиттиришнинг бадийлиги нуктаи назаридан қўйиладиган талабларга мос ҳолда турлича бўлиши мумкин.

Қайтган товуш (Indirect sound). Микрофонга етгунча бир ёки бир неча марта қайтган товуш.

“Лайлак” (Boom). Бир учига микрофон илинган, шарнир ёрдамида полга ўрнатилган штативга бириктирилган горизонтал телескопик станина. Бундай қурилмалар телевидение студияларида кўп қўлланилади.

Матн сигнали (Cue material). Радиоэшиттиришга товуш тасмасига олдиндан ёзувли кириш. Бундай киришнинг охири нутқ сўзлари ёки товуш дикторга радиоузатишга уланяпти ва студиядан материалларни ўқишни давом эттириш мумкин сигнали ҳисобланади.

Микрофон (Microphone). Механик ёки товуш тебранишларни электр кучланишга айлантиручи, босим ёки босим-градиентини сезадиган электроакустик ўзгартиргич-генератор.

Микрофон канали (Microphone channel). Микрофон кучайтиргич, микшер бошқаргич ва бошқа звенолардан иборат бўлган электр занжир.

Микрофон кучайтиргич (Pre-amplifier). Микрофон ва микшер бошқаргич ўртасидаги кучайтиргич.

Микшер ёки микшер қурилмаси (Mixer). Кучайтиргич-микшер пульти кўринишда микшерлаш жараёни учун мўлжалланган аппаратура. Паст сатҳларни микшерлашда ҳар бир товуш манбаи занжири микшер бошқаргичга дастлабки кучайтиргичсиз бевосита уланади.

Паст сатҳли микшерлар нисбатан арзон, аммо профессионаллар улардан жуда кам фойдаланадилар. Товуш манбаи занжиридаги дастлабки кучайтиргичли юқори сатҳли микшерлаш фойдали сигнал ва шовқин сатҳлари нисбатини яхшилаш билан баробар ўзгармас қаршиликли бошқаргич қўллаш имконини беради.

Микшер потенциометри – пулт бошқаргичи (Board fade). Эшиттириш дастурига товуш элементлари сатҳини киритиш ёки чиқаришни бошқариш учун мўлжалланган асбоб. Радио ходимлари жарғонида “ бошқарувчи пултнинг микшер бошқаргичи ёпик”, дегани эшиттириш трактидан товуш манбаи бутунлай чиқарилган (трактда товуш бутунлай сўндирилган) маъносини билдиради.

Микшерлаш (Mix). Турли каналларда микрофонлар, магнитофон ва бошқа товуш манбалардан келаётган узатиш электр сигнал сатҳларини бошқариш. Умумий каналда сигналларни қўшиш маълум нисбатларда олиб борилади.

Микшер билан товушни киритиш (кучайтириш) ёки пасайтириш (Fade). Товуш кучини бошқаргич (fader) ёрдамида аста-секин кучайтириш ёки пасайтириш.

Микшернинг гуруҳли бошқаргичи (Sub-master fader). Умумий кириш кучланишни бир неча индивидуал микшер бошқаргичлардан сўнг радиоэшиттиришга киритиш ёки чиқариш имконига эга бўлган бошқаргич.

Моноурал товуш (Monaural sound). Монофоник товушга тегишли бўлган термин (атама). Унинг асосида битта микрофон қабул қилган товушларни эшитиш ёки эшиттиришларни бир кулоқ билан тинглаш тушунилади.

Монофоник товуш (Monophonic sound). Битта канал эшиттиришини қабул қилиш. Бундай товуш тингланганда текширишда фойдаланадиган радиокарнайлар сони билан эмас, бир каналли товуш ёзиш ёки радио узатиш усули билан аникланади. Агарда сигнал бир неча микрофонлардан келса ва чиқиш кучланишлари қўшилса, бир неча радиокарнайларни қўллаб улар чиқишидаги товушларни қўшганимизда ҳам, сигнал бир каналдан келса товуш жаранглаши барибир монофоник бўлади. Монофоник эшиттиришда ижрочининг

фазода микрофонга нисбатан биргина: олдинга ва орқага харакатини узатиш мумкин. Шунинг учун монофоник эшитиришларда товуш манбаларининг фазода жойла-ниши сезилмайди, радиоэшиттириш табиий чикмайди. Бу камчи-ликларга карамай, юкори бадий монофоник радиоэшит-тиришлар тайёрланади

Монтаж (Editing). Тасмага ёзилган материалларни киркиб, ундан номакбул бўлган участкаларни олиб ташлаш ёки қайта ёзиш, янгисини қўшиш ва бир бутун товуш материалига йиғиш жараёни.

Назорат (Monitoring) Студиядан ёки эшитириш аппарат хонасидан узатиладиган радиоэшиттиришларнинг сифатини, овоз операторларининг тўғри ишлаши, нутқ эшиттириш-ларининг мазмуни ва ҳақозоларни эшитиш йўли билан текшириш.

Назорат тони (Tone control). Товуш жаранглашида даст-лабки кучайтиргичда частота нисбатларини ўзгартириш учун махсус рoстлашдан (созлашдан) фойдаланиш, одатда, паст ва юкори товуш частоталари мазмуни кўзда тутилади.

Обертон (Overtone). Обертон частотаси, одатда, асосий частотадан юкори бўлиб, мураккаб товуш таркибидир.

Осма микрофон (Seung microphone). Шипга илгич орқали, деворлар оралиғига ёки “лайлакка” илинадиган микрофон.

