

С15:8  
К 90

ФАН ҲАКИДА СУХБАТЛАР

А.И. КУЛАГИН

Қанқ  
ХҲЖАЛИГИДА  
УЛЬТРАТОВУШНИНГ  
ИШЛАТИЛИШИ

№ 9143



А. И. КУЛАГИН

615.83  
К-90

Х А Л Қ  
ХУЖАЛИГИДА  
УЛЬТРАТОВУШНИНГ  
ИШЛАТИЛИШИ

Э/б 9143

БИБЛИОТЕКА  
СА. ХУН  
г.р. Самарқанд

„Қизил Ўзбекистон“, „Правда Востока“  
ва „Ўзбекистони Сурх“ бирлашган нашриёти  
Тошкент—1960

+

Эластик муҳит зарраларининг (газлар, суюқликлар, қаттиқ жисмлар) тўлқинсимон тарқаладиган тебранма ҳаракатига товуш деб аталади.

Товуш — тебранишлар частотаси ёки даври, тўлқин узунлиги, тарқалиш тезлиги, энергияси, интенсивлиги ва товуш босими билан характерланади.

Товуш частотаси (тебранишлар зичлиги) эластик муҳит заррасининг вақт бирлигида қиладиган тебранишлар сони билан ўлчанади. Зарранинг бир тебраниши учун кетган вақт давр деб аталади. Частота *герц* деб аталувчи бирлик билан ўлчанади. 1 герц 1 секундда бир марта тебранишини, 1 кгц (килогерц) 1 секундда минг марта тебранишни, 1 мегогерц 1 секундда миллион марта тебранишни билдиради. Товуш тебранишлари 1 гцдан 1 миллиард гц гача кенг диапазонда частотага эга бўлиши мумкин.

Одам қулоғи частотаси 15—20 гц дан 16—20 кгц гача бўлган товуш тебранишларини сеза олади. 16 гц дан паст частотадаги товуш тебранишларини инфратовушлар деб, 16—20 кгц дан юқори частотадаги товуш тебранишларини — ультратовушлар деб аталади.

Товушнинг табиий, шунингдек инсон қўли би-

лан яратилган ниҳоятда хилма-хил манбалари бор.

Манбадан товуш тўлқинларининг тарқалиш тезлиги муҳитга ва унинг физик аҳволига (температура, босимга) боғлиқ бўлади. Масалан, ҳавода нормал атмосфера босими ва температура 0°С бўлганида, товушнинг тезлиги секундига 331 метр бўлади, сувда эса 25°С температурада секундига 1497 метрга боради. Қаттиқ жисмларда узала (узунасига) тебранишлар билан биргаликда (бунда зарралар товуш тўлқинларининг тарқалиш текислигида тебранади), кўндаланг тебранишлар ҳам бўлиб, бунда зарранинг тебраниш текислиги тўлқин тарқалиш йўналишига перпендикуляр бўлади. Масалан, темирда узала тебранишларнинг тарқалиш тезлиги секундига 5850 метр бўлса, кўндаланг тебранишларнинг тарқалиш тезлиги эса секундига 3230 метрга боради.

Товуш тўлқинлари тарқалаётган муҳит зарралари мувозанатлик ҳолатига яқин тебранма ҳаракат қилади, чунончи муайян масофада жойлашган зарралар бир йўналишида ҳаракат қилиш билан бир вақтда мувозанатлик ҳолати орқали ўтади ва мувозанатлик ҳолатидан максимал масофага оғади. Мана шу масофа тўлқин узунлиги деб аталади. Товушнинг тарқалиш тезлиги қанча катта ва частотаси қанча кичик бўлса, тўлқин узунлиги шунча катта бўлади.

Товуш тебранишлари яратилаётганида манбанинг энергияси муҳитда тарқалади. Иккинчи томондан, муҳитнинг ҳар бир зарраси мувозанатлик ҳолатига яқин ҳолатда тебранади, яъни товуш майдонида модда ташилмаган ҳолда энергия ташилади.

Товуш маълум даражада кучли ва кучсиз бў-

лиши мумкин. Одам қулоғи чивиннинг чийиллашидан тортиб тўп отилиш овозига қадар турлича кучдаги товушларнинг фарқига бора олади. Товуш майдонини энергетика жиҳатидан характерлаш учун энергия зичлиги, яъни товуш майдони ҳажм бирлигида бўлган энергия олинган, лекин кўпинча товуш интенсивлители ёки товуш кучи деб аталувчи меёр — қўлланилади. Товуш кучи — тўлқин тарқалиш йўналишига перпендикуляр бўлган 1 квадрат сантиметр майдонча орқали 1 секундда ўтувчи ватт ва эрг билан ўлчанган энергиядир.

Товуш манбаининг вақт бирлигида тарқатадиган умумий энергияси акустик қувват деб аталади.

Қулоқ эшитадиган товуш кучи  $10^{-9}$  дан  $10^3$  эрг/см<sup>2</sup> секундгача бўлади, яъни қулоқ оғритмайдиган энг кучли товуш энергияси зўрға эшитиладиган товуш энергиясидан  $10^{12}$  барабар ортиқ бўлади.

Товуш тўлқинлари бир муҳитдан бошқа хил акустик хусусиятга эга бўлган иккинчи муҳитга ўтаётганида мана шу муҳитлар чегарасида қайтарилади ва синади. Берилган муҳитда бир неча тўлқин тарқалганида, шунингдек тўлқин қайтганида интерференция ва турғун тўлқинларнинг ҳосил бўлиши мумкин.

Энди ультратовушнинг олинishi ва унинг қўлланилиши устида тўхтаимиз.

### Ультратовуш манбалари

Ультратовуш фан ва халқ хўжалигида тобора кўпроқ қўлланилиб бормоқда. Фанда ультратовушдан модданинг тузилишини ва унинг физик хоссаларини ўрганиш методи сифатида кенг қўлланилмоқда. Техникада ультратовушдан турли

технология процесларини тезлаштириш ва яхши-лаш мақсадида моддага актив таъсир кўрсатиш ва контроль қилишда файдаланилмоқда.

