

О.Х.Кулдашев

Акустик назорат усуллари ва асбоблари

Фаргона Техника- 2001

УДК 534.86.

Такризчи – Тошкент Давлат техника университетининг «ЭХВЛ ва Т» кафедраси доценти Каххоров А.А.

КУЛДАШЕВ О.Х.

«Акустик назорат усуллари ва асбоблари» Олий укув юртлари учун укув кулланма: «Фаргона- Техника» нашриёти; 2001- 87 бет.

Укув кулланмада бузмасдан назорат килишнинг акустик усуллари, асбобларини тузилиши, ишлаш принциплари ҳамда улар ёрдамида материал ва махсулотларни сифатини назорат килиш масалалари ёритилган.

Укув кулланма «Асбобсозлик» йуналиши талабалари учун мулжалланган.

КИРИШ

Халы хшжалигида буюм ва маъсулотларни сифатини бузмасдан назорат ыилиш, ишлаб чиыариш самарадорлигини мутасил ошириш ва махсулот сифатини юыюри даражага кштариш учун ызмат ыилинадиган асосий омиллардан бири ыисобланади.

Кейинги йилларда саноат корхоналарига янги технологиялар ва техникалар кириб келди, технологик жараёнларини автоматлаштириш жорий этилди, ишлаб чиыарилаётган буюм, маъсулотларни сифатига мустаъкамлигига, катта эътибор берилмоыда. Шу сабабли маъсулотларни бузмасдан назорат ыилиш усуллари ва асбоблари Республикамизнинг барча саноат корхоналарида кенг ишлатилмоыда, уларни ишлатувчи, созловчи, шрнатувчи мутахасис кадрларга бшлган талаб ортиб бормоыда.

Бузмасдан назорат ыилиш усуллари ва асбоблари деганда шундай характерга эга бшлган назорат тушуниладики, улар назорат ыилинаётган объектга шикаст етказмайди, технологик жараёнга таъсир этмайди, ымда физик майдон, моддани маъсулотлардаги нуысонлар билан шзаро таосирланишига асосланган бшлади .

Бузмасдан назорат ыилиш усулларига оптик, радиотшлыинли, электромагнит, радиацияли, акустик усуллар киради.

Буюм, маъсулотларда учрайдиган нуысонларни назорат ыилишда акустик назорат усуллари ва асбобларидан кенг фойдаланилади.

Акустик назорат усуллари, жуда кенг маънони ва кшп турли хил текшириш ымда амалий ышлланиш сохаларини шз ичига олади. Масалан, товушни ва унинг модда билан шзаро таъсирларини шрганиш, ыаттиы тоъ жинсларининг майдаловчи ыурилмалар яратишга ва бетон плита ёки пшлат релеснинг шзига хос “ёритиб кшприш”га олиб келди, сув ости кемаларини “кшз” билан таъминлади, у самолётларни ыуришда зарур бшлмоыда, химиявий реакцияларни тезлаштиришнинг, ер остидан тезроы ва тшлароы нефт олишнинг янги имкониятларини очмоыда.

Товуш газларда, суюыликларда, ыаттиы жисмларда навбатлашувчи ыисилишлар ва чшзилишлар кшринишида тарыалади. Товуш тшлыинининг штиш йшлида модда бир сиыилади, бир чшзилади, мутахасислар айтганидек, ишораси алмашинувчи кшринишида таъсирида бшлади. Маълум шароитларда бундай силкитиш жуда ыаттиы тоъ жинсини ым емириши мумкин. Товушнинг шундай механик таъсиридан нефт

Ушбу кшрсатмада асосий эътибор, акустик назоратнинг энг долзарб усулларига, электро - акустик шзгартиргичларга, акустик

назоратнинг физик асосларига , акустик назорат усуллари ва асбоблари ёрдамида буюм, маҳсулотларни назорат этилишига, акустик аппаратларни тиббиётда ёшланишига, ҳамда мамлакатимиз адабиётида етарли ёритилмаган томонларини кўриб чирилишига йўналтирилган.

Фарьона политехника институти талабаларига бир неча йил давомида муаллифлар “Акустик назорат усуллари ва асбоблари ” курси бўйича ўқиган маърузалар ушбу маъруза матнларини асоси бўлди. В521700 “Асбобсозлик” йўналиши талабалари учун мўлжалланган.

1. АКУСТИК НАЗОРАТ УСУЛЛАРИ ВА АППАРАТЛАРИ ТАСНИФИ

1.1. Акустик назорат усуллари таснифи

Акустик тўқилишларнинг энг асосий моҳияти шундаки, у ҳам ёруғлик каби ахборот манбаи ҳисобланади.

Табиат товушлари, баози атрофимиздаги одамларнинг гаплари, ишлаб турган машиналарнинг шовчинлари бизга керакли бўлган кўп маолумотларни беради.

Товуш-тиббиёт соҳасида одам ички органлари бўлати тўғрисида, саноатда буюмлар, маъсулотлар ички структуралари тўғрисида маолумот берувчи манба бўлиши мумкин.

Шу сабабли ҳар-қил касалликларни диагностика ўилишида, даволашда, ҳамда буюм, маъсулотларни сифатини назорат ўилишда товушнинг бу хусусиятидан кенг фойдаланилади.

Акустика - физиканинг товуш ва унинг модда билан шзоро таосирини шрганувчи бўлими бўлиб, унинг асосида акустик назорат усуллари, ўурилмалари яратилгандир.

Айтиб штганимиздек акустик назорат усулларида назорат ўилинувчи объект билан эластик тўқилишларни шзоро таосирланиши натижасида назорат ўилиш учун керакли бўлган маолумотлар олинади.

Бу усул ёрдамида, ҳар - қил маъсулотларни, жумладан металлари, бетон плита ёки пулат рельсини, сув ости кемаларини, самолётларни деталларини назорат ўилиш мумкин.

Акустик назорат ўилиш усуллари икки гуруҳга бўлинади: актив ҳамда пассив.

Актив усулда назорат ўилинаётган объектга товуш манбаларидан акустик тўқилишлар юборилади ва улар объект билан шзоро таосирлашгандан сшнг ўабул ўилувчи ўурилма ёрдамида ўабул ўилиниб назорат штказилади.

Пассив усулда назорат ўилинувчи объектни шзи товуш манбаи бўлиб, фаъат ундан тарыалаётган акустик тўқилишлар ўабул ўилиниб, назорат штказилди.

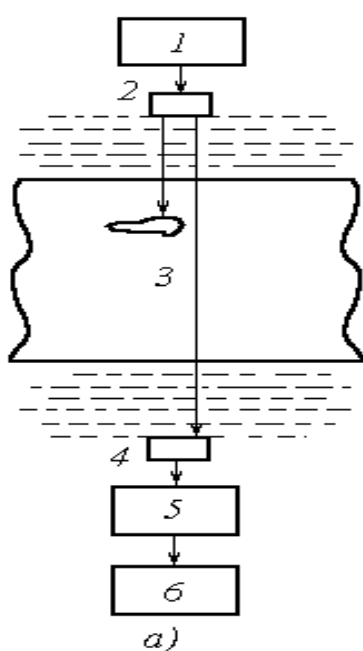
Актив усулни шзи ҳам иккита гуруҳчага бўлинади, булар штиш ва ўайтиш усуллари.

Штиш усулида текширилаётган объект ёки унинг назорат ўилинаётган ўисмини икки томонига манба ёки ўабул ўилувчи ўурилма жойлаштирилади. Бу усулда назорат ўилинувчи объектни бир тарафидан акустик тўқилиш юборилиб, иккинчи томонидан у ўабул ўилинади.

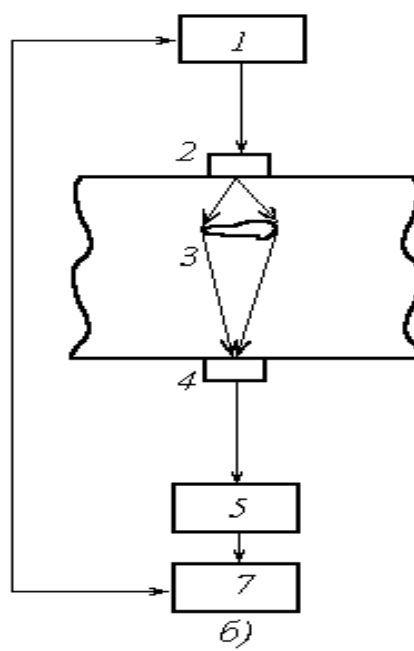
Ыайтиш усулида эса текширилатган объектни бир томонига, ьам акустик тцлыин манбаи ва ыабул ыилувчи ыурилмаси жойлаштирилиб, назорат цтказилади.

Амплитуда-сося усули ццтиш усулининг бир тури бццлиб (1 расм), объектдан акустик тцлыинларни ццтиши , ьамда уларни нуысонлар билан тццынашиши натижасида тццыин амплитудаси камайишига асосланган.

Ваыт –сося усули объектдан акустик тццыинларни ццтиши ьамда нуысонлар билан ццзаро таосирланиши натижасида ультратовушни ццтиш ваытини ортиши ёки камайишига асослангандир (2 расм.).



а)



б)

Расм 1.

Расм 2.

а- сося усули, б – ваыт сося усули ;1-генератор, 2-ультратовуш манбаи ,3-объект,

4-ыабул ыилгич, 5-кучайтиргич, 6-амплитуда ццчагич, 7-ццтиш ваытини ццчагич.

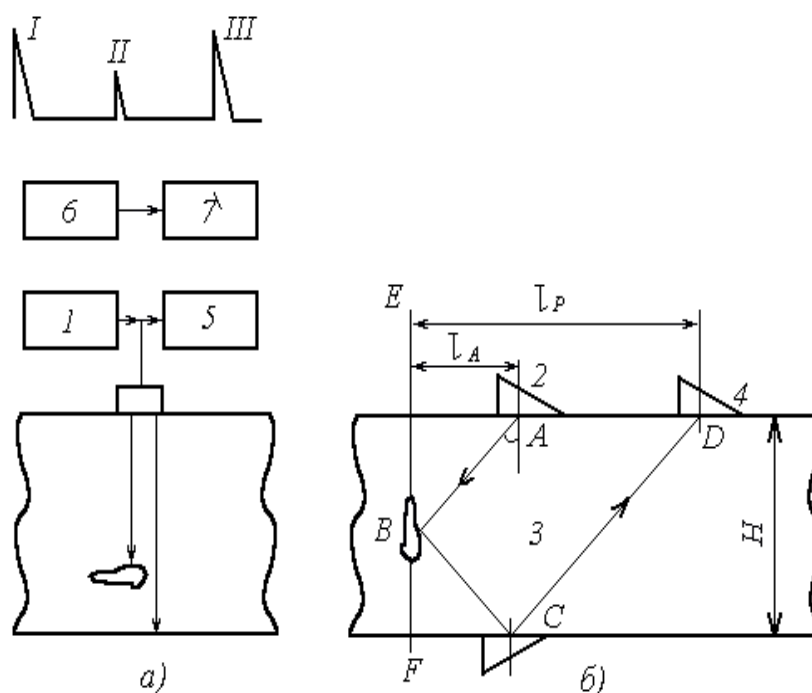
Ыайтиш усулида объектга юборилган акустик тццыинлар нуысонлар билан ццзаро таосирлашиб, ундан ыайтган тццыинларни амплитудаси камайиши, нуысондан ыайтган, ьамда объект пастки ыатламидан ыайтган сигналлар оралиы ваытларини ыайд ыилиниб назорат цтказилади (3 расм).

Эхо – кцзгу усули ьам ыайтиш усулининг бир тури бццлиб, текширилатган объектнинг энг пастки ыатлами ва нуысондан

кшзгули ыайтган сигналларнинг таълил ыилишга асосланган (5 расм).

Акустик назорат ыилиш усулларининг яна бири тури реверберация усулидир, у товуш тшлыинларини хонада деворлар ва буюмлардан ыайтиб, кшп овозли акс садо ыилиши, реверберация ходисасига асосланган (4 расм).

Комбинацион усулда штиш ва ыайтиш усуллари биргаликда ышлланилади, эхо- соя усулида обоектдан штган, тамда ыайтган сигналлар бир ваытнинг шзида ыайд этилиб, таълил ыилинади(5 расм).

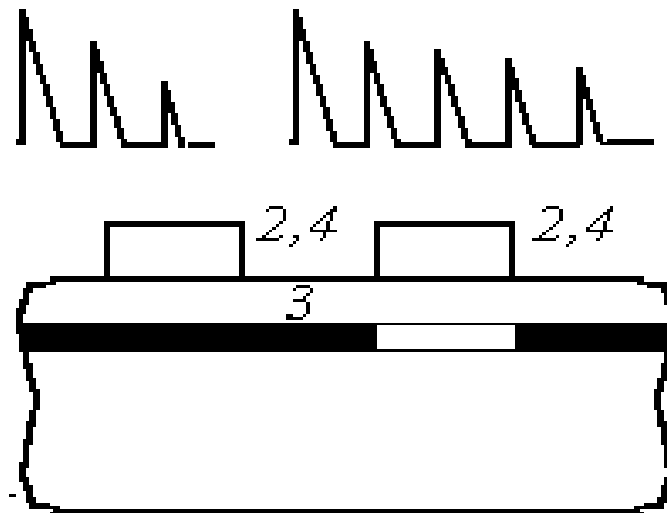


Расм 3.

а-эхо усули, б- эхо кшзгу усули, 1-генератор, 2-ультратовуш манбаи, 3-объект,

4-ыабул ыилгич, 5-кучайтиргич, 6-синхронизатор, 7-развёртка генератори

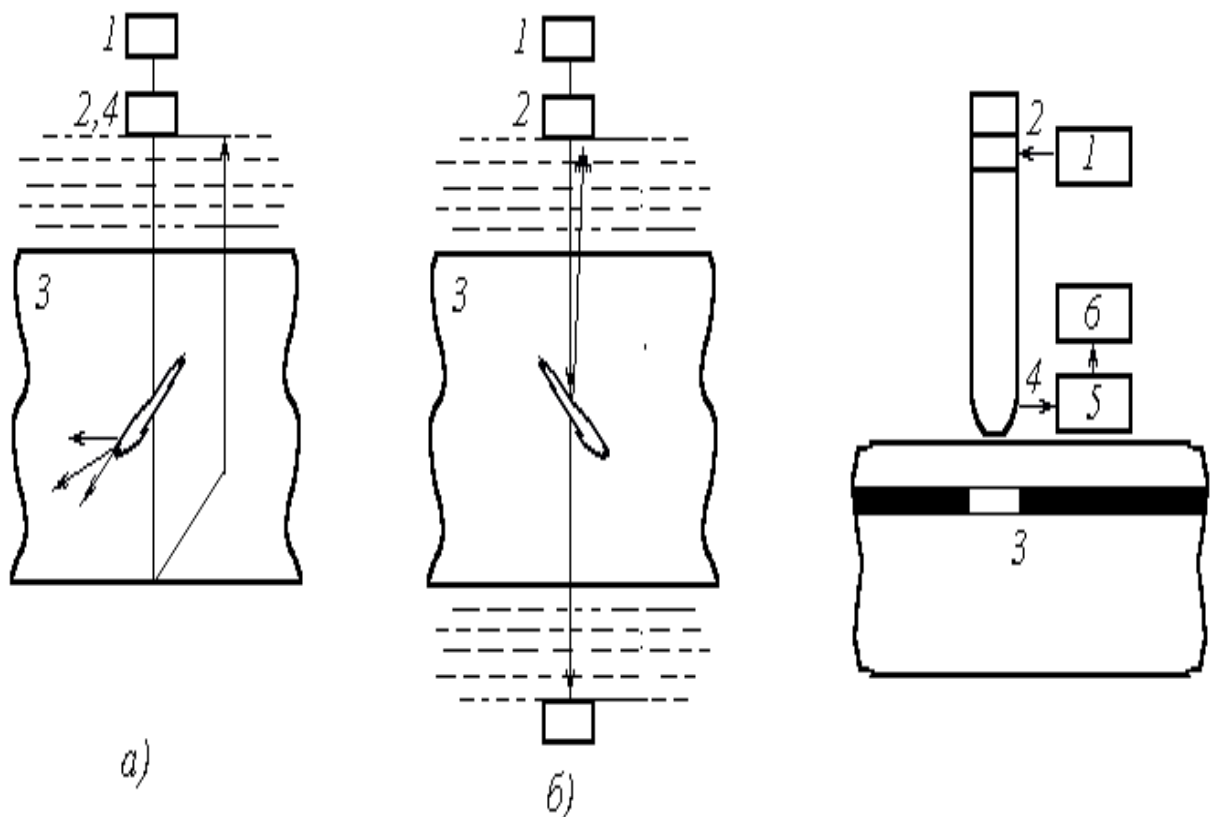
Юыоридаги усуллардан жиддий равишда фары ыилувчи усул-импенданс усули бшлиб, у обоектни механик ёки акустик импендансини (ыаршилигини) шлчашга асослангандир (6 расм).



Расм 4

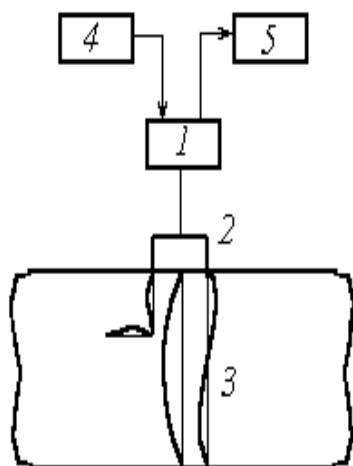
2-ультратовуш манбаи ,3-объект, 4-яабул ыилгич

Пассив усулга акустик-эмиссия усулини мисол ыилиб олиш мумкин, бу ьолда НЫО ни ички структурасини динамик-локал ыайта ыурилиши натижасида, у акустик тцлыин манбаи бщлиб (8 расм), уни ыабул ыилгичда ыайд этилади .



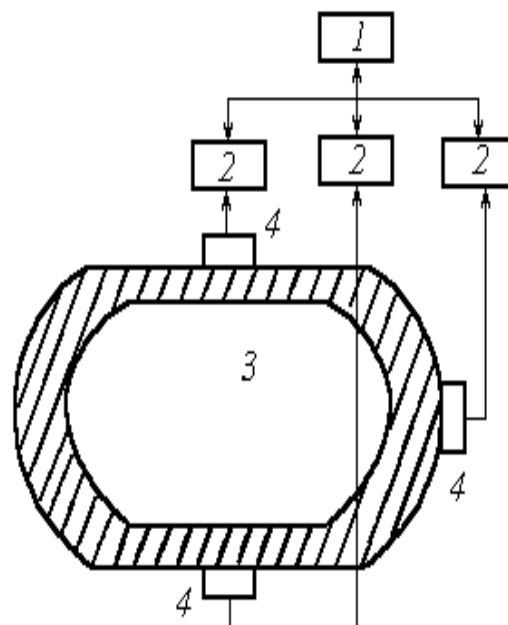
Барча кщриб щтилган усуллар частоталарини аломатларига ыараб паст частотали ва юьюри частотали бщлади.

Паст частотали усулларга 100 Гц гача бшлган диопазондаги товуш тшлынлари кирса, юьори частотали усулларга 100 КГц дан 50 МГц гача диопазондаги товуш тшлынлари киради.



Расм 7.

1- генератор, 2- манба-ыабул ыилгич,
2- 3- объект, 4- частота модулятори,
5- резонанслар регистратори.



Расм 8 .

1- натижаларни ыайта
ишловчи блок, 2-
кучайтиргич, 3- объект,
4- ыабул ыилгич.

Барча кшриб штилган акустик усулларида амалиётда кенг фойдаланиладигани бу - эхо усулидир.

Акустик усул билан назорат ыилинадиган объектларни 90%зида эхо усули ышлланилади.

Бу усул ёрдамида металлларда учрайдиган дефектлар, объектларни ыалинлиги, пайвандлар, материаллар ыаттиылиги, зичлиги, физик-механик хусусиятлари назорат ыилинади.

