

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АЛОҚА АХБОРОТЛАШТИРИШ ВА
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ДАВЛАТ
ҚЎМИТАСИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР УНИВЕРСИТЕТИ**

“Ҳимояга рухсат”

Кафедра мудири

Доц. Нуралиев Ф. М.

"__" _____ 2013 г.

БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ

**МАВЗУ: РАДИО УЙИ КИЧИК КОНЦЕРТ СТУДИЯСИНИ
АКУСТИК ХИСОБИ**

Битирувчи _____
подпись

Рузимов Ш.Н.
ф.и.о.

Раҳбар _____
подпись

Солихов Б.Т.
ф.и.о.

Рецензент _____
подпись

ф.и.о.

ХФХ бўйича
маслаҳатчи _____
подпись

Қодиров Ф. М.,
ф.и.о.

Тошкент – 2013

Битирув малакавий ишида овоз ёзиш студиясининг структураси, техник жиҳозлари ва кичик концерт студиясини акустик ҳисоби масалалари кўриб чиқилган.

Бундан ташқари ҳаёт фаолияти хавфсизлиги саволлари ҳам кўриб чиқилган.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке структуры звукозаписывающей студии, принципам работы технических средств, а также акустическому расчету малой музыкальной студии.

Кроме этого рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

The Abstract Exhaust qualification functioning is dedicated to study principle estimations technical parameter, structures sound channel and tract. Except this considered questions to safety to vital activity/

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АЛОҚА АХБОРОТЛАШТИРИШ
ВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ДАВЛАТ
ҚЎМИТАСИ**

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР УНИВЕРСИТЕТИ

Факультет _____ кафедра _____

Йўналиш _____

Тасдиқлайман

Кафедра мудири Нуралиев Ф.М.

« _____ » _____ 20__ г.

Битирув малакавий иши учун

ТОПШИРИҚ

Шарипов Асламбек

1. Иш мавзуси “Овоз ёзиш студиясининг структураси ва техник жиҳозлари”
2. «__» __ 2013 г. № ____ буйруқ билан университет бўйича тасдиқланган
3. Яқунланган ишни топшириш муддати _____
4. Ишга керакли маълумотлар: Овоз частотаси диапазони 20-20000 Гц , Частота дискретизацияси-48; Кодлаш разряди-16.
5. Ҳисоблаш - тушунтириш ёзуви мазмуни: Овоз ёзишнинг вазифалари;
- овоз частотаси диапазони ва спектрлар; овоз ёзиш студиясининг структураси ва техник жиҳозлари; ХФХ
6. График материаллар кетма-кетлиги: Замонавий овоз ёзиш студиялари структураси; аудиомагнитофоннинг структура схемаси; рақамли овоз сигналларнинг стандарт кўрсаткичлари; рақамли овоз ёзиш принциплари, студия техник воситалари, бошловчи ва меҳмонларнинг тахминий жойлашиши, товуш ютувчи материаллар.
7. Топшириқ берилган вақти _____

Раҳбар _____

Ф.И.Ш.

ИМЗО

Топшириқ қабул қилдим _____

Ф.И.Ш.

ИМЗО

8. БМИ алоҳида бўлимлари бўйича маслаҳат

Бўлим номи	маслаҳатчи	Имзо, сана	
		Топшириқ бердим	Топшириқ олдим
1. Кириш			
2. Овоз ёзишнинг вазифалари			
3. Овоз частотаси диапазони ва спектрлар			
4. Овоз ёзиш студиясининг структураси ва техник жиҳозлари			
5. ХФХ. Ўзгарувчи электромагнит майдонларининг инсон организмига таъсири			
6. Хулоса			

9. Ишни бажариш графиги

№	Иш бўлимининг номи	Бажарилиш муддати	Бажарилиши тўғрисидаги раҳбар тасдиғи (имзо)
1.	Кириш		
2	Овоз ёзишнинг вазифалари		
3	Овоз частотаси диапазони ва спектрлар		
4	Овоз ёзиш студиясининг структураси ва техник жиҳозлари		
5.	ХФХ. Ўзгарувчи электромагнит майдонларининг инсон организмига таъсири		
6.	Хулоса		

Битирувчи _____ «____» _____ 2013 г.

ИМЗО

Раҳбар _____ «____» _____ 2013 г.

ИМЗО

Мундарижа

Кириш.....	6
1- Бўлим. Овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимлари.....	7
1.1. Овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимларининг.....	7
1.2. Товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимларига қўйиладиган талаблар.....	8
1.3. Бир жойга тўпланган тизим.....	9
1.4. Зонал тизимлар.....	11
1.5. Тақсимланган тизимлар.....	13
1.6. Нутқнинг тушунарлилиги ва аниқлиги.....	14
I- бўлим бўйича хулоса.....	20
2-бўлим. Олинган натижалар. Студияларни акустик созлаш.....	21
2.1. Студияларни акустик созлаш бўйича айрим тавсиялар.....	21
2.2. Студия товуш кучайтириш тизимининг акустик ҳисоби.....	23
2.3. Товуш сўндирилиши ҳисоби.....	25
2.4. Товуш сўндирилишининг асосий фонди ҳисоби.....	26
II- бўлим бўйича хулоса.....	29
3- бўлим. Тажриба қисми. Тошкент радиоуйи кикчик концерт студияси акустикаси ҳисоби	30
3.1. Тошкент радиоуйининг тузилиши.....	30
3.2. Студиядаги товуш майдонини тўлқинли ва статик анализ усуллари.....	32
3.3. Студияда товуш жараёнларини статик назарияси.....	35
3.4. Студиядаги реверберацион жараёнларни структураси ва эшитилиши.....	37
3.5. Реверберация вақтини ўлчаш.....	41
3.6. Радиокарнайларнинг талаб этиладиган акустик қуввати ва тўғри товуш сатҳи ҳисоби.....	44
3.7. Овозлаштириш тизими ва радиокарнай турларини танлаш.....	44
3.8. Кучайтиришнинг чегаравий индекси ҳисоби ва микрофон турларини танлаш.....	47
III- бўлим бўйича хулоса.....	57
4-бўлим. Ҳаёт хавфсизлиги фаолияти.....	58
4.1. Ўзгарувчи электромагнит майдонларининг инсон организмига таъсири.....	58
4.2. Электромагнит майдонининг нормалари. Мухофаза усуллари.....	58
4.3. Хавф тўғрисида тушунча. Хавфнинг таксономияси, номенклатураси, квантификацияси ва идентификацияси.....	64
4.4. Хавфсизликни таъминловчи принциплар ва уларнинг таснифи.....	68
Хулоса.....	70
Адабиётлар.....	71

Кириш

Ўзбекистон Республикаси Президенти Ислом Каримовнинг 2012 йилда республика ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш якунлари ҳамда 2013 йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг муҳим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Маҳкамасининг мажлисидаги маърузаси.

Жорий йилнинг ўзида Жиззах, Тошкент, Фарғона ва Хоразм вилоятларида бешта рақамли телевизион узатгич ўрнатиш йўли билан рақамли телевидениени ривожлантириш лойиҳаларини амалга ошириш ва мамлакатимиз аҳолисини рақамли телевидение билан қамраб олиш даражасини 42 фоиздан 45 фоизга етказишни таъминлаш лозим.

Ушбу битирув ишидан мақсад, Тошкент радиоуйининг кичик концерт студиясини акустик ҳисоб – китобларини бажаришдан, овоз ёзиш студияси структураси, техник қурилмаларини ўрганишдан иборатдир.

Овоз ёзиш қуйидаги масалаларни ҳал этиш учун қўлланилади: репетиция ишларини олиб бориш, ёзилган овозни қисқа ва узоқ муддатга сақлаш. Эшиттириш дастурларни тайёрлашда репетиция вақтларида овоз турли сақловчиларга (тасма, лазер диск, хотира қурилмалари) ёзилади ва шу захотиёқ қайта эшиттирилади, шундай қилиб ижрочи ўз ижросини текшириш ва нуқсонларини йўқотиш имкониятига эга, натижада эшиттиришнинг сифати ошади. Шу сабабли овоз ёзиш студияларини таҳлил этиш масаласи долзарбдир.

Замонавий жамиятни овоз маълумотлари ва сигналларисиз кўз олдимизга келтириш жуда мушкул, шунинг учун уни сифатли овоз сигналларни ёзиш учун ускуналар комплекси, ҳамда студияни акустик параметрларини ўрганиш зарур. Шу сабабли ушбу малакавий битирув иши фан ва техникада катта аҳамиятга эга.

I-БЎЛИМ. АДАБИЁТ ТАҲЛИЛИ

ОВОЗЛАШТИРИШ ВА ТОВУШ КУЧАЙТИРИШ ТИЗИМЛАРИ

1.1. Овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимларининг белгиланиши

Товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимлари кўп мақсадли залларда ва очиқ майдонлар, истирохат боғлари, стадионлар, спорт майдончаларида: нотик, ижрочи, хонанда ва мусиқа асбобларининг товуш сигналларини кучайтириш талаб этиладиган шароитларда қўлланилади. Товуш кучайтириш тизимлари қачонки, бирламчи сигнал қуввати (нотик, ижрочи, мусикачи ва б.к) тингловчилар эгаллаган ерда етарлича қувватда сигнал сатҳи ҳосил қила олмаганда қўлланилади. Акустик шароитлари нормал, ҳажми 2000м^3 зиёд ва тингловчиларгача бўлган масофа 25м ортиқ бўлган залларда товуш кучайтириш тизими ишлатилади. Шовқин сатҳи юқори ва товуш сўндирилиши камроқ бўлган кичик ҳажмдаги хоналарда ҳам товуш кучайтириш тизими қўлланилиши мумкин.

Товуш кучайтириш тизимининг овозлаштириш тизимидан фарқи шундаки, товуш кучайтириш тизимида микрофон радиокарнай нурлатаётган кучайтирилган товуш майдонида жойлаштирилади, натижада акустик тескари боғланиш деб аталувчи жараён кузатилади. Шунинг учун товуш кучайтириш тизими потенциал барқарор эмас ва айрим шароитларда генерация режимиға ўтиши ҳам мумкин.

Овозлаштириш майдонида радиокарнайларнинг жойлаштирилишига боғлиқ ҳолда товуш кучайтириш ва овозлаштириш: бир жойга тўпланган, зонал ва тақсимланган тизимларга бўлинади.

1.2. Товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимларига қўйиладиган талаблар

Товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимлари белгиланишига қараб, фақат умумий талабларгагина (ҳосил қилаоладиган овоз эшиттириш частота полосаси, чизиқли ва ночизиқли бузилишлар) эмас, айрим махсус талабларга ҳам жавоб бериши керак. Айрим ҳолда овозлаштирилаётган майдонда товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизими товуш майдонининг зарурий сатҳини, унинг белгиланган нотекислигини, эшиттириш узвийлигини, товуш манбаларини локаллашни, нутқнинг аниқлигини таъминлаши керак.

Тўғри товуш ҳисобига ҳосил бўлган майдоннинг зарурий сатҳи $N_{\text{тўғри}}$ товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимларининг белгиланишига боғлиқ. Юқори сифатли тизимлар кичик шовқин сатҳ - 40÷45 дБ да ишлайди. Бундай тизимларда максимал акустик сатҳ ($N_{\text{тўғри}}$) бирламчи сигнал манбаининг табиий жарангдорлиги билан аниқланади. Шунинг учун мусиқа дастурларини эшиттирганда тингловчи ўтирган жойда $N_{\text{тўғри}} = 90\div 94$ дБ, нутқ кучайтиришда эса - 80÷86 дБ босим сатҳини таъминлаш зарур, бу эса тахминан 1÷1,5 м масофада нотиқ яратаётган акустик сатҳга тўғри келади.

Товуш майдонининг нотекислиги $\Delta N_{\text{тўғри}}$ - овозлаштириладиган майдондаги максимал ва минимал акустик сатҳлар фарқи. Мусиқани қайта эшиттиришда нотекислик $\Delta N_{\text{тўғри}} \leq 6$ дБ қабул қилинса, нутқни қайта эшиттиришда эса $\Delta N_{\text{тўғри}} \leq 8$ дБ қабул қилинади.

Товуш янграшининг туташлиги - сезиларли ёки халақит берувчи акс садонинг бўлмаслиги. Товуш янграшининг туташлиги турли вақтга кечикувчи тўғри ва кечикадиган сигнал сатҳларининг маълум нисбати билан таъминланади.

Товуш манбаларини локаллаш, яъни туюладиган товуш манбаининг қулоқ солиб ҳис этилиши. Товушларнинг янграши, кўриш таъсирчанлиги, эшитиш таъсирчанлигига мос бўлганда энг яхши қабул қилинади.

Овозлаштиришнинг қуйидаги тизимлари мавжуд:

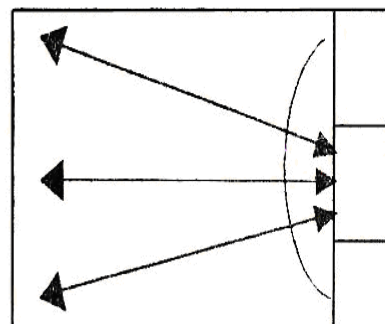
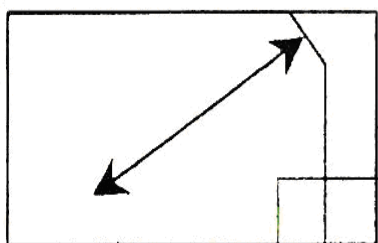
1. Бир жойга тўпланган тизим;
2. Зонал тизим;
3. Тақсимланган тизим.

1.3. 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 хоналарда қўлланилади:

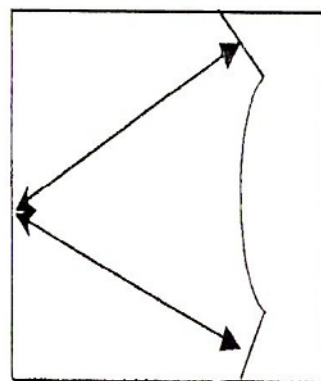
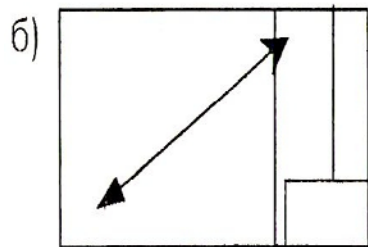
А) Радиокарнайлар юқорида жойлаштирилган пештоқ тизими (1.1, - расм), бу тизим ўлчамлари катта бўлмаган залларда, қачонки сахна тепасидаги дарчада катта пештоқ бўлса ёки йўналтирилган нурлатгич (радиокарнай)ларни сахнаолди соябонидаги токчага ўрнатиш имконияти бўлганда қўлланилади;



1.1.Расм. Радиокарнайлар юқорида жойлаштирилган пештоқ тизими

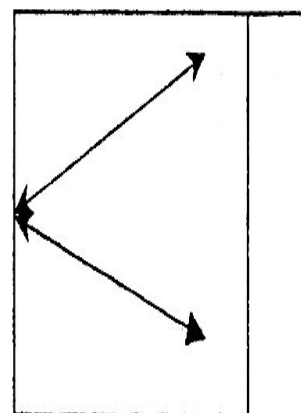
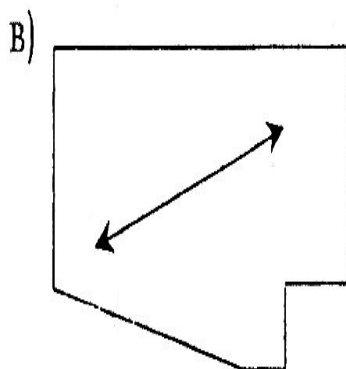
Б) Радиокарнайлар ён томонга жойлаштирилган пештоқ тизими (1.2- расм), бу тизим ўлчамлари катта бўлмаган залларда, сахна тепасидаги тешик пештоқлари етарлича ён деворларга эга бўлган залларда қўлланилади.

Бундай тизим тик амфитеатрли ва балконли залларни овозлаштириш учун жуда қулай.



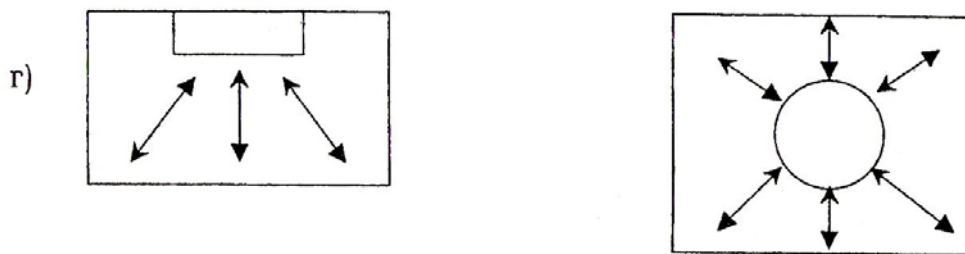
1.2-расм. Радиокарнайлар ён томонга жойлаштирилган пештоқ тизими

В) Ён деворларга йўналтирилган нурлатгичларни ўрнатиш тизими (1.3- расм), бу тизим сахна тешигида пештоқ бўлмаганда ёки очик эстрадада қўлланилади. Радиокарнайлар залда сахнаолди баландликда ёки сахнадан нарироқда кронштейнларга ёки махсус токчаларга ўрнатилади.



1.3- Ён деворларга йўналтирилган нурлатгичларни ўрнатиш тизими

Г) Нурлатгичлар марказда жойлаштирилган тизим (1.4- расм), бу тизим тингловчилар маълум белгиланган ўринга эга бўлмаган ҳолларда (ракс, кўргазма заллари ва б.қ) ёки тингловчилар залнинг марказий қисми атрофида (цирк) ўтирганларида қўлланилади. Радиокарнайлар марказда жойлаштириладиган товуш кучайтириш тизимлари эса, микрофонлар залнинг марказий қисмида жойлаштирилганда қўлланилиши мумкин.