Ҳозирги вақтда энитиладиган товушлар об-ластида маълум бўлмаган катта интенсивликда-ги ультратовуш тебранишлари олинмоқда. Ҳозир-да ультратовушнинг максимал кучи ҳар квадрат сантиметрда унлаб ватт билан ўлчанади. Шун-и айтиб ўтайликки, уй радио карнайининг товуш кучи  $2 \cdot 10^{-4}$  вт/см<sup>2</sup> секунд, тўп отилиши товуш кучи тахминан  $10^{-3}$  вт/см<sup>2</sup> секунд, яъни ультра-товуш тарқатувчилардан олиннадиган товуш ку-чидан ун минглаб барабар камроқдир.

Ультратовуш соҳасида эришилган муваффа-қиятлардан яна бири уни оптик усуллар билан визуаллаштиришдир; ультратовуш яхши фокус-ланиши ва керакли томонга қараб йўналтирили-ши мумкин.

Ультратовуш олин-иш принциплари хилма-хилдир. Саноат тажрибасида ультратовуш сире-налари ва суюқлиқ ҳуштаклари шаклидаги ме-ханик товуш тарқатувчилар, магнитострикцион ва пьезоэлектрик товуш тарқатувчилар қўллани-ла бошланди. Сўнгги вақтларда бизнинг мамла-катимизда суюқлиқлардаги электр разряди асо-сида ультратовуш тўлқинлари олин-иш бўйича му-ваффақиятли ишлар ўтказилди.

Сиреналар ультратовуш манбалари сифатида шу асрнинг 30-йилларидан бошлаб қўлланила бошланди. Ультратовуш сиренаси сигнал сире-насидадан принципиал жиҳатдан фарқ қилмайди. Юқори товуш тарқатиш частотаси статор ва ро-тордаги тешиклар сонининг кўп бўлиши ҳисоби-га ҳам, шунингдек айланиш сонининг оширили-ши ҳисобига ҳам эришилади. У газ муҳитида частотаси 5 кгц дан 40 кгц гача ва бир неча

ун киловаттга қадар акустик қувватли товуш тебраниши тарқатади. Сиренанинг фойдали иш коэффициенти 50—70 процентга қадар етиб бо-риши мумкин.

Сиреналар суюқ муҳитда товуш тарқатиш учун яроқсиздир. Бундай мақсадлар учун суюқ-лиқ ҳуштаклари (гидродинамик товуш тарқат-гичлар) ишлаб чиқилган. Бундай ҳуштакларда юпқа эластик пластина ультратовуш манбаи бў-либ, пластинанинг қиррасига катта тезлик билан ҳаракат қилувчи суюқлиқ оқими келиб урилади.

Магнитострикцион ва пьезоэлектрик ҳодиса-лар асосида электр энергиясини ультратовуш энергиясига айлантиришга асосланган ультрато-вуш манбалари суюқ ва қаттиқ муҳитда товуш тарқатишда кенг қўлланиладиган бўлди.

Магнитострикция ҳодисаси магнит майдони-да ферромагнит материалларнинг ўлчамини ўз-гартиришдан иборатдир. Масалан, ферромагнит материалдан ясалган стержень ёки найчани ўзи бўйлаб йўналган ўзгарувчан магнит май-донига жойлаштирилса, у ҳолда унинг ўлчамла-ри ўзгарувчан магнит майдони частотаси билан мос ўзгаради.

Ўзгарувчан магнит майдонини эса ўзгарувчан электр токи генераторлари беради. Бундай гене-раторларнинг вазифаси саноат токини юқори частота токига айлантиришдан иборатдир. Ҳо-зирги мавжуд ишлаб чиқариш установкаларида одатда лампали генераторлар қўлланилади.

Қудратли магнитострикцион товуш тарқатгич-ларда электромагнит тебранишларини механик тебранишларга айлантирувчи қурилма никель ёки пермендюрдан тайёрланади.

Магнитострикцион товуш тарқатгичлар 15 кгц дан 200 кгц гача бўлган частоталарда етарлича

фойдали иш коэффициентига эга бўлади. Бундай товуш тарқатгичларнинг тарқатиш интенсивлиги  $10 \text{ вт/см}^2$  гача етиб бориши мумкин.