Палатка (Tent). Студияда жойлаштирилган, микрофон яки-нидаги товуш энергиясини ютувчи акустик экранлар гуруҳи.

Паст товуш частоталари, бас регистри (Bass). Мусика гаммасининг пастки қисми. Акустикада бу тушунчага тахминан 200Гц пастдаги товуш частота диапазони участкаси киради. Эшиттиришнинг бу частота диапазони қисми катта тўлқин узунлиги билан боғлиқ бўлиб, радиокарнайларнинг харакат-ланувчи диффузори ўлчамлари тўлқин узунлигидан анча кичик бўлганлиги сабабли ҳаво массасини етарлича харакатга келтираолмайди, натижада радиокарнай самарасиз нурланади ва товуш эшиттиришда ўзига хос қийинчилик туғдиради.

Радиокарнайларни қутига (фазаинвертор) жойлаштириш натижасида, унинг пастки қисми характеристикаси акустик тизим резонанси ёрдамида 8 – 10 Гц гача кенгайди.

Пультининг асосий бошқаргичи (Grand master ёки Overallmaster control). Барча гуруҳли ва индивидуал потенциометрлардан чиқиш кучланишлари унга келтирилган микшер бошқаргичи.

Радиостудия комплекси (Studio suite). Студия, микшер пультали бошқарув бўлмали ўзаро технологик боғланган хоналар комплекси.

Радиостудия хоналари комплекси (Continuity suite). Радиоузаткичга олдиндан ёзилган ёки студиядан "жонли" ижродаги радиоэшиттириш чиқариладиган мустақил хоналар блоки.

Радиоэшиттиришда паст частота ўтиш тракти (канал) (Broadcast chain). Радиоэшиттиришда паст частота тракти (канал) студиядан бошланиб, товуш сигнали бошқарув пультага, сўнгра турли бошқарув ва ўзгартириш орқали радиоузаткичга узатилади.

Сатҳ (Level). Микрофон ва микрофонлар яратадиган, кучайтиргич ва микшер бошқаргичлардан ўтадиган электр сигнал сатҳи. Сатҳ одатда децибелларда ифодаланади ва эталон "нулинчи" сатҳ билан солиштирилади. "Сатҳни ўрнатиш" ибораси радиоузаткич ёки овоз ёзиш аппаратураси киришига зарур ўлчамдаги сатҳни таъминлаш мақсадида бошқаргичларнинг мослиги ҳолатини текширишни англатади.

Соф жаранглаш (Clean Feed). Тафсилотлар ҳодиса содир бўлган жойда ёзилиб шарҳловчи ҳеч қандай изоҳ киритмаган садоланиш.

Студия (Studio). Эшиттиришлар олиб бориш учун микрофонлар ўрнатилган, махсус акустик ишлов берилган ва жиҳозланган хона ёки зал. Радиоэшиттириш ёки овоз ёзиш студиясининг асосий характеристикалари: унинг ўлчамлари, говуш изоляцияси даражаси, акустик хусусиятлари ва реверберация вақти ҳисобланади. Микрофон ёнига акустик щит, экран ўрнатиш билан студия акустикасини ўзгартириш мумкин.

Сунъий реверберация (Artificial reverberation). Айрим ҳолларда сунъий "акс садо" деб аталади. Жарангдор хонада ёки исталган бошқа бир хонада (масалан, ғорда, кудук тубида)

товуш сўнишини сунъий йўл билан таклид этиш. Бу усул, студия акустикаси керакли реверберация вақтини таъминлай олмаганда қўлланилади. Сунъий реверберация эффекти махсус қурилмалар: “акс садо хонаси”, магнит ва пружинали ревербераторлар ёрдамида амалга оширилади.

Сўниш (Attenuation). Эшиттириш трактида ёки унинг айрим участкаларида товуш частота тебраниш кучланиши ёки товуш сигнали энергиясининг йўқолиши.

Студиядан ташқаридаги товуш манбаи (Outside source). Бизда ретрансляция пункти деб аталади. Товуш материаллари манбаи радиоуддан ташқарида бўлиб, материал мабага узатиладиган ва ҳар қандай маҳаллий манбадан келаётган материал каби микшер пультада бошқарилади.

Тепкили тебраниш (Beat). Кенглиги 15 Гц бўлган товуш частотаси оралиғида иккита тон бир вақтда эшиттирилганда эшитиш аъзомизда пульсацияланган сигнални ёки бошқача қилиб айтганда, частотаси дастлабки икки тон частоталари айирмасига тенг бўлган “тепкили” тебраниш ҳиссини сезамиз. Иккита тоннинг биттаси частотасини кичик бошқариш йўли билан тепкили тебраниш аввалига сусайиш ва кейинчалик бутунлай эшитилмайдиган даражагача синхронланиши мумкин.

Товуш (Sound). Қандайдир манба таъсирида ҳаво ёки бошқа муҳит заррачаларининг таъсир кучга мос тебранишлари.

Товуш сигналининг йўқолиши (Drop cut). Тасмадаги магнит қатламнинг шикастланиши натижасида товуш сигналининг йўқолиши.

Товуш сўндирилган хона (Dead room). Қалинлиги 1 метр ва ундан ортик товуш сўндирувчи юзаларга эга бўлган хона ёки камера. Ундан микрофон ва радиокарнайларнинг частота характеристикаларини ўлчашда фойдаланилади. Унинг акустикаси овоз эшиттиришлар учун ярамайди.

Товуш картинаси (Sound picture). Эшиттиришда турли товуш баландликда ва турли эшитилиш истикболида берилидиган, таркибида қатор индивидуал товуш элементлари бўлган мураккаб товуш шакли.