1.4- расм. Нурлатгичлар марказда жойлаштирилган тизим

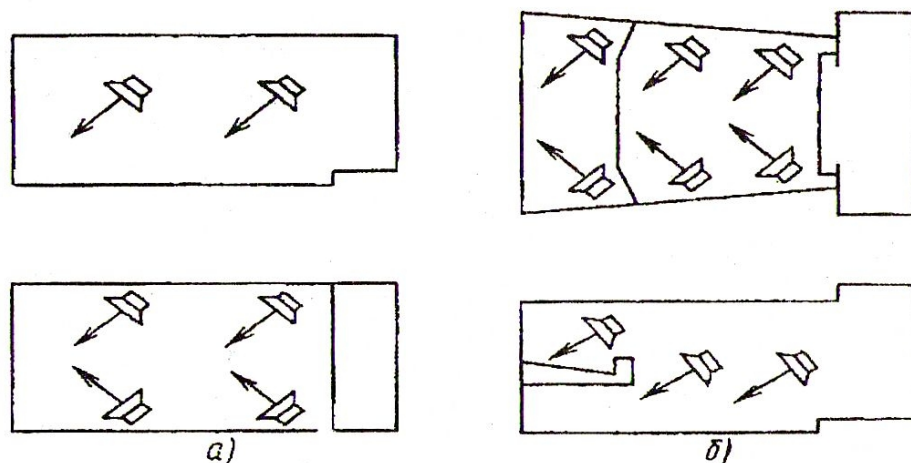
1.4. Зонал тизимлар

Зонал тизимларда овозлаштирувчи майдон бир неча зоналарга бўлинади, ҳар бир зона товуш майдони алоҳида радиокарнайлар ёки бир-бирига яқин жойлаштирилган гуруҳли радиокарнайлар ёрдамида эришилади (1.5- расм).

Бу тизимлар катта майдонларни, очик жойларни: истироҳат боғлари, ишлаб чиқариш корхона майдонлари, кўчаларни овозлаштиришда қўлланилади.

Радиокарнайлар шундай жойлаштирилиши керакки, уларнинг овозлаштириш зоналари қисман бир-бирини қопласин ва барча овозлаштириш юзасини қамраб олсин.

Товуш майдони нотекислигини ҳисоблаганда қўшни майдонча чегаралари-даги 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 ошади. Зона чегаралари бўйлаб акустик сатҳ деярли ўзгармайди.



1.5-расм. Радиокарнайларнинг деворга жойлаштирилиши (а), балконни овозлаштириш учун деворга қўшимча нурлатгичларни зона тизимида жойлаштириш (б).

Ҳар бир зона ичидаги товуш колонкаси учун акустик сатҳ қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{тов}}^2 = P_{\text{тов1}}^2 / h^2 \quad (1.1)$$

Радиал радиокарнай учун:

$$P_{\text{тов}}^2 = P_{\text{тов1}}^2 / (h^2 + C^2) \quad (1.2)$$

Бир жойга тўпланган мураккаб тизимлар учун радиокарнайларнинг текширилаётган нуқталаридаги натижавий товуш босими

$$P_{\Sigma \text{тов}} = \sqrt{P_{\text{тов1}}^2 + P_{\text{тов2}}^2 + \dots} \quad (1.3)$$

Овозлаштириш нотекислиги

$$\Delta N_a = 20 \lg(P_{\text{тов}\Sigma \text{max}} / P_{\text{тов}\Sigma \text{min}}) \quad (1.4)$$

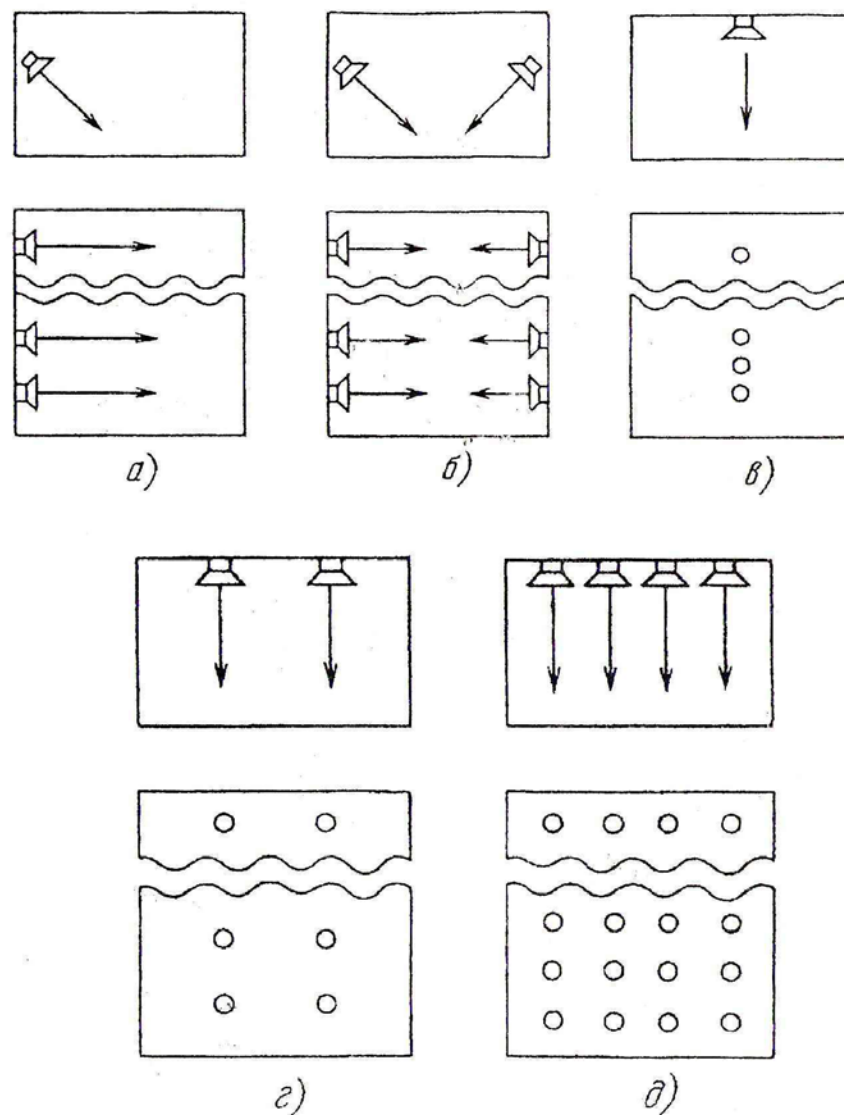
бу ерда $P_{\text{тов}\Sigma \text{max}}$ ва $P_{\text{тов}\Sigma \text{min}}$ — максимал ва минимал товуш босими.

Овозлаштиришнинг зонал тизимларида айрим радиокарнайларнинг акс садоланиш эҳтимоли бор. Акс садо товуш эшиттиришни бузади, шу боис айрим зона майдонлари учун яқинда ва узоқда жойлашган радиокарнай босим сатҳлари айирмасини ва сигналларнинг кечикиш вақтини ҳисоблашга тўғри келади. Одатда, бундай ҳисоблар товуш колонкалари ва рупорли радиокарнайлар қўлланилганда бажарилади.

1.5. Тақсимланган тизимлар

Овозлаштиришнинг тақсимланган тизимлари деб, тингловчиларга товуш бир ёки бир неча радиокарнайлардан бир хил сатҳда келишига айтилади. Бундай тизимлар товушни қайта эшиттириш ва нутқни кучайтиришда қўлланилади.

Тақсимланган тизимларнинг асосий вариантлари 1.6- расмда кўрсатилган.



1.6 - 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

Тақсимланган овозлаштириш тизимига қуйидагилар: чизикли, шифтли, радиокарнайларнинг суянчикли ўриндиқда тақсимланган тизими, очик майдонда овозлаштиришнинг тақсимланган тизимлари киради.

Чизикли тизимлар баланд бўлмаган чўзинчоқ шаклдаги биноларни коридорлар, платформалар, метро станцияларни, катта бўлмаган аудитори-яларни овозлаштириш ва товуш кучайтиришда қўлланилади.

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.

Суянчикли ўриндиқларда радиокарнайлари тарқатилган тизим, катта кувватга эга бўлмаган (0,1: 0,25 Вт) конусли радиокарнайлар суянчик орқасига ўрнатилади, бу тизим товуш кучайтиришда қўлланилади.

Овозлаштиришнинг тақсимланган тизими 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.

1.6. Нутқнинг тушунарлилиги ва аниқлиги

Нутқнинг тушунарлилиги - трактнинг нутқни узатиш учун яроқли-лигини белгилайдиган асосий тавсиф. Бу тавсифни бевосита аниқлаш учун диктор ва бир неча тингловчиларни таклиф 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 қилинган сўзлар фоизи ва ҳ.к.

1.1- жадвалда нутқ аниқлиги тўрт босқичли баҳоланиши келтирилган;

- аъло, агарда тушунарлилик қайта сўровсиз тўла бўлса;
- яхши, агарда тингловчиларда қайта сўраш эҳтиёжи туғилса;
- қониқарли, агарда тингловчилар қайта тез-тез сўрасалар;
- имкон даражасидаги, агарда тингловчилар қайта-қайта сўрасалар ёки сўзни ҳарфма-ҳарф айтишни сўрасалар.

1.1- жадвал. Нутқ аниқлиги тўрт босқичли баҳоланиши

Тушунарлилик	Аниқлик, %	
	Бўғин	Сўз
Аъло	80 ва юқори	98 ва юқори
Яхши	50÷80	93÷98
Қониқарли	40÷50	87÷93
Имкон даражасида	25÷40	75÷87

Аниқликнинг пасайишига хонадаги акустик шовқинлар, товуш диффузияси ва реверберацияси ҳалақитлари, бирламчи товуш манбаини етарлича кучайтирилмаганлиги сабаб бўлиши мумкин.

Овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимлари нутқ аниқлигини таъминлаши зарур. Ахборот дастурларини узатишда, митинг ва мажлисларни эшиттиришда аниқлик аъло даражада, яъни 80% сўз бўғин 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 формант деб аталади. Уларнинг жойлашиши товушнинг сўздаги ёки иборадаги ўрнига, ҳамда ҳар бир одамнинг индивидуал артикуляция аппаратида 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 бўғиқ товушлардагига нисбатан юқори.

Акустик шовқинлар сатҳи ошганда формантлар аввал паст сатҳлар билан, кейин юқорироқ сатҳлар билан ниқобланади. Шундай қилиб, ниқобланиш натижасида, формантларни эшитиш эҳтимоли камаяди. Бу камайишнинг k полосадаги коэффицентини эшитилиш k_s ёки аниқлик коэффиценти деб аталади. Эшитилиш коэффицентининг 1.7-расмдаги

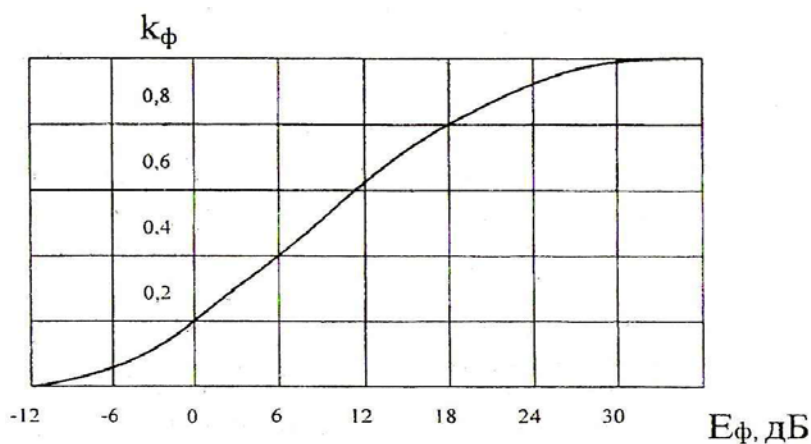
графикдан аниқлаш мумкин. Бу графикда формантнинг сезилиш сатҳи E_ϕ ва унга мос эшитилиш коэффициенти k_ϕ берилган

$$\Delta A = 0,05k_\phi, \quad (1.5)$$

$$E_\phi = B_n - B_{ш}. \quad (1.6)$$

Нутқ частота диапазонидаги умумий формант аниқлиги

$$A = 0,05 \sum_{n=1}^{20} k_\phi n. \quad (1.7)$$



1.7- расм. Нутқ сигнал сатҳларининг интеграл тақсимооти

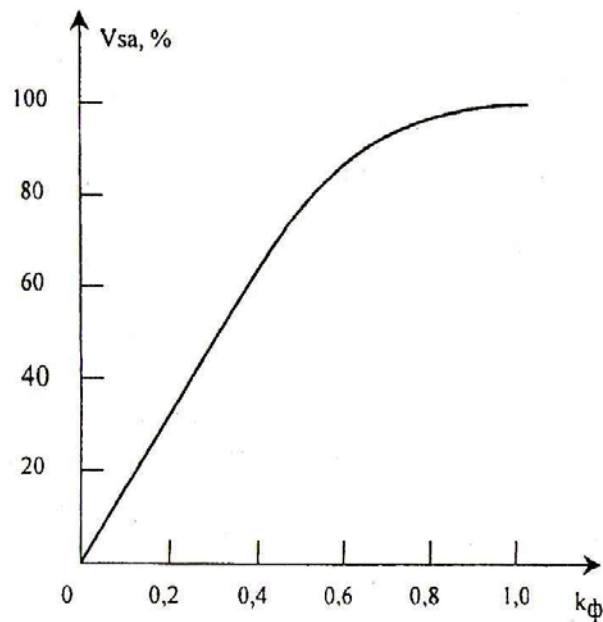
Формантли ва бошқа турдаги аниқлик тажриба йўли билан аниқланган. Сўз бўғинлари учун бундай боғлиқлик 1.8 -расмда келтирилган. Бу расмдан кўриниб турибдики нутқнинг тўла аниқлигига барча формантларнинг ярмисини қабул қилганда (формант аниқлиги 0,5) эришилади, бу нутқнинг ортиқчалигидан дарак беради.

Овозлаштириладиган хоналар учун нутқ аниқлигини аниқлаш, аввало максимал акустик шовқин ва минимал тўғри товуш сатҳи нуқтаси учун аниқланади. Нуқтада турган тингловчи олдидаги спектрал сатҳ

$$S_{pc} = S_{pm} + Q_{mc} \quad (1.8)$$

бунда S_{pm} -микрофон олдидаги спектрал сатҳ,

Q_{mc} - трактнинг кучайтириш индекси



1.8- расм. Бўғин аниқлигининг формант аниқлигига боғлиқлиги графиги

Бу маълумотлар бир хил аниқликдаги ҳар бир полоса учун аниқланади. Шу полосалар учун тинглаш нуқтасидаги ҳалақит ва шовқинлар учун спектрал сатҳ;

$$S_{ш} = 10 \lg(10^{0,1S_{аш}} + 10^{0,1S}) . \quad (1.9)$$

Бунда, $S_{аш}$ - акустик шовқиннинг спектрал сатҳи, S_x - ҳалақитнинг спектрал сатҳи :

$$S_x = S_{рс} - 21 + 10 \lg R + N_d + \left(\frac{50}{3}\right) \lg T_p , \quad (1.10)$$

бунда, $10 \lg R$ - диффузия товушидан ҳалақитга қўшимча тузатиш (R - хисоблаш нуқтасидги акустик нисбат); N_d - қўшимча дифракцион тузатиш; $(50/3) \lg T_p$ - реверберация ҳалақитларига қўшимча тузатиш; T_p - реверберация вақти.

Акустик шовқин сатҳи қуйидагича аниқланади;

$$S_x = S_{аш} + 6 . \quad (1.11)$$

Бу шарт (8.18), (8.20) ва (8.21) инобатга олган ҳолда тракт индексини аниқлайди:

$$Q_{мс,рац} = S_a - S_{рм} \left[10 \lg R + N_d + \left(\frac{50}{3}\right) \lg T_p \right] + 27 . \quad (1.12)$$

Трактнинг бундай индексини рационал индекс деб атайдилар.

Кучайтириш рационал бўлганда:

$$S_{аш} = S_x + 1, \quad (1.13)$$

яъни акустик шовқин $S_{аш}$ умумий шовқинга қўшган ҳиссаси катта эмас. Товуш кучайтириш тизими барқарор ишлаши ва регенератив реверберация бўлмаслиги учун ҳар бир полосадаги амалдаги тракт индекси қиймати рационал қийматга яқин бўлиши ва чегаравий индекс қийматидан ошмаслиги лозим.

Нутқ аниқлигини ошириш усуллари. Нутқ 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 сўзлашиш билан тракт индексини оширишга ҳаракат қиладилар.

Нутқ аниқлигини оширишнинг бошқа усули, нутқ сигналини сиқиш, яъни максимал нутқ сигналларини сақлаган ҳолда кичик босимли сигнал сатҳини кўтариш. Сиқишнинг яна бир усули, бу амплитудали чеклаш, яъни - клиплаш. Бунда нутқ сигнали амплитудаси доимий бўлган оралиғи ўзгарувчан кетма -кет импульсларга айланади. Натижада, барча нутқ товушлари бир хил сатҳга эга бўлади. Эшитилиш сифати пасаяди, аммо аниқлик сезиларли даражада ошади, чунки клипланмаган паст товушлар сигналларни ниқобловчи шовқин сатҳларидан юқори бўлади, натижада эшиттириш ҳалақит сатҳидан юқори бўлади. Нутқ аниқлигини оширишда вокодерларнинг қўлланилиши, айниқса, қўл келади.

Вокодер - узатиш қисмида нутқ сигналларидан нутқнинг ахборот параметри: нутқнинг спектрал оғишини ва асосий тон параметрларини ажратадиган қурилма. Вокодернинг қабул қилиш қисмида тоннинг асосий параметри, асосий тон частота генераторини, яъни томоқ импульсларига ўхшаш импульс ишлаб чиқарувчи генераторни бошқаради. Бу импульслар акустик тизимнинг жарангдор нутқлар трактини имитацияловчи мураккаб филтрларга берилади. Бўғиқ нутқ товушларини синтезлаганда генератор

шовқин кучланиши беради ва у бўғиқ товуи филтрларига узатилади. Синтезланадиган товуш сатҳлари ва филтр параметрларини вокодернинг узатиш томонидаги сигналлар бошқаради, натижада, нутқ сигналининг спектрал оғиши тикланади. Тикланган сигналнинг сифати ва аниқлиги етарли даражада юқори бўлади.

Хулоса

Битирув малакавий ишининг 1-бўлимида овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимлари тўғрисидаги илмий адабиётлар таҳлили келтирилган.

Товуш кучайтириш ва овозлаштириш тизимлари кўп мақсадли залларда ва очик майдонлар, истирохат боғлари, стадионлар, спорт майдончаларида: нотик, ижрочи, хонанда ва мусиқа асбобларининг товуш сигналларини кучайтириш талаб этиладиган шароитларда қўлланилади.