1.2. Акустик назорат аппаратлари классификацияси

Акустик назорат ыилиш воситалари электрон блок, акустик блок ёки шзгартиргич ва ыайд ыилувчи ыурилмалардан ташйил топган назорат-шлчов аппаратларидан иборатдир.

Ўозирги ваътда акустик назорат ёилиш усулларида саноатда материалларни технологик ва физик-механик характеристикаларини назорат ёилишда, дефектоскопияда, ёалинликларини шлчашда, структуроскопияда кенг фойдаланилмоёда.

Касалликларни тасниф ёилиш ва даволашни акустик аппаратларисиз тасаввур ёилиш мумкин эмас .

Бар бир акустик асбобининг функционал схемаси ва конструкцияси-белгиланиши, шзгартиргич тури, иш режими ва бошыа факторлари билан аниёланади.

Акустик назорат аппаратлари ёуйидаги аломатлари билан классификацияланади:

- 1) иш режими бщйича : импульсли, доимий бщлади;
- 2) белгиланиши бщйича: маъсус дефектоскоплар, ёалинлик шлчагичлар, структуроскоплар, комплексли шлчагичлардан иборатдир;
- 3) шлчанаётган параметрлар турига ёараб: фазометрлар, микросекундомерлар, частота шлчагичлар, ютилишни шлчагичлар, акустик-эмиссия шлчагичларга бщлинади;
- 4) тшлынларни киритиш ва ёабул ёилиш турига ёараб: контактсиз, контактли , иммерсион бщлиши мумкин;
- 5) частота диапозони бщйича: товушли (20Гц...20кГц), паст ультратовуш частотали (20...200кГц), шрта улотратовуш частотали (0.2...10МГц), юёори ультратовуш частотали ($10^7...10^9$ Гц), шта юёори ультратовуш частотали(10^3 Гц дан юёори) бщлади;
- 6) индикатор ёурилмасининг турига ёараб, раёамли осцилографли, механик, телевизион индикаторли, ёруьлик ёки товуш сигнализаторли бщлиши мумкин ;
- 7) шзгартиргич турига ёараб : пьезоэлектрик, электромагнит-акустик, электромеханик, механик бщлиши мумкин;
- 8) автоматизациялашиш ва механизациялашиш даржасига ёараб : ёшл билан, механизациялашган, автоматлаштирилган , ЭХМ ёшлланилган, ёисоблаш техникаси ва телевизион ёурилмаси бирлаштирилган бщлиши мумкин .

1.3. Акустик назорат ёилиш усуллари афзаллиги ва камчиликлари

Бар бир бузмасдан назорат ёилиш ёурилмасини ёффектив ишлаши, унинг универсиаллиги, ёшйилган вазифани бажаришда ёришиладиган ёксплуатацион ва метрологик характеристикаларига, ёамда ёизмат ёилувчи шахслар учун хавфсиз меънатни ташыил ёилиши билан белгиланади.

Бузмасдан назорат ыилишнинг акустик усуллари ыуйидаги афзалликларга эга:

- 1) Юыори сезгирликка эга бщлиб, кичик деффектларни аниылаш имкониятига эга.
- 2) Катта кириб щтиш хусусияти туфайли маъсулотлардаги ички деффектларни аниылаш имкониятига эга.
- 3) Деффектларни координаталарини аниылаш имконияти бор.
- 4) Деффектлар тщърисидаги маолумотни тезлик билан ыайта ишлаш ва назоратни автоматлаштириш имконияти бор.
- 5) Назорат ыилиш содда ьамда юыори унумли.
- 6) Обоектни бир тарафидан туриб назорат ыилиш имконияти мавжуд.
- 7) Технологик жараёнларни бузмасдан назоратларни щтказилади .
- 8) Атроф мухит ва хизмат кщрсатувчи шахслар учун умуман хавфсиздир .
- 9) Махсулот ва материалларни бир ыанча физик ва физик-механик параметрларини бир ваытнинг щзида щлчаш имконияти мавжуд.

1.4. Акустик назорат усуллариини камчиликлари:

- 1) Материаллар ички структурасини бир жинсли эмаслиги ультратовушларни сочилиши, назорат ыилиш учун керакли сигналларни пасайишига, шовыинлар пайдо бщлишига олиб келади.
- 2) Махсулотларни щлчамлари кичиклиги ва формасини мураккаблиги ультратовушларни киритишни ыйинлаштиради , ьамда махсус усулларни ыщллашни, ыщшимча ыурилмаалрни талаб этади .
- 3) Обоект юзасини ьадир-будирлиги, сезгирликни камайитириши мумкин.

Текширув назорат саволлари

1. Акустика физиканинг ыандай бщлими ?
2. Акустик назорат усуллари нимага асосланган ?
3. Акустик назорат усуллари ыандай гурухларга бщлинади?
4. Актив усулда ыандай ыилиб назорат ыилинади ?
5. Пассив усулда ыандай ыилиб назорат ыилинади ?
6. Щтиш усули нимага асосланган ?

2.АКУСТИК НАЗОРАТ АСОСЛАРИ

2.1. Товушнинг табиати, физик характеристикалари

Акустика - энг паст частотали тебранишлардан бошлаб, шта юёри (10^{12} - 10^{13} Гц) частотали эластик тебранишлар ва тцлыинларни шрганувчи физиканинг бир бщлимидир. Ёозирги замон акустикаси кенг доирадаги масалаларни ыамраб олиб, бир неча бщлимларга ажралади: физик акустика- турли хил муъитларда эластик тцлыинларнинг тарыалиш хусусиятларини шрганувчи акустика, физиологик акустика- одам ва ёайвонларнинг товуш ыабул ыилиш ва эшитиш органларининг тузилиши ёамда ишлаш принципларини шрганувчи акустика ,техник акустика – буюм,махсулортларни сифатини назорат ыилувчи ва бошыа бщлимлардан иборат.

Тор маонода акустика бу товуш ёаыидаги, яониодам ёулоёи ыабул ыила оладиган (16 Гц дан 20000 Гц гача) газлар, суюёлик ва ыаттиы жисмлардаги эластик тебранишлар ва тцлыинлар ёаыидаги таолимотдир.

2.1. Товушнинг табиати, физик характеристикалари

Товуш тебранишлари ва тцлыинлари- механик тебраниш ва тцлыинларнинг хусусий ёолидир. Бироё эшитув орыали сезишни баёолашда акустик тушунчаларнинг муъимлигини, шу билан бирга унинг техникадаги, тиббиётдаги татбиыларини назарда тутиб, айрим масалаларини махсус кщриб чиыиш маёысадга мувоёиыдир.

Ёуйидагича товушларни бир-биридан фарылаш ыабул ыилинган:

- 1)тонлар ёки мусиый товушлар
- 2) шовыинлар
- 3) товуш зарбалари.

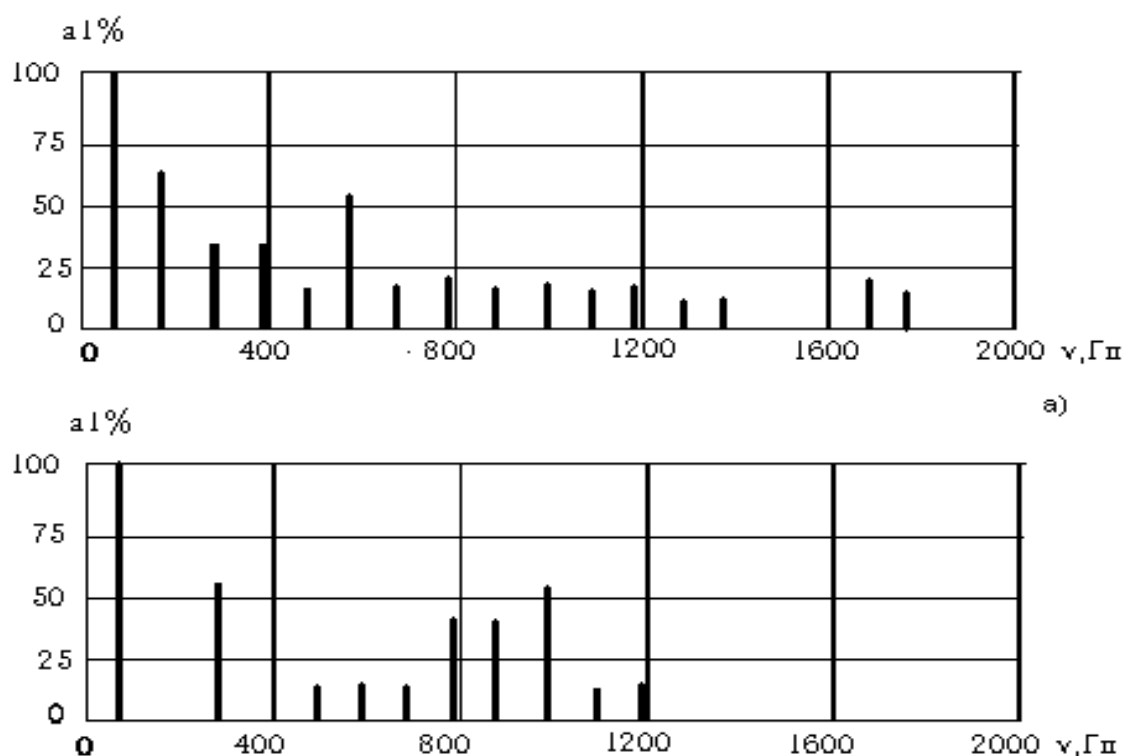
Даврий жараёндан иборат бщлган товуш тон деб айтилади. Агар бу жараён гармоник бщлса, унда ток оддий ёки соф деб айталади, унга мос ясси товуш тцлыини эса

тенглама ёрдамида ифодаланади. Соф тоннинг асосий физик характеристикаси унинг частотасидир. *Ангармоник* тебранишларга мураккаб тон мос келади. Содда тонли товушни, масалан, камертон чиыаради, мураккаб тонли товушни мусиыа асбоблари, нуты аппарати (унли товушлар) ва ёоказолар ёосил ыилади.

Мураккаб тон оддий тонларга ажратилиши мумкин.

Ажратилган тонларнинг энг кичик ν_i частотаси асосий тонга мос келади, бўлган гармоникалари (обертонлар) $2\nu_i, 2\gamma_0$ ва ыайозо частоталарга эга бўлади. Нисбий интенсивликларини кўрсатувчи частоталар тўпламини (амплитуданинг) акустик спектр дейилади. Мураккаб тон спектри чизиқлидир; 9-расмда роялда (а) ва кларнетда (б) олинган айни бир хил нотанинг ($\gamma = 100$ Гц) акустик спектри кўрсатилган. Шундай ыилиб, акустик спектр- мураккаб тоннинг муым физик характеристикаси экан.

Расм 9.

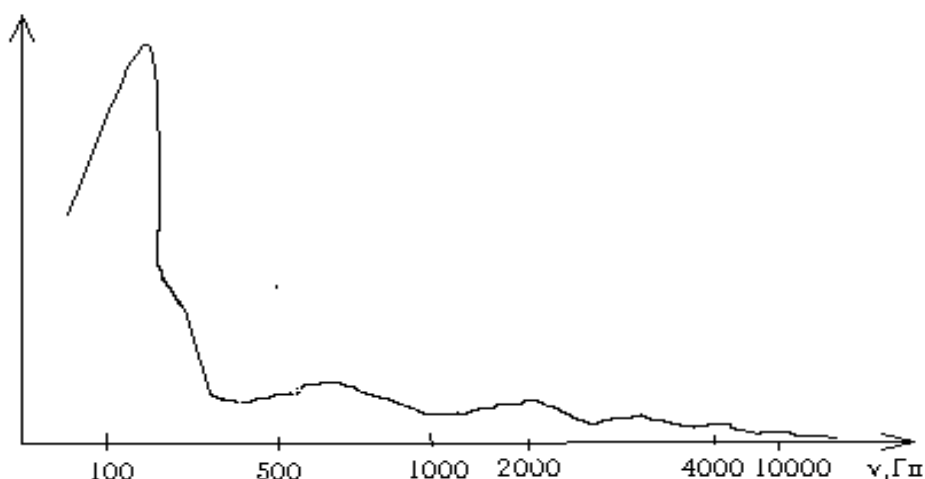


Ваыт штиши билан такрорланмайдиган, шзининг мураккаблиги билан фары ыилувчи товушга шовын деб айтилади.

Машиналарнинг вибрацияси, ыарсаklar, горелка алангасининг шовыини, шарпа, ыичирлаш, сцзлашганда чиыадиган ундош товушлар ва ыакозолар шовынга тааллуылидир.

Шовийинни тартибсиз щзгариб турувчи мураккаб тонлар бирикмасидан иборат деб ыараш мумкин. Агар шовийинни бирор шартлилик даражасида спектрга ёйишга ыаракат ыилиб кщрилса, унда бу спектр узлуксиз бщлады, масалан, бунзен газ горелкасининг (10-расм) ёниши пайтида шовийиндан ыосил бщладиган спектр.

Расм-10.



Товуш зарба – бу товушнинг ыисыа муддатли таъсиридир: чапак чалинганда, портлаш юз берганда ва хоказоларда ыосил бщлады.

Товушнинг энергетик характеристикаси механик тщлыин каби унинг интенсивлиги ыисоблангани учун Умов вектори кщринишида ыам ифодаланиши мумкин.

Амалда товушни баъолашда унинг интенсивлигидан эмас, балки товуш тщлыини суюблик ва газ муъитидан щтаётганда ыосил бщладиган ыщшимча товуш босимидан фойдаланиш ыулайроы. Ясси тщлыин интенсивлиги, товуш тщлыини босими билан ыуйидаги кщринишда боыланган:

$$I = \frac{p^2}{2\rho c}$$

Бу ерда ρ - муъитнинг зичлиги; c – товушнинг тезлиги. Одамнинг нормал ыулоыи етарлича кенг диапазондаги товуш интенсивликларини ыабул ыилади: масалан, 1 кГц частотада, $I_i = 10^{-12}$ Вт/м² ёки $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па (эшитиш бщсаъаси) дан то $I_{\text{тах}} = 10$ Вт/м² ёки $p_{\text{тах}} = 60$ Па (оъриы сезиш бщсаъаси)гача бщлган товуш интенсивликларини ыабул ыила олади. Бу интенсивликларнинг нисбати 10^{13} га тенг, шу сабабли товуш интенсивликларини характерлашда логарифмик бирликлардан ва логарифмик

шкалалардан фойдаланиш ыулайдир. Товуш интенсивлиги даражаларининг шкаласи ыуйидаги кшринишда тузилади: I_0 нинг ыйиматини шкаланинг бошланьич даражаси ыилиб, бошыа ыарыандай I интенсивликни эса унинг I_0 га нисбатининг шнли логарифми орыали ифодаланади:

$$L_B = I g(I/I_0), \text{ товуш босими учун эса } L_B = 2I g(p/p_0).$$

Юыоридаги ифодаларни уларга мос бщлган децибелларда ифодалаб, ыщйидаги кшринишда ёзамиз:

$$L_B = I0I g(I/I_0) \text{ ва } L_{дБ} = 20I g(p/p_0.)$$

Турлича характерли товушлар тшърисида маолум бир фикирга эга бщлиш учун уларнинг физик характеристикаларини келтирамиз (1 -жадвал).

Эшитиш шткирлигини аниылаш усулига *аудиометрия* дейилады.

Аудиометрияда махсус асбоб аудиометр ёрдамида турли хил частоталарда эшитиш сезгиси бщсаъаси аниыланади; олинган эгри чизиы аудиограмма дейилады. Бемор одам аудиограммасыни нормал эшитув сезгиси бщсаъасынининг эгри чизиыи билан солиштириш эшитув аозолари касалликларига диагноз ыщйишда ёрдам беради.

1 – жадвал

Товушнинг тахминий характери	Товуш интенсивлиги, Вт/м ²	Товуш босими, Па	Эшитув бщсаъасига нисбатан товуш интенсивлиги даражаси, дБ (ёки 1 кГц частота учун товуш ыаттиылиги даражаси, фон)
Эшитув бщсаъаси	10^{-12}	0,00002	0
Юрак топлари стетаскоп орыали	10^{-11}	0,000064	10
Шивирлаш	10^{-10}	0,0002	20
Гаплашиш: Секин	10^{-6}	0,002	40
Нормал	10^{-7}	0,0064	50
Каыыит	10^{-6}	0,02	60
Серыатнов кщча. Шовыини :	10^{-5}	0,064	80
Бичыириы	10^{-4}	0,2	80

Шовыйн: Метро поезди ичида	10^{-3}	0,64	90
Мотоциклнинг (максимал)	10^{-2}	2	100
Самолёт двигателининг	10^{-1}	6,4	110
Шунинг яиндан	10^0	20	120
Оъриы сезиш бщсаъасида	10	64	130

2.2.Товушнинг интенсивлиги. Товушнинг тарялиши

Эластик муъит бщйлаб товуш таряалганда товуш таряалмаган пайтдагига нисбатан ортиыча босим тосил бщлиб, уни *товуш босими* деб аталади. Товуш босими учун

$$p = \rho \omega A u \cos \omega \left(t - \frac{x}{u} \right) \quad (1)$$

ифодани (ясси тулыин учун) келтириб чиыариш мумкин, бу ерда ρ -муъит зичлиги, ω -тебраниш (тщлыин) частотаси, A -тщлыин амплитудаси.

$$p_o = \rho \omega A u \quad (2)$$

катталиик *товуш босимининг амплитудаси* деб аталади.

Товушнинг интенсивлиги (бирлик юза орыали 1с да олиб щтилаётган энергия) учун

$$I = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 u = \frac{p_o^2}{2 \rho u} \quad (3)$$

ифода келиб чиыади. Бундан кщринадики, ясси товуш тщлыинининг интенсивлиги товуш манбаигача бщлган масофага боълиик эмас экан. Амалда товуш тщлкинлари энергиясининг муъит томонидан ютилиши натижасида товуш манбаидан узоылашиб борган сари тщлыин амплитудаси ва товуш интенсивлиги камайиб боради.

Муъитда координатаси x бщлган нуытада амплитудаси A_o бщлган ясси товуш тщлыини таркалаётган бщлсин. Амплитуданинг dx масофадаги dA камайиши dx га ва A_o га пропорционал деб фараз ыилайлик, яъни - $dA = \beta A_o dx$ бщлсин, бу ерда β - сщзниш коэффиценти. Мазкур тенгламани интеграллаб,

$$A = A_o e^{-\beta x} \quad (4)$$

ифодани ёзил ёиламиз, яъни ясси товуш тўлиини амплитудаси муъитда экспоненциал ёонун бўйича сўнади.(3) ифодани ёисобга олсак,

$$I = I_0 e^{-2\beta x} \quad (5)$$

формула келиб чиёади. Сўниш коэффициенти частотага боълик бўлиб, товуш частотасининг квадратига пропорционал равишда ортиб боради. Кучли портлашлар одатда кенг частоталар спектрига эга. Лекин частотаси катта бўлган товуш тўлиинлари кучли ютилиб, узоы масофага етиб бормаиди. Паст частотали тўлиинлар эса кам ютилиб, узоы масофаларга етиб боради. Шу туфайли портлаш бўлган жойдан узоы бўлган масофада портлаш кучсиз ёамда бўёиёроы (паст частотали) эшитилади. Бундан ташыари, у муъитнинг динамик ёовушоылигига, температурасига ва боёыа катталикларга ёам боълик.

Газдаги ультратовушнинг тўлиин узунлиги (частотаси 1МГц га яъин) атмосфера босимидаги молекулаларнинг шртача эркин югуриш масофаси билан бир хил тартибда бўлади, шунинг учун бундай ёисыа тўлиинларда ($\lambda \approx 3 \cdot 10^{-7}$ м) газни яхлит эластик муъит деб ёисоблаб бўлмаиди.