Товуш қобиғи (Envelope). Вақт ўтиши билан товуш кучининг ўзгариш характери. Якка нота “қобиғининг” ёки

динамикасининг графикли тасвири товушнинг кутарилиши, унинг ички динамикаси ва сўнишнинг алохида хусусиятларини аниқлаб бериши мумкин.

Товуш сигнали (Signal). Ахборот товушга эга бўлган ўзгарувчан электр кучланиш.

Товуш кутарилиши ўрнатилмаган жаранглаш жараёни (Transient). Исталган товушнинг шу товуш тўлқини шаклига мос тинглангунга қадар бошланғич қисмининг вужудга келиши ва шаклланиш жараёни. Ушбу бошланғич жараёнинг характерли тингланиши ёрдамида мусиқа асбобларнинг оҳанглари аниқланади.

Товушга ишлов бериш, ўзгартириш (Transformation, Treatment of sound). Узлуксиз радиоэшиттириш ва овоз ёзиш жараёни, товуш жарангдорлиги ва товуш баландлиги сифатини ўзгартириш.

Тўғри товуш (Direct sound). Қайтишларсиз микрофонга тўғри тушаётган товуш энергиясининг бир қисми.

Тўғирлаш (Equalization). Филтрли схемаларни қўллаш билан:

а) сигнални ўзгартиргичлар ёки трактнинг бошқа элементлари, масалан, боғловчи линиялар киритадиган частота характеристикаларини компенсациялаш;

б) шовқинларни минимал даражагача камайтириш билан овоз ёзиш ёки радиоузатиш характеристикасини тўғрилаш.

Увилловчи товуш (Wow). Овоз ёзиш ва эшиттириш ускуналарининг механик носозлиги сабабли товуш баландлигининг даврий ўзгариш. Бундай тебранишлар частотаси 5Гц дан кам.

Фон (Hum). Электр таъминоти ва унинг гармоникалари частотасига боғлиқ бўлган халақитнинг паст частотали таркиби.

Хонанинг бўғиқ “ўлик” акустикаси (Dead acoustik). Ҳар бир товуш қайтарилишда товуш энергияси сезиларли даражада йўқоладиган хона акустикаси. Студияда ишлаганда бундай акустика товуш энергиясининг қайтиши жуда кичик ёки умуман қайтмайдиган очик ҳаво акустикаси шартларига яқинлашади.

Частота фильтри (Filtre). Актив каршилик ва конденсатордан иборат электр схема. Схема бир хил частоталарни ўтказди ва бошқаларини ўтишига тўсқинлик қилиб сўндиради. Фильтр содда кўринишда битта каршилик ва битта конденсатордан иборат. Кўп мақсадлар учун бундай фильтрнинг содда шакли тўла коникарли ҳисобланади.

Частотавий характеристика (Frequency response). Сигнал кучини частотага боғлиқ ҳолда кучайиш ёки сўниш ўзгаришини кўрсатувчи эгри чизик.

Чеклагич (Limiter). Радиоузаткични ортикча модуляцияланишдан ва бузилишлардан сақлайдиган автоматик бошқаргич. Унинг бошқача кўриниши компрессор, сигнал динамик диапазонини автоматик сиқишга мўлжалланган.

Шамолдан ҳимоялочи тўсиқ (Windshild). Микрофонни шамол эсишидан ҳимояловчи, унга мослаштирилган экран.

Электрон мусиқа (Electronic music). Соф электроника нуқтаи назаридан тузилган мусиқа.

Эффектлар (Effects). Ҳаётда учрайдиган турли товушларнинг таклиди. Мусиқа асосида тузилган эффектлар “радиофоник эффектлар” ёки “аниқ мусиқа” деб аталади. Кулгили ёки қалбаки эффектлар айрим мусиқа характериға хос товуш хусусиятларини керагидан ортикча чизиб (ажратиб) ўтиш орқали тузилади.

Юқори частоталар (Treable). Мусиқа диапазонинг 2 кГц ва ундан юқори товуш частоталарнинг юқори қисми.

Юқори частоталарни эшиттириш учун мўлжалланган “чийиқловчи” радиокарнай (Tweeter). Юқори частоталарни эшиттириш учун контрол агрегатда ёки радиокабулқилгичда ўрта ва паст частоталарни эшиттириш учун белгиланган радиокарнайлар билан бирга қўлланиладиган радиокарнай. Унинг конструкцияси паст ва ўрта частотали радиокарнайларга нисбатан бошқачарок ёндашишни талаб этади.

Юқори частоталар (Тор). 8 ва 16 кГц ораликда жойлашган юқори товуш частота диапазони.

Логарифмик бирлик, децибелга ўтиш формуллари ва нисбатлар жадвали

1. Логарифмик бирлик, децибелга ўтишдаги асосий формуллалар
2. Нолмичи (0,775 В) қўлданмишга нисбатан дБ да инфодаланган электр қўчланишлар киймати

| | Қўчайиш ёки сусайиш | |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | Сон улчамда | дБ улчамда |
| 1. Қўчланиш буйича | $\frac{V_1}{V_2}$ ммарт | $20 \lg \frac{V_1}{V_2}$, дБ |
| 2. Ток буйича | $\frac{I_1}{I_2}$ ммарт | $20 \lg \frac{I_1}{I_2}$, дБ |
| 3. Қўват буйича | $\frac{P_1}{P_2}$ ммарт | $10 \lg \frac{P_1}{P_2}$, дБ |