Товуш кучайтириш тизимининг овозлаштириш тизимидан фарқи шундаки, товуш кучайтириш тизимида микрофон радиокарнай нурлатаётган кучайтирилган товуш майдонида 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.

II-БЎЛИМ. СТУДИЯЛАРНИ АКУСТИК СОЗЛАШ

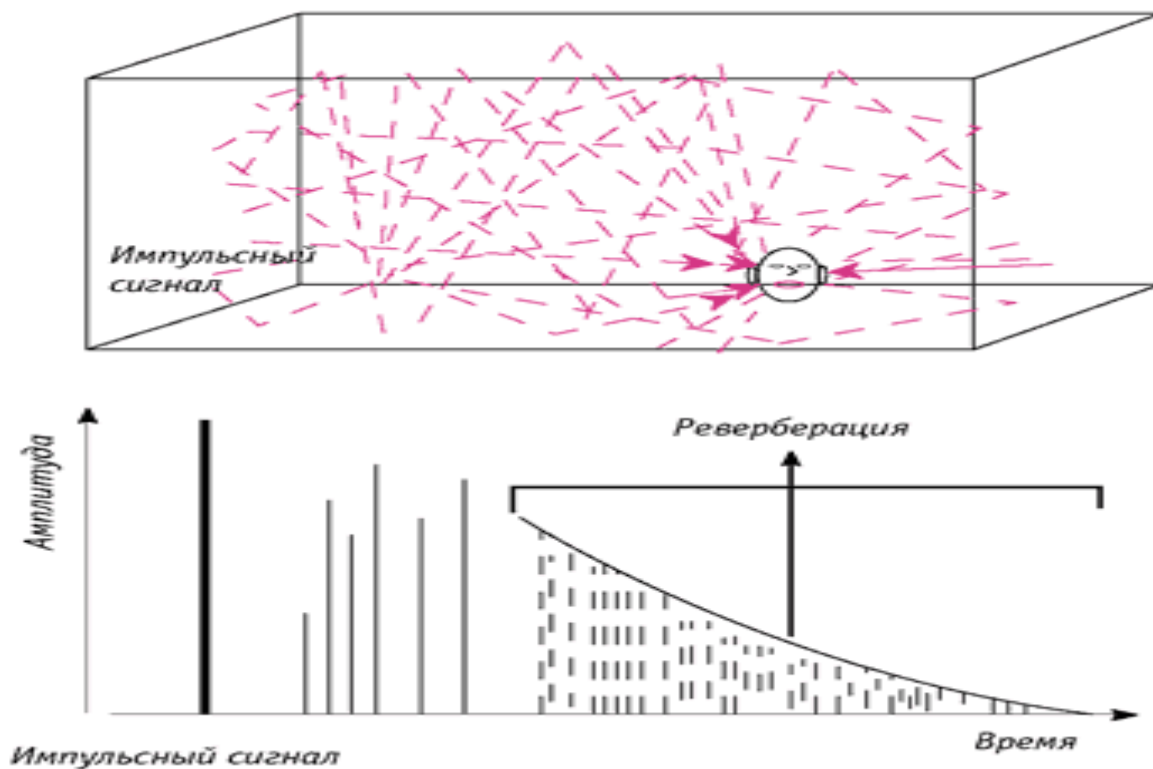
2.1. Студияларни акустик созлаш бўйича айрим тавсиялар

Нурлатгичларни оптимал жойлаштириш. Товуш кучайтириш тизимлари ўрнатиладиган студиялар ўзларининг белгиланиши бўйича бир-бирларидан фарқланадилар. Ҳар бир студия ўзининг архитектура хусусиятларига боғлиқ ҳолда товуш кучайтириш тизимларини лойиҳалашда алоҳида ёндашишни талаб этади.

Студиянинг ўлчамлари катта бўлганда биринчи муаммо-керакли товуш босимини таъминлаш. Иккинчи муаммо-кўпчилик хоналарга хос бўлган катта реверберация вақти. Агарда тингловчи товуш манбаига яқин бўлса, гўё у «тўғри майдон» да бўлгандек туюлади. Бу майдонда манбадан чиқаётган товуш, қайтган товушдан баландроқ бўлади, реверберация фазосида ҳар доим 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.

Маълумотларин йўқотмасдан реал реверберацион жараёни ёзиб олиш анча мушкул. Товуш манбаи ностационар мураккаб мусиқали сигнал бўлганда, хонадаги турли нуқталарга ўрнатилган ҳар бир микрофон, қайтган мураккаб сигналларни олади. Бунда қўшимча баъзи юзалардан урилиб қайтаётган амплитуда ва фазаси ўзгарган сигнал, умумий энергияси экспоненциал ошишига олиб келади. Сигнал ўчирилганда умумий сатҳни

камайиши содир бўлиб, реверберация вақти билан характерланади (сигнал сатхи 60 Дб гача камайиш вақти). Сигнални сўнишини импульс сигнал мисолида кўриб чиқилса,



2.1-расм. Студиядаги реверберация жараёни

(2.1-расм), биринчи қайтган сигнал катта амплитуда ва вақт бўйича катта имкониятга эга, шунинг учун уларни рақамли сигналга ўтказиш мумкин. Кеч қайтган сигналлар катта муаммолар ҳосил қилади, кички вақт давомийлигида сигнални динамик диапазони тез ўзгариб туради.

1000 м³ ҳажмли хонада реверберация жараёни бошлангандан 1 сония сўнг қайтган сигналлар сони - 511,287 қай/сек. Бу қайтган нурлар 2 мкс интервалидан кам вақт оралиғида микрофонга келиб, унинг чиқишида мос равишда флуктуациялар ҳосил этади.

Ўлчовлар шуни кўрсатдики, қайтган сигналларда амплитуда, фаза ва частоталари бетартиб ўзгаради.

2.2. Студия 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, $N_T = 80\text{дБ}$
3. Белгиланган тўғри товуш нотекислиги сатҳи, $\Delta N_{\text{тўғри}} = 6\text{дБ}$
4. Студия режаси 1.6-расмда келтирилган.

Ҳисоб.

1. Студия шакли ва ўлчамларини аниқлаш.

Студия тўғри тўртбурчакли, студиянинг охирига томон пол бироз киялик билан кўтарилган, хонанинг ўлчамларини «Олтин кесим» қоидаси асосида аниқлаймиз, яъни ўлчам нисбатлари

$$h : v : l = 1 : 1,6 : 2,6 \text{ бўлиши керак.} \quad (2.1)$$

Бу нисбатлардан келиб чиққан ҳолда, залнинг баландлиги $h=10\text{м}$;

залнинг эни $v=16\text{м}$;

залнинг бўйи $l=26\text{м}$;

зал режасидан, унинг ҳажми, деворлари юзасини аниқлаймиз. Залнинг ҳажми:

$$V_3 = h \cdot v \cdot l = 10 \cdot 16 \cdot 26 = 4160\text{м}^3. \quad (2.2)$$

Ертўла ва зал полининг бироз кўгарилишини инобатга олгандаги ҳажмларини аниқлаймиз:

$$V_1 = h_1 \cdot a_1 \cdot v = 2,5 \cdot 2,5 \cdot 16 = 100\text{м}^3. \quad (2.3)$$

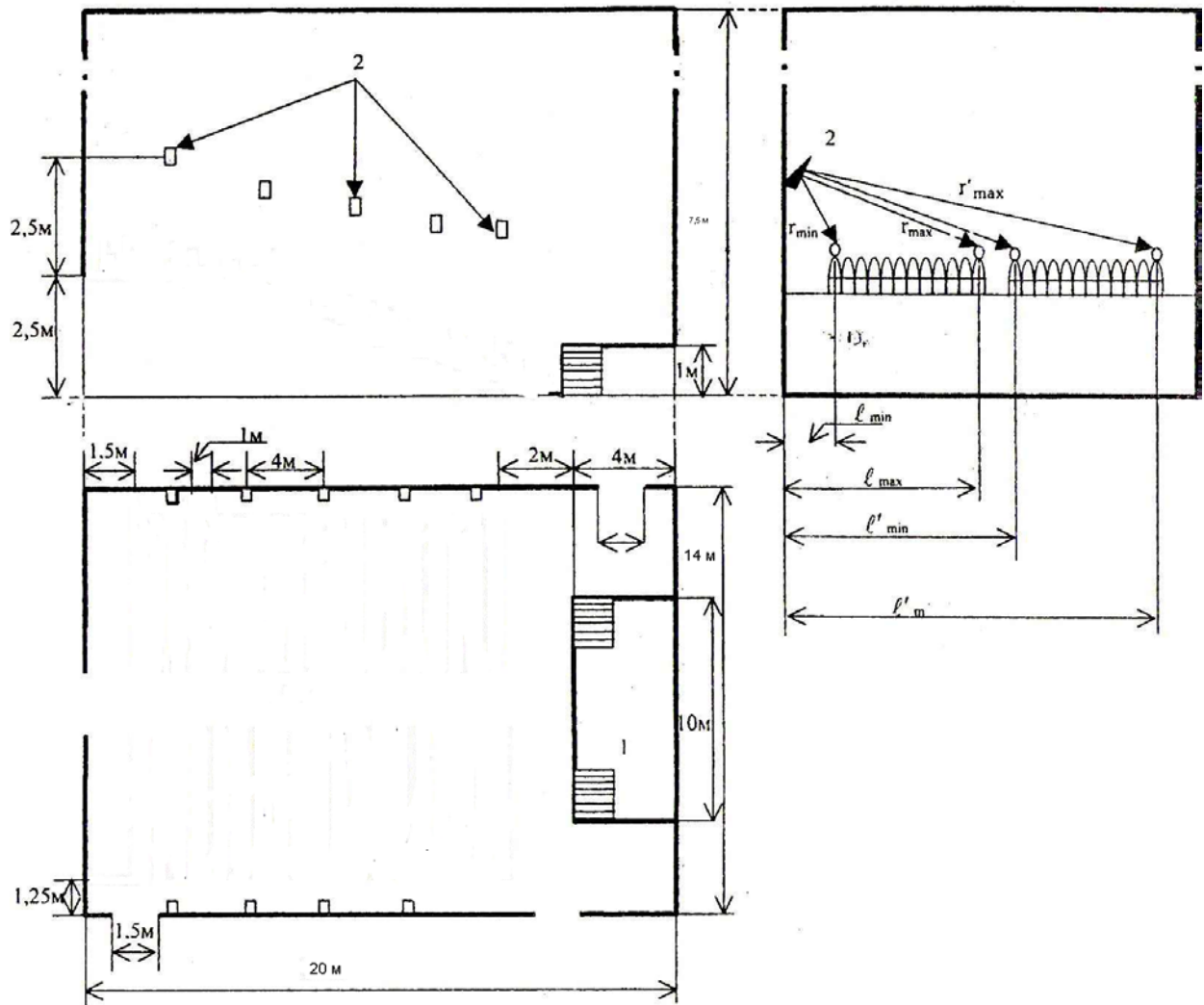
$$V_2 = h_1 \cdot \frac{1}{2} a_2 \cdot v = 2,5 \cdot 0,5 \cdot 17,5 \cdot 16 = 350\text{м}^3. \quad (2.4)$$

Ертўланинг умумий ҳажми

$$V_{\text{ерт}} = V_1 + V_2 = 100 + 350 = 450\text{м}^3. \quad (2.5)$$

Эстрада ҳажми

$$V_{\text{эстр}} = 1 \cdot 4 \cdot 10 = 40 \text{ м}^3 \quad (2.6)$$



2.2-расм. Студиянинг режаси ва вертикал кесими

Студиянинг бўш ҳажми

$$V = V_3 - V_{\text{ерт}} - V_{\text{эстр}} = 4160 - 450 - 40 = 3670 \text{ м}^3 \quad (2.7)$$

Студиянинг деворларининг ички юзасини аниқлаймиз. У деворларнинг бўйлама юзаси, эни, пол ва шифт юзалари йиғиндисига тенг:

$$S_{\text{умум.}} = S_{\text{шифт}} + S_{\text{пол}} + S_{\text{дев}} + S_{\text{ён эстр.}} \quad (2.8)$$

Демак,

$$S_{\text{шифт}} + S_{\text{пол}} = 2 (l \cdot в) = 2 (26 \cdot 16) = 932 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

2.2-расмдаги хона шаклига асосан:

$$\Sigma S_{\text{ён}} = S_{\text{ён1}} + S_{\text{ён2}} + S_{\text{ён3}} . \quad (2.10)$$

$$S_{\text{ён1}} = h_2 + a_1 = 7,5 \cdot 2,5 = 18,75 \text{ м}^2 . \quad (2.11)$$

$$S_{\text{ён2}} = \frac{1}{2}(h_2 + h_3) \cdot a_2 = \frac{1}{2}(7,5 + 10) \cdot 17,5 = 153,13 \text{ м}^2 . \quad (2.12)$$

$$S_{\text{ён3}} = h_3 \cdot a_3 = 10 \cdot 6 = 60 \text{ м}^2 . \quad (2.12.a)$$

$$\Sigma S_{\text{ён}} = 18,75 + 153,13 + 60 = 120 \text{ м}^2 .$$

$$S_{\text{орк.дев}} = h_2 + b = 7,5 \cdot 16 = 120 \text{ м}^2 . \quad (2.13)$$

$$S_{\text{олд.дев.}} = h_3 \cdot b = 10 \cdot 16 = 160 \text{ м}^2 . \quad (2.13)$$

$$S_{\text{ум.дев.}} = S_{\text{олд.дев.}} + S_{\text{орк.дев.}} + \Sigma S_{\text{ён.дев.}} = 160 + 120 + 2 \cdot 231,88 = 743,76 \text{ м}^2 . \quad (2.14)$$

$$2 S_{\text{ён эстр.}} = 2(2 \cdot 4 \cdot 1) = 16 \text{ м}^2 . \quad (2.15)$$

$$S_{\text{ум}} = S_{\text{шифт}} + S_{\text{пол}} + S_{\text{ум.дев.}} + 2S_{\text{ён эстр}} = 416 + 416 + 743,76 + 16 = 1591,76 \text{ м}^2 . \quad (2.16)$$

2.3. Товуш сўндирилиши ҳисоби

2.1 – расмда келтирилган - 500 Гц частотада оптимал вақт реверберацияси қийматини аниқлаймиз, у

$$T_{\text{орт}} = 1,05 \text{ с га тенг.}$$

Эйринг формуласидан ўртача товуш сўндириш коэффициенти $\alpha_{\text{ўрт}}$ ни аниқлаймиз

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{-\Sigma S \ln(1 - \alpha_{\text{ўрт}})} , \quad (2.17)$$

ундан;

$$-\ln(1 - \alpha_{\text{ўрт}}) = \frac{0,161 \cdot 4160}{1583,76 \cdot 1,05} = \frac{669,76}{1662,94} = 0,40 . \quad (2.18)$$

3.1 -жадвалдан $\alpha_{\text{ўрт}}$ аниқлаймиз

$$\alpha_{\text{ўрт}} = 0,03.$$

Студияда оптимал вақт реверберациясини таъминлайдиган умумий сўндирилиш фонди коэффицентини аниқлаймиз:

$$A = \alpha_{\text{ўрт}} \cdot S_{\Sigma} = 0,03 \cdot 1583,76 = 522,64. \quad (2.19)$$

2.4. Товуш сўндирилишининг асосий фонди ҳисоби

Студия 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

$$S_1 = 0,5 \cdot 416 = 208\text{м}^2 . \quad (2.20)$$

2.1-жадвалдан 500 Гц частотада S_1 юзанинг сўндириш коэффицентини 0,8 тенг. Демак, тингловчилар киритаётган сўндириш

$$A_1 = 0,8 \cdot 416 = 332,8\text{м}^2 . \quad (2.21)$$

Ўриндиқ ўтиш оралиқлари эни 1,2м бўлиб, гилам йўлакчалар тўшалган. Йўлакчаларнинг умумий узунлиги 98м, улар юзаси:

$$S_2 = 1,2 \cdot 98 = 117,6\text{м}^2 . \quad (2.22)$$

15103 артикул бўйича гилам йўлакчанинг товуш сўндириш коэффицентини

$$A_2 = 0,21 \cdot 117,6 = 24,69 . \quad (2.23)$$

Эстрада ва бўш пол юзаси -

$$S_{\text{пол}} = S_{\text{пол}} - S_1 - S_2 = 416 - 208 - 117,6 = 88,4 \text{ м}^2 . \quad (2.24)$$

Паркетли полнинг товуш сўндириш коэффицентини:

$$A_3 = 0,070 \cdot 82,4 = 5,76 . \quad (2.25)$$

Залнинг бир томонидаги деразалар юзаси 17м^2 , унинг сўндириш коэффициенти:

$$A_4 = 0,18 \cdot 17 = 3,06. \quad (2.26)$$

Залда учта ёғоч эшик бўлиб, умумий юзаси 14м^2 , унинг сўндириш коэффициенти:

$$A_5 = 0,1 \cdot 14 = 1,4. \quad (2.27)$$

Залдаги барча дераза ва эшикларга парда илинган, уларнинг юзаси:

$$S_3 = S_{\text{ойна}} + S_{\text{эшик}} + S_{\text{саҳна}} = 17 + 14 + 160 = 191\text{м}^2. \quad (2.28)$$

Қулайлик яратиш ва дидли кўриниши учун пардаларни биров кўпроқ $S_3 = 240\text{ м}^2$ оламиз.

Унинг товуш сўндириш коэффициенти

$$A_6 = 0,52 \cdot 240 = 124,8. \quad (2.29)$$

Эстрада, ён эстрада, эшик ва деразалар юзасини айиргандан кейинги бўш деворлар юзаси:

$$S_{\text{ум.дев.}} - S_{\text{эстр}} - S_{\text{ён эстр}} - S_{\text{ойна}} - S_{\text{эшик}} = 743,76 - 160 - 8 - 17 - 14 = 544,76\text{м}^2. \quad (2.30)$$

Девор силлиқ ва сувалган:

$$\alpha = 0,02.$$

Демак:

$$A_7 = 0,02 \cdot 536,76 = 10,73. \quad (2.31)$$

Залнинг шипи текис, гипс билан сувалган. Гипснинг сўндириш ко —
эффициенти $\alpha = 0,02$.