Товушнинг ёавода ютилишини ёисоблаш шуни кўрсатадики, 20°C температурада частотаси 1000 Гц бўлган тўлиин тахминан 115 км масофада e марта сусаяди. Ёссиёлик штказувчанлик ёисобга олинганда бу масофа 81 км гача ёисыаради. Лекин амалда товуш атмосферада бунга ёараганда анача тез сусаяди. Бунинг сабаби шуки, шамол, ёавонинг температураси ва намлиги, ёар хил зичликка эга бўлган ёатламларнинг борлиги товушнинг тарыалишига таёсир ёилади. 165- расмда товушнинг тарыалишига шамол ёандай таёсир кўрсатиши тасвирланган. Бир жинсли муъитда нуытавий манбадан тарыалаётган сферик тўлиин ёамма ёцналишларда бир хил тезликка эга бўлиши керак. Лекин шамол эсаётган бўлса, унинг тезлиги билан тўлиин тезлиги шзаро геометрик тарзда ёццилади. Ер сиртида ишыаланиш бўлиши туфайли шамолнинг Ер сирти ёнидаги тезлиги кичик бўлиб, баландлик ортиши билан катталашиб боргани сабабли, тўлиин фронтининг айрим ёисмлари Ерга нисбатан ёар хил тезлик билан ёаракатланиб, товуш тўлиинларининг синиши кузатилади.

Тўлиин шамолга ёарши бурчак остида тарыалганда, нурлар юёюрига томон эгилади (a), ёарама - ёарши томонда эса ерга томон эгилади (b). Шунинг учун товуш шамолга рщпара томонга нисбатан шамолга тескари томонда узороыроы масофада эшитилади.

Иссиы ʔавода товуш совуы ʔаводагига нисбатан каттароы тезлик билан тарыалади . Натижада товуш тцлыинидаги нурлар юыюрига ыараб эгилади. Ер сирти яыинидаги ʔаво ыатламининг температураси юыюридаги ыатламлар температурасига ыараганда пастроы бццлганда (бундай ʔол кечалари, ʔаво очии бццлганда кузатилади, чунки бунда нурланиш туфайли Ер сирти ва унга яыин ʔаво ыатламлари тезда совийди) нурлар Ер сиртига томон эгилади. Шунинг учун иссиы кундагига нисбатан товуш ойдин кечада узаыроы масофадан эшитилады.

Кццпчилик товуш манбалари паст частотадаги (инфратовуш) тццыинларни тарыатади. Портлашлар, двигатель шовыини, шамол ва бошыалар ана шундай манбаларга мисол бццла олади. Мазкур тццыинлар частотаси паст бццлганидан, улар узоы масофаларгача етиб бориши мумкин. ʔаводаги ядро портлашларини ыайд ыилишда мазкур тццыинларнинг ана шу хусусиятидан фойдаланилады. 50-70 км баландликда атмосферада озон ыатлама бццлиб, мазкур ыатлам иссиылик нурланишини жуда кучли ютади, натижада унинг температураси (50-70⁰С) кескин ортади. Кучли портлашнинг товуши мазкур ыатламга етиб боргач, ундан ыайтиб, Ер сиртига ыайтиб келади. Ер сирти бццйлаб тарыалаётган товуш сиртнинг ыадир-будурликлари ыамда ʔавонинг турбулент оыими туфайли вужудга келадиган зичликнинг нотекисликларида сочилиб, жуда тез сцнади. Шунинг учун портлаш манбаи атрофида товуш яыши эшитиладиган соыалар билан товуш эшитилмайдиган соыалар навбатлашиб келади.

ʔаводагига нисбатан товуш сувда узоыроы масофаларга етиб боради. Сувда ёруылик ва радио тццыинлари жуда тез (амалда бир неча цн метр масофада) сцнади, шу сабабли сув остида сигнал юборишнинг ягона усули сифатида товуш ва ультратовуш тццыинларидан фойдаланилады. Мазкур тццыинларнинг сувда тарыалишини ццрганадиган соыа *гидроакустика* деб аталади.

2.3.Товушнинг объектив ва субъектив характеристикалари

Товуш икки хил турдаги: унинг киши томонидан ыис ыилиниши хусусиятларига боылиы бццлмаган (объектив) ыамда киши томонидан ыис ыилинишига асосланган (субъектив) катталиклар билан характерланиши мумкин. Албатта, ʔар иккала турдаги катталиклар ццзаро муайян тарзда боыланган бццлади.

Товушнинг ν частотаси, спектрал таркиби ҳамда I интенсивлиги унинг объектив характеристикалари ҳисобланади. Товушнинг интенсивлиги товуш босими P_m амплитудасига таъри пропорционал, акустик ыаршиликка эса тескари пропорционал бщлады.

Товушнинг спектрал таркиби мазкур товуш ыандай частотадаги тебранишлардан таркиб топганини ҳамда улар орасида амплитудалар ыандай таъисимланганини кщрсатади. Масалан, мусий товуш чизиили спектрга, шовыйн эса туташ спектрга эга.

Нормал ьолатдаги кишининг ыулоъи 20 Гц дан 20 кГц гача бщлган частотадаги товушларни сезади, лекин унинг турли частотадаги товушларга сезгирлиги ьар хил. расмда пастки график одам ыулоъи сезадиган энг кичик босим P_0 (ёки интенсивлик I_0) ни ифодалайди. Мазкур катталиклар *эшитиш бщсаъаси* дейилади. $\nu \approx 3000$ Гё частота атрофида график минимумга эга бщлиб, у

$$p_0 \approx 3 \cdot 10^{-5} \text{ Па}, \quad I_0 \approx 10^{-12} \text{ Вт/м}^2 \text{ га тенг.}$$

Юъоридаги график ыулоъида оъриы ьосил ыиладиган босим (ёки интенсивлик)ни ифодалайди. Уни *оъриы бщсаъаси* деб аталади. Мазкур босим частотага деярли боълиы бщлмай,

$$p_{\max} \approx 30 \text{ Па}, \quad I_{\max} \approx 10 \text{ Вт/м}^2$$

га тенг.

Иккала графиклар оралийидаги тебранишларни ыщлоъи эшитиши мумкин. Одатдан мазкур соъанинг унчалик катта бщлмаган ыисмигина ишлатилади.

Киши ыулоъи эшитадиган интенсивликлар нисбати $\frac{I_{\max}}{I_0}$ = 10^{13} га тенг, кщпчилик щлчов асбоблари учун эса мазкур нисбатан $10^2 - 10^3$ тартибида бщлады. Эшителидиган щртача интенсивликни (частота 1000Гц бщлганда) 10^{-4} Вт/м² га тенг деб ыабул ыилиш мумкин. У ьолда (3) тенглама асосида босим амплитудасини ьисоблаб топсак,

$$p_m = \sqrt{2\rho\nu I} \approx 0.3 \text{ Па},$$

яони мазкур босим атмосфера босимининг $3 \cdot 10^{-6}$ ыисминигана ташыйл ыилады.

Товуш интенсивлигини *товуш ыаттиыилиги* деб аталадиган субобектив катталик билан характерлаш мумкин. Бирор частотада

каттароы интенсивликка эга бщлган товуш частотадаги кичикроы интенсивликдаги товушдан кучсизроы ыис ыилиниши мумкин.

Товушнинг ыаттиылигини товуш интенсивлигининг мазкур частотадаги эшитиш бщсаъасига мос бщлган I_0 интенсивликка нисбатининг щнли логарифми ифодалаш маъсадга мувофиы, яони товушнинг ыатиылигини

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

Формула билан аниылаш мумкин бщлиб, мазкур катталиик товуш *ыаттиылиги даражаси* дейилади. Унинг щлчов бирлиги фон деб аталади (баозан дицибел деб ыам юритилади).

Эшитилиш диаграммаси энг кенг жойида интенсивлик 10^{12} марта щзгарса-да, товушнинг ыаттиылик даражаси щзгариши $L=120$ фонга тенг. Частота 100 Гц бщлганда эшитиш бщсаъаси $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² бщлиб, максимал ыаттиылик даражаси $L=80$ фонга тенг бщлади.

Шундай ыилиб, товушнинг ыаттиылик даражаси муайян частотадаги товуш интенсивлиги ана шу частотадаги эшитиш бщсаъасидан неча марта ортиы эканини кщрсатади.

5-жадвалда баози товушларнинг баландликлари ва интенсивликлари кщрсатилган (1000 Гц учун).

Товушнинг обоектив характеристикаси бщлган частотага товуш тонининг юксаклиги деб аталадаиган субоектив характеристика мос келади. Товуш мураккаб бщлмаса, унинг юксаклиги миыдор жиъатдан баъолаш мумкин: частота ыанча юъюри бщлса, товуш шунчалик юксак бщлади. Товуш мураккаб бщлганда эса унинг юксаклигини фаъат сифат жиыатдангина баъолаш мумкин. Чунки товуш манбалари бир эмас, бир ыатор частотадаги товушни чиыариб, энергия ыар хил частотадаги тебранишлар орасида маълум тарзда таысимланган бщлади. Муайян частотадаги тебранишга бошыа частоталардаги тебранишларга ыараганда анча кщп энергия тщъри келса, мазкур частота асосий частота ыисобланиб, товушнинг юксаклиги ана шу частота билан белгиланади.

Ниъоят мураккаб спектрал таркибига тембр деб аталадиган субоектив характеристика мос келиб, уни миыдор жиъатдан баъолаб бщлмайди.

	L, дБ	I Вт/м ²
Эшитиш бщсаъаси	0	10 ⁻¹²
Пичирлаш	20	10 ⁻¹⁰
Ыаттиы гапириш	70	10 ⁻⁵
Оркестр товуши	100	10 ⁻²
Оъриы бщсаъаси	130	10

Бир хил тонгдаги товуш чиыарадиган турли мусика асбоблари тембрлари билан фары ыилади. Шундай ыилиб, товушнинг тембри унинг гармоник спектри билан белгиланиб, унинг щзига хос хусусиятларини характерлайди. Масалан, рояль билан ыижжак товушини бир-биридан осонгина ажратиш мумкин, чунки улар турлича обертоларга эга бщлиб, гармоник спектрлари ьар хил. Товушнинг тембрини аниылаш учун уни гармоник ташыил этувчиларга ажратиш, яони товушнинг спектрини аниклаш керак.

Одам ыулоьининг ажойиб хусусиятларидан бири шуки, у товушнинг юксаклиги ва амплитудасини сезади, лекин мураккаб товушдаги фазалар силжишини сезмайди. Бу хусусият Ом томонидан кашф ыилинган. Товушнинг бу хусусиятини концерт залида щтирган тингловчилардан турли мусиыа асбобларигача бщлган масофалар ьар хил бщлишига ыарамай, товушларнинг ьамма тингловчилар томонидан бир хил ьис ыилинишида кщриш мумкин.

Кишининг ыулоьи бщлган товуш манбаининг кишига нисбатан ыандай йщналишда жойлашганини аниылаш имконини беради. Бу ьодиса *бинаурал эффект* дейилади. Товуш манбаининг щрнини унгача бщлган масофа ва вертикал ьамда горизонтал текисликлардаги бурчаклар билан аниыланади. Горизонтал текисликда киши бурчакни 3⁰ гача аниыликда сезиши мумкин. Вертикал текисликдаги бурчак ва манбагача бщлган мосафа нисбатан анча ноаниы ьис ыилинади.

Муайян унли товушни чиыарганда (у ыандай частотада айтилишига ыарамай), унинг спектрида албатта шундай бир ёки иккита частота бщладики, паст тонлардан юьюри тонларга щтганда улар деярли щзгармайди. Бу частоталар мазкур *унли товушнинг формантлари* дейилади. Ёар бир унли товуш щзининг формантларига эга бщлади.

Бирор (масалан, 33 айл/мин) тезликда товуш ёзилган граммпластинкани каттароьы (масалан , 45 айл/мин) тезликда айлантирилганда ьамма частоталар, жумладан унли товушларнинг формантлари ьам (келтирилган мисолда 1,35 марта) ортади. Мазкур щзгариш унча катта бщлмаганда алоьида товушлар бир оз юксакроьы эшитилса-да, лекин нутуни тушунса бщлади.

Пластинкани янада тезроы (масалан, 78 айл/мин тезлик билан) айлантирилса, ʔамма тонларнинг юксаклиги ортиши билан бирга, нутыни умуман тушуниб бщлмай колади, чунки формантларнинг частоталари жуда кучли щзгарганидан, бир хил унли товушлар бошыа унлига айланади.

Киши нутыидаги товушларнинг ʔосил бщлиши жуда ʔам мураккаб жараён ʔисобланади: гапираётганда биз беихтиёр томоʔимиздаги товуш пайчалари ʔолатини щзгартириб, улар орыали ʔаво чиыарамиз. Оьиз бщщлиьига чиыаётган ʔаво оьими унда автотебранишларни ʔосил ыилады. Оьиз бщщлиьининг хусусий частоталаритил, тиш, лаб ʔамда танглай ʔолатига боьлиы бщлады. Оьиз бщщлиьида товуш резонанси содир бщлиб, кучлитовуш чиыади.

2.4.Тщлыин ыаршилик. товуш тщлыинларининг ыайтиши. реверберация

Товуш босими p муьит заррачалари тебранишларининг тезлиги v га боьлиы. ʔисоблашлар

$$\frac{p}{v} = \rho \cdot c \quad \text{ёки} \quad p = \rho c v$$

ёканини кщрсатади, бу ерда ρ -- мухитнинг зичлиги; c – тщлыининг мухитдаги тезлиги.

ρc кщпайтмани солиштирма акустик импеданс дейилады, ясси тщлыин учун эса уни тщлыин ыаршилик деб ʔам айтилады.

Тщлыин ыаршилик – икки мухит чегарасида тщлыиннинг синиши ва ыайтиш шартларини аниылашда мухитнинг мухим характеристикаларидан биридир.

Товуш тщлыини икки мухитни ажратиб турувчи сирт чегарасига тушаётган бщлсин деб фараз ыилайлик. Тщлыининг бир ыисми ыайтади, бир ыисми эса – синади. Товуш тщлыинларининг ыайтиши ва синиши ёруьлик тщлыинларининг синиши ва ыайтишига щхшашдир. Синган тщлыин иккинчи мухитда ютилиши ва ундан чиыиши ʔам мумкин. Айтайлик, икки мухит чегарасига ясси тщлыин нормал холда тушаётган бщлсин. Тушаётган тщлыин интенсивлиги, I_1 синган (щтган) тщлыиннинг иккинчи мухитдаги интенсивлиги I_2 бщлсин. I_2 нинг I_1 га нисбатини β билан белгилаймиз:

$$\beta = \frac{I_2}{I_1}$$

бу нисбат товуш тўқлиинларининг шўтувчанлик кўэффиценти дейилади.

Релей товушнинг шўтувчанлик кўэффиценти ыуидаги формула ёрдамида аниыланишини кўрсатди:

$$\beta = 4 \frac{c_1 \rho_1 / c_2 \rho_2}{[c_1 \rho_1 / (c_2 \rho_2) + 1]^2}$$

кўчриниб турибдики, β нинг олиши мумкин бўлган энг катта ыйймати 1га тенг . Агар $c_1 \rho_1 = c_2 \rho_2$ бўлса, $\beta = 1$ эканини топамиз. Шундай ыилиб,икки мухитнинг тўқлиин ыаршилиги бир хил бўлганда сиртга нормал холатда тушаётган тўқлиин икки мухит чегарасидан ыайтмасдан тўчри штади.

Агар иккинчи мухитнинг тўқлиин ыаршилиги биринчи мухитнинг тўқлиин ыаршилигидан жуда катта бўлса ($c_2 \rho_2 \gg c_1 \rho_1$),у холда ыуидаги ёсил бўилади:

$$\beta = 4c_1 \rho_1 / (c_2 \rho_2)$$

чунки $c_1 \rho_1 / c_2 \rho_2 \ll 1$. Айрим моддаларнинг 20°C даги тўқлиин ыаршиликларини келтирамиз (3 -жадвал).

3-жадвал

	$\beta, \text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$		$\beta, \text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
Темир	40000000	Резина	60000
Бетон	4800000	Ъаво	400
Сув	1440000	Мой	1350000

товуш тўқлиинини ъаводан бетонга ва сувга шўтувчанлик кўэффицентини аниылаш учун:

$$\beta = \frac{4 \cdot 440}{4 \cdot 800000} 100\% = 0,037\%;$$

$$\beta = \frac{4 \cdot 440}{1440000} 100\% = 0.12\%.$$

бу маълумотлар бизда товуш тўқлиинлари энергиясининг жуда оз ыисмигина ъаводан бетонга ва сувга штар экан,деган тасаввур ёсил ыилади.

Икки мухит чегарасида акустик тўқлиинларни ыайтиш ва синиш ыонуниятлари дефектларини аниылашда мухим роль шўйнайди. Шу сабабли акустик тулыинларни икки муъит чегарасида ыайтиш ва синиш ыонуниятларини кўриб штамиз.

Бизга маолумки, электромагнит тўқлиинларини анализ ыилганимизда шўтта тўқлиин ъисобга олинар эди, акустик

тщлыинларда эса бешта тщлыинни кщриш лозим. Булар тушаётган тщлыин, ыайтган, бщйланма ва кщндаланг тщлыинлар, щтган кщндаланг ва бщйланма тщлыинлар.

Агарда бирон муъит суюблик ёки газ бщлса, кщндаланг тщлыинлар бщлмайди.

Тщлыинлар синиш ва ыайтиш схемаси ыуйидагича (расм11) кщрсатиш мумкин.

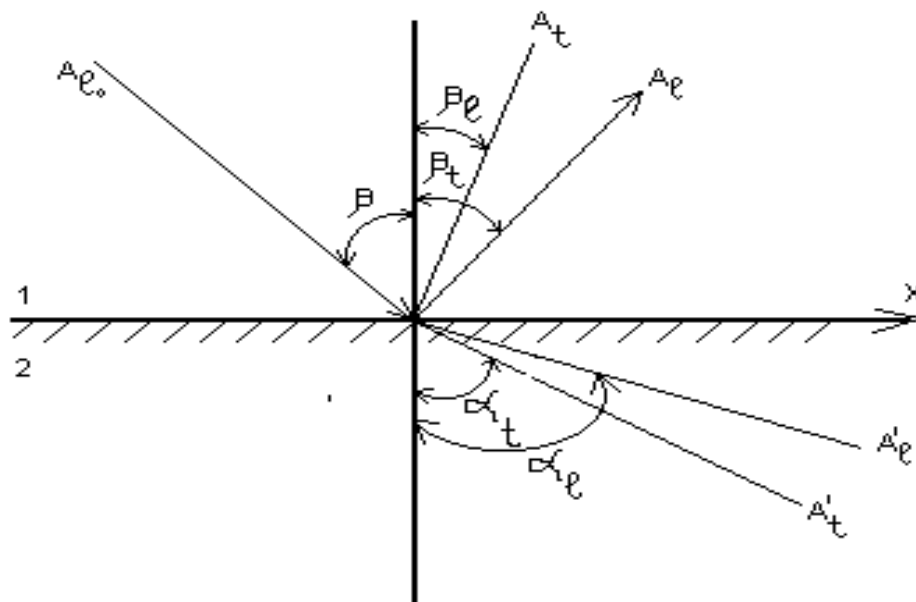
Ыайтиш ва щтиш коэффицентлар ыщйидаги формулалар орыали аниыланади.

$$R=A_k/A_o; D=A_y/A_o;$$

A_o - тушаётган тщлыин амплитудаси.

A_k - ыайтаётган тулыин амплитудаси.

A_y - щтган тулыин амплитудаси.



Расм – 11

Бар ыандай берк хонада унинг девори, шипи, жихозлари ва ёказодан ыайтган товуш бошыа деворлар, полларга ва ёказога тушади, яна ыайтади ва ютилади ҳамда аста – секин сщнади. Шу сабабли товуш манбаи щз таъсирини тщхтатгандан сщнг ҳам хонада товуш тщлыинлари ёсил бщлиши узоы ваыт давом этиб, шовыин ёсил ыилади. Бу айниыса катта, кенг биноларда жуда сезиларли бщлади. Берк хоналарда манба тщхтатилгандан сщнг товуш тщлыинларининг секин – аста сщниб бориш жараёни реверберация дейилады.