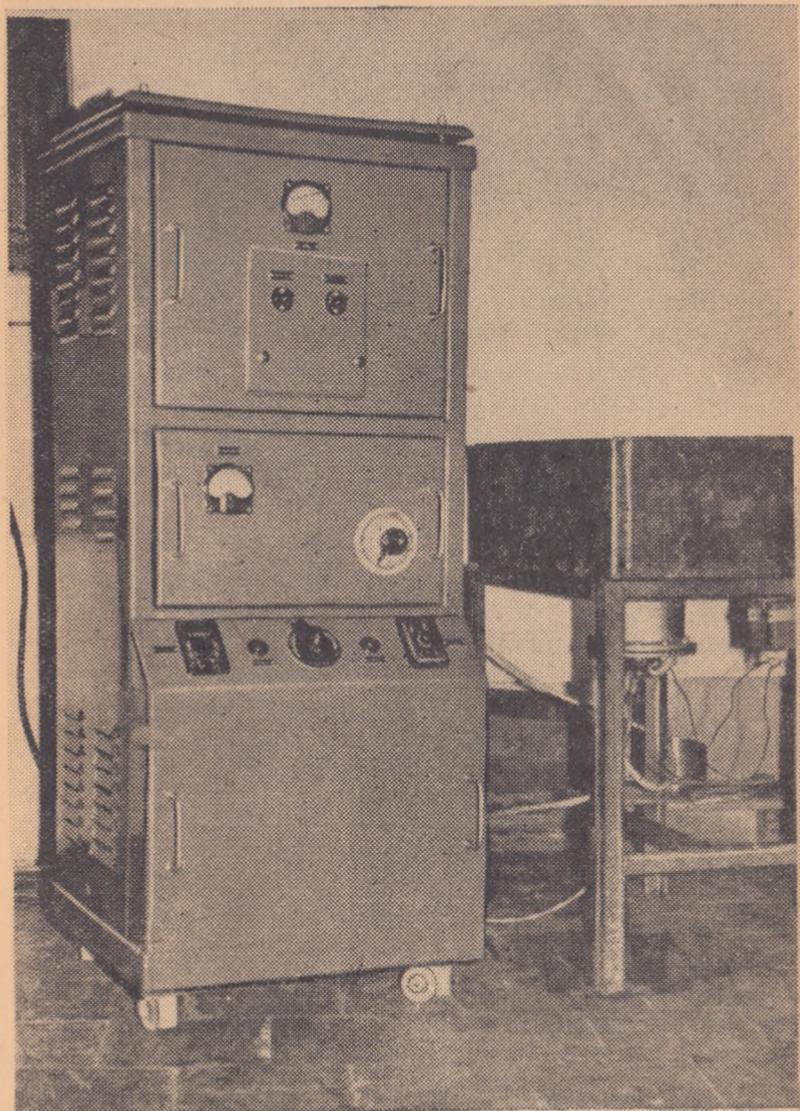
Ҳозирги вақтда бизнинг sanoатимиз частотаси 18 кгц дан 30 кгц гача ва қуввати 1,5 квт дан 30 квт қадар бўлган хилма-хил магнитострикцион генераторларни ишлаб чиқармоқда.

1-расмда Ленинград юқори частота установкалари заводи чиқарган УЗМ-1,5 маркали магнитострикцион генератор кўрсатилган. Бундай генератор икки асосий қисмдан: электр генератори ва магнитострикцион ўзгартирувчидан иборатдир. Мазкур установка 800 вт га қадар акустик қувват олишга имкон беради.

Пьезоэлектрик ҳодисага асосланган товуш тарқатгичлар илмий тадқиқот ишларида, медицинада, sanoатда, айниқса контроль қилиш ва автоматлаштириш мақсадларида кенг қўлланила бошланди.

ХІХ асрнинг охирида кварц, турмалин, шакарқамиш маълум йўналлишларда сиқилганида ёки чўзилганида уларнинг сиртида электр зарядлари пайдо бўлиши аниқланди. Бунга тесқари бўлган ҳодиса ҳам топилди. Бундай кристалл электр майдонига киритилиб, муайян ҳолатда жойлаштирилса, кристалл сиқилади ёки чўзилади. Энди электр майдонини ток частотаси пьезоэлектрик кристалл механик тебранишлари частотаси билан мос келадиган ўзгарувчан қилинса, у ҳолда кристалл электр тебранишларига мос равишда сиқилади ёки чўзила бошлайди.

Электромагнит тебранишларини механик тебранишларига айлантирувчи бундай қурилмалар ХХ асрнинг бошларида яратилган эди. Совет олимлари махсус равишда ишланиб барий титанатидан тайёрланган пластинкаларда пьезоэлект-



1-рaсм.

рик ҳодиса бўлишини кашф этдилар. Ҳозирги вақтда пьезоэлектрик товуш тарқатгичларда одатда кварцдан қилинган ёхуд барий титанатидан қилинган ўзгартирувчилар қўлланилади.

Пьезоэлектрик товуш тарқатгич магнитоскрипцион товуш тарқатгич сингари икки қисмдан: электр генераторидан (бунда юқори частотали ўзгарувчан ток ҳосил қилинади) ҳамда кварц ёки барий гигант пластинадан иборат ўзгартирувчидан ташкил топгандир.

Кварц товуш тарқатгичлар 1000 мегогерцга қадар бўлган жуда юқори частотали ультратовуш олишга имкон беради. Кварц пластинка ҳосил қиладиган ультратовуш кучи пластинкаларнинг ишланиши ва маҳкамланишига кучли равишда боғлиқ бўлиб, ўрта ҳисоб билан 10 вт см<sup>2</sup> ни ташкил этади, лекин 55 вт см<sup>2</sup> га қадар интенсивликдаги акустик тебранишлар олишга муваффақ бўлинди. Кварц товуш тарқатгичлар 200 кгц дан ўнлаб мегогерцга қадар бўлган частоталарда фойдаланилади. Бу ҳолда ультратовуш частотаси етарлича юқори бўлганлигидан тўлқин узунлиги жуда қисқа бўлиши ва, бинобарин, суяқлиқларда ўнлаб атмосфера келадиган босим олиш мумкин, ультратовуш майдонидаги тезланиш эса оғирлик кучи тезланишидан юзлаб минг марта катта бўлади.

Ультратовуш тебранишларининг приёмниклари пьезоэлектрик ҳодисага асосланган, шунинг туфайли маҳсулот сифатини контроль қиладиган турли қурилмаларда пьезоэлектрик товуш тарқатгичлар кенг қўлланилмоқда.

**Технология процессларини текшириб туриш ва бошқаришда ультратовушнинг ишлатилиши**

Турли буюмлардаги ички нуқсонларни топишда ультратовушдан фойдаланиш кенг ёйилди.

Тобланган катта валлар ва юпқа пўлат тахталар, мотор ва темир-бетон конструкцияларининг қисмлари, автопокришкалар ва пайвандлаб уланган чокларининг сифатини текширадиган асбоблар яратилди.

Сапоатнинг бир қатор соҳаларида 2—3 метрдан ортиқ қалинликдаги деталларни текширишда ультратовуш методи тенги йўқ метод ҳисобланади, шунингдек бу метод текширишнинг рентген ва гамма нури методларига қараганда унумли ишлашга имкон беради. Текширилувчи материалда ультратовуш сезиларли югилишсиз тарқаладиган ҳолларда ультратовуш дефектоскопи (нуқсон аниқлагичи) қўлланилади.