Унда:

$$A_8 = 0,02 \cdot 416 = 8,32. \quad (2.32)$$

Товуш сўндирилишининг умумий фонди:

$$A_i = \sum_{n=1}^8 A_i = 525,28. \quad (2.33)$$

Шундай қилиб, талаб этиладиган умумий сўндирилиш фонди коэффициенти $A_{\text{тал}}$ «А, яъни $525,28 = 523,66$. Бу кўрсаткич маълум даражада залдаги тингловчилар ҳисобига ўзгариши мумкин.

Хулоса

Ушбу бўлимда студияларни акустик созлаш бўйича айрим тавсиялар, студия товуш кучайтириш тизимининг акустик ҳисоби, товуш сўндирилиши ҳисоби, товуш сўндирилишининг асосий фонди ҳисоби саволлари таҳлил этилган.

Студиянинг ўлчамлари катта бўлганда биринчи муаммо-керакли товуш босимини таъминлаш. Иккинчи муаммо-кўпчилик хоналарга хос бўлган катта реверберация вақти. Агарда тингловчи товуш манбаига яқин бўлса, гўё у «тўғри майдон» да бўлгандек туюлади. Бу майдонда манбадан чиқаётган товуш, қайтган товушдан баландроқ бўлади, реверберация фазосида ҳар доим 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.

III - БЎЛИМ. ОЛИНГАН НАТИЖАЛАР

ТОШКЕНТ РАДИОУЙИ КИЧИК КОНЦЕРТ СТУДИЯСИ

АКУСТИКАСИ ХИСОБИ

3.1. Тошкент радиоуйининг тузилиши

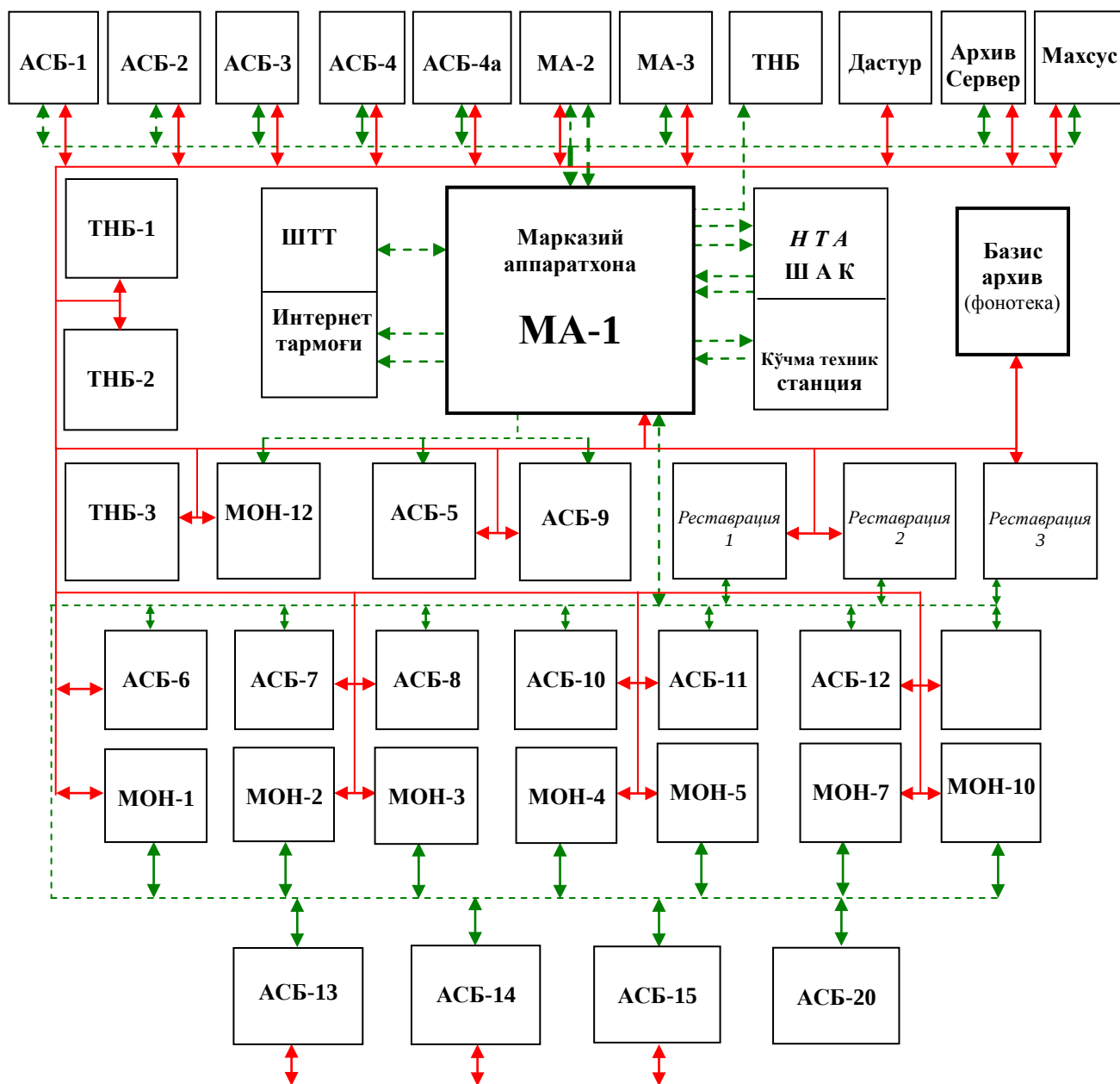
МА вазифаси: Тошкент радио уйида жойлашган барча аппарат студия блокларидан ва ташқи манбалардан келаётган сигналларни қабул қилиш, ҳамда АСБларда шаклланган дастурларни жамлаб эфирга узатиш ва назорат қилиш.



3.1- расм. Марказий аппаратхона-1 (МА-1) кўриниши.

Дастурлар радиоуйининг АСБ (аппарат-студия блок)ларида яратилади, бу комплекс бир нечта студия ва студия-аппаратхоналардан иборат. Одатда, аппарат-студия мажмуи дастурларни тўлиқ шакллантиришни амалга оширмайди. Ҳар бир радиоуйда фонотекалар мавжуд бўлиб, улардан дастурга талаб қилинадиган ёзувларни олиш мумкин. Дастурнинг айрим фрагментларини радиоуйдан ташқаридан, яъни концерт залларида,

театрларда, шаҳар стадионларида жиҳозланган трансляция пунктларидан ва бошқа радиоуйларидан шаҳарлараро овоз эшиттириш каналлари орқали олиш мумкин. Эшиттириш аппаратхоналарида тузилган дастурлар марказий аппаратхонасига берилади ва тингловчиларга узатилади.



Аналоги вариант — — — — —
 Рақамли вариант —————

ШТТ-шаҳарлараро телефон тармоғи; **АСБ**-аппарат-студия блоки;
НТА- назорат тақсимлов аппаратхона; **МОН**-монтажхона;
ШАК-шаҳарлараро алоқа корхонаси; **ТНБ**-техник назорат бўлими.

3.2-расм. Тошкент радио уйининг умумий структура схемаси

Марказий аппаратхона қуйидаги техник ускуналардан ташкил топган:

- 5 та техник ускуналар жойлаштирилган устун (MCR R01 ÷ R05);
- назорат пульти;
- Reidel сўзлашгич;
- 4 симли улагич;
- 4 та компьютер (BSC компьютер, 2 та эфирни ёзадиган компьютер ва матрицани NEXSUS дастури орқали бошқарадиган компьютер);
- 2 та Genelec номли назорат агрегати;
- 2 та Gorgy Timing номли соат.

3.2. Студиядаги товуш майдонини тўлқинли ва статик анализ усуллари

Студия бу ёпиқ ҳаво ҳажмига эгадир, у тақсимланган параметрли тебранувчи системадир, шу сабабли товуш манбаи сигнали вақт структурасига, товуш сигнали бўёғини ўзгартириб, таъсирини ўтказди. Маълумки, товуш катта бўм-бўш хонада ва хона жиҳозланганда турлича эшитилади. Очик ҳавода оркестр товуши тембри бошқача бўлиб, студиядаги товушидан акустик жиҳатидан катта фарқ қилади.

Хонадаги ҳаво маълум массага ва қаршиликка эга, ва у хонадаги товуш тўлқини тарқалишига қаршилиқ қилади. Ёпиқ хонадаги ҳаво ҳажми тўлқин назариясига асосан мураккаб кўп резонансли тебранувчи система бўлиб, тақсимланган параметрларга эга. Тарқалаётган товуш манбаи таъсирида сигнал хонанинг ҳаво ҳажмида ўзининг тебранишларига ҳосил қилади. Оддий геометрик ўлчамларга эга бўлган хонадаги хусусий частоталар спектрини ҳисоблаш анча осон. Масалан, параллелепипед кўринишидаги студияда (юзалари идеал қайтарувчи қаттиқ қатламга эга) узунлиги l , кенглиги b , баландлиги h хусусий частоталар

$$F_n = \frac{c_{\text{эв}}}{2} \sqrt{\left(\frac{g}{l}\right)^2 + \left(\frac{q}{b}\right)^2 + \left(\frac{r}{h}\right)^2}, \quad (3.1)$$

бунда F_0 ажратилган частота интервали $F+\Delta F$ ўрта частотаси;

$C_{зв}$ – товуш тезлиги.

Бу ҳолда F дан $F+\Delta F$ гача частоталарининг ўртача интервали

$$\Delta F_{зв} = (\Delta F / \Delta n) = c_{зв0}^3 / (4\pi V F_2) \quad (3.2)$$

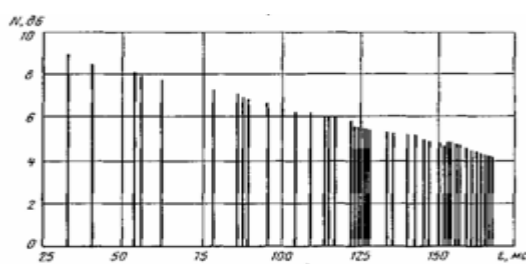
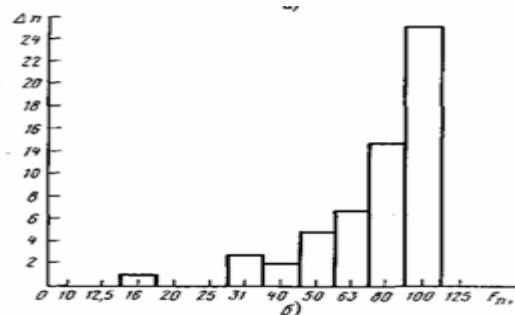
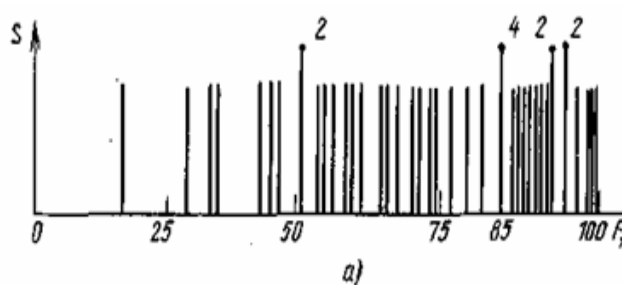
У хонанинг хона ҳажмига тескари пропорционалдир, юқори частоталар тез сўнади. Хусусий частоталарни умумий сонини 0 дан F гача интервалида қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$n = \frac{4\pi}{3c_{зв}^3} V F^3 + \frac{\pi}{4c_{зв}^2} S F^2 + \frac{L}{8c_{зв}} F, \quad (3.3)$$

формулада $L = 4(l + b + h)$; $S = 2(lb + lh + bh)$; V – хона ҳажми, m^3 .

Хонанинг акустикаси тўлқинлар назариясига асосан, товуш сўниши жараёни флуктацияланиш жараёнига хосдир, интерференция ҳодисалари шартларидек. Бошқача қилиб айтганда, сигналнинг ҳар бир вақт элементи сўнаётган товушга таъсир этади.

Икки омил –хусусий частоталар спектри структураси ва хонадаги товушни сўниш тезлиги эшитилаётган товушга турлича таъсир этади. Хона ҳажми катта бўлганда, хусусий частоталар спектри дискретланишини ҳисобга олмаслик мумкин, товуш майдонини вақт структураси таҳлили геометрик акустикасига ёндошиб ўргани керак. Хона ҳар бир нуктасидаги майдонни тўғри тарқалаётган, ижрочидан энг қисқа йўл билан келган (тўғри товуш), товуш тўлқинига қўшилган кечга қолаётган товуш такрорланишлари натижаси (такрорланиш) сифатида қараш мумкин(отзвуками).



3.3-расм. Хусусий частоталар спектри (а), уларнинг тақсимланиш сони гистограммаси (б) бунда, $l = 10$ м, $b = 6$ м, $h = 4$ м, реверберацияловчи сигналнинг тахминий вақт структураси (в)

Товуш энергиясини ютилиши натижасида қайтаётган бирламчи товушга нисбатан товуш паст сатҳли бўлади. Такрорланаётган товушлар кечга қолиш вақти ошиши билан сатҳи камая боради, анча кеч қолган товушлар бир неча бор хона деворларига урилиб қайтади ва сатҳи пасаяди. Бу ҳол студияни реверберация жараёни бўлиб, товуш жарангдорлигини ўзгартиради. Ревербацияланган сигнални тахминий вақт структураси 3.3-расмда кўрсатилган.

Тўғри параллелепипед кўринишидаги хонада товуш қабул қилинаётган нуқтадаги такрорланишлар сони t до $t + \Delta t$:

$$\Delta n = (4\pi c_{3B}^3 t^2 \Delta t) / V \quad (3.4)$$

бирма-бира келаётган товуш вақт ўртача интерваллари Δt

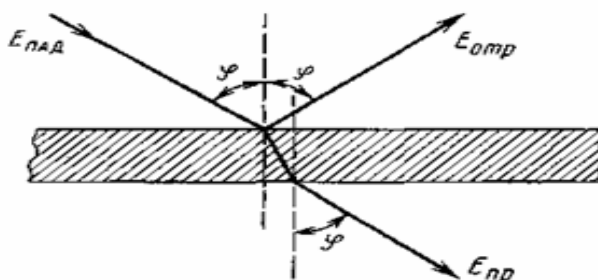
$$\delta t_{cp} = V / (4\pi c_{3B}^3 t^2 \Delta t) \quad (3.5)$$

3.3. Студияда товуш жараёнларини статик назарияси

Товуш энергиясини хонада ютилиши. Товуш тўлқини юзага тушиб, қисман қайтади, қисман қатлам материалида ютилади, бунда қисман иссиқлик энергиясига айланади, қисман хона ташқарисина кетади. Товуш тўлқинини юзада синиш, қайтиш жараёни геометрик акустика қонунига бўй сунади. Хонадиги товуш тўлқинини қайтиши натижасидаги энергия қайтиш коэффиценти билан, қайтишдаги йўқотилган энергия товуш сўндириш коэффиценти билан, юзадан ўтиб кетган товуш энергияси товуш ўтказувчанлик коэффиценти билан характерланади:

$$\alpha = E_{\text{ют}} / E_{\text{туш}} ; \quad \beta = E_{\text{қайт}} / E_{\text{туш}} ; \quad \gamma = E_{\text{ўт}} / E_{\text{туш}} ,$$

Бунда $E_{\text{туш}}$ – юзага тушаётган товуш энергияси; $E_{\text{қайт}}$ – юзадан қайтган товуш энергияси; $E_{\text{ўт}}$ - юзадан ўтиб кетган товуш энергияси; $E_{\text{ют}}$ – қайтишда товуш энергиясини йўқолиши.



3.4-расм. Тўсиқдан товушни ўтиши, қайтиши ва синиш жараёнларини диаграммаси

Студияларин ва хоналарин акустик параметрларини баҳолашда, асосий ва қўшимча овоз ютилишидан ташқари қўшимча овоз ютилишини ҳам ҳисобга олиш зарур $A_{\text{қўш}} = \alpha_{\text{қўш}} S$, бунда

3.1- жадвал. Қўшимча овоз ютилишини коэффиценти

Студия номи	$\alpha_{\text{қўш}}$ қиймати, Гц		
	125	250	500 - 2000
Ўрта мусиқали, кичик мусиқали, камерали	0,075	0,06	0,33
Катта мусиқали	0,09	0,075	0,34

$\alpha_{\text{қўш}}$ – қўшимча овоз ютилиш коэффиценти, турли тирқишларга ўтувчи, турли эгилувчан элементлар тебранишлари, товушни ёритиш ускуналарида ютилиши ва бошқалар. $\alpha_{\text{қўш}}$ қиймати жадвалда келтирилган.

Шуни такидлаш лозимки, агар қўшимча овоз ютиш коэффиценти ҳисобга олинмаса, паст частоталар реверберация вақти ҳисоби анча кам чиқади.

Хонанинг умумий овоз ютилиши

$$A = \sum \alpha_n S_n + \sum A_k \Lambda_k + \alpha_{\text{доб}} S, \quad (3.6)$$

Бунда $A, \alpha_n, A_k, \alpha_{\text{доб}} S$ товуш ютилиши бирликларида кўрсатилган.

Товуш ютилиши бирлиги 1 м^2 шартли материалнинг товуш ютиш имкониятига айтилади, яъни тушаётган энергияни тўлиқ ютилишидир.

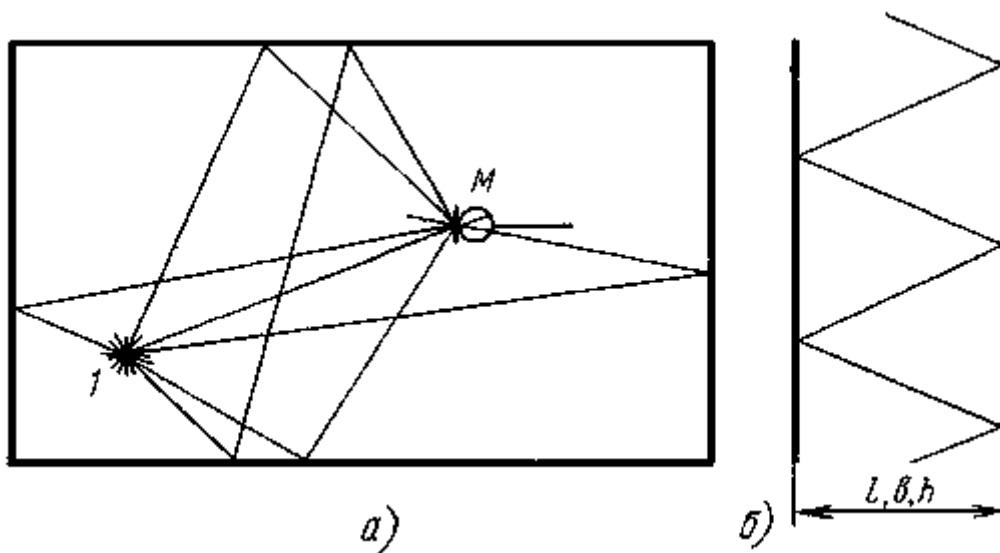
Хонанинг ўртача товуш ютилиш коэффиценти

$$\alpha_{\text{ўр}} = A/S \quad (3.7)$$

шартли материалга мос келиб, хонани юзаларини қоплаб чиқиш мумкин бўлсин, товуш энергиясини ютилишини таъминласин.