1дБ = 0.115 Неп
1Неп = 8.686 дБ

3. Асосий нисбатлар жадвали

| Неп. | дБ. | Қўчланиш ва тоқлар нисбати | | Қўватлар нисбати | |
|------------|-----|---|----------------------------------|------------------|---------|
| | | $\left(\frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2} \right)$ | $\left(\frac{P_1}{P_2} \right)$ | Қўчайиш | Сусайиш |
| 0 | 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 0,01 15 | 0,1 | 1,01 | 0,989 | 1,02 | 0,977 |
| 0,02 30 | 0,2 | 1,02 | 0,977 | 1,05 | 0,955 |
| 0,03 46 | 0,3 | 1,04 | 0,966 | 1,07 | 0,933 |
| 0,04 62 | 0,4 | 1,05 | 0,955 | 1,10 | 0,912 |
| 0,05 76 | 0,5 | 1,06 | 0,944 | 1,12 | 0,891 |
| 0,03 92 | 0,6 | 1,07 | 0,933 | 1,15 | 0,871 |
| 0,08 06 | 0,7 | 1,08 | 0,923 | 1,17 | 0,851 |
| 0,09 22 | 0,8 | 1,10 | 0,912 | 1,20 | 0,832 |
| 0,10 4 | 0,9 | 1,11 | 0,902 | 1,23 | 0,813 |
| 0,11 51 | 1,0 | 1,12 | 0,891 | 1,26 | 0,794 |
| 0,12 7 | 1,1 | 1,14 | 0,881 | 1,29 | 0,776 |
| 0,13 8 | 1,2 | 1,15 | 0,871 | 1,32 | 0,759 |
| 0,15 0 | 1,3 | 1,16 | 0,861 | 1,35 | 0,741 |
| 0,16 17 | 1,4 | 1,17 | 0,851 | 1,38 | 0,724 |
| 0,17 3 | 1,5 | 1,19 | 0,841 | 1,41 | 0,704 |

| Вольт (вольт улчшлари) | дБ | Вольт (вольт улчшлари) | дБ |
|------------------------|-----|------------------------|-----|
| 77.5 мкВ | -80 | 0.440В | -5 |
| 138 мкВ | -75 | 0.490В | -4 |
| 0.25 мВ | -70 | 0.550В | -3 |
| 0.44В | -65 | 0.620В | -2 |
| 0.77В | -60 | 0.690В | -1 |
| 1.38 мВ | -55 | 0.775В | 0 |
| 2.45 мВ | -50 | 0.870В | +1 |
| 4.36 мВ | -45 | 0.970В | +2 |
| 7.75 мВ | -40 | 1.09В | +3 |
| 13.8 мВ | -35 | 1.23В | +4 |
| 27.5 мВ | -20 | 1.38В | +5 |
| 87.0 мВ | -19 | 1.55В | +6 |
| 97.5 мВ | -18 | 1.73В | +7 |
| 110.0 мВ | -17 | 1.95В | +8 |
| 0.123 В | -16 | 2.19В | +9 |
| 0.138 В | -15 | 2.46В | +10 |
| 0.155 В | -14 | 2.76В | +11 |
| 0.174В | -13 | 3.1В | +12 |
| 0.195 В | -12 | 3.46В | +13 |
| 0.219 В | -11 | 3.89В | +14 |
| 0.240 В | -10 | 4.35В | +15 |
| 0.280 В | -9 | 7.75В | +20 |
| 0.310 В | -8 | 24.5В | +30 |
| 0.350 В | -7 | 77.5В | +40 |
| 0.400 В | -6 | | |

| | | | | | |
|-----------|-----|------|-------|------|-------|
| 0,18 4 | 1,6 | 1,20 | 0,832 | 1,45 | 0,692 |
| 0,19 6 | 1,7 | 1,22 | 0,822 | 1,48 | 0,676 |
| 0,20 7 | 1,8 | 1,23 | 0,813 | 1,51 | 0,661 |
| 0,21 9 | 1,9 | 1,24 | 0,804 | 1,55 | 0,646 |
| 0,23 0 | 2,0 | 1,26 | 0,794 | 1,58 | 0,631 |
| 0,25 3 | 2,2 | 1,29 | 0,776 | 1,66 | 0,603 |
| 0,27 6 | 2,4 | 1,32 | 0,759 | 1,74 | 0,575 |
| 0,29 9 | 2,6 | 1,35 | 0,741 | 1,82 | 0,550 |
| 0,32 2 | 2,8 | 1,38 | 0,724 | 1,91 | 0,525 |
| 0,34 6 | 3,0 | 1,41 | 0,708 | 2,00 | 0,501 |
| 0,36 8 | 3,2 | 1,45 | 0,692 | 2,09 | 0,479 |
| 0,39 1 | 3,4 | 1,48 | 0,676 | 2,19 | 0,457 |

4 Асосий нисбатлар жадвали

| Иш | дБ | Кучлиниш ва тоқлар нисбати | | Кувватлар нисбати | |
|-------|------|---|---------|--------------------------------|----------------------|
| | | $\left(\frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2}\right)$ | | $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ | |
| | | Кучлиниш | Сусайиш | Кучлиниш | Сусайиш |
| 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 | 0,631 | 2,51 | 0,398 |
| 0,483 | 4,2 | 1,62 | 0,617 | 2,63 | 0,380 |
| 0,505 | 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 | 0,422 | 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 | $3,16 \cdot 10^2$ | $3,16 \cdot 10^{-1}$ |
| 3,46 | 30,0 | 31,6 | 0,032 | 10^3 | 10^{-1} |