Совет Иттифоқи ультратовуш дефектоскопиясининг ватани ҳисобланади. Материалларни ультратовуш дефектоскопия методи билан текширишни 1928 йилдаёқ СССР Фанлар академиясининг корреспондент-аъзоси профессор С. Я. Соколов Ленин номидаги Ленинград электротехника институтида ишлаб чиқиб, биринчи марта амалга оширган эди.

Ленинграддаги Киров номи завод металлларнинг ички нуқсонларини топилда ультратовуш воситасида текширишни биринчилардан бўлиб қўллади. 30-йилларда С. Я. Соколовнинг ультратовуш дефектоскопи торсион валларни контроль қилишда ҳам қўлланилди. Дефектоскоплардан самарали фойдаланилаётганлигини кўрсатувчи кўп мисоллар келтирмоқ мумкин. Гидростанция қурилишларида бирида қалинлиги 25 мм келадиган 1000 донна прокат пўлат тахталарнинг сифати шубҳа туғдирди. Тахта қирраларига қаралганида, улар қатламларга ажралиб кетиши эҳтимоли тахминланади. Тахтанинг бир печа жойидан қирралари кесиб кўрилганида, тахмин тасдиқла-

ниб, ҳалиги пўлат тахталарнинг ҳаммаси чиқитга чиқарилди.

Шундан сўнг пўлат тахталар ультратовуш дефектоскопи билан текшириб кўрилди. Бунда фақат бир неча тахтадагина қиррадан унча узоқ бўлмаган қарийб  $10 \times 20$  см майдондагина қатламланиш бўлганлиги топилди. Қолган тахталар текшириб кўрилганда қирраларининг кўриниши шубҳали бўлишига қарамай, уларнинг қатламланмаганлиги аниқланди.

Дефектоскопнинг нуқсонли деб топган жойидан кесиб олинган намуналарда қатламланиш борлиги тасдиқланди. Қатламланиш борлиги пайқалмаган барча тахталарнинг қирралари кесиб ташланди, натижада қатламланиш йўқ эканлиги тасдиқланди. Шундай қилиб, анча прокат пўлат тахтани ишонч билан ишлаб чиқаришга топшириш мумкин бўлди.

В. И. Ленин номи Ленинград электротехника институтининг ходимлари прокатланган пўлат тахталарни кўплаб текширадиган завод установкасини ишлаб чиқдилар. Бутун установка 500 ваттга қадар электр қувватини истеъмол қилиб, ўлчами камида 0,5 квадрат сантиметр келадиган нуқсонларни топишга имкон беради, бу эса энг масъулиятли ҳисобларни ҳам етарлича қониқтира олади.

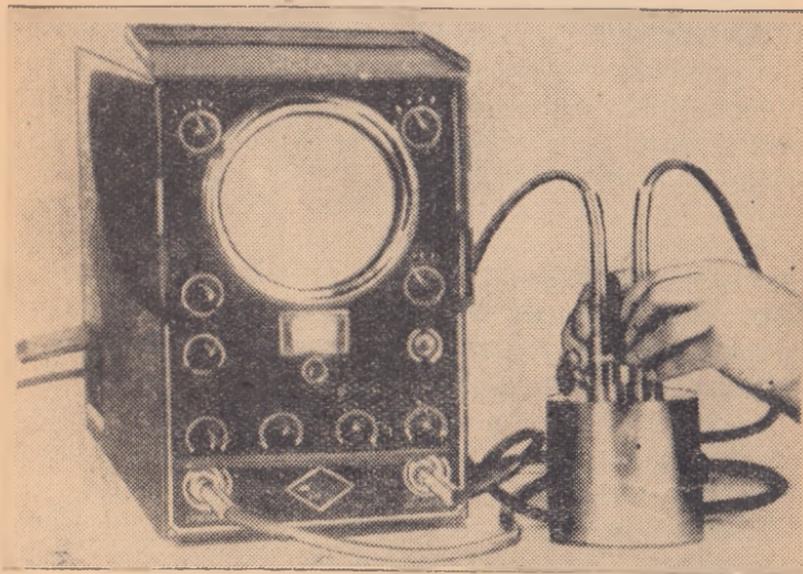
Ультратовуш ўтказиб текшириш методи юпқа қилиб прокатланган тахталардаги қатламланишни топишга имкон берувчи ягона метод бўлиб чиқди. Шунга қадар бундай тахталардаги қатламланишлар тахтага болға билан урилганда эшитиладиган характерли товушга қараб аниқланиларди. Аммо бу хил методнинг сезгирлиги кам эди. Болға билан уриш методи билан фақат йирик нуқсонларнигина топиш мумкин бўларди.

Чет элларда соя дефектоскопи ёрдами билан турли резина буюмларнинг сифати текширилмоқда. Автопокришкаларда эса улар кўпдан-кўп резина ва корд қатламларидан иборат бўлганлигига қарамай 1 см<sup>2</sup> чамаси майдондаги қатламла-ниш ҳам топилади.

Шундай дефектоскоп ёрдами билан қозон учун ишлатиладиган тахталардаги коррозияни йўқотиш учун қўлланиладиган эритманинг металл билан қотишини сифати, баббит вкладишнинг подшипник корпусига ётиши зичлиги текширилади.

2-расмда УЗД-14 маркали ультратовуш импульси дефектоскопи кўрсатилган бўлиб, уни Ленинград электротехника институти ишлаб чиққан ва тайёрлаган.

Импульсли ультратовуш дефектоскопининг ишлаш принципи қуйидагидан иборат. Текшири-ладиган буюм сиртига ультратовуш қидирувчи-



2-расм.

си—шчуп ўрнатилади. Асбоб билан электрик боғланган пьезоэлектрик ўзгартирувчи—барий титанат пластинкаси шчупнинг асосий қисми ҳисобланади.