Хонадаги товуш тўлқинининг ўртача узунлиги ва ўртача ўтиш тезлиги. Товуш тўлқинининг йўли (3.5-расм.), хона юзаларидан бир неча бор урилиб қайтиб, синиқ чизиклар ҳосил қилади.

$$l_{\text{ўр}} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_m}{m} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m l_i \quad (3.8)$$



3.5-расм. Студияда товушни тарқалиши (а) ва параллел юзалардан товуш тўлқинини урилиб қайтиши (б)

3.4. Студиядаги реверберацион жараёнларни структураси ва эшитилиши

Студияга ўрнатилган микрофонга манбадан қисқа йўлдан келаётган (тўғри товуш), ва хона юзаларидан урилиб қайтган кўп сонли тўлқинлар (қайтган тўлқин) таъсирида бўлади. Қайтган тўлқинлар реверберацион жараёни ташкил этиб, тўғри тўлқиндан спектри, вақти, келиш йўналиши билан фарқ қилади. Бўшлиқнинг реверберацион жараёни товушнинг муҳим хусусиятидир. Ревербериацияланган сигнал $s(t)$ аналитик кўринишда қуйидагича кўринишга эга:

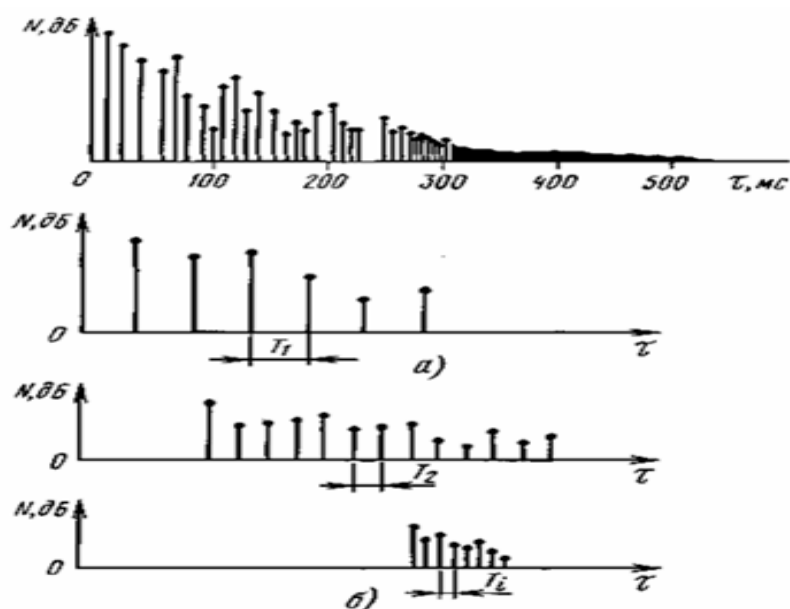
$$s(t) = \sum_{i=0}^a a_i x(t - \tau_i), \quad (3.9)$$

бунда a_i ва τ_i - товушнинг амплитудаси ва i - товушнинг кечикиш вақти (тўғри товушга $i=0$); $x(t)$ - манба товуш тебранишлари тарқалиш сигнални вақт функцияси.

Реверберацион жараённинг хона учун типик кўриниши расмда келтирилган. Ординаталар ўқи бўйича тўғри ва қайтган товуш сатҳлари, абцисса ўқи бўйича қабул қилиш нуқтасига келиш вақти белгиланган.

Реверберацион жараённинг бошланишида вақт структураси дискретдир. Қайтган товушлар кечга қолиш вақти ошиши билан улар сони ошади, вақт интервали эса камаяди. Товушлар сатҳи вақт ўтиши билан камая боради. Реверберацион жараённинг бошланғич участкасида хонанинг геометрик размерлари, унинг ҳажми, бўшлиқдаги товуш, хонадаги товуш жарангдорлиги ҳақида маълумот беради. Реверберацион жараённинг якунловчи участкасида вақтнинг ҳар бир моментида кўплаб қайтган сигналлар келиши билан характерланади. Бунда хонада товуш тарқалиши ва эшитилиши хусусиятларини белгилайди.

Такидлаш керакки, қайтган товушларни тўлиқ аралашиши учун, 100 мс, катта студияларда 200 мс кутиш керак. Хонадаги товуш майдони диффузияси юқоридаги кўрсатилган вақтдан илгари кузатилмайди. Хонадаги товуш майдонини динамик диффузияси реверберацион жараённинг якунланишида ўсиб боради. Шу моментидан сўнг статик қонуниятга бўй сўнадиган экспоненциал сўниб борадиган товуш реверберацияси намоён бўлади.



3.6-расм. Студиядаги реверберацион жараённинг вақт структураси (а) ва ундаги даврий товушларнинг гуруҳли кетма-кетлиги (б)

Тўғри товуш ва реверберацион жараён якуний қисми орасида эрта қайтган товушлар жойлашади. Уларнинг интенсивлиги, тингловчига келиш йўналиши, тўғри товуш сигналидан кечга қолишига қараб, залнинг ёмон ва яхши жойлари аниқланади. Эрта қайтган товушлар ҳар бир тингловчи жойи учун индивидуалдир. Концер ёки опера тингловчиси 5 дан 20 % гача тўғри товуш энергиясини, 10 % реверберацион жараённинг якуний қисми энергия қабул қилади. Қолган тахминий 70-80 % энергия эса дискрет қайтган товушга тегишлидир. Реверберацион жараённинг дискрет қисмида шартли равишда эрта ва кеч қайтган товушларга бўлинади. Улар орасидаги чегара товуш учун 50 мс музика учун 80 мс атрофида бўлади. Музика вақтида биринчи қайтган товуш тўғри товушдан 20...30 мс атрофида кечга қолса бўлса товушни кенглиги ва тиниқлиги максималига эришилади. Овоз сигналида эса, тўғри товушдан биринчи қайтган товуш 10...15 мс кечга қолиб етиб келганда товуш тиниқлиги юқори бўлади. Биринчи қайтган товушни кечга қолиш вақтини узайтирсак, товуш кенглиги яхшиланади, аммо аниқлиги пасаяди. Бунга хонанинг таъсири қуйидаги формула билан белгиланади

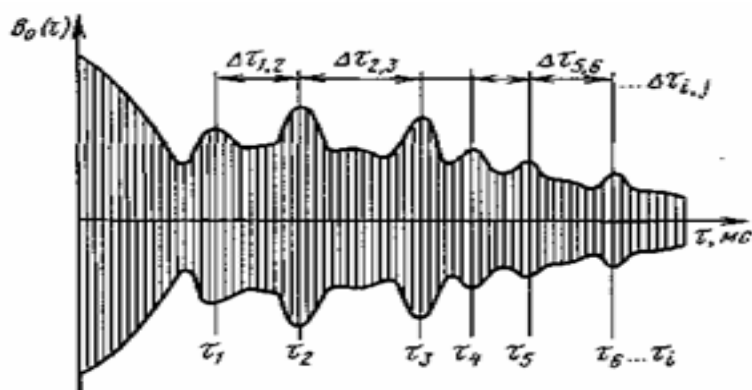
$$h_0(\tau) = \sum_{i=0}^n a_i \lambda(\tau_i - \tau) \delta(\tau - \tau_i), \quad (3.10)$$

бунда a_i и τ_i - сигнал амплитудаси, i - товуш кечга қолиш вақти; Ҳозирги вақт реверберацион жараёни;

$\delta(\tau - \tau_i)$ - дельта-функция;

$$\lambda(\tau_i - \tau) = \begin{cases} \frac{1}{T} \exp\left(-\frac{\tau_i - \tau}{T}\right) & \text{при } \tau < \tau_i \\ 0 & \text{при } \tau > \tau_i \end{cases} \quad (3.11)$$

-эшитиш хотирасини ҳисобга олувчи салмоқли функция; T – вақт интервалини белгиловчи эшитиш вақт доимийси, $\Delta \tau_{i,j} = \tau_j - \tau_i$;

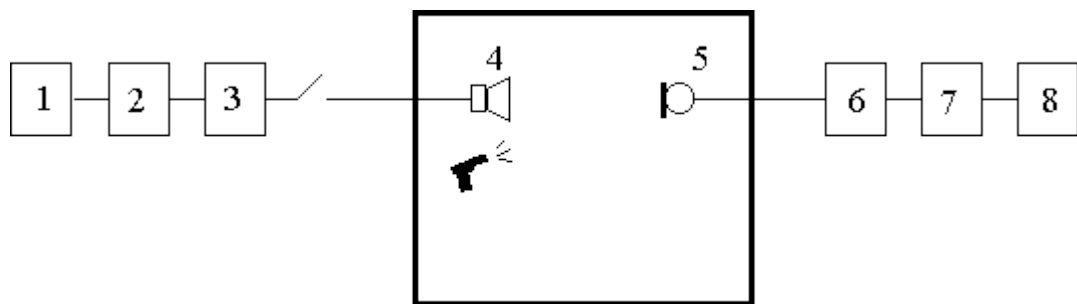


3.7-расм . Реверберациаланган сигнални қисқа корреляция функцияси

3.5. Реверберация вақтини ўлчаш

Товуш манбаи ўчирилгандан сўнг, студияда товушни сўниш жараёни реверберация дейилади. Реверберация стандарт реверберация вақти билан характерланади, бу товуш манбаи ўчирилгандан сўнг, товуш 10^3 марта, яъни 60 дБгача камайиш вақтидир. Реверберация вақти студиянинг акустикасини белгиловчи, осон ўлчанувчи асосий параметридир.

Реверберация вақтини ўлчаш трактини ўлчаш структураси расмда кўрсатилган.



3.8-расм. Реверберация вақтини ўлчаш трактини ўлчаш структураси: 1—ўлчов сигнали манбаи; 2,7—полосали фильтрлар; 3,6—кучайтиргичлар; 4—динамик; 5—ўлчов микрофони; 8—сатҳларни қайд этувчи

Олдин қандай сигналлар ўлчов сигналлари сифатида қўлланишини аниқлаб олайлик. Тоза тонлардаги сигналлардан фойдалансак, студияда турғун тўлқинлар пайдо бўлади ва олчов натижалари ноаниқ бўлади. Шунинг учун, кенг спектрли шовқинсифат сигналлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Баъзан ўлчаш учун қисқа импульслардан фойдаланилади (маълумки, улар кенг спектрга эга). Микрофон қабул қилган сигналдан, фильтрлар орқали зарур частоталар ажратиб олинади. Реверберация вақтини частоталар характеристикасини ўлчаш учун кучайтиргичдан олдин полосали фильтрлар қўйилади. Динамиклар эса йўналтирилмаган хусусиятга эга бўлади. Студиядаги овоз босими 100-120 дБ атрофида бўлади.

Қабул қилувчи тракт битта ёки бир нечта микрофонлардан, кучайтиргич, фильтр ва сатҳни қайд қилувчилардан иборат. Микрофон ҳам йўналтирилмаган хусусиятга эга бўлади.

Микрофон студия деворларидан 1 метрдан кам бўлмаган масофада жойлаштирилади, товуш манбаидан эса формуладаги радиусдан 2 марта узоқда жойлаштирилади.

$$r = 0,056 \sqrt{\frac{V}{T}}$$
, м, бунда V —студия ҳажми, m^3 ; T — тахминий реверберация вақти.

Реверберация вақтини аниқлашда сигнал максимумини шовқиндан (60дБ) га ошишини таъминлаш керак .Бу 3.9-расмда кўрсатилган.

3.9-расм. Реверберация вақтини аниқлашда сигнал ва шовқин сатҳлари

Тошкент шаҳридаги радио уйининг кичик концерт студияси юзаси -280 м², ҳажми 2100 м³.

500 Гц частотада оптимал вақт реверберацияси қийматини аниқлаймиз, у

$$T_{opt} = 1,5c \text{ га тенг.}$$

Эйринг формуласидан ўртача товуш сўндириш коэффиценти $\alpha_{\text{ўрт}}$ ни аниқлаймиз

$$T = \frac{0,161 \cdot V}{-\sum S \ln(1 - \alpha_{\text{ўрт}})} \quad , \quad (3.12)$$

ундан;

$$-\ln(1 - \alpha_{\text{ўрт}}) = \frac{0,161 \cdot 4160}{1583,76 \cdot 1,05} = \frac{669,76}{1662,94} = 0,40 \quad .$$

3.1 -жадвалдан $\alpha_{\text{ўрт}}$ аниқлаймиз

$$\alpha_{\text{ўрт}} = 0,33.$$

Студияда оптимал вақт реверберациясини таъминлайдиган умумий сўндирилиш фонди коэффиценти аниқлаймиз:

$$A = \alpha_{\text{ўрт}} \cdot S_{\Sigma} = 0,33 \cdot 1583,76 = 522,64.$$

Кичик концернт студиясининг акстик ҳисоби

Тошкент радио уйидаги кичик концерт студияси 14-студия деб аталади. Унинг ўлчамлари юзаси $S=280 \text{ м}^2$, яъни эъни -14 метр, бўйи -20 метр, баландлиги 7,5 метр, кичик концерт студиясининг ҳажми:

$$V = h \cdot b \cdot l = 7,5 \times 14 \times 20 = 2100 \text{ м}^3$$

Оптимал реверберация вақти. 500 Гц частотада оптимал вақт реверберацияси қийматини аниқлаймиз, у

$$T_{\text{опт}} = 1,2 \text{ с га тенг.}$$

3.2- жадвал. Кичик концерт студияи акустик параметрлари

Студия номи	Ўлчамлари			
	h	b	l	v
Кичик муסיқали	7,5	14	20	2100
Оптимал реверберация вақти. 500 Гц ($T_{\text{опт}}$)	1,2-1,5 сек			
Қўшимча овоз ютилиш коэффициенти $\alpha_{\text{қўш}}$ қиймати, Гц	0,33			
Умумий сўндирилиш фонди коэффициентини	522,64			

3.6. Радиокарнайларнинг талаб этиладиган акустик қуввати ва тўғри товуш сатҳи ҳисоби

Акустик нисбат, тўғри ва диффузия товушлари ҳисоби. Тизимнинг вазифаси ва берилган нотекислик $\Delta N_{\text{тўғри}}$, ҳамда 3.10- расмдаги графикдан фойдаланиб, $R_{\text{ўрт.}} = 2$ тенг қабул қиламиз.

Тўғри товушнинг ўртача ва минимал сатҳ қийматларини аниқлаймиз:

$$N_{\text{туғриўрт.}} = N_{\text{т}} - 10 \lg(1 + R_{\text{ўрт.}}) = 80 - 10 \lg 3 = 75,2 \text{ дБ.}$$

$$N_{\text{туғри мин}} = N_{\text{туғри ўрт.}} - 0,5 \Delta N_{\text{тўғри}} = 75,2 - 3,0 = 72,2 \text{ дБ.}$$

Диффузия товуши сатҳини аниқлаймиз:

$$N_{\text{д}} = N_{\text{тўғри}} - 10 \lg \frac{1 + R_{\text{оўўр}}}{R_{\text{ўрт}}} = 80 - 10 \lg \frac{3}{2} = 78,2 \text{ дБ.}$$

Акустик нисбат қандай чегараларда ўзгаришини аниқлаймиз:

$$R_{\text{мин}} = R_{\text{ўрт}} \cdot 10^{-0,05 \Delta N_{\text{тўғри}}} = 2 \cdot 10^{-0,3} = 1.$$

$$R_{\text{мах}} = R_{\text{ўрт}} \cdot 10^{-0,05 \Delta N_{\text{тўғри}}} = 2 \cdot 10^{0,3} = 4.$$

Демак, $R_{\text{мин}}$ ва $R_{\text{мах}}$ қийматлар берилган чегараларда экан.

Радиокарнайларнинг талаб этилган акустик қувватини ҳисоблаш

$N_{\text{д}}$ қийматини билатуриб, диффузия майдони ҳосил қилиш учун зарур бўлган радиокарнайлар нурлатиш қуввати $P_{\text{а}}$ ни аниқлаймиз:

$$P_{\text{а}} = A \cdot 10^{\frac{N_{\text{д}} - 96}{10}} = 523 \cdot 0,0168 = 8,78 \text{ мВт.}$$

Радиокарнайлар нурлатаётган тўла акустик қувват

$$P_{\text{а}} = \frac{P_{\text{а}}}{1 - \alpha_{\text{ўрт}}} = \frac{8,78}{1 - 0,33} = 13 \text{ мВт.}$$

3.7. Овозлаштириш тизими ва радиокарнай турларини танлаш

Студияни овозлаштириш тизимини танлашда қуйидагиларга аҳамият бериш зарур:

-студиянинг белгиланиши;

-студиянинг чизиқли ўлчамлари.

Шулардан келиб чиққан ҳолда студия кўп мақсадли ва ўлчамлари етарлича катта. Бу марказлаштирилган тизимнинг 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:

$$h = 0,5v\sqrt{1 - e_b^2} ,$$

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,

$$h = 0,5 \cdot 16 \sqrt{1 - 0,95^2} = 2,5\text{м} .$$

Товуш колонкаларини ўрнатиш қадами қуйидаги формула билан аниқланади:

$$d \leq 2h\sqrt{(1 - e_r^2)(1 - e_b^2)} = 2 \cdot 2,25\sqrt{(1 - 0,5^2)(1 - 0,95^2)} = 13,69\text{м} .$$

Ҳисобланган ўрнатиш қадами, зарурий товуш майдони сатҳи, унинг белгиланган нотекислиги, янғроқлик узвийлиги, нутқ аниқлигини таъминлай олмайди. Шунинг учун колонкалар занжири қадамини 4м танлаб оламиз. Ҳар бир товуш колонка занжири залнинг ярмини таъминлайди.