5. Асосий нисбатлар жадвали

| Иш | дБ | Кучлиниш ва тоқлар нисбати | | Кувватлар нисбати | |
|-------|-------|---|----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | $\left(\frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2}\right)$ | | $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ | |
| | | Кучлиниш | Сусайиш | Кучлиниш | Сусайиш |
| 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 | 0,006 | $3,16 \cdot 10^4$ | $3,16 \cdot 10^{-5}$ |
| 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 | $3,16 \cdot 10^8$ | $3,16 \cdot 10^{-1}$ | 10^{15} | 10^{-15} |
| 16,20 | 140,0 | 10^7 | 10^{-7} | 10^{18} | 10^{-18} |

6. Асосий нисбатлар жадвали

| Нсп. | дБ. | Кучланиш ва тоқлар нисбати | | Қувватлар нисбати | |
|-------|-------|--|----------------------|----------------------------------|------------|
| | | $\left(\frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{I_1}{I_2} \right)$ | | $\left(\frac{P_1}{P_2} \right)$ | |
| | | Кучайиш | Сусайиш | Кучайиш | Сусайиш |
| 17,30 | 150,0 | $3,16 \cdot 10^7$ | $3,16 \cdot 10^{-8}$ | 10^{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} |

Эслатма:

1. Децибел (дБ) – қандайдир икки қийматнинг нисбатини, ёки бу қийматнинг кучайишини (ёки сусайишини) ифодалайдиган логарифмик ўлчов бирлиги. Радиотехникада дБ электр кучланиш, ток ёки қувватни ўлчаш учун қўланилади; акустикада – товуш босимини ёки товуш баландлигини, яъни товуш босимлари ёки баландлиги нисбатларини ўлчаш учун қўланилади.

Масалан, дБ ифодаланган кучланиш бўйича 100 марта кучайиш (яъни кучланишлар нисбати $V_1/V_2 = 100:1$), тенг: $20 \lg 100 = 20 \cdot 2 = 40$ дБ; дБ ларда ифодаланган қувват бўйича 1000 марта кучайиш (яъни қувватлар нисбати $P_1/P_2 = 1000 : 1$), $10 \lg 1000 = 10 \cdot 3 = 30$ дБ га тенг

2. Агарда дБ ифодаланган қиймат олдидан минус ишораси булса, унда бу қиймат у билан таққосланаётган қийматдан кичиклигини аңглатади. Масалак, кучланишлар нисбати $V_1/V_2 = 1:10$ яъни 10 марта сусайишини; дБ ларда $20 \lg 1/10 = 20(-1) = -20$ дБ га тенг.

1. Логарифмик бирлик, децибелга утишдаги асосий формулалар

2.Нолинчи (0,775 В) кучланишга нисбатан дБ да ифодаланган электр кучланишлар қиймати

| | Кучайиш ёки сусайиш | |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | Сон ўлчамда | дБ ўлчамда |
| 1. Кучланиш бўйича | $\frac{V_1}{V_2}$ марта | $20 \lg \frac{V_1}{V_2}$, дБ |
| 2. Ток бўйича | $\frac{I_1}{I_2}$ марта | $20 \lg \frac{I_1}{I_2}$, дБ |
| 3. Қувват бўйича | $\frac{P_1}{P_2}$ марта | $10 \lg \frac{P_1}{P_2}$, дБ |

1дБ = 0,115 Неп

1Нп = 8,686 дБ

3. Асосий нисбатлар жадвали

| Неп | дБ | Кучланиш ва тоқлар нисбати | | Кувватлар нисбати | | Вольт (вольт улшлари) | дБ | Вольт (вольт улшлари) | дБ |
|------|-----|---|---------|----------------------------------|---------|-----------------------|-----|-----------------------|-----|
| | | $\left(\frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2} \right)$ | | $\left(\frac{P_1}{P_2} \right)$ | | | | | |
| | | Кучайиш | Сусайиш | Кучайиш | Сусайиш | | | | |
| 0 | 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 77,5 мкВ | -80 | 0,440В | -5 |
| 0,01 | 0,1 | 1,01 | 0,989 | 1,02 | 0,977 | 138мкВ | -75 | 0,490В | -4 |
| 15 | | | | | | 0,25мВ | -70 | 0,550В | -3 |
| | | | | | | 0,44В | -65 | 0,620В | -2 |
| | | | | | | 0,77В | -60 | 0,690В | -1 |
| | | | | | | 1,38 мВ | -55 | 0,775В | 0 |
| | | | | | | 2,45 мВ | -50 | 0,870В | +1 |
| | | | | | | 4,36 мВ | -45 | 0,970В | +2 |
| | | | | | | 7,75 мВ | -40 | 1,09В | +3 |
| | | | | | | 13,8 мВ | -35 | 1,23В | +4 |
| | | | | | | 77,5 мВ | -20 | 1,38В | +5 |
| | | | | | | 87,0 мВ | -19 | 1,55В | +6 |
| | | | | | | 97,5 мВ | -18 | 1,73В | +7 |
| | | | | | | 110,0 мВ | -17 | 1,95В | +8 |
| | | | | | | 0,123 В | -16 | 2,19В | +9 |
| | | | | | | 0,138 В | -15 | 2,46В | +10 |
| | | | | | | 0,155 В | -14 | 2,76В | +11 |
| | | | | | | 0,174В | -13 | 3,1В | +12 |
| | | | | | | 0,195 В | -12 | 3,46В | +13 |
| | | | | | | 0,219 В | -11 | 3,89В | +14 |
| | | | | | | 0,240 В | -10 | 4,35В | +15 |
| | | | | | | 0,280 В | -9 | 7,75В | +20 |
| | | | | | | 0,310 В | -8 | 24,5В | +30 |
| | | | | | | 0,350 В | -7 | 77,5В | +40 |
| | | | | | | 0,400 В | -6 | | |
| 0,16 | 1,4 | 1,17 | 0,851 | 1,38 | 0,724 | | | | |
| 0,17 | 1,5 | 1,19 | 0,841 | 1,41 | 0,704 | | | | |
| 0,18 | 1,6 | 1,20 | 0,832 | 1,45 | 0,692 | | | | |

| | | | | | |
|-------|-----|------|-------|------|-------|
| 4 | | | | | |
| 0,195 | 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. Асосий нисбатлар жадвали