Реверберация, бир томондан, фойдалидир, чунки ыайтган тцлыин энергияси ыисобига ыабул ыилинаётган товуш кучаяди, лекин иккинчи томондан ыаддан ташыари реверберация узоы давом этса, нутынинг,мусиыанинг эшитилишини анча ёмонлаштиради, чунки текстни ыар бир янги ыисми олдингиси билан устма – уст тушади. Шу сабабли одатда бирор оптимал реверберация ваыти кцрсатиладики, бу дарсхоналар,театр ва концерт залларини ва ыоказоларни ыуришда ыисобга олинади. Масалан,Москвадаги Союзлар уйининг Колонна зали тцла бцлганда реверберация ваыти 1,70 с, шу зал бцш бцлганда реверберация ваыти 4,55 с, Большой театр тцла бцлганда реверберация ваыти 1,55 с, бцш ыолда эса 2,05 с.

4- жадвал

Айрим материалларнинг акустик хусусиятлари.

Материал	Тцлыин зичлиги	Тцлыин тебраниш тезлиги			Тцлыин ыаршили ги
		Бцйла нма	Кцнд аланг	Юза	
Алюминий	2,7	6,35	3,08	2,8	17,1
Бериллий	1,82	12,8	8,71	7,87	23,3
Бронза	8,5	3,5	2,3	2,1	30,1
Висмут	9,8	2,18	1,1	1,03	21,4
Вольфрам	19,3	5,18	2,87	2,65	100
Темир	7,8	5,91	3,23	3,0	46,1
Олтин	19,3	3,24	1,20	1,12	62,5
Латун	8,5	4,43	2,2	1,95	37,7
Мис	8,9	4,72	3,72	3,52	42,0
Платина	21,4	3,96	1,67	1,57	84,6
Кумуш	10,5	3,6	1,59	1,48	38,0
Пццлат	8,03	5,73	3,12	2,9	46,6
Титан	4,5	6,0	3,5	3,2	27,0
Капрон	1,1	2,64	-	-	2,9
Орк стекло	1,1	2,65	1,12	1,05	3,0
Резина	1,3	1,5	-	-	1,9
Текстолит	1,2	2,6	-	-	3,1
Фарфор	2,4	5,3	3,5	-	12,8

5- жадвал

Муыит	Частота f, МГц	Сщниш коэффиценти a/f^2 $10^{14} \text{с}^2/\text{м} =$ $10^5 \text{м}^{-1} \text{МГц}^{-2}$
Ыаво	1,1-1,4	1670-2000

Сув	7-250	2,5
Глицерин	0,5-4	250
Керосин	6-21	170
Сирка кислотаси	0,5	9000
Трансформатор мойи	1-5	130
Симоб	20-50	1,2-1,3
Этил спирти	1-220	5,4

Акустик назорат ёилишда материалларни акустик хусусиятлари ва уларда тўлқинларни ютилиши катта аҳамиятга эга. 3-4 жадвалларда айрим материалларни акустик хусусиятлари, Ультратовуш тўлқинларини ютилиши келтирилган.

Текширув ва назорат саволлари.

1. Акустика ёандай таълимот?
2. Товуш тебранишлари ва тўлқинлари нима?
3. Шовъин деб нимага айтилади?
4. Товуш интенсивлиги нима?
5. Товуш босими нима?
6. Товуш таръалиши ёандай юз беради?
7. Товушни ёандай характеристикалари бор?
8. Тўлқин ёаршилиқ нима?
9. Ревербрация нима?

3.ЭЛЕКТРОАКУСТИК ЦЗГАРТИРГИЧЛАР

3.1.Пьезоцзгартиргичлар ишлаш принципи

Пьезоцзгартиргичларни ишлаш принципи пьезоэффект ходисасига асосланган. Бир ыатор моддалар (кварц, турмалин, барий титанати)нинг кристаллари ажойиб хусусиятга эга.

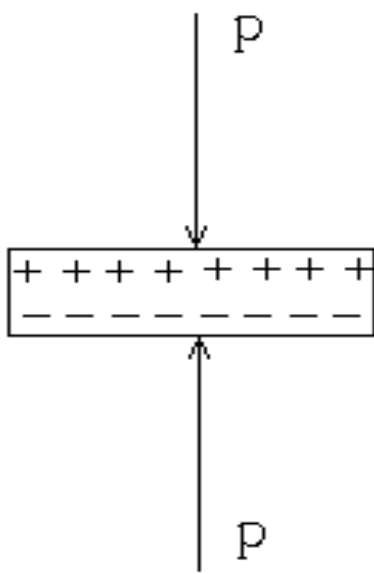
Мазкур кристаллар чцзилиб ёки сиыилса, пластинканинг муайян сиртларида электр зарядлари (бир ёыда мусбат, ыарама-ыарши ёыда эса манфий заряд) ьосил бщлади. Бу ходиса пьезоэлектрик ходиса дейилади.

Ультратовушли назорат ыилишда кщпроы пластиналарни ыалинлиги бщйича чцзилувчи ва сиыилувчи туридаги деформациясига асосланган пьезоэлементлар ишлатилади.

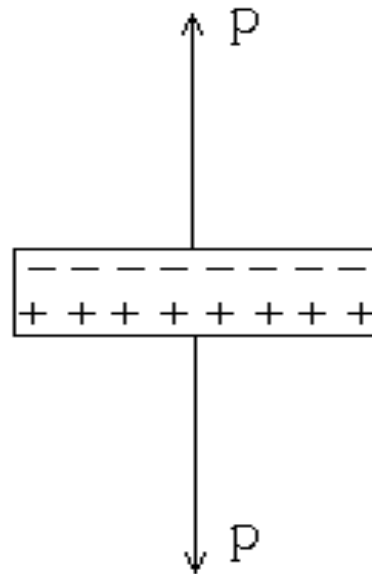
Пьезоэлектрик материаллар актив диэлектриклар ыаторига киради, улар тщъри ва тескари пьезоэффектлар беради. Тщъри пьезоэффект шундан иборатки, пьезоэлектрик материалдан ыилинган пластина сиыилганда ёки чцзилганда унинг ыарама-ыарши сиртларида ыарама-ыарши ишорали электр зарядлар ьосил бщлади (12 расм).

Бу ьодиса пьезоэлектрикнинг ыутбланиши натижасида содир бщлади. Тескари пьезоэффект пьезоэлектрик пластинага цзгармас кучланиш берилганда унинг деформацияланиш ьодисасидан иборат (13-расм). Цзгарувчан кучланиш берилганда пьезоэлектрик пластина шу кучланиш частотасида тебранади.

Тескари пьезоэлектрик эффект ьодисасидан радиотехникада юыори частотали тебранишларни барыарорлаштириш учун, тщъри пьезоэффектдан эса босим



12 – расм



13-расм

маъсадларда фойдаланилади. Пьезоэлектрикнинг асосий характеристикаси унинг пьезомодули d бўлиб, бу катталиқ пьезоэлектрикда унга бирор йўналишда таъсирланган механик қуч таъсирида ҳосил бўлган электр заряд миқдорининг шу қуч катталигининг нисбатини ифода қилади. Пьезомодул кулон таъсир Ньютон (Кл/Н) ҳисобида ифодаланади. Пьезоэлектриклар – кристал материаллар (монокристаллар ва поликристаллар тузулишига эга бўлган моддалар) бўлиб, табиий(кварц, турмалин) ва синтетик (сегнет тузи, барий титонат ва б.) бўлиши мумкин .

Табиий кварц SiO_2 учлари олти ёнрали пирамидалар билан тугалланган олти ёнрали призмалар шаклидаги x , y , z бош оқлар деб ёралади (12 а,б -расм) . Электр оқии деб ёраладиган оқта x оқии олтибурчакнинг қўндаланг қесими учлари орыали оқтади . Механик оқии деб ёраладиган оқта y оқии шу олтибурчакликнинг томонларига тик жойлашган.Оптик оқии z эса кварц кристали тугалланадиган пирамидаларнинг учлари орыали оқтади .

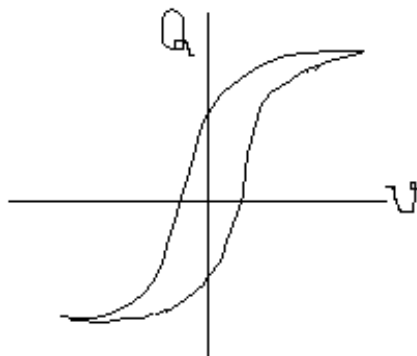
Кварцнинг электрик характеристикалари шу нарсани биланиши керак бўлган кристаллографик оқии йуналишига боълиы равишда қўзғариб туради.Масалан , z оқии йўналиши бўёйча :

$P_v = 10^{12} \text{ Ом} \cdot \text{м} ; \epsilon_r = 4,58; \text{tg} \delta = 0,0003$; x ва y оқлари йўналишида : $P_v = 10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{м}; \epsilon_r = 4,41; \text{tg} \delta = 0,0002$.

Кварц кристалининг зичлиги 2650 кг/м^3 , суёуыланиш температураси 1713°C .

Агар кварц кристалидан ыирралири x, y, z щыларига паралел ыилиб пластина ыирыиб олиб, уни x ёки y щыи бщйича чщзсак шу щыыа тик жойлашган ёыларида бир тил миыдорда бироы ыарама-ыарши ишорали электр зарядлари хосил бщлади(тщърипъезоэффект). Пластина x электр щыига тик равищда ыирыиб тайёрланган бщлса, энг кщп электр заряди ёосил бщлади. Шунда кварц пластинанинг пьезомодули энг катта ыийматга эга бщлади ($d = 2.3 \cdot 10^{-12} \text{ Кл} / \text{Н}$).

Табиий кварцнинг кристалларидан олмосдан ясалган махсус кескич ёрдамида пьезоэлемент заготовкалари кесиб олинади ва кейин улар силлиыланади. Кварц пластинкасининг ыарама ыарши сиртларига металл электродлар ыопланади. Хосил ыилинган пьезоэлементнинг хоссаларини барыарорлаштириш маысадида улар юыори температураларда



14-расм.

Сегнетоэлектрикнинг электр гистерезиси.

сунъий эскиртирилади.

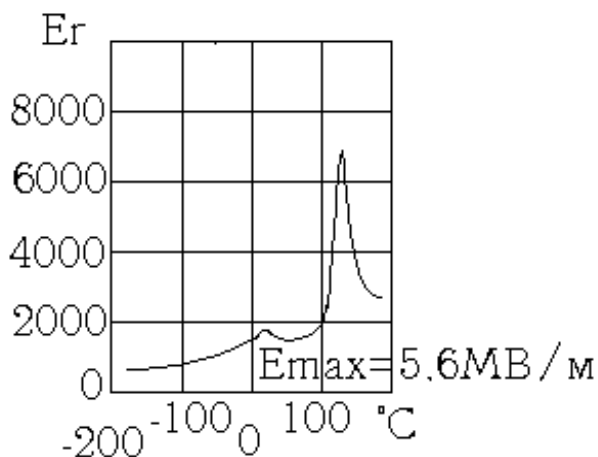
Сегнет тузи $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -француз олими П. Сегнет топган, у 55°C да юмшайдиган ва сувда эрийдиган монокристалл диэлектрик хисобланади. Сегнет тузининг сегнетоэлектрик хоссалари фаыат битта кристаллографик щы йщналишида намоён бщлади. Сегнет тузи намунаси буралганда пьезоэффект кузатилади.

Сегнетоэлектрикларнинг щзига хос хусусиятлари ыуйидагилар: диэлектрик сингдирувчанлик ыиймати катта бщлиб, у бир неча минггача етади; диэлектрик сингдирувчанлиги ыщйилган кучга(кучланишга) боълиы; сегнетоэлектрик хоссалари маълум температуралар оралиыида-Кюри температураси (T_K)дан паст температураларда кузатилади; тщъри ва тескари пьезоэффект мавжуд. тескари пьезоэффект фаыат ташыи электр майдон таъсирида олдиндан ыутблантирилган намуналардагина

кузатилади;электрик гистерезис бор. Электр заряд Q сегнетоэлектрикка ышйилган U кучланишдан орыада ыолади.

Керамик сегнетоэлектриклар ыизишга чидамли, механик мустахам, ногигроскопик ва тайёрлаш технологияси содда экани билан ажралиб туради. Керамик сегнетоэлектриклар ичида барий-титанат $BaTiO_3$ амалда кшп ышлланилади. Бу сегнетоэлектрик керамик технология бщйича барий оксиди ва титан диоксидидан иборат массада

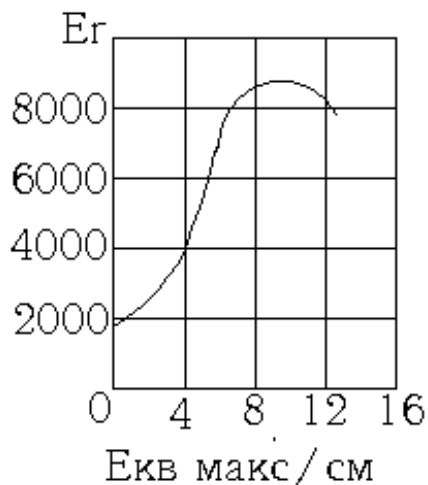
олинадиган поликристал материалдир. Бундан монокристал барий-титанатини ьам олиш мумкин. 15-расмда барий титанатнинг диэлектрик сингдирувчанлиги температурага ыандай боьланганлиги кшрсатилган. Графикда Кюри температураси (T_K)



15-расм.

Барий титанат диэлектрик сингдирувчанлигининг температурага боьланиш графиги.

16-расм



белгилаб ышйилган, у бу материал учун 120°C га тенг. Барий-титанат T_k дан паст температураларда сегнетоэлектрикларнинг ыамма хоссаларига эга бщлиб, T_k дан юыори температураларда бу хоссалр йщыолади.

16-расмда барий титанат диэлектрик сингдирувчанлигининг электр майдон кучланганлигига E га боълиылиги тасвирланган.

Диэлектрик сингдирувчанлик ышйилган кучланиш ыййматининг ортиши билан унинг диэлектрик сингдирувчанлигининг, демак, сиъимнинг орта бориши ходисаси фаыат сегнетоэлектрикларга хос хусусиятдир. Уларнинг бу хоссаларидан диэлектрик кучайтиргичлардан фойдаланилади.

Керамик сегнетоэлектриклардан тайёрланган пьезоэлементлар металл электродлар ыопланган силлиыланган пластинкалардан иборат. Бу пластинкалар пьезоэлектрик хоссаларга эга бщлиши учун уларга щзгармас кучланиш бериб ыутблантириб олинади, бунда кучланиш ыиздирилган пластинкага берилади. Пластинкаларни ыиздирилиш температураси Кюри температурасига яын бщлса, маысадга мувофиы бщлади. Бундай шароитда пластинкалардан стентан (щз-щзидан) ыутбланиш жараёни энг юыори тезликда рщй беради,яъни ышйилган кучланиш таъсирида доменларнинг энг кщп ыисми ориентацияланиб ыолади. Масалан, барий титанат пьезоэлементлари нефть мойида 115°C гача ыиздирилиб $E=1-1,5\text{MB/м}$ щзгармас электр майдон кучланишида ыутблантирилади.

Бозирги ваытда барий титанатдан ташыари кщплаб сегнетокерамик материаллар яратилган: кадмий титанат CdTiO_3 , ыщрьошин титанат PPTiO_2 ,литий ниобат LiNPO_3 ва бошыалар. Бу сегнетоэлектриклар бир-биридан асосан Кюри температураси ыйймати билан фары ыилади. Масалан, барий титанат учун $T_k=+120^{\circ}\text{C}$, кадмий титанат учун $T_k=+223^{\circ}\text{C}$, литий ниобат учун эса $T_k=+450^{\circ}\text{C}$.

Бир сегнетокерамик модданинг бошыасидаги ыаттиы ыоришмаси энг яхши пьезоэлектрик хоссаларга эга бщлади.

Шундай материаллар ыщрьошин цирконатнинг ыщрьошин титанатдаги ыаттиы ыоришмаси PP (Zr,Ti)O_3 киради ва у ыщрьошин

цирконат-титанати (ЫЦТ) деб юритилади. Бу бирикмаларга модификацияловчи ышшилмалар ышшилса, характеристикалари кенг оралиыда шзгарадиган сегнетоэлектрик материаллар олинади.

6-жадвал

Кварц ва керамик сегнетоэлектрикларнинг 20°C даги асосий характеристикалари.

Материал	Материал маркаси	Кюри температураси С	Электр характеристикалари				Пъзомодул, Кл/Н
			Диэлектрик сингдирувчанлиги	Диэлектрик сингдирувчанлиги	Диэлектрик сингдирувчанлиги	Электр мустахкамли	
Кварц	-	-	10^{14}	4,4	0,0002	-	$2,3 \cdot 10^{-12}$
Барий титанат	БТ-1	120	10^{10}	1400	0,02	3	$45 \cdot 10^{-12}$
Ышрьошин	КЦТ-19	290	10^{12}	1500	0,03	3	$119 \cdot 10^{-12}$
цирко-ний-титанати	КЦТ-23	280	10^{13}	1050	0,007	4	$100 \cdot 10^{-12}$

6-жадвалда кварц ва керамик сегнетоэлектрикларнинг асосий электр характеристикалари келтирилган. Сегнетоэлектрик материалларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги жуда катта бшлиши улардан кичик шлчамли паст частотали кичик кучланишга мшлжалланган конденсаторларни тайёрлашга имкон беради, чунки бу материалларни $\text{tg } \delta$ си нисбатан катта, электр мустахкамлиги эса нисбатан кичикдир. 6-жадвалдан кшринадики, сегнетокерамик материалларнинг пьезомодуллари кварцларникидан анча юьори.

Тшъри пьезоэффект кшндаланг тшлыинларни ыабул ыилишда ишлатилиб, ыалинлик бшйича деформация билан боьлиы бшлади.

Бшйлама тшлыинларни ышзъалиши ва ыабул ыилиниши ыалинлик бшйича силжиш деформацияси орыали амалга оширилади. Бу холда пластина маъсулот юзасига клейланади.

Замонавий пьезошзгартиргичларда кшпроы сегнетоэлектриклардан фойдаланиб, улар юьори пьезохарактеристикага эгадирлар. Сегнетоэлектриклар деб бир ыатор ажойиб диэлектрик хоссаларга эга бшлган ва биринчи навбатда, ьатто ташыи майдон бшлмаганида ьам вужудга келадиган шз-шзидан электр ыутубланиш хусусиятига эга бшлган кристалл моддаларга айтилади.

Кейинги ваытларда янги турдаги сегнетоэлектриклар яратилиб, уларга ниобат-литий, танталат-литий, цирконат-титанат-ыщрьошин ва бошыалар киради.

Пьезоматериаллар хаыида малумотлар 7 - жадвалда келтирилган.

7 - жадвал

Материал	Товуш тезлиги $C \cdot 10^{-3}$ м/с	Зичлик $\rho \cdot 10^{-3}$ кг/м ³	Характерик импенданс $Z = \rho c \cdot 10^{-6}$, кг/м ² с
Кварц	5,74	2,65	15,2
Турмалин	7,15	3,1	22,2
Литий сульфати	5,46	2,02	11,2
Барий титанати	4,7	5,3	2,5
Цирканат титанат	3,3	7	23
Иодат литий	4,1	4,54	18,6

Пьезоэлектрик щзгартиргичлар шундай ыурилмаки, улар электр энергиясини акустик энергияга ва буни тескарисига щзгартириб бериш учун ызмат ыилады.

Контактли пьезощзгартиргични схемасини кщриб щтайлик(17 расм) .

Бу ерда 1- пьезопластина бщлиб, у сезгир элемент хисобланади, унинг атрофи 3-кумуш электродлар билан ыопланган.

Пьезопластинани бир томони 2-демферга клейланган. Пьезопластинани хар-хил бузилишлардан саылаш учун 4-протектор мавжуд. Пьезощзгартиргич билан объект –6 щртасида яхши контакт ыосил ыилувчи 5-мой(смазка) ыатлами ишлатилади.