Товуш колонкасидан чекка жойларда ўтирган тингловчиларга бўлган масофани аниқлаймиз:

$$r_{\text{мин}} = \sqrt{\ell_{\text{мин}}^2 + h^2} = \sqrt{1,5^2 + 2,5^2} = 2,9\text{м} .$$

$$r_{\text{макс}} = \sqrt{\ell_{\text{макс}}^2 + h^2} = \sqrt{7^2 + 2,5^2} = 7,4\text{м}.$$

$$r'_{\text{мин}} = \sqrt{\ell'^2_{\text{мин}} + h^2} = \sqrt{9^2 + 2,5^2} = 9,3\text{м}.$$

$$r'_{\text{макс}} = \sqrt{\ell'^2_{\text{макс}} + h^2} = \sqrt{14,5^2 + 2,5^2} = 14,7\text{м}.$$

$\ell_{\text{мин}}, \ell_{\text{макс}}, \ell'_{\text{мин}}$ ва $\ell'_{\text{макс}}$ қийматлари 3.2-расмда келтирилган.

Битта товуш колонка занжири ишлагандаги майдон нотекислиги куйидаги формула орқали аниқланади:

$$\Delta N = 10 \lg \frac{P_{\text{макс.}}}{P_{\text{мин}}} = 10 \lg \frac{R_{\text{макс.}}}{R_{\text{мин}}}$$

$$\Delta N = 10 \lg \frac{14,7}{2,9} = 7,05\text{дБ}.$$

Олинган натижа талаб этилганидан катта, шунинг учун икки товуш колонка занжирини қўллаш зарур. Бунда товуш майдони нотекислиги:

$$\Delta N_{\text{тўғри}} = 10 \lg \frac{P_{\text{макс}}^2}{P_{\text{мин}}^2} = 10 \lg \frac{\frac{1}{r_{\text{мин}}} + \frac{1}{r_{\text{макс}}}}{\frac{1}{r_{\text{макс}}} + \frac{1}{r_{\text{мин}}}}$$

$$\Delta N_{\text{тўғри}} = 10 \lg \frac{\frac{1}{2,9} + \frac{1}{14,7}}{\frac{1}{7,4} + \frac{1}{9,3}} = 2,3\text{дБ}.$$

Олинган натижа қониқарли.

Радиокарнай акустик ўқи бўйича акустик марказидан 1м масофада ривожлантираётган товуш босими p ҳисоблаймиз:

$$p^2 = \frac{2\pi p_1^2 \sqrt{1 - e_r^2}}{d \sqrt{0,25 \cdot 16^2 + 2,5^2}} = \frac{17,62}{33,53} = 0,525,$$

$$\text{бунда } p = 0,725 \text{ н/м}^2$$

Залнинг бошқа нуқталарида товуш босими бу қийматдан фаркли бўлади.

3.8. Кучайтиришнинг чегаравий индекси ҳисоби ва микрофон турларини танлаш

Трактнинг рационал индекси қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$Q_{\text{рац}} = B_a - B_{\text{нм}} - \Sigma \Delta L + 27 ,$$

B_a - шовқининг спектрал сатҳи;

$B_{\text{нм}}$ - нутқнинг микрофон олдидаги спектрал сатҳи;

$$B_{\text{нм}} = B'_o + 20 \lg(1/r_m) ,$$

B'_o -диктор оғзидан 1м масофадаги спектрал сатҳ;

r_m - диктор оғзидан микрофонгача бўлган масофа.

$$\Sigma \Delta L + \Delta L_{\text{RM}} + \Delta L_{\text{T}} + \Delta L_{\text{T.б}} .$$

бунда: $\Delta L_{\text{T.б}}$ - тингловчи бошидан товуш қайтишига тузатиш;

ΔL_{T} — максимал акустик нисбат

$$\Delta L_{\text{RM}} = 10 \lg R_{\text{макс}} .$$

Трактнинг чегаравий индекси қуйидаги формула билан аниқланади:

$$Q_{\text{тўғри}} = q_m - \Delta L_{\text{RM}} - 1_{\text{г}} .$$

Бу ерда q_m — микрофоннинг йўналганлик индекси. МД-52-А микрофонини танлаймиз. Ҳисоблар натижасини 3.1-жадвалга киритамиз.

3.2-жадвал. Ҳисоблар натижасини

Частота Гц	Ω_r	L_g	ΔL_{RM}	q_m	$-Q_{\text{кр}}$	ΔL_{T}	$\Delta L_{\text{T.б}}$	$\Sigma \Delta L$	$B_{\text{нм}}$	B_a	$Q_{\text{рац}}$
								дБ			
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

3.3- жадвал Трактнинг ҳақиқий индекси ҳисоби натижалари

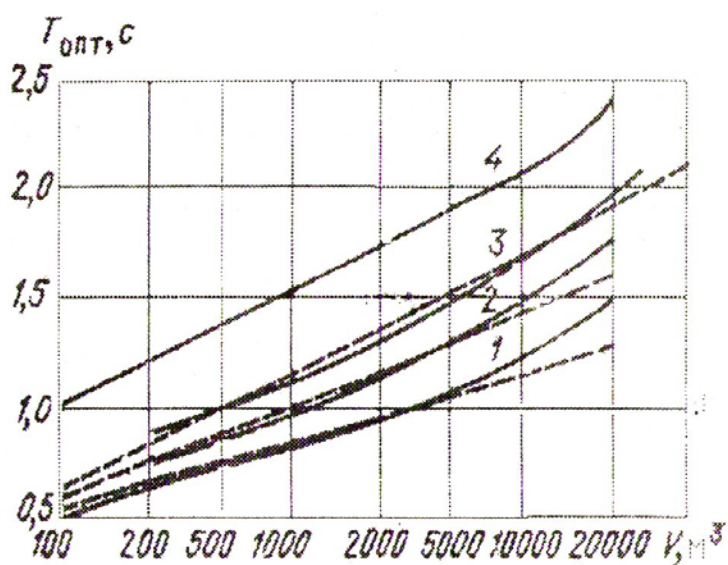
Частота, Гц	Сезгирлик, дБ		Йиғинди сезгирлик, дБ	Тракт индекслари		
	МД-52-А	2К3-2		Q _{кр}	Q _{рац.}	Q _{МС}
250	-3,6	0	-3,6	-2,3	3,3	-6,6
500	-2	2	0	-2,8	2,9	-3,0
1000	0	0	0	-2,7	1,8	-3,4
2000	-0,4	-3	-3,4	-2,3	2,1	-6,4
4000	-5	-3	-8	-2,1	1,8	-11,0

Радиокарнайлар истеъмол этадиган умумий электр қувват

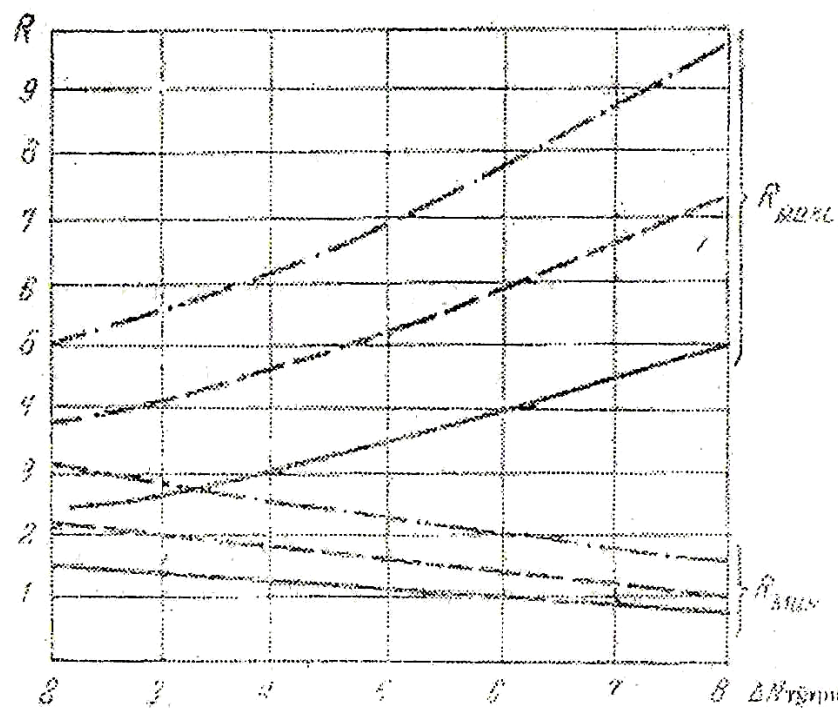
$$P_{\text{умум}} = 10 - 2,5 = 25 \text{ Вт}$$

ЗС-25х2М товуш кучайтириш станциясини танлаймиз. Аппаратурадаги иккита канални ишлатганда 50 Вт номинал қувватга эга бўламиз.

Ҳар бир каналнинг қуввати 25 Вт га тенг. Товуш кучайтириш тизими барқарорлигини ошириш мақсадида биз бир каналдан фойдаланиб, иккинчисини илиқ заҳиранада қолдирамыз.



3.10-расм. Оптимал реверберация вақтининг зал ҳажмига боғлиқлиги графиги



3.11-расм. Акустик нисбат R нинг майдон сатҳи нотекислиги $\Delta N_{\text{тўғри}}$ боғлиқлиги графиги

3.4-жадвал. Айрим сўндирувчиларнинг товуш сўндириш коэффициентлари

материал	b, мм	α ни частота Гц боғлиқлиги						
		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 қипиғи	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	0.13	0.13	0.42	0.53	0.35	0.53	0.63
Акустик ПА/Д	-	0.05	0.59	0.52	0.53	0.25	0.11	0.08
Шундай	100	0.34	0.62	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 1-50П	-	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 йиқилган 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
Гидамлар 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
латесли	-	-	0.04	0.15	0.31	0.63	0.72	0.63
тукли	-	0.02	0.05	0.07	0.11	0.29	0.48	0.50

Товуш ютиш коэффициенти студияларга ишлов беришда ишлатиладиган барча материалларнинг асосий характеристикаларидан ҳисобланади. Материал ютган товуш энергиясининг шу материал юзасига тушаётган товуш энергияси нисбатига товуш ютиш коэффициенти дейилади.

Материалларнинг товуш ютиш коэффициентини ўлчашнинг бир нечта усуллари мавжуд. Улар:

- реварберацион камерада ўлчаш;
- тургун тўлқин усули билан трубада ўлчаш ва ҳоказо.

Иккинчи усул биринчисига нисбатан анча қулай ва содда.

Товуш ютувчи материаллар шу усул билан текширилганда трубанинг бир томонига материал, иккинчи томонига товуш манбаи жойлаштирилади. Айтиш керакки, трубанинг диаметри шундай танлаб олинадики, унда тарқаладиган тўлқин текис тўлқин бўлиши керак.

Бунинг учун $\lambda \geq 1,7 D$ бажарилиши шарт, бу ерда D – трубанинг диаметри, см; λ – текширилаётган энг юкори частотанинг тўлқин узунлиги, см;

Товушнинг трубада тарқалиш назарияси доимийси тақсимланган электр линиянинг назариясига ўхшаш. Бу бир учи катта акустик қаршиликка эга бўлган товуш ютувчи материал билан беркитилган труба кети узилган электр линиясига эквивалентдир. Бу ҳолда трубанинг охирида кети узилган электр линияларида ҳосил бўладиган ток тугуни ва кучланиш дўнглигига ўхшаш товуш босими дўнглиги ва тебраниш тезлиги тугуни ҳосил бўлади.

Очик труба, ёпик линияга эквивалент бўлганлиги учун ҳар иккаласида ҳам турғун тўлқин ҳосил бўлади. Агар линия тўлқин қаршилигига тенг бўлса, унда югурувчи тўлқин ҳосил бўлади. Бундай ҳодисалар товуш сўндирувчи материалларни трубада текширганда ҳам рўй беради.

Текширилаётган материалдан товуш тўлкинининг қисман қайтиши натижасида трубада қарама–қарши йўналган иккита текис тўлқин тарқалади: манбадан тарқалаётган ва қайтаётган, натижада турғун ва югурувчи тўлқин ҳосил бўлади. Натижаловчи босим материалга тушаётган ва қайтаётган тўлқинлар босими йиғиндисига тенг бўлиб, қуйидаги ифода орқали топиш мумкин.

$$P(x,t) = P_m \cdot e^{i \left(\omega t - \frac{\omega}{c} x \right)} + \beta P_m \cdot e^{i \left(\omega t + \frac{\omega}{c} x + \varphi \right)},$$

бу ерда P_m —материалга тушаётган тўлқин босимининг амплитудаси;
 β – босим буйича қайтиш коэффиценти модули; c – товуш тезлиги.
 Босим тугуни амплитудаси қуйидаги формуладан аниқланади.

$$P_{\max} \approx P(1+\beta).$$

Босим дўнги амплитудаси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$P_{\min} \approx P(1-\beta).$$

Материалларнинг товуш ютиш коэффициенти дўнгликдаги товуш босимининг тугундаги товуш босимининг тугундаги товуш босими нисбатига тенг.

$$K = \frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{1 + \beta}{1 - \beta},$$

Товуш энергияси товуш босимининг квадратига пропорционал булганлиги сабабли кайтган энергиянинг тушаётган энергияга нисбати β^2 тенг.

Шунга кўра товуш ютиш коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$\lambda = 1 - \beta^2 = 1 - \left(\frac{K-1}{K+1} \right)^2 = \frac{4K}{(K+1)^2}$$

Товуш манбаининг акустик шароитини яхшилаш учун қўлланиладиган курилма ёки конструкция акустик жиҳозлаш деб аталади.

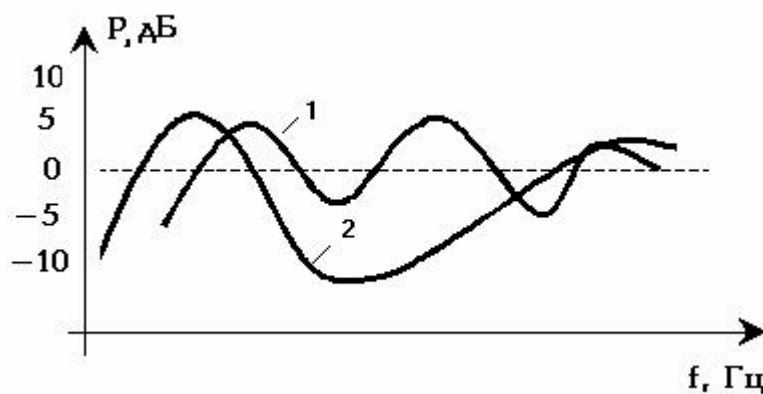
Радиокарнайни акустик жиҳозлашнинг тўрт усули мавжуд:

- а) текис экран;
- б) очик кути;
- в) ёпиқ кути;
- г) фазаинвертор.

Диффузорли радиокарнайнинг ишлаш жараёнида босим диффузорнинг олд ва орқа томонларида ҳосил бўлади. Товуш тўлқинлари манбадан эгилиб ўтиб силжиган фазада қўшилса, бир бирини сусайтиради. Бундай эффект акустик «қисқа туташув» деб аталади ва у асосан паст частоталарда, диффузор диаметри ўзи нурлатаётган товуш тўлқини узунлигидан кичик бўлган ҳолда содир бўлади.

Текис экраннинг асосий вазифаси “қика туташув” эффектини йўқотиш ёки сусайтиришдир. Текис экран радиокарнайни синашда, гоҳо товуш кучайтириш тизимларида қўлланилади.

Диффузорнинг ўқиға нисбатан симметрик экранда, айрим частоталарда акустик “қиска туташув” натижасида радиокарнайнинг частота характеристикасида чуқур чўкиш ҳосил бўлади. Носимметрик экраннинг қўлланилиши ёки туғри шаклдаги экранда радиокарнайни асимметрик жойлаштириш билан унинг частота характеристикаси сезиларли туғриланади (3.12-расм).



3.12.-расм. Радиокарнай частота характеристикасининг экран шаклга боғлиқлиги: 1–симметрик; 2–носимметрик.

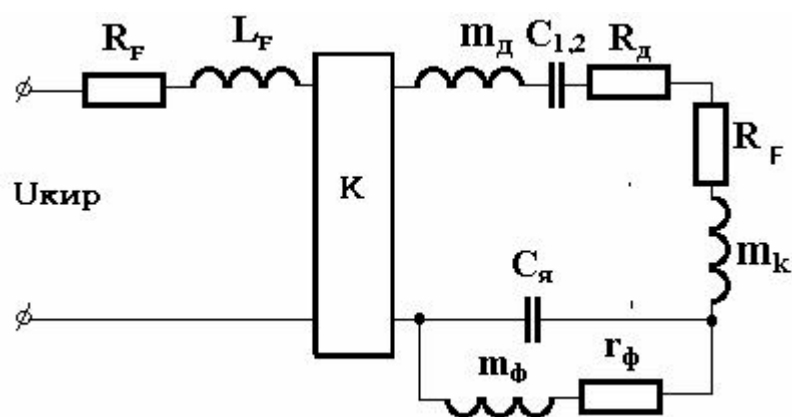
Радиокарнайни очик қути кўринишида акустик жиҳозлаш радиоприёмник, телевизор ва кўчма кинематография аппаратларида ишлатилади. Агарда қутининг резонанс частотаси радиокарнайнинг асосий резонансидан 1,5–2 марта катта бўлса, паст частотали овозни қайта эшиттириш энг яхши натижаға эға бўлади. Бу нисбат сақланмаган ҳолда радиокарнай частота характеристикасининг ёмонлашиши ҳисобига паст частотали товушлар дўриллаб чиқади. Радиокарнайни ёпиқ қути кўринишида акустик жиҳозлаганда олд ва орқа томонларида тарқалаётган манбада интерференция бўлмаслиги натижасида акустик ”қиска туташув” ни бутунлай йўқотади. Қутининг зарарли шахсий резонансларини йўқотиш

учун унинг деворлари товуш сўндирувчи материаллар билан қопланади. Товуш сўндирувчи материаллар зарарли резонансларни яхши йўқотибгина қолмай, фойдали энергиянинг бир қисmini сусайтиради. Бундай пасайиш радиокарнайнинг частота характеристикасида 150-200 Гц дан пастда пайдо бўлади. Аммо бундай характеристикалар кучайтиргичда электрик йўл билан осонгина туғриланади. Диффузорнинг олд ва орқа тарқалиш интерференциясини пастки частоталарда фазаинвертор ёрдамида унинг кўрсаткичларини яхшилаган ҳолда сусайтириш мумкин. Фазаинверторнинг конструкцияси берк қути бўлиб, унинг олд томонига радиокарнай ўрнатилади, пастки қисмида радиокарнайнинг базасига тенг бўлган тешик очилади. Қути ичидаги ҳаво шу тешик орқали ташқи муҳит билан туташади.