5. Асосий нисбатлар жадвали

| Неп | дБ | Кучланиш ва тоқлар нисбати | | Кувватлар нисбати | |
|-------|-----|---|----------|--------------------------------|----------|
| | | $\left(\frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2}\right)$ | | $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ | |
| | | Кучай иш | Сусай иш | Кучай иш | Сусай иш |
| 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 | 0,631 | 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 |

| | | | | | |
|-----------|----------|-------|-------|-------------------|----------------------|
| 0,69 2 | 6,0 | 2,00 | 0,501 | 3,98 | 0,251 |
| 0,74 8 | 6,5 | 2,11 | 0,473 | 4,47 | 0,224 |
| 0,80 6 | 7,0 | 2,24 | 0,447 | 5,01 | 0,200 |
| 0,86 3 | 7,5 | 2,37 | 0,442 | 5,62 | 0,178 |
| 0,92 2 | 8,0 | 2,51 | 0,398 | 6,31 | 0,158 |
| 0,97 8 | 8,5 | 2,66 | 0,376 | 7,08 | 0,141 |
| 1,04 0 | 9,0 | 2,82 | 0,355 | 7,94 | 0,126 |
| 1,09 3 | 9,5 | 2,99 | 0,335 | 8,91 | 0,112 |
| 1,15 1 | 10, 0 | 3,16 | 0,316 | 10,00 | 0,100 |
| 1,26 6 | 11, 0 | 3,55 | 0,282 | 12,6 | 0,079 |
| 1,38 0 | 12, 0 | 3,98 | 0,251 | 15,8 | 0,063 |
| 1,49 6 | 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} |

| Неп | дБ. | Кучланиш ва тоқлар нисбати $\left(\frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2}\right)$ | | Қувватлар нисбати $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ | |
|-------|-------|---|----------------------|---|-----------------------|
| | | Куча йиш | Суса йиш | Куча йиш | Суса йиш |
| 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^{-12} |
| 16,20 | 140,0 | 10^7 | 10^{-7} | 10^{14} | 10^{-14} |

6. Асосий нисбатлар жадвали

| Неп. | дБ. | Кучланиш ва тоқлар нисбати | | Қувватлар нисбати | |
|-------|-------|---|----------------------|----------------------------------|------------|
| | | $\left(\frac{V_1}{V_2}, \frac{I_1}{I_2} \right)$ | | $\left(\frac{P_1}{P_2} \right)$ | |
| | | Кучайиш | Сусайиш | Кучайиш | Сусайиш |
| 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} |

Эслатма:

1. Децибел (дБ) – қандайдир икки қийматнинг нисбатини ёки бу қийматнинг кучайишини (ёки сусайишини) ифодалайдиган логарифмик ўлчов бирлиги. Радиотехникада дБ электр кучланиш, ток ёки қувватни ўлчаш учун қуланилади; акустикада – товуш босимини ёки товуш баландлигини, яъни товуш босимлари ёки баландлиги нисбатларини ўлчаш учун қуланилади.

Масалан, дБ ифодаланган кучланиш бўйича 100 марта кучайиш (яъни кучланишлар нисбати $V_1:V_2 = 100:1$), тенг: $20 \cdot \lg 100 = 20 \cdot 2 = 40$ дБ; дБ ларда ифодаланган қувват бўйича 1000 марта кучайиш (яъни қувватлар нисбати $P_1:P_2 = 1000:1$), $10 \lg 1000 = 10 \cdot 3 = 30$ дБ га тенг.

2. Агарда дБ ифодаланган қиймат олдида минус ишораси бўлса, унда бу қиймат у билан таққосланаётган қийматдан кичиклигини аниқлатади. Масалан, кучланишлар нисбати $V_1:V_2 = 1:10$ яъни 10 марта сусайишини: дБ ларда $20 \lg 1/10 = 20(-1) = -20$ дБ га тенг.