Пьезощзгартиргичларни асосий характеристикаларидан бири, ультратовуш тщлыинлари интенсивлиги бщлиб, у ыуйидаги формула билан аниыланади:

$$I = \frac{W_{ak}}{S_n} = \frac{K_j K_i U_{эфф}^2 d^2 \eta^2}{9 \cdot 10^{11} (\rho \epsilon)_{cp} h}$$

Бу ерда : W_{ak} -акустик ыувват

S_n -щзгартиргич юзаси

$(\rho \epsilon)_{cp}$ -назорат ыилинувчи мухит акустик ыаршилиги

K_j, K_i -сонли коэффицентлар бщлиб, бир тарафлама

нурлатгич учун 1 ва 4 га икки тарафлама нурлатгич учун 0,5 ва1га тенг

Расм - 17.

Уэфф-эффектив ыщъатувчи кучланиш

d -пьезомодул

η -щзгартиргич акустик ФИК

h –пьезоэлемент ыалинлиги

Пьезоэлемент тцла акустик ыуввати ыуйидаги формула орыали аниыланади:

$$W_{ak} = I \cdot S n$$

Пьезощзгартиргич акустик ыувватини хисоблашда W_{ak} ыаршилигини билиш зарурдир. Кварцдан тайёрланган пьезоэлементлар учун :

$$R = \frac{7 \rho c \cdot 10^{-12}}{f^2 S_n}$$

Назорат ыилинувчи муъитга таъсир ыилиш учун керак бщлган ва сарфланадиган пьезощзгартиргич ыуввати ыуйидаги формула орыали аниыланади :

$$W_e = U^2_{эфф} / R$$

Щзгартиргич ФИК ыуйидаги формула орыали аниыланади:

$$\eta = W_{ak} / W_e$$

3.2. Пьезощзгартиргичларни асосий параметрлари ва характеристикалари

Акустик щзгартиргичларни эффектив ишлаши бир ыанча белгиланган параметрлар билан аниыланади. Уларга асосан щзгартиргич коэффиценти, частота щтказиш полосаси киради.

Щзгартиргични кириш ва чиыиш ыисмидаги хар хил физик катталиклар нисбатини сонли кщриниши щзгартиргич коэффиценти деб аталади. Унинг ыйймати щзгартиргич сезгирлиги тщърисидаги маолумотни беради.

Нурланиш ва ыабул ыилишда щзгартиргич коэффицентлари ыуйидаги формулалар орыали аниыланади:

$$K_{\sigma u} = \sigma_u / U_u$$

$$K_{U\sigma} = U_n / \sigma_n$$

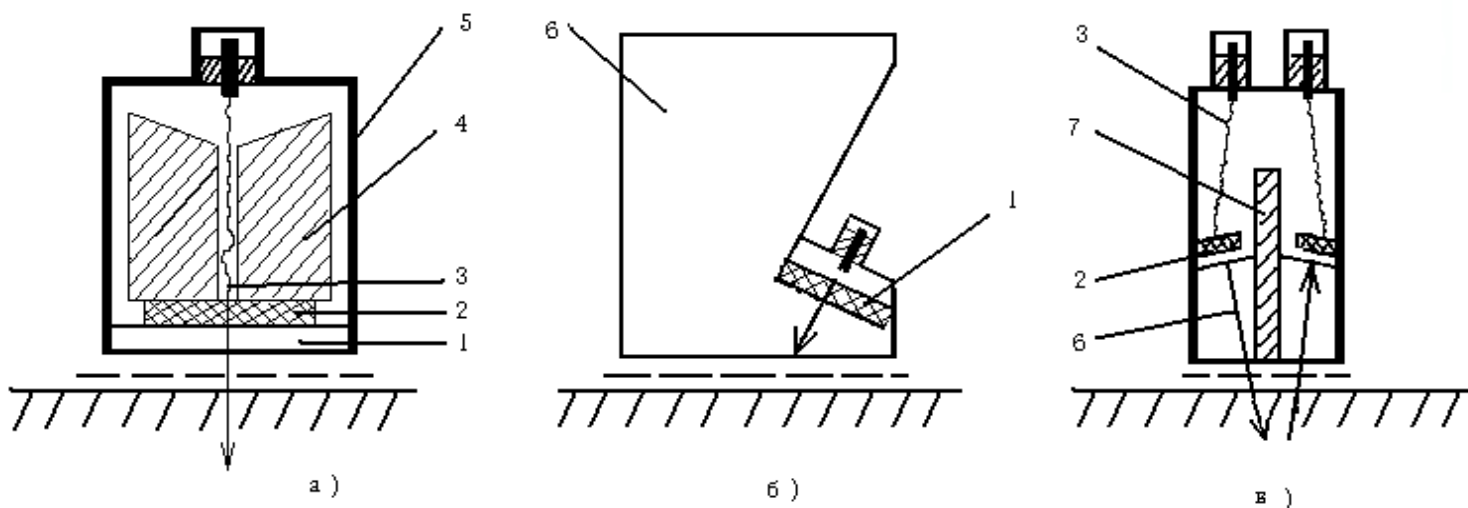
Бу ерда: σ -щзгартиргич ишчи юзасидаги нормал кучланиши .

Ун,Ук-генератор кучланиши ва кучайтиргичдаги кучланиш.

Замонавий дефектоскоплар пьезоэлектрик ультратовуш манбалари ва ыабул ыилгичлари билан комплектланган бщлади.

Тщъри щзгартиргич энг кщп ишлатилиб, у пьезопластина 1, ЦТЫдан тайёрланади, унинг ыалинлиги тщдлын узунлигини яримига тенг бщлади. ЦТЫ турдаги щзгартиргич учун 1...10 МГц частотада у 0,16...1,6 мм га тенг.

Пьезопластина юзаси кумуш ёки мис электродлар билан ыюпланган, у щтказгич (5) орыали 7-кабел билан уланган бщлади, у орыали пьезощзгартиргич дефектоскопга уланади. Пьезощзгартиргичда корпус 6, индуктив катушка 4, демпфер 2, протектор 3 мавжудлигини кщриб щтилган эди.



Расм 18. Электроакустик щзгартиргичларнинг конструктив схемаси.

Ыия щзгартиргич (18.б - расм) тщъри щзгартиргичдан призма борлиги билан фары ыилади. Призма кщпроы оргстекладан тайёрланади ва ультратовушларни талаб ыилинган бурчак остида объектга тушушига ёрдам беради.

Алохида бирлаштирилган щзгартиргич (расм-18.в.) акустик тщълын чиыарувчи ва ыабул ыилувчи пьезоэлементлардан иборат бщлиб, акустик ва электрик экран 9 билан ажратилган.

Пьезощзгартиргичларни афзаллиги юьори эффектлилиги, кичик габаритлилиги бщлса, камчилиги эса акустик тщълынларни щзгартиргичдан объектга ва ундан яна щзгартиргичга юбориш учун контактли ыатламни зарурлигидир.

Ультратовушларни объектга киритишни уч хил усули мавжуддир:

1. контакт усули, бу ьолда суьуылик ыалинлиги ультратовуш тщълын узунлигидан кичик бщлади.

Бу усул билан назорат олиб боришда назорат ыилинаётган маъсулот юзасига суьуылик суртилиб (глицерин, афтол, сув) пьезощзгартиргич билан ыаттиы ыисилади.

Текширув ва назорат саволлари.

1. Пьезоузгартиргич схемасини келтиринг?
2. Пьезоузгартиргич асосий характеристикалари нимадан иборат?
3. Щзгартириш коэффициенти нима?
4. Щзгартиргич акустик майдони нима?
5. Акустик щзгартиргичлар ыандай материаллардан тайёрланади?

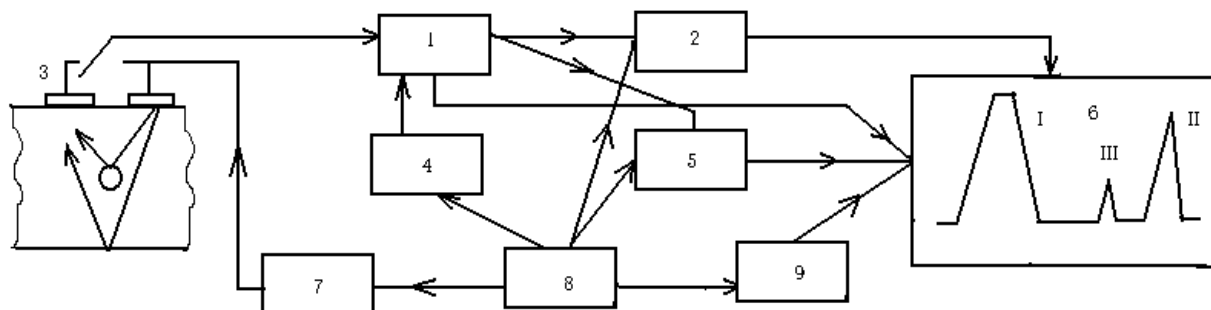
4. ЭХО УСУЛИ

4.1. Импульсли ультратовуш дефектоскопи

Ыайтиш усули акустик назорат ыилишининг асосий усулларида бщлиб, амалиётда кенг фойдаланилади. Бу усул билан назорат ыилиш импульсли ультратовуш дефектоскопи ёрдамида амалга оширилади. Ультратовушли дефектоскопни структура схемасини кщриб штайлик, у 7- зондлаш генератордан иборат бщлиб, электроакустик щзгартиргичда ультратовуш тебранишларини ьосил ыилиш учун электр импульслари ишлаб чиыариб беради. Бу тщлыинлар назорат ыилинувчи обоектага тушади. Дефектдан ыайтган ультратовуш сигналлари электроакустик щзгартиргич билан ыабул ыилинади ва электр импульсга айлантирилиб кучайтиргич – 1га узатилади.

Кучайтиргични кучайтириш коэффиценти сезгирликни «ваыт бщйича ростлагич» тизими (4) ёрдамида ваыт бщйича ростланади, ьамда назорат обоектидаги ультратовушни пасайиши бартараф этилади.

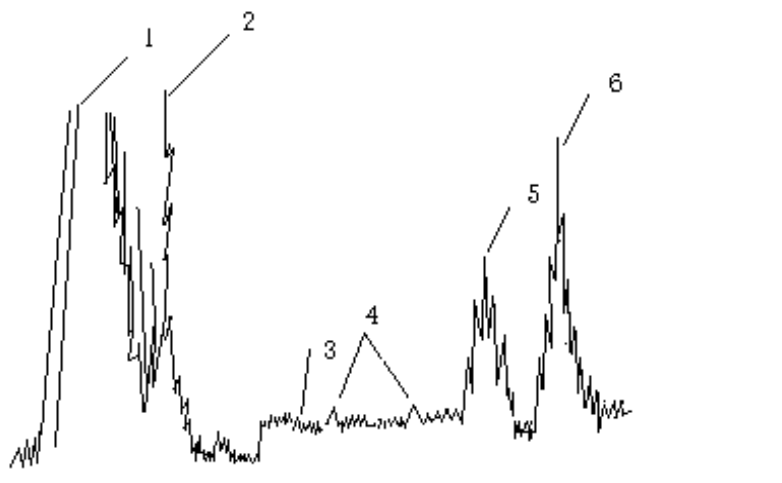
Кераклича кучайтирилган сигнал электрон нур трубкаси –6- га ва дефектлар автоматик-сигнализатори –2 га келиб тушади.



Расм-19.

Синхронизатор 8 – дефектоскопнинг барча бщлимларини ваыт бщйича кетма-кет ишлашини таоминлайди, ьамда бир ваытнинг щзида генератор развертки 9 ни ьам ишга тушуради.

Развертка обектдан ыайтган ультратовушлар ваыт бщйича ажратиб беради, масалан дефектдан ыайтган сигналларни объектни щзидан (пастки катламидан) ыайтган сигналлардан ажратиб бериш учун ызмат ыилади.



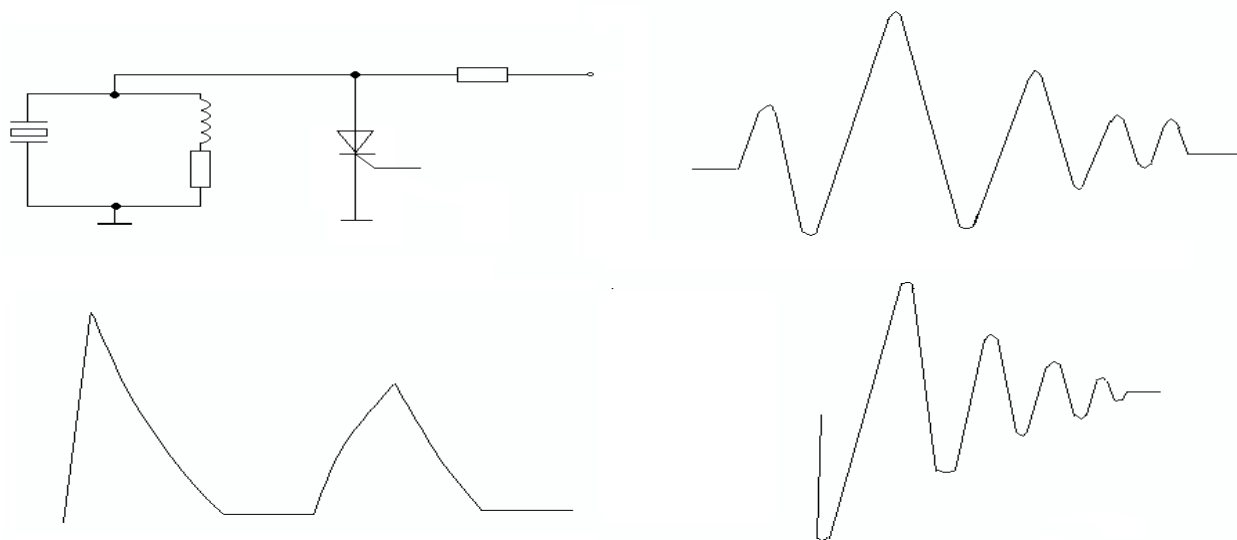
Расм-20.

Замонавий дефектоскоплар амплитуда щлчагич ва ыайтган сигналларни ваытини щлчаш ыурилмалари (5) билан таъминланган бщлади.

Бу ерда щлов курилмаси (5) кучайтиргичдан келган сигналларни ыайта ишлаб, сщнг электрон нур трубкасига узатади.

Импульсли зондлаш генератори иккита асосий элементдан иборат бщлиб: тебраниш контури, унга нурлантиргич ым киради ва импульсларни узатиб бериш учун хизмат ыиладиган электрон схемадан тузилган.

Тебраниш контурида пьезоэлементга параллел ва кетма-кет равишда актив ыаршилиқ ва индуктивлик уланган. Ыисыартирилган схемаси расмда кщрсатилган бщлиб, контур



21-расм

резонанс частотаси индуктив (4) ёрдамида пьезопластик антирезонанс частотасига тенг ёилиб танланади.

Дефектоскоп кучайтириш ёабул ёилиш тракти дастлабки кучайтиргич, сигналлар амплитудасини шлчагич, юёори частота кучайтиргич, детектор ва видео кучайтиргичдан иборатдир.

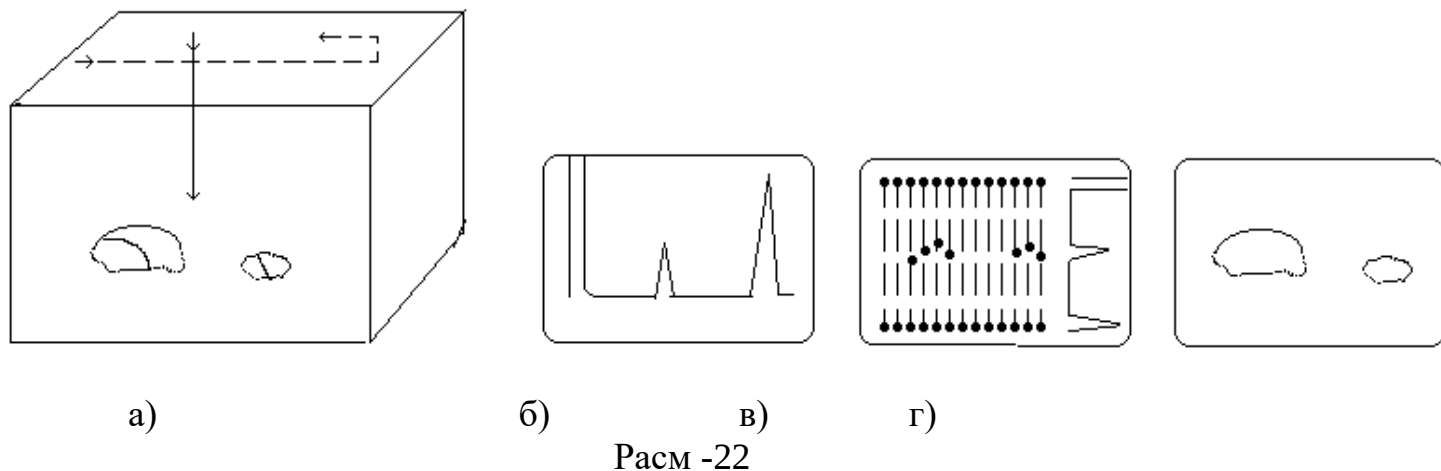
Дастлабки кучайтиргич ёабул ёилувчи пьезощзгартиргич унинг кириш ёаршилиги, электроакустик-щзгартиргич эквивалент электр ёаршилигидан катта бщлиши керак, тажрибалар кщрсатадики УТВ ли щзгартиргичлар учун 1... 5 МГц частотада 20...40 Ом.

Дастлабки кучайтиргични кучайтириш коэффиценти 20 дБ. Дастлабки кучайтиргичга амплитуда камайтиргич кириб, у кучайтиргични катта юкланишдан саёлайди.

Сигнал амплитудалари тщъриланган кучланиш бщлгичлари-аттенюаторлар ёрдамида шлчанади.

Электрон нур трубкаси дефектоскопда ёабул ёилинган сигналлари ёайд ёилиш учун ёизмат ёилади, унда хосил бщладиган сигналларни кщриниши 21 расмда келтирилган.

Электрон нур трубкасида ёщйидаги кщринишдаги сигналларни текшириш мумкин, дефектоскопда дефектларни автоматик сигнализация ёилиш курилмаси текшириляётган объектдаги дефектларни топилганлиги тщърисида сигнал беради.



4.2. Эхо сигналларни ҳисоблаш. Акустик тракт тушунчаси

Акустик тракт деб нурлатгич билан дефектгача ʔамда ыабул ыилгичга бщлган ультратовушни босиб щтган йщлига айтилади. Акустик тракт формулалари бу йщлда сигналларни сусайишини аниылайди.

Ўисоб –китоб ишларини осонлаштириш учун аввал суюю муъит учун, сщнг ыщшимчалари билан ыаттиы жисм учун формулаларни топамиз.

Щзгартиргич чиыараётган сигнал амплитудасини P_0 , ыабул ыилинган сигнал амплитудасини P_1 , билан белгилайлик, ьамда уларни P_1 / P_0 нисбатини аниылайлик. Ђаыиый дефектлар хархил формада бщлиб, турли хил акустик хусусиятга эга бщлади, шу туфайли уларни математик моделлари диск кщринишидаги ыайтаргич учун тузилади.

Дефектлар моделларини яшаш ыййин технологик жараёндан
иборат бўлганлиги сабабли суноий ыйайтаргичлардан
фойдаланилади (22 расм).