Фазаинвертор диффузорнинг орқа томонидаги нурланиш фазасини инверторлаб (180), олд томон нурланиш фазасига тенглаш учун хизмат қилади. Қутидаги ҳавонинг эгилувчанлиги ва фазаинвертор тешигидаги ҳаво массаси биргаликда резонанс (Гельмгольц резонатори) системасини ташкил қилади. Фазаинверторнинг электр аналог схемаси 3.4-расмда келтирилган. Резонаторнинг частотаси диффузорнинг механик резонанс частотасига тенг қилиб танланади (яшиқдаги ҳавонинг эгилувчанлиги резонатор системасига кирганлиги учун у ҳисобга қирмайди).

Радиокарнайнинг келтирилган кириш электр эквивалент схемаси 3.5-расмда берилган. Қўшимча звено элементларининг қийматлари қуйидаги формулалардан аниқланади.

$$L'' = B^2 l^2 C_2, \quad C'' = \frac{m_\phi}{B^2 l^2}, \quad R''_\phi = B^2 l^2;$$



3.13-рasm. Фазаинверторнинг электр аналог схемаси

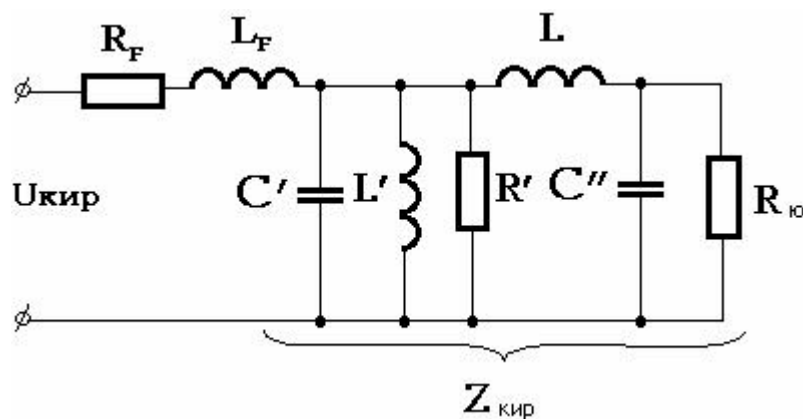
m_k - киритилган масса,

R_T - таркатиш каршилиги,

m_d - динамик массаси,

R_d - динамик массаси каршилиги,

R_F -карнай \алтаги каршилиги.



3.14-рasm. Радиокарнайнинг келтирилган кириш электр эквивалент схемаси

Радиокарнайнинг кириш қаршилиги характеристикасида механик резонанс частотасида чўкиш ва ундан паст ва юқори частоталарда чўққи ҳосил бўлади.

Пастки резонанс $f_1 < f_m$ частотада ҳаракатланувчи системанинг эгилувчанлиги $C_{1,2}$ ва m_ϕ массаси билан аниқланади. Юқори резонанс $f_2 > f_m$ частотада ҳаракатланувчи системанинг барча массалари йиғинди ва кути ҳажмидаги ҳавонинг эгилувчанлиги C_2 билан аниқланади. Ҳаракатланувчи системанинг резонанси f_m дан пастда f_1 нинг пайдо

булиши пастки узатиш диапозонини кенгайтиради. Бундан ташқари, f_2 резонанс частотасида $m\phi$, $r\phi$ занжирдаги тебраниш тезлиги, яъни қути орқасида тезлиги диффузор олд юзасидаги тебраниш тезлиги билан бир хил фазада бўлади, чунки инвертор фазани 180° га буради. Натижада диффузорнинг орқа томонидаги тарқалиш олд томонидагига қўшилади. Инвертор механик резонанс частотасида фазани фақат 90° га буради, шунинг учун орқа тарқалиш олд тарқалишга камроқ даражада қўшилади, f_1 частотада хеч қандай қўшимча йўқ. Шунинг учун фазаинвертор радиокарнайнинг сезгирлигини фақат механик резонансдан юқори частоталардагина оширади.

Туғри бажарилган фазаинвертор паст частоталарда овозни қайта эшиттириш частота характеристикасини яхшилабгина қолмай, радиокарнайнинг асосий резонанс частотаси яқинидаги нозизиқли бузилишларни ҳам камайтиради. Диффузорнинг резонанс частотада силжиш амплитудаси фазаинверторнинг катта акустик қаршилиқ кўрсатиши ҳисобига кескин камаяди, товуш босимини асосан фазаинверторнинг чиқиш тешиги яратади.

Фазаинверторининг ҳажми қуйидаги формула билан ҳисобланади;

$$V_{\text{тм}} = 3,5 \cdot 10^3 \frac{S_g^2}{m f_m}$$

бу ерда S_g – радиокарнай диффузорнинг юзаси, см;

m – радиокарнайнинг силжиш системаси массаси;

f_m – механик резонанс частотаси.

Хулоса

Битирув малакавий ишнинг тажриба қисмида Тошкент радиоуининг тузилиши, студиядаги товуш майдонини тўлқинли ва статик анализ усуллари, студияда товуш жараёнларини статик назарияси, студиядаги реверберацион жараёнларни структураси ва эшитилиши, реверберация вақтини ўлчаш саволлари таҳлил этилган.

Студия бу ёпиқ ҳаво ҳажмига эгадир, у тақсимланган параметрли тебранувчи системадир, шу сабабли товуш манбаи сигнали вақт структурасига, товуш сигнали бўёғини ўзгартириб, таъсирини ўтказди. Маълумки, товуш катта бўм-бўш хонада ва хона жиҳозланганда турлича эшитилади. Очик ҳавода оркестр товуши тембри бошқача бўлиб, студиядаги товушидан акустик жиҳатидан катта фарқ қилади.

Шунинг учун ушбу бўлимда тегишли ҳисоб – китоблар бажарилган, кичик концерт студиясини акустик ҳисоблари бажарилган, керакли тавсиялар кўрсатилган.

IV-БЎЛИМ. ҲАЁТ ФАОЛИЯТИ ХАВФСИЗЛИГИ

4.1. Ўзгарувчи электромагнит майдонларининг инсон организмига таъсири

Электромагнит майдонларининг инсон организмига таъсири электр ва магнит майдонларининг кучланиши, энергия оқимининг интенсивлиги тебраниш частотаси, нурланишнинг тананинг маълум юзасида тўпланиши ва инсон организмнинг шахсий хусусиятларига боғлиқ бўлади.

Электромагнит майдонларининг инсон организмига таъсир кўрсатишининг асосий сабаби шуки, инсон танаси таркибидаги атом ва молекулалар бу майдон таъсирида мусбат ва манфий кутбларга бўлина бошлайди. Кутбланган молекулалар электромагнит майдони таркалаётган йўналишга қараб ҳаракатлана бошлайди.

Кон, хужайра ва хужайралар оралигидаги суюқликлар таркибида ташки майдон таъсиридан ионлашган тоқлар ҳосил қилади. Ўзгарувчан электр майдони инсон танаси хужайраларини ўзгарувчан диэлектрик кутбланиш, шунингдек ўтказувчи тоқлар ҳосил бўлиши ҳисобига киздиради. Иссиқлик таъсири электромагнит майдонларининг энергия ютиши ҳисобига бўлади. Энергия ютилиши ва ионлашган тоқларнинг ҳосил бўлиши биологик хужайраларга махсус таъсир кўрсатиши билан кечади, бу таъсир инсон ички органлари ва хужайраларидаги нозик электр потенциаллари ишини бузиш ва суюқлик айланиш функцияларининг ўзгариши ҳисобига бўлади.

Ўзгарувчи магнит майдони атом ва молекулаларнинг магнит кутблари йўналишларининг ўзгаришига олиб келади. Бу таъсир инсон организмига зарар жихатидан кучсиз бўлса-да, лекин умуман организм учун бефарқ деб бўлмайди.

Майдоннинг кучланиши қанча кўп бўлса ва унинг таъсир даври давомли бўлса, организмга кўрсатувчи таъсири шунча юқори бўлади.

Тебраниш частотасининг ортиши тана ўтказувчанлигини ва энергия ютиш нисбатини оширади, аммо кириб бориш чуқурлигини камайтиради. Узунлиги 10 см дан киска бўлган тўлкинларнинг асосий қисми тери хужайраларида ютилиши тажрибаларда тасдиқланган. 10-30 см диапазондаги нурланишлар тери хужайраларида кам ютилади (30-40 фоиз) ва асосан уларнинг ютилиши инсоннинг ички органларига тўғри келади. Бундай нурланишлар нихоятда хавфли ҳисобланади.

Организмда ҳосил бўлган ортикча иссиқлик маълум чегарагача инсон организмнинг терморегуляцияси ҳисобига йўқотилиши мумкин. Иссиқлик чегараси деб аталувчи маълум микдордан бошлаб ($I > 10 \text{ мВт/см}^2$), инсон организмда ҳосил бўлаётган иссиқликни чиқариб ташлаш имкониятига эга бўлмай қолади ва тана ҳарорати кўтарилади, бу эса, ўз навбатида, организмга катта зарар етказди.

Иссиқлик ютилиши инсон организмнинг сувга сероб қисмларида яхши кечади (кон, мускуллар, ўпка, жигар ва х.к.). Аммо иссиқлик ажралиши кон томирлари суст ривожланган ва терморегуляция таъсири кам бўлган аъзолар учун жуда зарарлидир. Буларга кўз, бош мия, буйрак, овқат ҳазм қилиш органлари, ўт ва сийдик халталари қиради. Кўзнинг нурланиши кўз қорачигининг хиралашишига (катарактага) олиб келади. Одатда кўз қорачигининг хиралашиши бирданига ривожланмасдан, нурлангандан кейин бир неча кун ёки бир неча ҳафта кейин пайдо бўлади.

Электромагнит майдони инсон организмга маълум ўтказувчанликка эга бўлган диэлектрик материал сифатида хужайраларга иссиқлик таъсирини кўрсатибгина қолмасдан, балки бу хужайраларга биологик объект сифатида ҳам таъсир кўрсатади. Улар тўғридан-тўғри марказий нерв тизимига таъсир кўрсатади, хужайраларнинг йўналишини ўзгартиради ёки молекула занжирини электр майдони қучланиш чизиклари йўналишига айлантиради, кон таркибидаги оксил молекулалари биокимё фаолиятига таъсир кўрсатади. Кон-томир тизимининг функцияси бузилади. Организмдаги углевод, оксил ва минерал моддалар алмашинуви ўзгаради. Аммо бу ўзгаришлар

функционал характерда бўлиб, нурланиш таъсири тўхтатилиши билан уларнинг зарарли таъсири ва окгкрик сезгилари йўколади.

4.2. Электромагнит майдонининг нормалари.

Мухофаза усуллари

Республикамизда йўлга қўйилан нурланишнинг рухсат этилган даражалари жуда кам бирликни ташкил килади. Шунинг учун организм узок вақт нурланиш таъсирида бўлган тақдирда ҳам ҳеч қандай ўзгариш бўлмаслиги мумкин.

СН 848-70 бўйича кўзда тутилган “Юкори, ўта юкори ва хаддан ташкари юкори частотадаги электромагнит майдонлари манбаларида ишлаганлар учун санитар норма ва қоидаларида қуйидагича рухсат этилган норма ва чегаралар белгиланади: иш жойларида электромагнит майдони радиочастота кучланиши электр таркиби бўйича 100 кГц-30 МГц частота диапазонида 20 В/м, 30-300 МГц частота диапазонида 5 В/м дан ошмаслиги керак. Магнит таркиби бўйича эса 100 кГц-1,5 МГц частота диапазопида 5 В/м бўлиши керак.

Ўта юкори частотадаги тулкинлар (СВЧ) 30-300 000 МГц диапазонида иш куни давомида рухсат этиладиган максимал нурланиш оқим кучланиши 10 мк Вт/см², иш кунининг 2 соатидан ортик бўлмаган вақтдаги нурланиш 100 мк Вт/см², 15-20 минутдан ошмаган вақтдаги нурланиш эса 1000 мк Вт/см² дан ошмаслиги керак. Бунда албатта мухофаза кўзойнаги тақилиши керак. Қолган иш вақти давомида нурланиш интенсивлиги 10 мк Вт/ см² дан ошмаслиги керак.

Ўта юкори частотадаги тулкинлар диапазонида қасби нурланиш билан боғлиқ бўлмаган кишилар ва доимий яшовчилар учун нурланиш оқими зичлиги 1 мк Вт/ см² дан ошмаслиги керак.

Юкорида келтириб ўтилган формулаларни тахлил килиш, электромагнит майдонидан иш жойларини узокрок жойлаштириш ва электромагнит майдонлари окимларини йўналтирувчи антенналар билан иш жойлари орасидаги масофани узайтириш, генераторнинг нурланиш кучланишини камайтириш, иш жойлари билан нурланиш окимлари узатилаётган антенналар орасига ютувчи ва кайтарувчи экранлар ўрнатиш, шунингдек шахсий мухофаза аслахаларидан фойдаланиш иш жойларидаги электромагнит майдонларидан мухофазаланишнинг асосий воситалари хисобланади.

Ораликни узайтириш йўли билан эришиладиган мухофаза усули энг оддий ва энг самарали хисобланади. Бу усулдан иш жойлари электромагнит майдонларидан ташкарида бўлган ишчилар ва шунингдек нурланувчи установкаларни узокдан туриб бошқариш имкониятини берадиган холларда фойдаланиш мумкин.

Бу усул иш бажарилаётган хона етарлича катталиқда бўлгандагина муваффақиятли чиқади.

Нурланишни камайтиришнинг яна бошқа усули кучли нурланиш генераторини кучсизрок нурланиш генератори билан алмаштиришдир. Лекин бу усулда технологик жараённи хисобга олиш зарур.

Нурланиш кучини камайтиришнинг бошқа усули сифатида антеннага эквивалент бўлган нурланишни ютувчи ёки камайтирувчи қурилмаларни аттенюаторларни қўллаш туфайли, генератордан нурланиш таркаётган қурилмагача бўлган ораликдаги нурланиш кучини йўқотиш ёки камайтириш мумкин.

Нурланишни ютувчи қурилмалар коаксиаль ва тўлқин кайтарувчи бўлиши мумкин. Энергия ютгич сифатида графит ёки бошқа углеродли котишма ишлатилади. Шунингдек баъзи бир диэлектрик материаллардан фойдаланиш мумкин. Бундай энергия ютувчи қурилмаларнинг энергия таъсирида кизишини хисобга олиб, уларда совутиш юзалари ҳосил қилинади (ковургасимон юзалар), шунингдек сув окимлари ҳаракатидан фойдаланилади.

Коаксиал, тўлкин кайтарувчи ва ютувчи курилмаларни мувофиқлаштириш мақсадида улар қийшиқ юзали понасимон ва погонили шунингдек диэлектрик шайбалар сифатида бажарилиши мумкин.

Нурланиш кувватини камайтириш мақсадида ишлатиладиган аттенюаторлар доимий ва ўзгарувчан бўлиши мумкин. Доимий аттенюаторлар электромагнит тўлкинларини ютиш коэффициенти катта бўлган материаллардан ишланади. Бундай материаллар каторига резина, полистирол ва бошқаларни киритиш мумкин.

Ўзгарувчан сўндириш кучига эга бўлган тўлкин ўтказгич аттенюаторларнинг пичокли ва пластинкали турларидан иборатдир.

Бу аттенюаторларнинг пичоклари ва пластинкалари диэлектрик материалдан тайёрланади ва устки кавати юпка металл пластинка билан копланади. Улар электромагнит кучи чизикли майдо нига параллел равишда ўрнатилади. Аттенюаторларнинг сўндириш кучи пичокни тўлкин ўтказгичга чуқурроқ ботириш ёки пластинкаларни бир-бирига яқинлаштириш йўли билан оширилади ёки камайтиради.

Нурланишни ютувчи курилмалардан ва аттенюаторлардан тўғри фойдаланиш электромагнит энергиясининг ташки муҳитга тарқалишини 60 дБ дан кўпроқ микдорда камайишини таъминлайди ва нур кучланиш оқими 10 мк Вт/см^2 дан бўлмаган микдорини таъминлаш имконияти мавжуд бўлади.

Электромагнит нурланишларидан муҳофазаланишнинг асосий усулларида бири экранлар усулидир. Экранни тўғридан-тўғри электромагнит тўлкинларини таркатаётган манбага ёки иш жойларига ўрнатиш мумкин. Нур кайтариш экранлари электр тоқини яхши ўтказадиган материаллардан-алюминий, пўлат, мис, латун каби материаллардан ясалади. Экранларнинг муҳофазалаш хусусияти электромагнит майдони таъсирида экран юзасида Фуко тоқининг ҳосил бўлишига асосланган. Ўз навбатида Фуко тоқини электромагнит майдонига қарама-қарши зарядга эга бўлган майдон ҳосил қилади.

Натижада иккала майдоннинг кўшилиши кузатилади ва иккала майдондан унча катта кучга эга бўлмаган майдон қолади.

Экран юзасидаги йўкотилган энергия ва маълум микдордаги нурланишни йўкотиш мумкин бўлган экран калинлигини ҳисоблаш мумкин. Экрандан ўтиб келаётган нур оқими куввати ва зичлигини P_0 ва I_0 билан, экрансиз нур оқими куввати ва зичлигини P ва I билан белгилаймиз.

Бунда кучсизланган нурланиш куйидаги формула билан аникланади:

$$L = 10 \lg \frac{P}{P_0} = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (4.1)$$

Экраннинг мустаҳкамлигига асосланиб, улар яхши электр ўтказувчан, калинлиги 0,5 мм дан кам бўлмаган яхлит материаллардан тайёрланади. Кузатиш учун ва технология нуқтаи назаридан қолдирилган очик жойлар ячейкаси 4x4 мм дан кам бўлмаган металл тўр билан тўсилиши керак. Экран албатта ерга уланиши зарур. Тўр ва экран элементлари ўзаро яхши пайвандланган бўлиши керак. Чунки электр ўтказувчанликнинг пасайиши экран таъсирининг кескин камайишига олиб келади.