Барий титанат пластинкаси қисқа вақт оралиғи (2—3 микро секунд чамаси) да юқори частотали электр импульси билан уйғотилади. Бунда тескари пьезоэффект ҳодисаси туфайли барий титанати пластинкаси ультратовуш импульсини тарқатади ва у металлдан ўтади. Ультратовуш импульси тўқнаш келган нуқсонлар ва деталнинг нариги қирраси (туби)дан қисман тескари йўналишда қайтиб, янгитдан барий титанат пластинкасига келади, энди бу пластинка приёмник бўлиб хизмат қилади. Тўғри, пьезоэффект ҳодисаси туфайли барий титанат пластинкаси ультратовуш импульсларини электр импульсларига айлантиради, бу импульслар кучайтирилади ва индикатор экранда қайд қилинади. Асбобда электрон-нурли трубка индикатор хизматини ўтаб, унинг экранда махсус ёювчи қурилма ёрдами билан деталда ультратовуш импульсининг тарқалишига мос келувчи вақт диаграммаси қурилади. Электрон-нурли трубка экрандаги горизонтал чизиқ (ёйилиш) вақт ўқини ифодалаб, унинг бошланиши деталга импульс юборилиш моменти билан мос келади, шунинг учун юборилувчи бошланғич импульс ёйилиш чизигининг бошланишида равшан кўринувчи чайқалиш (импульс) сифатида қайд қилинади.

Ультратовуш мазкур материалда ўзгармас тезлик билан тарқалганлигидан, тарқалиш вақти ўтилган йўлга тўғри пропорционал бўлади.

Деталь ичида жойлашган нуқсонга қадар бўлган масофа ҳаминша деталнинг тубига қадар бўлган масофадан қисқароқ бўлади. Шунинг учун

ультратовушни қайтарган нуқсон ёйилиш чизиғида деталь тубидан қайтиб келган ультратовушга мувофиқ келувчи импульсга қараганда ёйилиш чизиғининг бошланишига яқин жойлашган импульс шаклида қайд қилинади. Ёйилиш чизиғи бўйича бошланғич импульс билан нуқсондан қайтиб келган импульс ўртасидаги масофа нуқсон ётиш чуқурлигига пропорционал бўлади.

УЗД-14 маркали дефектоскоп битта шчуп билан, шунингдек иккита шчуп билан ишлай олади ва қуйидаги нуқсонларни: дарзлар, пуфаклар ва ховоллар, аралашган шлаклар, қатламлашиш ва кукунланган жойларни топишга мўлжалланган. Товуш таъсир эттириладиган материал қалинлиги бир неча миллиметрдан ўнлаб метрга қадар бориши мумкин.

Кейинги йилларда импульсли ультратовуш дефектоскоплари машинасозликнинг барча тармоқларида завод шароитларида буюмларнинг нуқсонини топишда кенг қўлланила бошланди.

Буғ қозонларида парчинланган чокларда дарз пайдо бўлиши ҳисобига кўпинча жиддий авариялар бўлиб турарди. Буғ қозонларни ультратовуш методи билан контроль қилиш қўлланилгандан сўнг, кўпгина ҳолларда аварияга йўл қўйилмаслигига имконият туғилди.

Ҳозирги вақтда ультратовуш турбогенератор валлари ва турбина дискаларини текширишда қўлланилади. Ультратовуш методи ёйилганига қадар бундай валлар ҳеч текширилмас эди ва бунинг натижасида баъзан электростанцияларда авариялар бўлиб турарди.

Шарикли подшипниклардаги ички нуқсонларни топишда ультратовушнинг қўлланилиши ҳам механизмларнинг аварияга учрашини камайтиришга имкон берди.

СССРда ишланган ультратовуш микроскоплари ва дефектоскоплари фақат нуқсонларни топибгина қолмай, шу билан бирга уларнинг тасвирини олишга ҳам тиниқ бўлмаган материалларни ёритиб, уларнинг структурасини экранда тасвирлашга имкон беради.

Ультратовуш дефектоскопларида ультратовуш тўлқинларининг бир муҳитдан иккинчи муҳитга ўтишда қайтарилиш хусусиятидан фойдаланилади, текширишнинг бошқа методлари ультратовушнинг турли моддаларда тарқалиш ва ютилиш тезлигини ўлчашга асослангандир. Ҳозир саноатда ультратовуш методлари газларни анализ қилишда, ҳаводаги чанг концентрациясини ўлчашда оқаётган суюқликнинг қовушоқлиги, концентрацияси, тезлиги ва миқдорини аниқлашда, геология ва сейсмологияда қўлланилмоқда.

3-расмда суюқликнинг турлича аралашмалари ва эритмаларининг концентрация ўзгаришини ультратовушнинг тадқиқ қилинаётган ва эталон суюқликдаги тарқалиш тезлигини таққослаш йўли билан узлуксиз ўлчаш учун мўлжалланган ИС-3 (ультратовуш тарқалиш тезлигининг индикатори) асбоби тасвирланган. Мазкур асбоб электр тебранишлари генератори ва датчикдан ташкил топган. Датчикда иккита линия бўлиб, уларга эталон ва тадқиқ қилинадиган суюқлик қўйилади.

Ҳар бир линияда иккита пьезоэлектрик пластинка бор: пластинкалардан бири ультратовуш тебранишлари манбаи бўлиб, иккинчиси эса тебранишлар приёмниги бўлиб хизмат қилади. Бундай линияларда ультратовушнинг тарқалиш тезликларини таққослаб, текширилаётган эритма ёки аралашманинг концентрацияси аниқланади. Саноат шароитларида эталон линияга ўртача

концентрациядаги аралашма ёки эритма қуйи-лади. Иккинчи линиядан эса цехда олинаётган аралашма ёки эритма тўхтовсиз ўтиб туради. Асбоб олинаётган маҳсулотнинг керакли концен-трациядан оғишини нисбий тезлик бирликлари-да 0,02 процентга қадар аниқлик билан кўрса-тади.