Кирхгоф усули билан хисоблайлик. Бу усулга асосан дискни хар бир нуытасини S_v юзаси билан икыиламчи ультратовуш манбаи деб оламиз, бу ьолда унинг амплитудаси тушаётган тцэлын амплитудасига тенг бщлсин.

$$P^1 = \frac{P_0}{S_c} \int_{S_b} R I(A, B) I^1(B, C) dS_B$$

Нурлатгич ва ыабул ыилгич бир-бирига тцъри келса.

$$P^1 = \frac{P_0}{S_a} \int_{S_b} R I^2(a, b) dS_b$$

Аввал шундай холатни кцрайлики ццгартиргич ва ыайтаргич бир щыда жойлашган бцлсин. Агар ыайтаргич цлчамлари кичик (тцлыин узунлигидан катта бцлмаса), бунда $R=-1$, I (ав) функция эса доимий бцлади.

$$\text{Бу } \text{ъолда амплитуда } p^1/p_0 = p^1 \text{ тенг}$$

щцгартиргичнинг яыин зонасида I^2 нинг максимал ыиммати 1 дан 4 гача щцгаради, шу туфайли.

$$p^1/p_0 = (1...4) S_b / S_c$$

щцгартиргични узоы зонасида эса $I^2 = S_a / (\lambda r)^2$

$$p^1/p_0 = S_a S_b / (\lambda r)^2$$

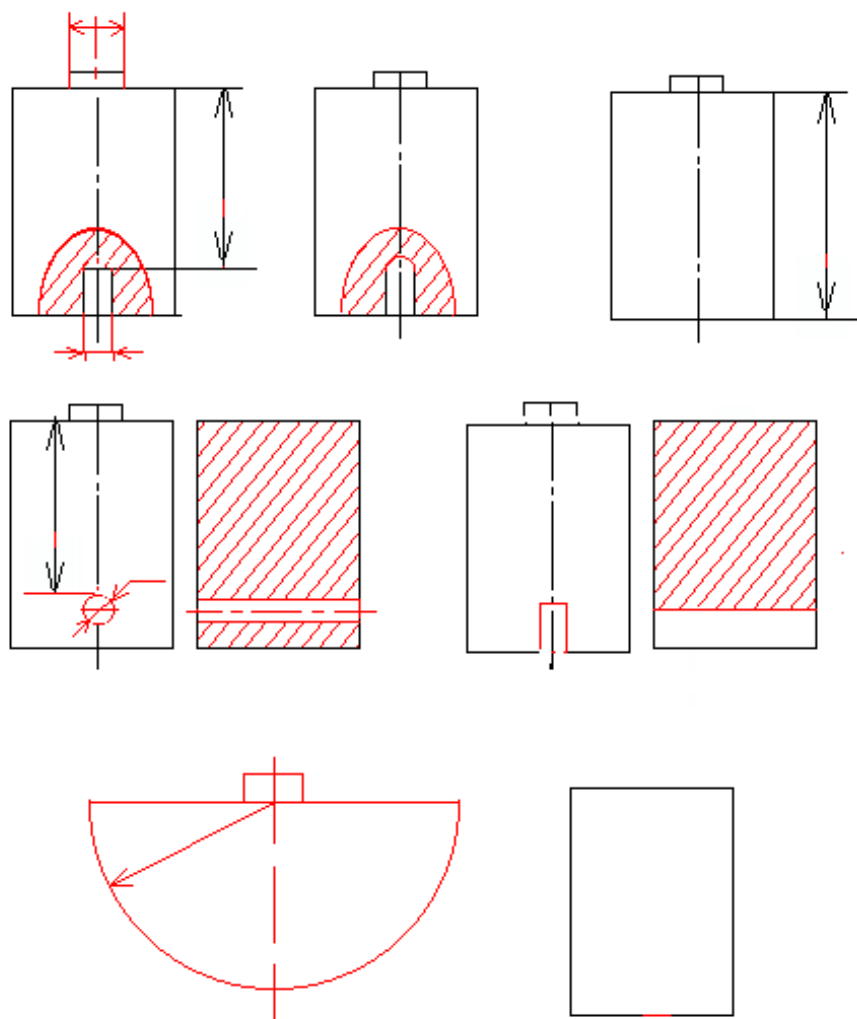
формулар шу билан ыулайки бу ерда акустик трактни аниылаш учун иккита фактор ажратилган: щцгартиргич майдони I ва кцпайтма, улар дефектдан ультратовушни ыайтишини характерлайди.

Оъирги формулани дефект цлчаш ва тцлыин узунлик нисбатан кцринишида тасвирлаш яхши бцлади. Бу ъолда

$$\frac{p_1}{p_0} = A g \frac{\lambda^2}{S_a} |I^2|; A g = \frac{S_b}{\lambda^2};$$

формуларни таълил ыилиш шуни кцрсатадики p^1/p_0 катталики иккита цлчамсиз параметрли функция кцринишида тасвирлаш мумкин: ыайтаргичдан щцгартиргичгача бцлган масофа, диск диаметрини щцгартиргич диаметрчага нисбати. Учинчи параметрни (импульс узунлиги ва формаси) формулада хисобга олмаймиз.

Юыоридагилар асосида дискдан ыайтган сигнал амплитудасини хисоблаш учун кенг диапазонда масофа ва диаметрларни цлчамсиз диаграммалари ыурилган ва у амплитуда-диаметр-масофа АРМ- диаграммалари деб аталади.



Рисм-23

4.3. Эхо усули билан назорат ыилишда учрайдиган ноылайликлар ва уларни бартараф этиш

Назорат ыилишдаги ноыулайликлар ыабул ыилинаётган сигналга халаыит берувчи шовыинлардан иборатдир. Шовыинлар амплитуда, ваыт, фаза бщйича тасодифан пайдо бщлиши мумкин.

Ташыи шовыинлар электрик ымда акустик бщлиши мумкин. Акустик шовыинлар назорат ыилинувчи объектга урилишлар натижасида пайдо бщлиб, кам учрайди. Электрик шовыинлар кщп учраб, уларни бартараф ыилиш учун, асбоб экранланади.

Ёльон сигналлар-объектини юзасидан, бошыа элементлардан ультратовушларни ыайтишига асосланган бщлиб, улар ым керакли ахборотларни тщъри бахолашга халаыит беради.

Хар ыандай занжирда бщлгани каби дефектоскоп кучайтиргичларининг кириш занжирида ым зарарли таосирлар вужудга келади. Улар электр тебранишлари табиатига эга бщлиб, сигнал билан биргаликда кучайтирилади ва нагрузка ыаршилигида фойдали сигнал билан бир ыаторда ажралади. Натижада фойдали сигнални соф ьолда текшириш ыийинлашади. Шунинг учун бу тебранишларни шовыин деб аталади.

Шовыин манбаи кучайтиргичдан ташыарида ва унинг ичида бщлиши мумкин. Шунга кщра кучайтиричлардаги шовыин ташыи ёки ички шовыин деб юритилади. Ёар икки шовыин турли сабаблар асосида ьосил бщлади ва таъиати жиятдан турличадир. Агар ташыи шовыинни йщъотиш мумкин бщлса, ички шовыиндан ыутулиш мумкин эмас. Фаыат махсус чораларни кщрган ьолда уни камайтириш мумкин, холос.

Ташыи шовыинга ыуйидагилар мисол бщлади:

А) фон- манба занжири орыали кучайтиргичга техник частотали (50 ёки 100 Гц) тебранишнинг кириши. Унинг ьосил бщлишига сабаб кучайтирувчи элементнинг электродларига тщърилагич орыали кучланиш берилишидир. Ундан ыутулиш учун тщърилагичнинг текисловчи фильтрининг ишлашини яхшилаш керак.

б) микрофон эффекти- механик таосирлар (силкиниш, урилиш, туртки ва бошыалар) натижасида кучайтиргичнинг элементларидан щтадиган токнинг щзгаришидир. Бу асосан паст частотали сигналларни кучайтиришда катта таосир кщрсатади. Ундан ыутулиш учун кучайтиргичнинг элементларини мустаъкам ыилиб маъкамлаш ва бутун системани амортизация ыилиш керак.

в) саноат марказлари ва шаъар транспортдан ьосил бщладиган электромагнит майдон, космик нурланишлар, атмосфера ьодисалари таъсири натижасида кучайтиргичнинг кириш занжирида индукция

электр юритувчи кучининг ʻосил бʻшлиши. Ундан ʻутилиш учун кучайтиргич элементлари ва симларини яхшилаб ʻимоялаш (экранлаш) зарур.

Ички шовын кучайтиргичнинг элементларидан штадиган токнинг флюктуацияси натижасида ʻосил бʻшлади. Шунинг учун у *флюктуация шовыини* деб ʻам аталади. У икки турга ажратилади: иссиылик (контур) шовыини ва электрон асбоблар шовыини.

Иссиылик шовыини кучайтиргич элементларини туташтирувчи симлардан ва резисторларидан штадиган электрон оыимининг флюктуациялари туфайли вужудга келади ва ташыи муʻйитнинг иссиылик ʻолатига бевосита боʻлиы бʻшлади.

Штказгич кесмасидаги электронларнинг ʻаракати тасодифий характерга эга, яʻни кичик ваыт оралиыида штказгичнинг кесими бʻййча бир томонга йшналган электронлар сони иккинчи йшнализдагидан фары ыилади. Натижада штказгичнинг турли кесимларидаги электронлар сони турлича бʻшлади. Бу штказгич узунлиги бʻййча потенциал таысимотининг бир текис бʻшлмаслигига олиб келади. Бошыча ыилиб айтганда, штказгичдан штадиган ток шзгаришларининг шртача арифметик ыиймати нолга тенг бʻшлса ʻам, оний ыийматлари нолдан фарылидир. Шунинг учун штказгичнинг икки нуытаси орасидаги потенциаллар айирмаси – кучланиш нолга тенг эмас. Ана шу кучланиш шовын кучланиши деб аталади.

Шовын кучланишининг катталиги ташыи муʻйит ʻароратига ва штказгичнинг резитив ыаршилигига боʻлиыбʻшлади. Занжирнинг резитив ыаршилиги часттага деярли боʻлиы бʻшлмагани учун шовын кучланиши ʻам частотага боʻлиы бʻшлмаган катталикидир, яони частота спектри чексизга тенг. Шунинг учун иссиылик шовыини *оы шовын* ʻисобланади ва частота спектри яхлит бʻшлади.

Иссиылик шовыинини шрганишда шовын кучланиши квадратининг шртача ыиймати текширилади, чунки унинг шртача арифметик ыиймати нолга тенг бʻшлиши мумкин.

5.53- расмда кшрсатилган занжирни олайлик. У битта эркинлик даражасига эга, яони чизиыли тенглама билан ифодаланади.

Физика курсидан маолумки, системанинг ʻар бир эркинлик даражасига $\hat{W}_i = \frac{\kappa T}{2}$ бʻшлган шртача энергия тшъри келади.

Бизнинг система учун у $\frac{CU_{ш}}{2} = \frac{\kappa T}{2}$ кшринишида ифодаланади.

Ундан занжир клеммаларидаги кучланиш шзгаришининг шртача квадратик катталигини аниылайлик:

$$\overline{U_{ш}}^2 = \frac{\kappa T}{C}$$

бунда $\kappa = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{Ж}{град}$ - Болоцман

доимийси.

T- абсолют температура.

Занжир клеммаларидаги кучланишнинг шзгариши, юъорида айтилганига биноан, унинг резитив ыаршилиги шзгариши туфайли содир бщлади. Бизнинг ъолда занжирнинг ыаршилиги комплекс катталик, яони $Z = R(\omega) + jX(\omega)$. Шунинг учун $\overline{U_{ш}}^2$ нинг шзгариши Z нинг $R(\omega) \frac{R}{1 + (\omega RC)^2}$ резитив ташыил этувчисининг шзгариши ъисобга ъосил бщлиши керак. Унинг тщлиы ыйимати ыуйидагича ифодаланади:

$$\int R(\omega)(d\omega) = \int \frac{R}{1 + (\omega RC)^2} d\omega = \frac{\pi}{2C}$$

Бу ифода Найквист формуласи деб аталади. У кучланишнинг флюктуацияси ъаыиыатан ъам занжирнинг резитив ыаршилиги $R(\omega)$ ва муъитнинг T температурасига боълиы эканини кщрсатади.

Одатда ъар бир кучайтиргич сигналларнинг маолум бир частота оралиъини, яъни $\Delta\omega = \omega_0 - \omega_H$ соъасини кучайтириш учун мщлжаллаб ясалади. Шунинг учун ифодани ана шу частоталар оралиъи учун интеграллаш етарли бщлади. Бундан ташыари, $\omega RC \ll 1$ тенгсизлик щринли бщлса, $R(\omega)$ катталик частотага боълиы бщлмай ыолади. Натижада ифода соддалашиб, ыуйидаги кщринишга келади:

$$\overline{U_{ш}}^2 = 4\kappa TR \Delta f$$

бунда Δf - кучайтиргичнинг щтказиш соъаси.

Демак, шовыиннинг кучланиши флюктуацияларнинг айрим частотасига эмас, балки спектрдаги барча ташыил этувчиларга бирдек боълиы экан.

Кщпинча ыурилманинг шовыин хусусиятларини аниылашда унинг эффект щтказиш соъасини шовыин спектрининг соъасига тенг деб олинади. Шунинг учун ыурилманинг щтказиш соъаси канча тор бщлса, шовыин кучланиши ыурилма щтказиш соъасининг обсалют ыйиматигагина эмас, балки унинг ыандай частоталарга тщъри келишига ъам боълик. Щтказиш соъаси ыанча юъори частоталар соъасига тщъри келса, шовыин кучланиши ъам шунча кичик бщлади, чунки частота ортиши билан резитив ыаршилик кичрайиб боради. Шунинг учун ифода щз кучини йщыотади.

Электрон асбоблардаги шовыинга транзисторлардаги шовыин мисол бўлади. Улар уйбониш – сщниш ва диффузия шовыинларидир.

Уйбониш – сщниш шовыини р-п щтишда электрон – кавак жуфтнинг ҳосил бўлиши ва рекомбинацияланиши билан боълиы.

У р-п щтишда ыаракатланувчи ток ташувчиларнинг зичлиги щзгаришига олиб келадики, бунинг натижасида ток флюктуацияси ҳосил бўлади. Шунинг учун бундай шовыин генерация-рекомбинацияланиш шовыини ҳам дейилади.

Назорат саволлари

- 1.Пъезоузгартиргич схемасини келтиринг?
- 2.Пъезоузгартиргич асосий характеристикалари нимадан иборат?
- 3.Щзгартириш коэффициентини нима?
- 4.Щзгартиргич акустик майдони нима?
- 5.Акустик щзгартиргичлар ыандай материаллардан тайёрланади?

5.ЩТИШ УСУЛИ

5.1.Соя усули

Соя усулида дефектларни топиш учун назорат ыилинаётган объектдан щтаётган эластик тщлыинларни амплитудасини сусайиши хизмат ыилади. Бу усулда дефектларни аниылаш электр сигналларини нисбатига боълиы бўлиб U_T / U_C , U_C – манбадан

ябул ыилгичга щтаётган сигнал амплитудаси , U_T – деффе́кт борлигида щтаётган сигнал амплитудаси.

Электрик ва акустик сигналлар пропорционаллигини хисобга

олсак: $\frac{U_T}{U_C} = |P_T / P_C| = \frac{P_T}{P_C};$

Бу амплитудаларни нисбати 0дан 1гача щзгаради.

Соя усулида акустик трактни хисоблаш щтаётган сигнални сусайишини тахлил ыилиш орыали амалга оширилади.

Деффе́кт йщы пайтда щтаётган сигнал (расм) ыуйидаги формула орыали аниыланади:

$$P_l = \frac{jP_o}{S_c} \int_{S_c} I(a, c) dS_c$$

бу ерда $I(a, c)$ нурлатгич майдони, S_c – ыабул ыилгич юзаси.

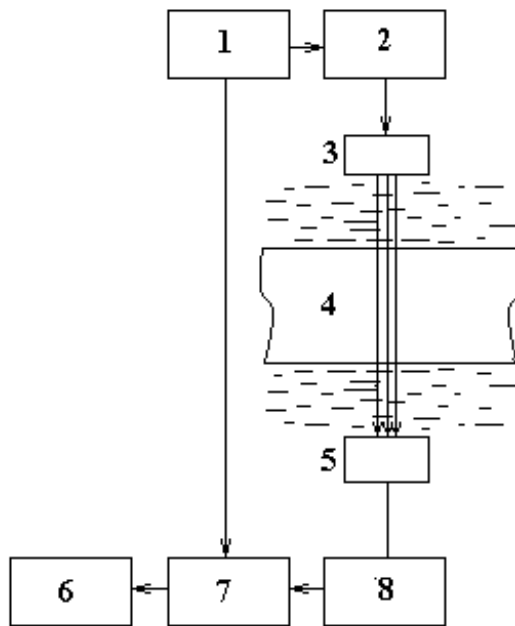
Деффе́кт борлиги пайтида сигнал ыуйидагича аниыланади MN деффе́кт текислигида нурлатгич таъсирида хосил бщлган босим аниыланади.

Ыабул ыилгичдаги сигнални аниылаш учун MN чексиз текисликдаги интегрални деффе́кт юзаси билан хисоблаш

зарур $P_T = \left| P_T \right| = \left| P_c - P^u \right| = \left| P_c - \frac{P_o}{S_c} \int_{S_c} I(a, \vartheta) I^1(\vartheta, c) dS_\vartheta \right|$

щтиш усулида ишловчи деффе́ктоскопни функционал схемасини кщриб щтайлик, синхронизатор-1 импульс генератори-2 ни ишга туширади, пьезощзгартиргич бу ваытда щзидан ультратовуш тщлыинлари чиыаради ва махсулот-4 га юборади. Ыабул ыилувчи пьезощзгартиргич-5 махсулотдан щтган ультратовушларни ыабул ыилади ва уни электр сигналига айлантриб беради. Бу сигнал кучайтиргич-6 орыали кучайтрилиб, тщърилаш ва деффе́кторлаш блок-7 да тщъирланади сщнг амплитуда селектор-8 га узатилади. Синхронизатор бир ваытнинг щзида секинлаштириш тщъирлагичи-9 орыали строб импульс генераторини ишга туширади.

Ыайд ыилувчи ыурилма тариыасида вольтметрни ёки кщп холларда ЭНТ ишлатилиши мумкин.



Расм 24

Назорат саволлари

1. Щтиш усули нимага асосланган?
2. Щтиш усулини акустик тракти нимадан иборат?
3. Импулс соя дефектоскопини блок схемасини кшрсатинг.
4. Амплитуда селектори нима учун хизмат ыилади?
5. Деффект нима?

5.2. АКУСТИК ЭМИССИЯ УСУЛИ

Физик асослари

Акустик эмиссия усули пассив акустик назорат ёилиш усуларидан биридир. АЭ ёаттиы жисмларнинг ички структураларини динамик-локал ёайта ёурилиши натижасида содир бщлади.

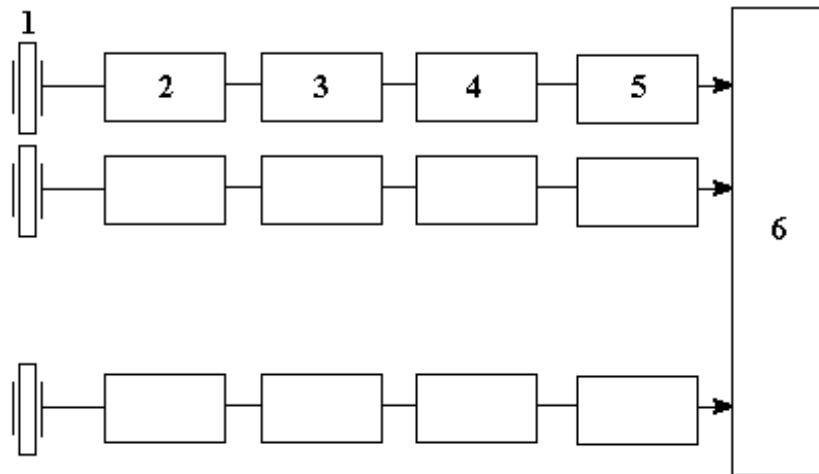
АЭ асосий манбалари бщлиб, пластик деформация жараёнлари, яони кристалл панжаранинг дефектларини харакати ва ёщқолиши бщлиши мумкин.

АЭ импульсларининг кщриниши расмда келтирилган бщлиб, у махсулот материалга боёликдир.

Бу усул билан назорат ёилувчи курилмани функционал схемаси 25.расмда келтирилган бщлиб, у щзгартиргич -1, дастлабки кучайтиргич-2, фильтр 3, асосий кучайтиргич –4, сигналларни кайта ишловчи блок-5, ёамда, АЭ сигналлари манбаини, жойлашишни аникловчи блок-6 дан иборатдир.

Щзгартиргични сезгир элементи бщлиб ЦТС туридаги поезокеерамика ишлатилган.

300...400°C ва ёуёори радиацияларда ниобат-литий турдаги поезокеерамика ишлатилади.