- Сапожков М. А. Электроакустика. Учебник для вузов. – М.: Связь, 1978.
- Ефимов А. П., Никонов А. В., Сапожков М. А., Шоров В. И. Под ред. Сапожкова М. А. Акустика. Справочник. – М.: Радио и связь, 1989.
- ГОСТ 16122-87. Громкоговорители. Методы электроакустических измерений.
- Лифшиц С. Я. Курс аналитической акустики. – М.: Изд-во МВТУ, 1927.
- Фурдуев В. В. Электроакустика. – М.: Связьиздат, 1960.
- Цвикер Э., Фельдкеллер Р. Ухо как приемник информации. – М.: Связь, 1971.
- Римский-Корсаков А. В. Электроакустика. – М.: Связь, 1973.
- Радиовещание и электроакустика. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1999.
- Катунин Г. П. Микрофоны. Учебное пособие. – Новосибирск.: СибГТИ, 1995.
- Катунин Г. П., Лапаев О. А. Громкоговорители. Учебное пособие. – Новосибирск.: Издательство Сибирской государственной академии телекоммуникаций и информатики (СибГАТИ), 1997.
- Ржевкин С. Н. Курс лекций по теории звука. – М.: Издательство МГУ, 1960.
- Катунин Г. П., Лапаев О. А. Проектирование и расчёт акустических параметров помещений. Учебное пособие. – Новосибирск.: Издательство Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), 2000.
- Папернов, Л. З. и др. Расчёт и проектирование систем озвучения и звукоусиления в закрытых помещениях. – М.: Связь, 1970.
- Алдошина И. А. Электродинамические громкоговорители. – М.: Радио и связь, 1989.
- Молодая Н. Т. Акустический расчёт радио-вещательных и телевизионных студий. – М.: ВЗИС, 1961.
- С. М. Аллон, Н. И. Максисов. Музыкальная акустика. – М.: Высшая школа, 1971.
- Алехин С. Общие принципы звукоусиления в концертных залах // Звукорежиссёр. – 1999. – №1,3,4,7.
- Ковалгин Ю. А. Стерефония. – М.: Радио и связь, 1989.
- Сапожков М. А. Звукофикация помещений. – М.: Связь, 1979.
- Радиовещание и электроакустика. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1989.
- Баранов С. Радиомикрофонные системы. // Звуко-режиссёр. – 1999. – №4.
- Бабуркин В. И. и др. Электроакустика и радиовещание. – М.: Радио и связь, 1967.
- Сапожков М. А. Звукофикация открытых пространств. – М.: Радио и связь, 1985.
- Кондрашин П. Применение Р2М – микрофонов. // Звуко-режиссёр. – 2000. – №1.
- Зупаров М. Исследование переходных процессов в электродинамических громкоговорителях. Сборник трудов МЭИС, выпуск 2. – М., 1970.
- Зупаров М. Акустический расчёт системы звукоусиления. Пособие по КП и ВКР для бакалавров. – Ташкент, 2003.
- Зупаров М., Буланбаева С. Акустический расчёт студий. РНТК, том I. – Новосибирск, 2004
- Зупаров М.З., Катунин Г.П. Электроакустика. – Ташкент, 2005.
- Алдошина И. А., Войшвилло А. Г. Высококачественные акустические системы и излучатели. – М.: Радио и связь, 1985.

Мундарижа

| | |
|-------------|---|
| Кириш | 3 |
|-------------|---|

I БОБ. ФИЗИОЛОГИК АКУСТИКА АСОСЛАРИ

| | |
|---|----|
| 1.1. Одам эшитиш аъзосининг тузилиши | 7 |
| 1.2. Частота бўйича эшитиш | 11 |
| 1.3. Эшитиш бусағаси ва оғриқ бусағаси | 15 |
| 1.4. Товуш жадаллигининг дифференциал эшитиш бусағаси | 18 |
| 1.5. Товуш баландлиги ва товуш баландлиги сатхи | 21 |
| 1.6. Мураккаб товушларни эшитиш. Никоблаш | 26 |
| 1.7. Эшитишни сеза билишнинг вақт тавсифлари | 29 |
| 1.8. Эшитиш аъзосининг ночизикли хусусиятлари | 33 |
| 1.9. Бинаурал эффект | 34 |
| <i>Назорат саволлари</i> | 36 |

II БОБ. ТОВУШ ТЕБРАНИШЛАРИ ВА ТҮЛҚИНЛАР

| | |
|--------------------------------------|----|
| 2.1. Таърифлар | 37 |
| 2.2. Ясси тўлқин | 40 |
| 2.3. Сферик тўлқин | 43 |
| 2.4. Тўлқинлар интерференцияси | 45 |
| 2.5. Товуш тўлқинининг қайтиши | 46 |
| <i>Назорат саволлари</i> | 49 |

III БОБ. ТОВУШ СИГНАЛЛАРИ

| | |
|--|----|
| 3.1. Таърифлар | 50 |
| 3.2. Динамик диапазон | 50 |
| 3.3. Ҳуртача сатҳ | 53 |
| 3.4. Частота диапазони ва спектрлар | 54 |
| 3.5. Акустик сигналларнинг вақтий тавсифлари | 57 |
| 3.6. Сигналнинг бирламчи параметри | 57 |
| 3.7. Иккиламчи сигнал | 59 |
| 3.8. Шовқин ва ҳалақитлар | 61 |
| 3.9. Чизикли бузилишлар | 61 |
| 3.10. Ночизикли бузилишлар | 63 |
| <i>Назорат саволлари</i> | 65 |

FO'QUV ZALI

IV БОБ. ЭЛЕКТРОМЕХАНИК ТИЗИМЛАР ВА ЭЛЕМЕНТЛАР

| | |
|--|-----------|
| 4.1. Электромеханик ўзгартириш..... | 67 |
| 4.2. Чизикли ўзгартиргичларнинг умумий тенгламаси..... | 68 |
| 4.3. Электростатик ўзгартиргичлар..... | 70 |
| 4.4. Ўзгартиргичнинг эквивалент схемалари..... | 74 |
| 4.5. Электромеханик ухшатишлар усули..... | 75 |
| 4.6. Акустик тизимлар..... | 81 |
| <i>Назорат саволлари.....</i> | <i>84</i> |