Ультратовуш сув остида ягона алоқа қилиш ва контроль қилиш воситаси бўлиб чиқди. Бирин-



3-расм.

чи жаҳон уруши йиллари немис сувости кемала-ри инглиз ва француз савдо флотига катта зарар етказаетганда француз олими П. Ланжевен 100 кгц частотада ишловчи биринчи ультратовуш гидролокаторини таклиф этди; гидролокаторнинг таъсир радиуси 2 километр атрофида эди. Ультратовуш гидролокаторининг иш принципи одатда-ги радиолокаторникига ўхшашдир, фақат ультратовуш гидролокаторида ультратовуш тўлқин-лари тарқатилади.

Ҳозирги вақтда ультратовуш гидролокатори фақат кемалар ва сув остидаги бошқа нарсалар-

ни топиш учунгина эмас, шу билан бирга кемаларнинг тезлигини ўлчаш, денгиз чуқурлигини ўлчаш ва сув остида 10—15 километрга қадар алоқа боғлашда ҳам қўлланилади. Эндиликда барча кемаларга кема тезлигини аниқлайдиган, денгиз чуқурлигини ўлчайдиган ультратовуш асбоблари (эхолотлар) қўйилгандир.

Ҳозирги эхолотлар сувда бир неча юз метр чуқурликдаги радиуси 1 сантиметрдан ҳам кичикроқ нарсаларни топиши ва ўларнинг ҳаракатини кузатиши мумкин. Шундай эхолот билан 16,5 сутка мобайнида Ламаншдан Флоридага қадар Атлантик океан туби профилини катта аниқлик билан чизиб чиқилди.

Балиқ овловчи кемалар ҳам гидроакустик локаторлар билан ускуналанмоқда. Бундай локаторлар балиқ уюрларининг туриш чуқурлиги, балиқ сони ва унинг ҳаракат йўналишини билишга имкон беради.

Ультратовуш асбоблари кит овлашда ҳам қўлланмоқда. Ультратовуш эхолоти принциpidан турлича берк идишлардаги суюқлик (сув, бутан, пропан, кислород ва бошқа суюқликлар) юзасини аниқлашда фойдаланилади.

Ҳозирги вақтда ультратовуш асбобларидан кўр кишиларнинг мўлжал олишлари, автомашиналарнинг туманда ҳаракат қилиши ва бошқа шунга ўхшаш соҳаларда фойдаланишга уриниб кўрилмоқда.

### **Кучли ультратовуш тебранишларининг қўлланилиши**

Кейинги вақтларда ультратовуш тебранишларига катта қизиқиш уйғонишига сабаб шуки, физик олимлар моддага таъсир этиб, унинг хос-сасини ўзгартишга имкон берувчи қудратли то-

вуш манбаларини яратдилар. Фаннинг бу соҳаси ҳали жуда ёшдир. XX асрнинг 30-йилларига қадар модданинг физик хоссаларини ўзгартириш мақсадида унга товуш тебранишларини таъсир эттириш имконияти тўғрисида ҳеч ким ўйлаб ҳам кўрмаган эди.

Қисқа муддат ичида ультратовуш бир қанча саноат операцияларида ишлатиладиган бўлди. Масалан, қаттиқ ва мўрт материаллар (вольфрам карбиди, тобланган пулат, германий, олмос, корунд, шиша, феррит ва бошқалар)ни механик ишлашда, алюминийни кавшарлаш ва қалайлаш ҳамда деталларни тозалашда ультратовушдан кенг фойдаланилади.

Ҳозирги вақтда металлургияда металлларнинг хоссаларини яхшилашда, туқимачилик саноатида, мўйна, озиқ-овқат саноати, кончиликда ва қишлоқ хўжалигида ультратовушдан фойдаланиш соҳасида тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Эксплуатацияда пухта ва етарлича тежамли ультратовуш генераторлари бўлмаслиги ультратовушнинг техникада кенг жорий этилишига тўсқинлик қилиб турибди. Ишлаб чиқариш процесси мураккаб бўлиб, олинаётган маҳсулотнинг нархи баланд келадиган жойларда ҳозирдаёқ ультратовуш кенг қўлланилмоқда.

### **Деталларни тозалаш ва идиш-товоқни ювишда ультратовушнинг қўлланилиши**

Агар суюқликда кучли ультратовуш тебранишлари вужудга келтирилса, суюқликда жуда катта босим тафовути пайдо бўлиши ҳисобига суюқлиқ буғлари ва ҳаво билан тўлган пуфакчалар шаклида узилишлар ҳосил бўлади. Унга кавитация ҳодисаси деб ҳам айтилади.

Кавитация пуфакчалари ёрилганида катта

куч ҳосил бўлиб, шу куч ҳисобига бузилиш рўй беради. Агар шундай шароитлар ҳозир қилинган идишга бирорта ювиқсиз жисм солинса, жисм сиртидан чирк ва мой ажралади. Чунончи, ювадиган муҳит ва унинг аҳволи (температура, босим) тўғри танлаб олинган бўлса, шунингдек ультратовуш тебранишларининг интенсивлиги ва частотаси тўғри олинган бўлса, тозалаш (ювиш) процессини етарлича самарали ва тежамли қилмоқ мумкин.

Ҳозирги вақтда ультравуш билан тозалаш қўл етиб бормаيدиган сиртларни тозалашда бирдан-бир восита бўлиб қолмоқда.

Электровакуум саноатидаги чиқитга чиқарилган радиолампарининг кўпчилик қисми катод керни тайёрлаш учун ишлатиладиган никель найчаларининг ички сиртларини ифлос бўлишидан келиб чиқарди. Ҳозирги вақтда радиолампарлар чиқараётган қарийб барча корхоналарда мазкур деталларни ультратовуш методи билан тозалаш усли қўлланилмоқда.