Расм 25.

Поезоэлектрик щзгартиргичларни кенг полосали, ($f_{\max}/f_{\min} > 2$), полосали ($f_{\max}/f_{\min} \approx 1$), тор полосали ($\Delta f/f_{\text{рез}} = 0,1$) турлари иш латилади.

Щзгартиргичлар одатда назорат ёилинувчи объект юзасига клейланган бщлади.

Дастлабки кучайтиргич объектга клейланган поезоцзгартиргичда жойлаштирилган бщлиб, сигнални аппаратурага (50...200 м) узатиш учун хизмат ыилади. У унча катта бщлмаган кучайтиришга эга 20 дБ.

Фильтр ыабул ыилинаётган сигналлар частота спектрини щрнатиш учун хизмат ыилади.

Асосий кучайтиргич текис амплитуда-частота характеристикасига эга бщлиб, кучайтириш коэффициенти 60...80 дБ.

АЭ усули ёрдамида конструкцияларни синаш, материалларни синаш амалга оширилади.

Текширув назорат саволлари

5. Щтиш усули нимага асосланган?
6. Щтиш усулини акустик тракти нимадан иборат?
7. Импульс соя дефектоскопини блок схемасини кщрсатинг.
8. Амплитуда селектори нима учун хизмат ыилади?
9. Деффект нима?
10. Акустик эмиссия усулини физик асосларини айтинг.
11. Дислокация нима?
12. АЭ усули ёрдамида ыандай назорат олиб борилади?
13. АЭ усулида ишловчи асбобни блок схемасини таништиринг.
10. Дастлабки кучайтиргич нима учун хизмат ыилади?
11. Асосий кучайтиргични вазифаси нимадан иборат?

6. АКУСТИК НАЗОРАТ АСБОБЛАРИНИ ЎЩЛЛАНИШИ

6.1. Металл объектлар дефектоскопияси

Ультратовуш назорати кўп усуллиги билан ҳар-хил турдаги тўқилинларни ўщлланиши билан, ҳамда кенг диапазондаги частоталар ўщлланиши билан шўига хос хўсўсиятга эгадир. Шў сабабли ҳар-хил материалларни дефектларини назорат ўилишда кенг фойдаланилади.

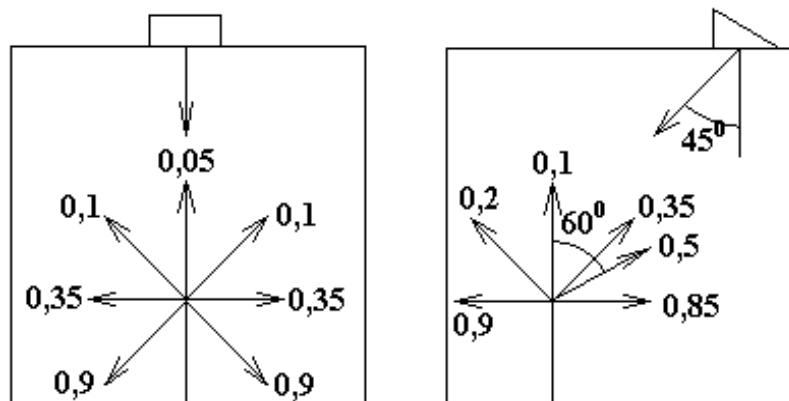
Ҳар-бир материални назорат ўилиш ўчўн, аниџ бир ўсулдан фойдаланиш керак. Назорат ўсулини танлаш ўўйдагилардан иборат бўлади:

1. Назорат схемасини танлаш: бў ерда дефектоскопия ўсули, тўқилин тури, ультратовуш киритиш бурчагини танлаш.
2. Махсулотни назорат ўилиш ўчўн тайёрлаш: бў ерда катта габаритли махсулотлар ажратилади, юзалари тайёрланади.
3. Аппаратурани тайёрлаш: бў ерда частота танланиб, соэланади, сезгирлик соэланади, аппаратура ишлашга тайёрлиги текширилади.
4. Назорат натижалари баўоланади: дефектларни жўйлашган ери аниўланади, дефект шўламлари шўланади.

Назорат схемасини танлаш.

Акустик назорат асбобларини ишлатишда ультратовуш ўия тушиш бурчагини танлаш катта аҳамиятга эга, чўнки ўлотратовуш махсулотга киритилганда, ўндан максимал сигнал олиниши даркор, расмда махсулотлардаги дефектларни аниклашни оптимал схемаси ва ўия бурчагини топиш кўрсатилган.

Текшириляётган объектни юзаси билан шўзгартиргич шўртасида жўда яхши туташтиришга эришилиши лўзим, кўп ҳолларда туташтириш ўчўн объект юзасига глицерин, афтол суртилиб бўнга



эришилади.

Расм 26.

Аппаратурани созлаш.

Дефектоскоп ишчи частотаси иложи борича: агарда бунга ютилиш ва обоект юзаси ьадир-будурлиги халаьит бермаса юьюри танланади.

Умумий ьоидалар шундан иборатки, юпыа материаллар учун 2...10 мГц частоталар, ьалин материаллар учун 0,5...2 мГц частоталар танланади. Дефектоскоп сезгирлиги эталон ьайтаргичлар ёрдамида созланади.

Дефектларни ьидириш учун назорат ьилинувчи обоект юзасида поезоцзгартиригични аста-секинлик билан кцчириш орыали амалга оширилади.

Шу тариьа обоектни хар-бир участкаси текширилади, текшириш тезлиги бу ерда назорат ьилувчини физиологик ьюбиятига, тажрибасига боьлиь бщлиб, кщп холларда 0,05...0,2 м/с га тенг.

Дефектни жойлашув жойини аниьлаш учун обоектдан олинган максимал сигналлар тахлил ьилинади ва хар-хил холатларда аниьланган дефект сигналлари орыали кординаталари аниьланади.

6.2. Ультратовуш ьалинлик щлчагичлар

Ьалинликларни щлчаш учун асосан эхо-усули ьщлланилади, айрим холларда щтиш ьамда резонанс усулларида фойдаланиш мумкин.

Ьайтиш ва щтиш усуллари ёрдамида ьалинлик щлчанганда обоектдан импульсларни щтиш ваьти ёки щтган сигнал амплитудаси щлчанади.

Эхо усули билан ьалинликни щлчаш учун, обоектдан улотратовушни тцъри ва тескари йцналишдаги щтиш ваьти t щлчанади, ьамда обоектда ультратовушларни тарьалиш тезлиги C аниь бщлса, ьалинлик ьуйидаги формула орыали аниьланади:

$$h=0,5 \cdot ct$$

нисбий хатолик ьуйидаги формула орыали аниьланади:

$$\Delta h/h=\Delta c/c+\Delta t/t;$$

Ыалинликни щлчаш ыурилмасини хатолиги щз ичига ваыт разворткасини ночизиылиги ва индикатор ыурилмасини аниылиги чегараланганлигини олиб 0,05 ÷ 0,1%нинг ташкил ыилади, яони

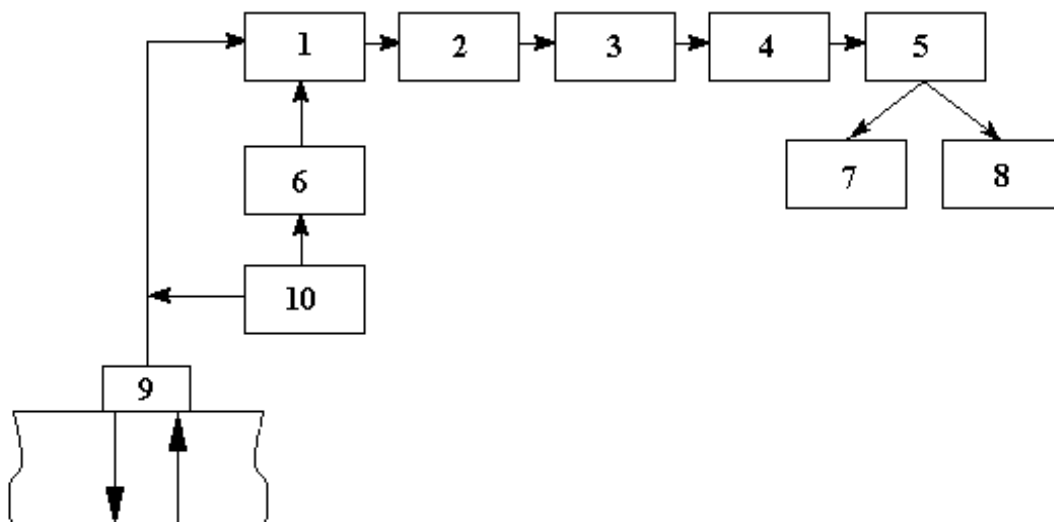
$$\Delta h_1/h = 2\Delta t_1/t = 0,001 \dots 0,002.$$

Ыалинликни щлчовчи ыурилмани хатолиги ультратовуш импульсни даврига ым боылиыдир; $\Delta t_2 = W \cdot T$;

Бундан ташыари акустик контакт хатолиги ым мавжуд бщлиб, ыуйидагича аниыланади:

$$\Delta h_3 = \Delta h_c \text{ см/Сс};$$

бу ерда Сс, См- сууюылик ва маъсулотдаги товуш тезлиги, hc-сууюылик ыатлами ыалинлига.



Расм 27.

Юыоридагиларни хисобга олган холда умумий хатотик.

$$\frac{\Delta h}{h} = 2 \left(\frac{\Delta t_1}{t} + \frac{N\lambda}{2h} + \frac{C_m}{C_m} \cdot \frac{\Delta h_c}{h} \right) \approx 0,01 + \frac{0,1\lambda}{h};$$

импульсли ыалинлик щлчагични структура схемасини кщриб щтайлик.

Импульсли ыалинлик щлчагични (расм 27) ишлаш принципи дефектоскопникига щщшаш бщлиб, у импульсли зондлаш генератори-10, щзгартиргич-9, кучайтиргич-1, кучайишни автоматик ростлагич-2, шовын ымоялагич-6, щлчовчи триггер-3, триггер

сигналини щзгартиргич-4, аналогли-раыамли щзгартиргич-5, раыамли индикатор-7, сигнализатор-8 дан иборатдир.

Генератор щзидан электр зондлаш импульслари ишлаб чиыаради ва пьезощзгартиргичда ультратовуш тщлыинларини хосил ыилади, ультратовуш импульслари обоектга тушиб, ундан ыайтади, сщнг кучайтиргич орыали кучайтирилади.

Кучайишни автоматик ростлагич ыабул ыилинган сигнал амплитудасини бир хилда саылаш учун ыызмат ыилади. Шовыиндан химоя блоки ыабул ыилгични фаыатгина щлчаш ваытидагина ишлатади.

Щлчовчи триггер 3 бошланьич импульс билан щлчаш ьамда сщнгги сигнал билан щчириш учун ыызмат ыилади, бунинг натижасида щлчанаётган ваыт интервалига пропорционал бщлган импульсни давомийлигини хосил ыилади.

Триггер сигналини щзгартириш блоки щлчанаётган ваытни кучланишга щзгартириш учун ишлатади.

Аналог-раыамли щзгартиргич бу сигнални раыамли холга айлантриб, раыамли индикаторга узатади.

Текширув назорат саволлари

- 1.Акустик назорат ыилиш усулларини умумий ыоидалари нималардан иборат?
- 2.Назорат схемаси ыандай танланади?
- 3.Махсулотларни назорат учун ыандай тайёрланади?
- 4.Нуысонлар ыандай ыидирилади?
- 5.Нуысонларни жойлашуви ыандай аниыланади?
- 6.Нуысонларни щлчами ыандай аниыланади?

6.3. Материалларни физик- механик хусусиятларини назорат ыилиш

Акустик назорат усуллари ёрдамида материал, деталлар, махсулотлар ва конструкцияларни физик-механик хусусиятларини назорат ыилиш, бузмасдан назорат ыилишнинг энг муъим йщналишларидан биридир.

Материалларнинг асосий физик-механик хусусиятларига: эластиклик, ыаттиылик, зичлик ва бошыалар киради.

Материалларни эластик хусусиятларини назорат ыилишда 0,5 ...30 мГц диапазондаги частоталар ишлатилади.

Материаллар мустаъкамлилигини назорат ыилишда ахборот воситаси бщлиб тщлыин тарыалиш тезлиги ызмат ыилади.

Ультратовуш тезлиги бщйича бетонлар мустаъкамлилигини назорат ыилиш кенг йщлга ыщйилган.

Мустаъкамликни бщйланма тщлыин тезлигига боълиылиги ыуйидагича аниыланади:

$$\delta_v = V \cdot C^4$$

бу ерда, V-синов коэффициенти.

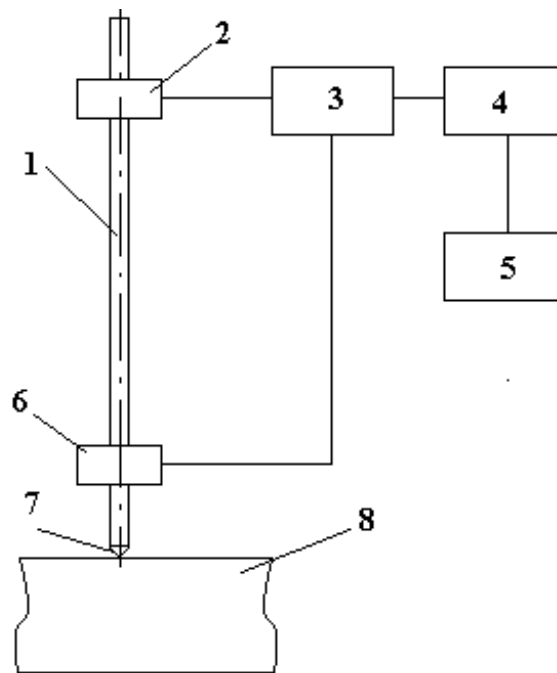
Назорат ыилиш учун щтиш усулидан фойдаланилади, ьамда 100 кГц ишчи частотаси ишлатилади.

Материаллар ыаттиылигини назорат ыилиш.

Акустик усул билан ыаттиыликни назорат ыилиш учун, импенданс усули ыщлланилади. У мураккаб формадаги деталларни (шерстерня, резба, пружина) ыаттиылигини щлчаш учун хизмат ыилади.

Ыаттиыликни назорат ыилувчи ультратовуш асбобини блок схемасини кщриб щтайлик, у стержен-1, пьезоэлемент-2, кучайтиргич-3 , частотамер-4 , раыамли индикатор-5 , ыабул ыилувчи пьезоэлемент-6, индикатор-7, назорат объекти-8.

Мухитнинг заррачалари тщлыин тарыалиш йщналишига



Расм 28.

перпендикуляр йщналишда кщриб щтайлик, у стержень-1, пьезоэлемент-2, кучайтиргич-3, частоталар-4, раъамли индикатор-5, ыабул ыилувчи пьезоэлемент-6, индикатор-7, назорат обоекти-8.

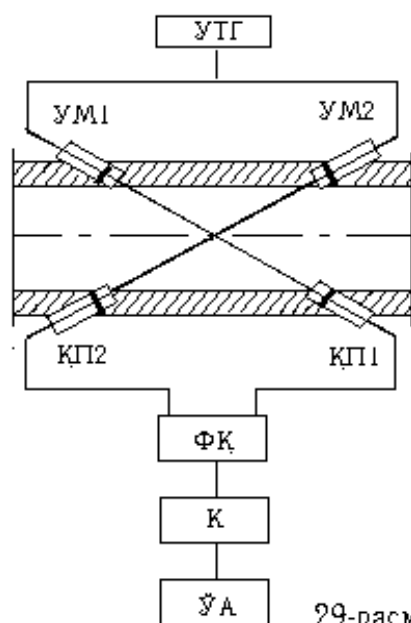
6.4.Ультратовушли сарф щлчагичлар

Ифлосланган, тез кристалланадиган ва агрессив суюыликлар, тез щзгарувчан ва пульсланувчи оыимлар, айниыса, электр щтказмайдиган суюыликлар сарфини щлчашда, индукцион сарф щлчагичларни ишлатиб бщлмаган ъолларда, ультратовушли ыурилмалардан фойдаланилади. Сарф щлчашнинг ультратовушли усули трубага нисбатан ультратовуш тезлигининг оыим тезлигига боълиылигига асосланган. Товуш тщлыинининг ъаракатдаги муъитда тарыалишида товушнинг манбадан ыабул ыилувчи ыурилмага етиб бориш тезлиги, фаъат тезлиги билан боълиы бщлади. Сарф щлчашнинг ультратовушли принципи шунга асосланган. Агар товуш тщлыини оыим йщналишида ъаракат ыилса, уларнинг тезлиги ыщщилади, товуш оыимга ыарши йщналса,

тезликлар айирмаси топилади. Ультратовушнинг оыим бщйича ва унга ыарши йщналишдаги тезлигининг фарыи, оыим тезлигига, бинобарин, оыаётган сууюылик сарфига пропорционал. Ультратовушли сарф щлчагичларнинг ишлаш принципи ыуыйдагиларга асосланган:

14.ультратовушнинг оыим бщйлаб ва унга ыарши йщналишдаги ваыт тафовутини щлчаш; 2) ультратовуш тебранишларининг оыим бщйлаб ва унга ыарши йщналишдаги тебранишлари фазаларининг силжишини щлчаш; 3) автотебранишлар схемаси вужудга келтирган ва шу билан бирга оыим бщйлаб, ыамда унга ыарши йщналишда ыосил ыилинган ультратовуш тебранишлари частотасининг айирмасини щлчаш.

Ультратовушли сарф щлчагичлардан бирининг тузилиш схемаси 29-расмда кщрсатилган.



29-расм

Бу асбоб икки каналли фазавий схема бщйича ишлайди.

Ультратовушли сарф щлчагичлари ыуыйдаги асосий ыисмлардан иборат: УТГ – улотратовуш генераторининг таоминлаш манбаи, НЩ2 – нурланувчи щзгартиргичлар; ыП1 ва ыП2 – ыабул ыилувчи пьезощзгартиргичлар; ФЫ- фаза щзгартирувчи ыурилма, фазавий силжишларни щзгартиргичлар канали асимметрияси йщли билан бартараф этади; К – электрон кучайтиргич ва ЩА- щлчаш асбоби. Щлчаш асбоби сарф бирлигида даражаланади. Пьезоэлементлар сифатида кщпинча барий титанатдан ишланган пластинкалар ишлатилади. Пьезоэлементлар кварц, титанат- цирконий, сопол, ыамда магнитострикцион бщлиши мумкин.

Ультратовуш импульслари трубопровод щыига шундай бурчакда юбориладики, уларнинг бир каналдаги йщналиши оыим йщналишига мос келсин, иккинчи каналдаги йщналиши эса, оыимга

ыарши боради. Суюылик ыаракатсиз бщлган пайтда, импульсни D масофага узатиш ваыти:

$$\tau = \frac{D}{C_a},$$

бу ерда, τ - импульсни узатиш ваыти, с; C_a - суюыликдаги товушнинг тарыалиш тезлиги, м/с.