Экран билан электромагнит майдонининг кучсизланиш даражаси шартли равишда электромагнит тўлкинларининг экран материалига кириб бориш чуқурлиги экран калинлигидан камроқ бўлиши билан белгиланади.

Магнит майдонининг экранга кириб бориш чуқурлиги d бўлганда, ундаги кучсизланиш даражаси $e=2,718$ марта бўлса, у куйидаги формула билан аникланади:

$$\delta = 1/\sqrt{\mu\sigma\pi f}, \quad (4.2)$$

бунда: μ -экран материалининг мутлоқ магнит қаршилиги Г/м; σ -экран материалининг солиштира ўтказувчанлиги, См/м; f -частота, Гц.

Бунда экраннинг муҳофазаланиш самарадорлиги куйидаги тенгсизликни қаноатлантириши керак:

$$\Delta > j^{d/\sigma},$$

бунда: d-экран материалининг калинлиги, мм; μ , σ , f-канча катта бўлса, майдоннинг экран калинлигига кириб бориш чуқурлиги шунча кам бўлади; бу эса экранни юпкалаштириш имконини беради.

Одатда юкори ва ўрта юкори частотадаги электромагнит майдонларининг кириб бориш чуқурлиги жуда кичкина (мм дан анча кичкина) бўлади, шунинг учун бундай экранларни танлашда тузилишига қаралади.

4.2. Хавф тўғрисида тушунча. Хавфнинг таксономияси, номенклатураси, квантификацияси ва идентификацияси

Хавф - ҳаёт фаолияти хавфсизлигининг асосий тушунчаларидан бири бўлиб, инсон фаолияти даврида унинг соғлигига бевосита ёки билвосита зарар келтирувчи, яъни кўнгилсиз оқибатларга олиб келувчи ҳолат, жараён, объект ва воситалардир. Хавфни характерловчи белгилар сони таҳлил мақсадига боғлиқ ҳолда кўпайиши ёки камайиши мумкин. Шу сабабли, хавфни характерловчи белгилар стандарт тушунча - «хавфли ва зарарли ишлаб чиқариш факторлари» шаклида талқин қилади. Хавфли ва зарарли факторлар келиб чиқиш сабабларига боғлиқ ҳолда физикавий, химиявий, биологик ва психофизиологик кўринишида бўлади. Шунга боғлиқ ҳолда хавф потенциал (яширин) ва реал турларга бўлинади. Потенциал хавфни юзага, биринчи навбатда ишлаб чиқариш шароитига боғлиқ бўлиб, хавфни юзага келтирувчи сабаблар орқали баҳоланади. Хавф тасирида юзага келган бахтсиз ходисаларнинг сабаблари эса техник-технологик, санитар-гигиеник, ташкилий ва психофизиология каби турларга бўлинади.

Хавфнинг таксономияси - бу унинг келиб чиқиши табиати тури, оқибатлари, тузилиши инсонга таъсир этиш характери ва шунга ўхшаш белгилари асосида таснифланиши бир системага келтирилишидир. Умуман, «таксономия» мураккаб ходисалар жараёнлар тушунчалар ва объектларнинг таснифланиши ҳамда бир системага солиниши тўғрисидаги фан

хисобланади. Хавф мураккаб ва кўп белгиларга эга тушунча бўлганлиги сабабли, унинг таксономиясини инсон ҳаёт фаолиятини хавфсизлигини таъминлашда ҳамда хавф табиатини чуқурроқ ўрганишда муҳим рол уйнайди. Лекин, ҳозирги вақтда хавфнинг такомил, тўлиқ таксономияси ишлаб чиқилмаган. Шундай бўлсада бу борада маълум даражада илмий ишлар бажарилган бўлиб, хавфнинг қуйидаги кўринишдаги таксономияси вужудга келган:

- хавфнинг юзага келиш табиатига кўра: табиий, техник, антропоген, экологик, аралаш;
- хавф таъсирида кўнгилсиз оқибатларни юзага келиш вақтига кўра: импульсив, кумулетив;
- локализация бўйича: литосфера, гидросфера, атмосфера, космос билан боғлиқ хавфлар;
- юзага келувчи оқибатлар бўйича: чарчаш, толиқиш, зўриқиш, касалланиш, шикастланиш, жароҳатланиш, авария, ёнгин ва бошқалар;
- келтириб чиқарувчи зарарга кўра: социал, техник, экологик;
- юзага келиш соҳаси бўйича: маданий, маиший, транспорт, йўл-транспорт, ишлаб чиқариш, ҳарбий ва бошқалар;
- хавфнинг таркиби ва тузилишига кўра: оддий ва ҳосилали (ясамали), яъни бир неча оддий хавфлар бирикиши натижасида янги, мураккаб хавфнинг юзага келиши;
- инсонга таъсир этиш характерига кўра: актив ва пассив;

Хавфли факторлар белгилари эса априор ва апостериор турларга бўлинади. Апостериор белгиларда хавфнинг изи, ўрни қолади, яъни хавф асосли бўлади.

Хавфнинг номенклатураси. Номенклатура - маълум бир белгиларига кўра тартибга солинган, системалаштирилган номлар, терминлар рўйхатидир.

Ҳозирги вақтда хавфнинг алфавит тартибидаги номенклатураси ишлаб чиқилган бўлиб, у қисқача қуйидаги кўринишга эгадир.

Алкогол, аномал харорат, аномал нисбий намлик, аномал хаво тезлиги, аномал барометрик босим, аномал ёритилганлик, аномал ионлашган хаво, анализаторларнинг зўриқиши, айланиш ва ҳаракатланиш тезлиги, ақлий зўриқиш, босим остидаги идишлар, буғ, баландлик, газлар, гербицидлар, гиподинамия, гипокинезия, динамик зўриқиш, дорилар, етарсиз мустаҳкамлик, ёмгир, ёпик хажм (сиғим), ёнгин, ёнгинга хавфли моддалар, ёруғлик оқимининг пульсацияси, захарли моддалар, занглаш, захарланиш, иссиқ юза (сирт), инфратовуш, инфрақизил нурлар, ишчи ҳолат, ишчининг нотўғри ҳаракати, касалликлар, кинетик энергия, кишиларнинг ҳато ҳаракати, лазер нурлари, машина ва механизмларнинг айланувчи қисмлари, муз, магнит майдони, макроорганизмлар, метеоритлар, микроорганизмлар, момақалдирак, монотонлик, машина ва механизмларнинг зўриқиши, нономал рухий ҳолат, нотекис юза, олов, портловчи моддалар, пестицидлар, радиация, резонанс, сув, сув босиши, сув тошқини, совуқ юза (сирт), статик зўриқиш, статик электр зарядлари, тутун, тойғок (сирганчик) юза, туман, тўлкин зарбаси, тезланиш, толиқиш, учқун, уйқусизлик, ультратовуш, ультрабинафша нурлар, хазонрезлик, чуқурлик, чанг, чарчаш, шовқин, электр ёйи, электр токи, электр майдони, эмоционал зуриқиш, юқоридан қулаш (йиқилиш), юқори равшанликдаги ёруғлик, юқори частотали ток, яшин, ўткир предметлар (тиконли, учли, қиррали, кесувчи ва х.к.), қасмоқ, қурол-яроғ, қор босиши, қор кучиши, қуёш активлиги, қуёш зарбаси, ҳаракатланувчи предметлар, хавонинг газ таркибини бузилиши ва б.

Аниқ текширишлар ва тадқиқотлар ўтказишда алоҳида объектлар, яъни, ишлаб чиқариш, цехлар, иш жойлари, иш жараёнлари, касб турлари буйича ҳам хавф номенклатураси тузилади.

Хавфнинг квантификацияси. Квантификация - сифат даражаси аниқланадиган ва баҳоланадиган мураккаб тушунчаларга сонли характеристика бериш демакдир.

Квантификациянинг сонли, балли ва бошка усуллар қўлланилади. Хавфнинг энг кенг тарқалган соний баҳолаш мезони-таваккал («риск»), таваккалчилик, яъни хавф-хатарга қарши бормокдир.

Соний баҳолаш - маълум даврдаги фаолият давомида юзага келган кўнгилсиз оқибатларни олдиндан эхтимол қилинган, содир бўлиши мумкин бўлган хавфга, кўнгилсиз оқибатларга нисбатидир. Таваккални аниқлашда оқибатларнинг синфи кўрсатилиши лозим.

Хавфнинг идентификацияси. Хавф потенциал, яъни яширин характерга эга. Шу сабабли, ҳаёт фаолият хавфсизлигини таъминлашда хавфни олдиндан аниқлаш муҳим рол уйнайди.

Идентификация - хавфни ва унинг соний ҳамда вақтли кўрсаткичларини аниқлаш жараёни бўлиб, унинг натижасида ҳаёт фаолият хавфсизлигини таъминлашга қаратилган профилактик ва оператив тадбирлар ишлаб чиқилади.

Идентификация жараёнида хавфнинг номенклатураси, хавфни юзага келиш эхтимоли, фазовий координаталари («локализация»), хавф туфайли кутиладиган зарар ва бошка параметрлар аниқланади. Олинган натижалар асосида эса аниқ тадбирлар ишлаб чиқилади.

Потенциал хавф юзага келадиган, амалга ошадиган шароитлар бахтсиз ходисаларнинг сабаблари дейилади. Бахтсиз ходисалар турли хил, яъни жароҳатлар, шикастланишлар, касалланишлар ва бошка кўринишларда бўлиши мумкин.

Хавф, сабаб ва оқибат - бахтсиз ходисаларни, фавқулодда ҳолатларни, ёнғинларни ва шу каби бошка кўнгилсиз ходисаларни асосий характеристикаси ҳисобланади.

«Хавф - сабаб - кўнгилсиз оқибатлар» - бу логик ривожланиш жараёни бўлиб, яширин хавфни юзага чиқишига ҳамда зарар келтириб чиқаришга олиб келади. Кўрсатилганидек, бу жараён кўп сабабли ҳисобланади. Шу сабабли бахтсиз ходисаларни олдини олишда уларнинг сабабларини аниқлаш муҳим рол уйнайди.

Қуйида юқоридаги учликга доир мисоллар келтирамиз:

Электр токи (хавф) - қиска туташув (сабаб) - куйиш (окибат);

Пестцидлар (хавф) - ШХВ фойдаланмаслик (сабаб) - захарланиш (окибат).

Инсониятнинг ҳар қандай фаолияти потенциал хавфли жараёндир. Албатта, бу тасдиқ аксиоматик характерда бўлсада, муҳим методологик аҳамиятга эгадир.

4.4. Хавфсизликни таъминловчи принциплар ва уларнинг таснифи

Хавфсизликни таъминловчи принциплар турли хил бўлиб, уларни ориентерловчи, техник, ташкилий, бошқариш каби гуруҳларга ажратиш мумкин.

Қуйида айрим принципларни маъноси билан танишиб чикамиз.

Меъёрлаш принципи - инсонни турли хил хавфлардан химоялаш мақсадида, стандарт асосида хавфли ва зарарли факторларнинг рухсат этилган миқдорларини ўрнатиш демакдир. Масалан, РЭМ, РЭД, қўлда кўтариш юк меъёри, иш вақти меъёри ва бошқалар.

Бўш заиф (звено) принципи. Техник ситеманинг хавфсиз ишлашини таъминлаш мақсадида унга заиф элемент ўрнатилади, яъни белгиланган кўрсаткич меъёридан ошгач биринчи навбатда тўхтайди ва натижада хавф бартараф этилади. Буларга сақлаш клапанларини, электр сақлагичларини («предохранитель») ва муфталарни мисол келтириш мумкин.

Маълумот бериш принципи. Ишчига иш даврида хавфсизликни таъминлаш буйича йўл-йўриқлар, кўрсатмалар беришга асосланган. Бунга курс ўқишлари, йуриқномалар («инструктаж») ўтиш, хавфсизлик белгилар, огохлантирувчи белгилар ва бошқалар киради.

Таснифлаш принципида объектларни хавфлилиқ даражасига боғлиқ ҳолда синфларга ёки категорияларга ажратиш тушинилади. Масалан, санитар-химоя зоналари (5-синфга ажратилган), портлаш-ёниш хавфлилиги

бўйича ишлаб чиқариш биоларининг категориялари (А,Б,В,Г,Д,Е), ёнғин зоналари ва бошқалар.

Хавфсизликни таъминловчи услубларни ўрганишдан олдин ишчи зона ва хавф зонаси каби ибораларга тушунча берамиз. Фаолият даврида ишчи турадиган ёки ҳаракат қиладиган жой, ишчи зона- гомосфера деб аталади.

Доимий ёки даврий равишда хавф содир буладиган зона - нокосфера деб аталади.

Фаолият даврида хавфсизликни таъминлаш услубларини қуйидаги 3 турга ажратиш мумкин:

1. Гомосфера ва нокосферани фазовий ва (ёки) вақт бўйича ажратишга асосланган услуб, бу асосан дистанцион бошқариш, автоматлаштириш, роботлаштириш ва бошқа ташкилий тадбирлар орқали амалга оширилади.

2. Хавфни бартараф этиш орқали нокосферани меъёрлаштириш услуги. Бунга инсонни шовқин, газлар, чанглар таъсирида химоя қилишга қаратилган тадбирлар мажмуи ва коллектив химоя воситалари қиради.

Маълум муҳитда инсонни химоялаш даражасини оширишга қаратилган усуллар ва воситалар мажмуи. Бу услуб ишчиларни хавфсизлик техникаси бўйича ўқитиш, ШХВ дан фойдаланиш, психологик таъсир этиш ва бошқа шу каби тадбирлар орқали амалга оширилади

Хулоса

Ушбу битирув ишида Тошкент радио уйи кичик концерт студияси структураси, акустик ҳисоби ва техник воситаларини ўрганинилды. Бунинг учун студиялар классификацияси, овоз ёзиш ҳақида маълумотлар, студия техник жиҳозларини танлаш, ўрганиб чиқилди.

Ушбу БМИда студияларни акустик сошлаш бўйича айрим тавсиялар, студия товуш кучайтириш тизимининг акустик ҳисоби, товуш сўндирилиши ҳисоби, товуш сўндирилишининг асосий фонди ҳисоби саволлари таҳлил этилди.

Студиянинг ўлчамлари катта бўлганда биринчи муаммо-керакли товуш босимини таъминлаш. Иккинчи муаммо-кўпчилик хоналарга хос бўлган катта реверберация вақти. Агарда тингловчи товуш манбаига яқин бўлса, гўё у «тўғри майдон» да бўлгандек туюлади. Бу майдонда манбадан чиқаётган товуш, қайтган товушдан баландроқ бўлади, реверберация фазосида ҳар доим 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.

Шунинг учун ушбу битирув малакавий иш долзарбдир, фан ва техникада ўрни салмоқлидир.

Хулоса

Битирув малакавий ишида овозлаштириш ва товуш кучайтириш тизимлари тўғрисидаги илмий адабиётлар таҳлили келтирилган.

Студияларни акустик сошлаш бўйича айрим тавсиялар, студия товуш кучайтириш тизимининг акустик ҳисоби, товуш сўндирилиши ҳисоби, товуш сўндирилишининг асосий фонди ҳисоби саволлари таҳлил этилган.

Студиянинг ўлчамлари катта бўлганда биринчи муаммо-керакли товуш босимини таъминлаш. Иккинчи муаммо-кўпчилик хоналарга хос бўлган катта реверберация вақти инобатга олиниши керак.

Битирув малакавий ишнинг тажриба қисмида Тошкент радиоуйининг тузилиши, студиядаги товуш майдонини тўлқинли ва статик анализ усуллари, студияда товуш жараёнларини статик назарияси, студиядаги реверберацион жараёнларни структураси ва эшитилиши, реверберация вақтини ўлчаш саволлари таҳлил этилган.

Шунинг учун кичик концерт студиясиги тегишли ҳисоб – китоблар бажарилган, кичик концерт студиясини акустик ҳисоблари бажарилган, керакли тавсиялар кўрсатилган.

Тўртинчи бўлимда ҳаёт хавфсизлиги саволлари кўриб чиқилган.

Адабиётлар

1. Ўзбекистон Республикаси Президенти Ислам Каримовнинг 2012 йилда республика ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш якунлари ҳамда 2013 йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг муҳим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Маҳкамасининг мажлисидаги маърузаси
2. Катунин Г.П., Лапаев О.А. Проектирование и расчёт акустических параметров помещений. Учебное пособие.- Новосибирск.: Издательство Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), 2000.
3. М.Зупаров. Электроакустика ва радиоэшиттиришда ўлчаш ва техник назорат. Ташкент. 2010.
4. М.Зупаров. Электроакустика ва радиоэшиттириш фанидан амалиёт дарсларига ўқув-услугий қўлланма. Тошкент, 2010
5. Зупаров М.З., Катунин Г.П. Электроакустика. Ташкент. 2005.
6. Зупаров М., Буланбаева С. Акустический расчёт студий. РНТК, том I. Новосибирск, 2004
7. Сапожков М.А. Электроакустика. Учебник для вузов.-М: Связь.1978.
8. Ефимов А.П., Никонов А.В., Сапожков М.А., Шоров В.И. Под ред. Сапожкова М.А.. Акустика. Справочник.-М.:Радио и связь, 1989.
9. Радиовещание и электроакустика. Учебник для вузов.-М.: Радио и связь, 1999.
10. Катунин Г.П. Микрофоны. Учебное пособие. - Новосибирск.: СибГУТИ, 1995.
11. Катунин Г.П., Лапаев О.А. Громкоговорители. Учебное пособие. Новосибирск.: Издательство Сибирской государственной академии телекоммуникаций и информатики (СибГАТИ), 1997.
12. Алёхин С. Общие принципы звукоусиления в концертных залах// Звукорежиссёр.-1999.- №1,3,4,7.

13. Зупаров М. Акустический расчёт системы звукоусиления. Пособие по КП и ВКР для бакалавров. Ташкент, 2003.
14. Алдошина И.А., Войшвилло А.Г. Высококачественные акустические системы и излучатели. - М.: Радио и связь, 1985.
15. В.И.Павловская, А.Н.Качерович, А.П.Лукьянов. Акустика и электроакустическая аппаратура. М.: «Искусство». 1986.
16. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для студентов ВУЗов / ред. Л. А. Муравий, 2002.
17. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности М.: Высшая школа. 2003.

ИЛОВА