V БОБ. МИКРОФОНЛАР

| | |
|--|------------|
| 5.1. Микрофонларнинг классификациялари ва техник тавсифлари..... | 86 |
| 5.2. Микрофонларнинг ишлаш принципи..... | 90 |
| 5.3. Микрофон – электромеханик ўзгартиргич..... | 94 |
| 5.4. Микрофон – товуш қабул қилгич..... | 96 |
| 5.5. Ғалтакли микрофон..... | 101 |
| 5.6. Тасмали микрофон..... | 106 |
| 5.7. Конденсаторли ва электретли микрофонлар..... | 109 |
| 5.8. Комбинацияланган микрофонлар..... | 113 |
| 5.9. Товуш сигналларини қабул қилувчи ўткир йуналтирилган микрофонлар..... | 120 |
| 5.10. Радиомикрофонлар..... | 124 |
| 5.11. Микрофонли стереофоник тизимлар..... | 126 |
| 5.12. Микрофонларни ишлатиш хусусиятлари..... | 130 |
| <i>Назорат саволлари.....</i> | <i>136</i> |

VI БОБ. РАДИОКАРНАЙЛАР

| | |
|--|------------|
| 6.1. Радиокарнайларнинг асосий техник тавсифлари..... | 137 |
| 6.2. Нурлатгич турлари..... | 139 |
| 6.3. Чизикли гўруҳ нурлатувчилари..... | 147 |
| 6.4. Диффузорли радиокарнайлар..... | 150 |
| 6.5. Электродинамик радиокарнайларда ночизикли бузилишлар..... | 157 |
| 6.6. Электродинамик радиокарнайларда частотали бузилишлар..... | 160 |
| 6.7. Тугри нурлатувчи радиокарнайларнинг эшиттириш частота диапазонини кенгайтириш усуллари..... | 162 |
| 6.8. Радиокарнайларда ўтиш жараёнлари..... | 169 |
| 6.9. Рупорли радиокарнайлар..... | 174 |
| 6.10. Конденсаторли радиокарнайлар..... | 180 |
| 6.11. Акустик тизимлар..... | 181 |
| <i>Назорат саволлари.....</i> | <i>183</i> |

VII БОБ. АРХИТЕКТУРА АКУСТИКАСИ АСОСЛАРИ

| | |
|---|------------|
| 7.1. Архитектура акустикасининг қисқача ривожланиш тарихи..... | 185 |
| 7.2. Хона акустикасининг статистик назарияси..... | 188 |
| 7.3. Акустик нисбат ва эквивалент реверберация..... | 192 |
| 7.4. Оптимал реверберация вақти Студиялар..... | 193 |
| 7.5. Говуш қучайтириш тизимли заллар..... | 196 |
| 7.6. Зал акустикасини субъектив баҳолаш усуллари..... | 198 |
| 7.7. Говуш ютувчи материаллар ва уларнинг конструкциялари..... | 199 |
| 7.8. Хоналарнинг говуш изоляцияси..... | 203 |
| 7.9. Радиоэшиттириш студиялари реверберация вақти частота тавсифининг акустик ҳисоби..... | 203 |
| <i>Назорат саволлари.....</i> | <i>209</i> |

VIII БОБ. ОВОЗЛАШТИРИШ ВА ТОВУШ ҚУЧАЙТИРИШ ТИЗИМЛАРИ

| | |
|--|------------|
| 8.1. Овозлаштириш ва говуш қучайтириш тизимларининг вазифалари..... | 210 |
| 8.2. Говуш қучайтириш ва овозлаштириш тизимларига қўйиладиган талаблар..... | 211 |
| 8.3. Бир жойга тўпланган тизим..... | 212 |
| 8.4. Зонал тизимлар..... | 214 |
| 8.5. Тақсимланган тизимлар..... | 215 |
| 8.6. Нутқнинг тушунарлилиги ва аниқлиги..... | 217 |
| 8.7. Залларни сошлаш буйича айрим тавсиялар..... | 223 |
| 8.8. Зал говуш қучайтириш тизимининг акустик ҳисоби..... | 224 |
| 8.9. Говуш сундирилиши ҳисоби..... | 226 |
| 8.10. Радиокарнайларнинг талаб этиладиган акустик қуввати ва туғри говуш сатҳи ҳисоби..... | 228 |
| 8.11. Овозлаштириш тизими ва радиокарнайлар турини танлаш..... | 229 |
| 8.12. Қучайтиришнинг чегаравий индекси ҳисоби ва микрофон турини танлаш..... | 231 |
| 8.13. Нутқ равшанлиги..... | 232 |
| 8.14. Намунавий усқуна танлаш..... | 234 |
| <i>Назорат саволлари.....</i> | <i>239</i> |
| 1-ИЛОВА. Таъриф ва тушунчалар..... | 241 |
| 2-ИЛОВА. Логарифмик бирлик, децибелга ўтиш формулалари ва нисбатлар жадвали..... | 252 |
| Адабиётлар..... | 260 |

1 O'QUV ZALI

5780e.

Масуд Зупарович Зупаров,
Геннадий Павлович Катунин

ЭЛЕКТРОАКУСТИКА

Ўқув қўлланма

Масъул муҳаррирлар: т.ф.н., доц. А. А. Абдуазизов,
ф-м.ф.н., доц Қ. Ҳ. Ҳайдаров
Муҳаррир Ж. Қўнишев
Бадий муҳаррир А. Акилов
Техник муҳаррир Б. Ирисбоев
Саҳифаловчи А. Фейзуллаев

Босишга 07. 07. 2010 йилда рухсат этилди.
Бичими 60x84 мм. Ҳажми 16,0 б. т. Адади 100 нусха.
Буюртма № 27.

“YANGI NASHR” нашриёти

“MEDIANASHR” МЧЖ босмаҳонаси
Тошкент шаҳри, Чилонзор кўчаси, 1-уй.

QO'QUV ZALI