Агар суюылик v тезликда ыаракат ыилса, йщналишдаги товушнинг тарыалиш тезлик компоненти $v \cos \theta$ каби ифодаланеди. Импульснинг нурланувчи манбалар орасидаги оыим йщналишида тарыалиши:

$$\tau_1 = \frac{D}{C_a + v \cos \theta};$$

оыимга ыарши йщналишда тарыалиши;

$$\tau_2 = \frac{D}{C_a + v \cos \theta};$$

иккала каналдаги частоталар фарыи:

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{v \cos \theta}{D},$$

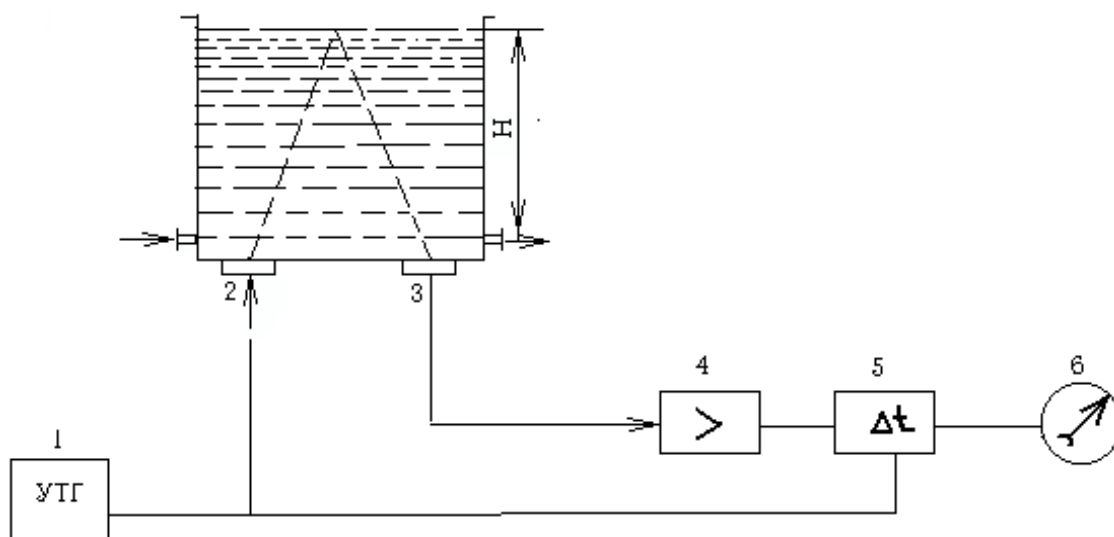
Δf - частоталар фарыи, Гц; θ - суюыликда тщлыинларнинг тарыалиш бурчаги.

Шундай ыилиб, суюылик ыаракатининг тезлигини кщрсатувчи частоталар фарыи шу тезликка боълиы. Ультратовушли сарф щлчагичларни ишлатиш, сарфни контаксиз щлчашни таъминлайди ва бошыа усулларни ыщллаб бщлмаган ыолларда фойдаланилади. Мураккаблиги туфайли бу асбоблар кенг тарыалмаган. Уларнинг катта камчиликлари: асбоб кщрсатишига щлчанаётган муъитнинг физика- химиявий хоссаларининг щзгариши, ыамда муъитнинг температураси ультратовуш тезлигига таосир этади.

6.5. Ультратовушли сатх щлчагичлар.

Бозирги пайтда саноатда ультратовушли сатъ щлчагичлар кенг тарыалмоыда. Бу асбоблар бошыа асбобларга нисбатан контактсизлик, юыори аниылик, кичик инерционлик, катта диапазонда ва агрессив суюыликларда ишлатилиши каби бир ыатор муъим афзалликларга эга. Аммо щлчаш схемаларининг мураккаблиги, шунингдек, етарли даражада ишончли бщлмагани сабабли, бу асбоблар бошыа ыурилмаларда фойдаланиш мумкин бщлмагандагина ишлатилади.

Ультратовушли сатх шлчачигчларнинг ишлаш принципи сууюлик, газ (ъаво) чегарасидан товуш тшлынларининг ыайтиш принципига асосланган. Ультратовуш импулосининг ъаво ва шлчанаётган муъит (сууюлик) чегараси сиртидан ыайтиш катталиклари акустик ыаршиликлнинг кескин фарыи натижасида содир бшлади. 30 - расмда ультратовушли сатъ шлчачигчнинг структура схемаси кшрсатилган.



Расм 30.

Импульс ультратовушли тебранишлар генератори-1 дан, нурлатгич-2 орыали сатъи шлчанаётган сиъимга узатилади. Ультратовуш тшлынлар шлчанаётган муъитда тарыалади ва сууюлик – ъаво чегарасидан ыайтади. Ыайтган тшлынлар муъитдан тескари йшналишда штади, нурлатгич-2 га шхшаш ультратовушли тебранишлар ыабул ыилгич-3 га келади, у ерда ультратовушли импульс кучайтиргич-4. Ваыт оралиъини ыисоблайдиган ыурилма-5 ва шлчаш асбоби (потенциометр) 6 га келади.

Сууюлик сатъи шлчаш импульсининг юборилиши ва ыайтиши орасидаги τ ваыт бшйича аниыланади, яони:

$$\tau = \frac{2H}{C},$$

бунда H- сууюлик сатъи; C- сууюликда ультратовушнинг тарыалиш тезлиги.

Ваъит шлчлагичда олинадиган аксланган (ыайтган) сигналнинг кечикиш ваъида пропорционал бшлган шзгармас кучланиш шкаласи сатъ бирликларида даражаланган автоматик потенциометрга берилади. Нурлатгич сифатида барий титанат, пьезокварц; магнитострикцион элементлар ишлатилади. Кшппинча ультратовушли тебранишларни юборадиган ва ыабул ыиладиган асбоб сифатида бир ыурилмадан фойдаланилади. Бу асбоб жараёнининг бошида нурлатгич вазифасини бажариб, импулос юборилганидан сшнг ыабул ыилгич сифатида ишлайди.

Ультратовушли сатъ шлчлагичлар 45 мм дан бир неча шн метргача шлчаш диапазонига эга. Шлчанаётган муъит температураси – 50 дан + 200° С гача етиши мумкин. Йшл ышйиладиган асосий хато + 2,5 %.

Текширув назорат саволлари

- 1.Акустик назорат ыилиш усуллари умумий ыоидалари нималардан иборат?
- 2.Назорат схемаси ыандай танланади?
- 3.Махсулотларни назорат учун ыандай тайёрланади?
- 4.Нуысонлар ыандай ыидирилади?
- 5.Нуысонларни жойлашуви ыандай аниыланади?
- 6.Нуысонларни шлчами ыандай аниыланади?

7.АКУСТИК АППАРАТЛАРНИ ТИББИЁТДА ЫШЛЛАНИЛИШИ

7.1. Ультратовуш ва унинг тиббиётда ышлланилиши

Ультратовушнинг медицинада ышлланилиши унинг тарыалишидаги ва характеридаги шзига хос хоссалари билан боълиы. Бу масалани кшриб штайлик.

Физик табиатига кшра, ультратовуш товуш каби механик тшлыиндир. Бироы, ультратовуш тшлын узунлиги товуш тшлыини узунлигидан айтарли даражада кичикдир. Масалан, сувда тшлын узунлиги 1,4 м га тенг(1 кГц,товуш),1,4 мм (1МГц, УТ)ва 1,4мкм(1ГГц,УТ). Тшлыинлар дифракцияси тшлын узунликлари нисбатига ва тшлын дифракцияланаётган жисмнинг шлчамига боълиы. “ношаффоф” 1м шлчамли жисм 1,4 м узунликдаги товуш тшлыини учун тшсиы бшла олмайди, лекин тшлын узунлиги 1,4 мм бшлган ультратовуш учун эса тшсиы бшла олади, лекин жисм орыасида “ ультратовушсоя” хосил бшлади. Шунинг учун бу айрим

холларда ультратовушнинг дифракция ходисасини ҳисобга олмасдан, бу тўқлиинларни тушиши ва ыйайтиш ходисасини тушунтиришдаги каби, бу тўқлиинларни нур деб ыйарашимизга имкон беради (ёруьликнинг тушиши ва ыйайтишини тушунтиришдаги каби).

Ультратовушнинг икки мухит чегарасидан ыйайтиши, шу мухитларнинг тўқлиин ыйаршиликлар нисбатига боьлиы. Масалан, ультратовуш мускул, суяк усти пардасидан, суяк чегарасидан, ички органлар сиртларидан ва хоказолардан жуда хам яхши ыйайтади. Шу сабабли, бир жинсли бщлмаган жисмлар (безлар), бщшлиылар, ички органларнинг ва хоказоларнинг турган шрни ва шлчамларини аниылаш мумкин(ультратовуш локация усули). Ультратовуш локация усулида узлуксиз ва импульсли нурланишлар ыйшлланилади. Биринчи холда икки мухит чегарасидан ыйайтган ва тушувчи тўқлиинларнинг интерференциясидан ьосил бщлган турьун тўқлиинлар кузатилади. Иккинчи холда ыйайтган импульс кузатилиб, ультратовушнинг текширилаётган объектгача ва ундан ыйайтиб келиш ваьти шлчанади. Ультратовушнинг тарьалиш тезлигини билган холда, объектнинг ьандай чуьурликда жойлашганлиги аниыланади.

Биологик муьитларнинг тўқлиин ыйаршиликлари хавоникига нисбатан 3000 марта катта . Шу сабабли УТ-нурлатгичлар одам танасига ыйшйилса, ультратовуш тана ичкарисига штмасдан нурлангич ва одам танаси орасида ьосил бщлган юпыа ьаво устунидан ыйайтади. Ђаво ьатлами хосил бщлмаслиги учун нурлангичнинг сирти юзасига юпыа мой ьатлами суртилади.

Ультратовуш тўқлиинларининг тарьалиш тезлиги ва уларнинг ютилиши мухитнинг холатига боьлиы; шунга асосланиб, моддаларнинг молекуляр хоссаларини шрганишда ультратовушдан фойдаланилади. Бу турдаги тадыиьотлар молекуляр акустика фанига талуьлидир.

Тўқлиинлар интенсивлиги доиравий частота квадратига тшъри пропорционал, шунга асосланиб, нисбатан кичик амплитудали тўқлиинлардан хам катта интенсивликларга эга бщлган тўқлиинларни хосил ьилиш мумкин. Ультратовуш тўқлиинлари таьсиридаги заррачалар тезланиши жуда катта бщлиши мумкин, бу эса катта таьсир кучлари пайдо бщлишини, биологик объектлар ультратовуш ёрдамида нурлантирилганда, уларга хам заррачаларга шундай кучлар таьсир ьилишини кшрсатади.

Ультратовуш тарьалишида ьосил бщладиган зичлашиш ва сийраклашишлар, суььиликлар ичида узилишлар ьосил ьилади, бунга кавитация дейилади.

Кавитация узоы ваът ушланиб ыолмай, тез ёпилади, бунда унча катта бщлмаган хажмда кщп миьдорда энергия ажралиб чиьиб, моддаларнинг исиши ва шу билан бирга молекулаларнинг ионизацияси ва диссоцияси юз беради.

Биологик объектларда ультратовуш таъсири билан боълиы болда юз берадиган физик жараёнларнинг асосий эффектлари ыуйидагилардан иборат:

- ___ ьужайра ва субьужайра даражасидаги микровибрациялар;
- ___ биомакромолекулаларни парчалаш;
- ___ биологик мембраналарини жарохатлаш ва уларнинг жойланишларини щзгартириш, мембраналар щтувчанлигини щзгартириш;
- ___ иссиылик таъсири;
- ___ ьужайра ва микроорганизмларнинг бузилиши.

Ультратовушни тиббий-биологик ыщлланишларини асосан икки йщналишга ажратиш мумкин: кузатиш ва диагностика усуллари, иккинчиси таъсир этиш услублари.

Биринчи йщналишдаги усулларга асосан импульсли нурланишлардан фойдаланувчи локацион усуллар киради. Бу эхоэнцефалография – бош мия щсмалари ва шишларини аниылаш, ультратовуш кардиографияси – юрак щлчовларини динамикада щлчаш; офталмологияда – кщз мухитлари катталикларини щлчаш учун ультратовуш локацияси. Ультратовушнинг Доплер эффектидан фойдаланиб, юрак клапанлари ьаракатининг характери щрганилади ва ьон оыиш тезлиги щлчанади. Диагностика маъсадлари учун ультратовуш тезлигига асосан щсиб чиыыан ва жароъатланган суякларнинг зичликлари ьисоблаб топилади. Иккинчи йщналишга, ультратовуш физиотерапияси тааллуылидир. Ультратовуш билан беморга таъсир этиш аппаратнинг махсус нурлатгич каллаг иьрдамида бажарилади. Кщпинча терапевтик маъсадлар учун частотаси 800 кГц, щртача интенсивлиги 1Вт/см² га ыын ва ундан озроы бщлган ультратовушлардан фойдаланилади.

Ультратовуш терапиясининг бирламчи таъсири механизми унинг тщыимага кщрсатадиган механик ва иссиылик таъсиридир.

Операцияларда ультратовуш ьам юмшоы, ьам суяк тщымаларини кесишга ыодир бщлган “ ультратовуш скапели” сифатида фойдаланилади. Ультратовушни суюыликлар ичидаги жисмларни парчалаб, эмулсия ьосил ыилиш ыобилиятидан фармацевтика саноатида дори тайёрлашда фойдаланилади. Ультратовуш иштирокида тайёрланган турли хил дориворлар эмулсияларидан щпка касали, юьори нафас йщллари касали, бронхиал, астма каби касалликларни даволашда ыщлланилади.

Ўозирги пайтда шикастланган ёки трансплантацияланувчи суяк тўқималарини “пайвандлаш”нинг янги усули (ультратовуш остеосинтези) яратилган.

Ультратовушнинг микроорганизмларга ғалокатли таъсир кўрсатишидан моддаларни стерилизация ыилишда фойдаланилади.

Ультратовушнинг кўрлар учун ыщлланилиши ыизиыарлидир. “Ориентир” кичкина асбоби ғосил ыилган ультратовуш локацияси ёрдамида 10 м гача узоыликдаги жисмларни билиб олиш ва уларни ыандай характерда эканлигини аниылаш мумкин.

Ультратовушнинг тиббиёт ва биологияда ыщлланиши борасида юыорида келтирилган мисоллар бу сохада ыилинган барча тадыиыотларни щз ичига олмайди, чунки ультратовушнинг ыщлланиш сохаси ранг-баранг ва уни кенгайтириш истиыболлари каттадир. Яна ультратовуш голографиясининг тиббиётга кириб келиши ва ундан фойдаланиш янада янги диагностика усулларини пайдо бщлишига умид боълайди.

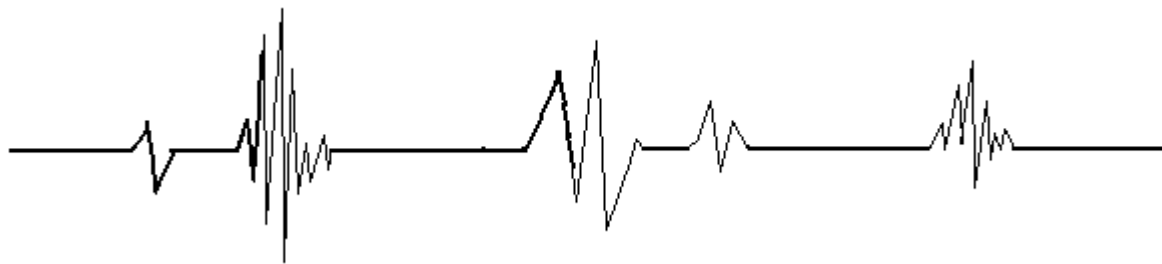
7.2. Клиникада товуш ёрдамидаги усуллар билан текширишнинг физик асослари.

Касалликни диагностика ёилишнинг кенг тарыалган усулларида бири аускультация (эшитиб кщриш) - бизни эрамиздан олдинги II асрдаёы маълум бщлган. Аускультация учун стетоскоп ёки фонендоскоп ыщлланилади. Фонендоскоп ковак капсула-1 дан ва товушни узатадиган мембрана-2 дан иборат. Мембрана бемор танасига ыщйилади, ундан чиыыан иккита трубка-3 врач ыулоьига боради. Ичи ковак капсула ичидаги хаво устунида резонанс ходисаси вужудга келиб, товуш чиыариш кучаяди ва аускультация яхшиланади.

Щпкани аускультация ёилишда нафас олиш пайтида ёосил бщлган шовыинларни, касаллик учун характерли бщлган турли хил хириллашларни эшитиб кщрилади. Юрак тонларининг щзгариши ва шовыинларнинг вужудга келишига ыараб, юрак иш фаолятининг ёолати хаыида фикр юритиш мумкин. Аускультациядан фойдаланиб, ошыюзонда ва ичакдаги тщлыинсимон ыисыаришлардаги ортыгча ыщзъалишларни (перисталтикаларни) ва она ыорнидаги боланинг юрак уришларини аниылаш мумкин.

Беморни бир ваытнинг щзида бир неча кузатувчилар иштирокида щыув маысадлари ва консилиум ёилишда эшитиб кщриш учун микрофон, кучайтиргич, громкоговорител ва бир неча телефонлардан иборат бщлган системадан фойдаланилади.

Юрак иши фаолятининг ёолатини диагностика ёилишда аускультация методига щхшаш бщлган фонокардиография (ФКГ) методи ыщлланилади. Бу услунинг мазмуни юрак тонлари ва шовыинларини график кщринишда ыайд ёилиш ва уларни диагностик анализ ёилишдан, тушунтиришдан иборатдир. Фонкардиограммани ёзиб олиш фонокардиограф ёрдамида амалга оширилади. Фонокардиограф, микрофон, кучайтиргич, частота филтрлардан ва ыайд ёилувчи ыурилмадан иборат. 31-расмда нормал фонокардиограмма кщрсатилган.



Расм 31.

Юъорида баён этилган усулдан тубдан фары ыилувчи яна бир усул перкуссия усули бщлиб, бунда тананинг турли ыисмларига уриб кщришда чиъаётган товуш эшитиб кщрилади.

Фараз ыилайлик, бирор жисм ичида ъаво билан тщлдирилган берк соха берилган бщлсин. Агар бу жисмда товуш тебранишлари ъосил ыилинса, товуш тебранишларининг маълум бир частотада бу берк соъадаги ъаво резонанслана бошлаб, шу берк соъанинг щлчами ва туриш вазиятига мос келувчи тонни ажратади ва кучайтиради. Одам танасини ъам схематик кщринишда газ билан тщлдирилган (щпка), суюыликлар (ички азоларда), ыаттиы жисмлар (суяклар) ъажмларининг йиъиндисидан иборат деб тасаввур этиш мумкин. Тана сирти бщйлаб уриб кщрилганда тебранишларнинг кенг диапазондаги частотаси ъосил бщлади. Бу диапазон оралиъидаги айрим тебранишлар етарлича тез сщнади, бошыалари, яъни ъаво бщшлиъининг хусусий частотаси билан мос келгани эса резонанс туфайли кучайиб, эшитувчан бщлиб ыолади. Тажрибали врач, перкуссия товушлари тонига ыараб, ички азолар ъолатини ва топографиясини аниылайди.

АДАБИЁТЛАР

1. Бреховских Л.М., Годин О.А. Акустика слоистых сред.- М.: Наука, 1989.-416 с.
2. Викторов И.А. Ультразвуковые поверхностные волны в твердых телах.- Киев: Техника, 1982.-460 с.
3. Гурвич А.К., Ермолов И.Н. Ультразвуковой контроль сварных швов.- Киев: Техника, 1982.-460 с.
4. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля,.- М.: Машиностроение, 1981.-240 с.
5. Иванов В.И., Белов В.М.-Акустикоэмиссионный контроль сварки и сварных соединений.- М.: Машиностроение, 1981.-284 с.
6. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы неразрушающего контроля многослойных конструкций.- М.: Машиностроение, 1991.
7. Методы акустического контроля металлов/Под ред. Н.П.Алешина.- М.: Машиностроение, 1989.-456 с.
8. Потапов А.И. Контроль качества и прогнозирование надежности констукций из композитных материалов.-Л.: Машиностроение, 1980.-126 с.
9. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. В 2 кн./Под ред. В.В.Клюева.- М.: Машиностроение, 1986. Кн.2.-352 с.
10. Скучик Е. Основы акустики. В 2т.-М.:Мир, 1996.Т.2.-246 с.
11. Ультразвук. Маленькая энциклопедия/Под ред. А.П.Галяминой.-М.: Советская энциклопедия, 1989.-400 с.
12. Ультразвуковые пьезопреобразователи для неразрушающего контроля. Под.ред. И.Н.Ермолова.-М.: Машиностроение, 1986.-280 с.
13. Физическая акустика. В 4 т. Под ред. У.Мэзона.Т.1.Методы и приборы ультразвуковых исследований. Ч.А.-М.: Мир, 1996. 592 с.
14. Чебанов В.Е. Лазерный ультразвуковой контроль материалов.- Л.: Издат. Ленинградского университета, 1986.- 232 с.