Мамлакатимиздаги баъзи корхоналарда ичдан ёнар двигателлар, тезликлар қутиси, подшипникларни ювиш, машина айрим деталларининг бўёғи ва зангини кетказишда ультратовуш кенг қўлланилмоқда. Масалан, тезликлар қутисининг алюминий қартерини тозалашга бир неча соат кетарди, шу идишда ультратовушдан фойдаланилганида мазкур операцияни 5 минутга қадар келтиришга имконият туғилди. Чет элларда соат механизмларининг деталларини тозалашда ультратовушдан фойдаланилмоқда. Швейцариянинг «Грюэн» фирмаси ультратовуш билан тозалашга ўтганидан сўнг соатларнинг гарантиясини икки баравар оширишга имконият туғилди. Чунки мойнинг ифлосланиши камайди. Шунингдек,

озиқ-овқат корхоналарида идиш-товоқларни ювиш ва парфюмерия саноатида ҳам ультратовушдан фойдаланилмоқда.

Ультратовуш билан прокат тахта сиртидаги куюндни олиш тажрибаси ҳам яхши натижа берди.

Шунингдек ультратовуш билан тўқималарни ювиш устида ҳам кўп тажрибалар қилиб кўрилди. Ультратовуш билан кир ювиш процесси жуда қисқаради. 30 кгц дан ортиқ бўлган юқори частоталарда кир ювиш процесси энг самаралидир. Лекин уй-рўзғорда ультратовуш кир ювиш машиналарининг қўлланилиши ҳозирча қиммат ва тежамсиздир. Саноатимиз уй шароитларида кир ювиш учун вибрацион кир ювиш асбоби (ВСП) чиқармоқда. ВСП электр энергиясини товуш тебранишларига айлантирувчи электромагнит ўзгартирувчисидан иборатдир. Лекин бу асбоб частотасининг кам бўлиши туфайли унча самарали бўлмай, нохуш шовқун чиқарганлигидан ишлатилиши ноқулайдир.

### **Қаттиқ материалларга механик ишлов бериш**

Агар деталь сиртини суюқлик ва қаттиқ абразивдан иборат суспензия билан қоплаб, мазкур суспензияда етарлича интенсивликдаги ультратовуш тебранишлари ҳосил қилинса, у ҳолда абразив заррасининг катта тезланиш билан ҳаракат қилиши ҳисобига деталь материалининг бузилиши рўй беради. 18—25 кгц га қадар паст частоталар қаттиқ материалларга ишлов беришда энг қулай бўлиб чиқди. Олинадиган тешик шакли товуш тарқатувчи (асбоб, парма) шаклига жуда боғлиқ бўлади.

Товуш тарқатгич ийдириш обмоткаси бўлган магнитостриктордан иборат бўлиб, товуш тарқа-

тувчи юзасига турлича шаклда (жез ёки пўлат) конуссимон насадкалар маҳкамланади. Насадка тор учида энергияни тўплаб беради ва унга ишчи каллак кавшарланади; олинадиган тешик ҳам мана шу каллакнинг шаклига боғлиқ бўлади. Пармаланган, ёхуд тўғрироқ қилиб айтганда, ишчи каллак ботирилган сайин материал ичига кириб боради ва янги суспензия берилади, ишланаётган материал зарралари аралашган суспензия эса чиқариб ташланади.

Материалга ишлов бериш тезлиги ультратовушнинг частотаси ва интенсивлигидан ташқари суспенция таркибига ҳам боғлиқ бўлади. Масалан, сувда ишлаш процесси мой ва керосинда ишлаш процессига қараганда тезроқ боради. Абразив кукунни қанча қаттиқ ва йирик бўлса «пармалаш» шунча тез бўлади. Ишчи каллак ишланаётган материалга қараганда секинроқ едирилади, у арзон материалдан қилинганлигидан янгисига алмаштириб қўйишнинг ортиқ оғирлиги тушмайди.

Одатдаги усуллар билан ишлов бериш қийин ёки бутунлай мумкин бўлмаган жойларда одатда ультратовуш қўлланилади. Кварц, феррит, германий, кремний, сопол, бўр ва вольфрам карбидлари мана шу йўл билан ишланади.

Ҳозирги вақтда радиолампадар ўрнига нимўтказгич материаллардан қилинган триод ва диодлар кенг қўлланилмоқда. Бундай «радиолампадарнинг» асосий деталлари германий ва кремнийдан қилинган юпқа пластинкалардир. Одатда бундай пластинкалар юпқа ва жуда қиммат турадиган олмос дисклар билан қирқилади; дисклар катта механик зўриқишлар туфайли кўпинча сишиб кетади. Шунингдек, германий ва кремний кристаллари ҳам зўриқишдан сибади. Шун

дай қилиб, қиммат турадиган мана шу деталларнинг катта қисми кукун ва чанг бўлиб кетади. Кристаллардан қирқиб олинган пластинкаларни яхшилаб пардозлашга тўғри келади.

Бу соҳада ультратовуш билан ишлов беришнинг жорий этилиши нимўтказгич кристаллардан пластинкалар қирқиб олиш ишини тубдан ўзгартириб юборади.

Ультратовуш ёрдами билан ферритдан қилинган ўзаклар ниҳоятда аниқлик билан тайёрланади. Бундай ўзаклар турли радиоаппаратларда кенг қўлланилади. Ферритдан қилинган бундай пластинкалар кристалларнинг ички структурасига таъсир кўрсатувчи механик зўриқишларга дуч келмайди.

Ультратовуш қаттиқ материални микроннинг ўндан бир улушича аниқлик билан йўниши ва пардозлай олиши ҳам мумкин.

### **Ультратовуш металларни эритиб пайвандлайди ва унинг хоссасини яхшилайди**

Москвадаги СССР Халқ хўжалиги ютуқлари виставкасининг «Наука» павильонида 1959 йили виставкага келувчилар металл тахталариши эритиб пайвандлайдиган ажойиб ультратовуш асбоби билан танишдилар. Бу асбобни СССР Фанлар академиясининг акустика институти яратган эди.

Ҳозирги вақтда ультратовуш одатдаги пайвандлашда қўлланилмоқда. Маълумки, бу усулда чокда купинча газ пуфакчалари шаклида нуқсонлар пайдо бўлар эди. Эритиб пайвандланаётган чокка ультратовуш таъсир этказилса, унинг структураси яхшиланиб, у янада бир жинсли ва майда донатор бўлиб қолади ва материалнинг аралашини ва кавитация ҳосил бўлиши ҳисобига

газлар эриган металлдан итқитилиб чиқазилади. Чокнинг пуфакчалари ва дарзлари бўлмайди.

Металларни совуқ усулда пайвандлашда ультратовушдан фойдаланилиши катта самара берди. Маълум бўлишича, металллар ниҳоят тоза металл сиртига жипс қўйилганида, катта босим остида металлларнинг оқиши деб аталувчи ҳодиса юз беради. Бир металл заррасининг иккинчи металл заррасига диффузияланиши ҳисобига улар маҳкам жипслашади.

Ультратовушдан фойдаланилиши мана шу босимни камайтиришга имкон берди, эритиб пайвандлашдан аввал металл сиртларини яхшилаб тозалаш зарурати қолмади.

СССРда ва чет элларда қилинган кўпдан-кўп тадқиқотлар металлларга ультратовуш таъсир эттирилишининг сифатни яхшилашда самарали натижа беришини кўрсатди. Ультратовуш таъсири остида алюминий билан қўрғошин, алюминий билан кадмий, темир билан рух қотишмалари олинди, рухни алюминийда, графитни бронзада диспергация қилинди. (Бир-бирига таркибий сингдирилади).

Металлургия заводларидаги пўлатни узлуксиз қўйишда кристалланиш процессига ультратовуш таъсир эттирилиши пўлатнинг хоссасини яхшилайди.

### **Алюминийни кавшарлаш ва қалайлаш**

Алюминий сирти мустаҳкам юпқа оксид пардаси билан қопланган бўлиб, у металлни бундан буён оксидланишдан сақлайди. Мана шу парда кавшарнинг алюминий билан тишлашишига тўсқинлик қилади. Ультратовуш таъсири билан алюминий сиртидаги оксид пардасини йўқотиш мум-

кин. Агар оксид парда йўқотилиши билан бир вақтда алюминий сирти эриган қалай билан қопланса, мустақкам қотишма олинади.

Ҳозирги вақтда ультратовуш паяльниклари (кавшарлайдиган асбоблари)нинг кўп хил конструкциялари ишлаб чиқилган. Бу паяльникларнинг ҳаммасида ультратовуш тебранишларининг магнитострикцион генератори бор. Унинг ўзгартирувчисига концентратор ўтказилган, концентраторнинг учига эса мис тиг қўйилган бўлиб, у одатдаги электрпаяльник сингари қизийди. Ультратовуш паяльник билан кавшарлаганда ҳеч қандай флюс талаб қилинмайди ва кавшарланган чок ниҳоятда мустақкам бўлади.

Кейинги вақтларда саноатда алюминий тахта ва симларни ультратовуш билан қалайлаш усули қўлланила бошланди.

### **Ультратовуш билан модда зарраларини майдалаш ва йириклаштириш мумкин**

Юқорида айтиб ўтилганидек, ультратовуш майдонида ниҳоят катта босим градиентлари пайдо бўлиб, бундан турли материалларга ишлов беришда фойдаланилади.

Агар идишга бир-бирининг устига икки хил аралашмайдиган суюқлиқ қаватма-қават қилиб қўйилса, масалан, сув билан бензол қўйиб, уларнинг остидан интенсив ультратовуш тўлқинлари таъсир эттирилса, бензол билан сув ажралишиб турган юзада уларнинг лойқаланишини кузатмоқ мумкин. Бензолда сув эмульсияси, сувда эса бензол эмульсияси пайдо бўлади.

Фармацевтикада, парфюмерияда, синтетик кимё ва озиқ-овқат саноатида, шунингдек саралаш саноатида қимматбаҳо рудаларни флотация

усули билан ажратиб олишда эмульсиялашнинг аҳамияти жуда каттадир.

Ультратовуш билан фақат суюқликда суюқликнигина эмас, шу билан бирга қаттиқ жисмларни суюқликда ҳам эмульсиялаш мумкин. Модда жуда майдаланиб, бир жинсли бўлиб кетганлигидан олинадиган дисперсия кўпинча ниҳоят турғун бўлади. Ультратовушнинг мана шу хусусиятидан яхши хоссаларга эга бўлган турғун бўёқ эритмаларини олишда фойдаланилади.

Ультратовуш тўлқинларининг майдалаш таъсиридан буғ қозонларида қўйқа ҳосил бўлишига йўл қўймасликда муваффақият билан фойдаланилмоқда. Ҳатто заиф ультратовуш тўлқинлари таъсири билан оҳак зарраларининг қозон деворида зич қатлам бўлиб эмас, балки бўш масса бўлиб ўлтиришига эришмоқ мумкин, бу қўйқа кейин қозонни ишдан тўхтатмай, осонликча чиқариб ташланиши мумкин.

Ультратовушнинг моддага таъсир шароитини, хусусан унинг интенсивлигини ўзгартириб, (айниқса газ муҳитида) коагуляцияга тескари бўлган ҳодисага эришиш мумкин. Ультратовушнинг коагуляциялаш хусусияти, яъни жуда майда зарраларни йирик зарраларга бирлаштириш хусусиятидан (сўнгра бу зарралар чуқинди бўлиб тушади) газларни тозалашда фойдаланилди. АҚШда ультратовуш сиреналаридан фойдаланувчи установкалар қурилган бўлиб, улар бир минутда 2000 куб метр газни тозалай олиши мумкин. Чунончи, бошқа хил тозалаш усулларига қараганда бунда ҳаво анча тоза бўлиб чиқди.

Газларни ультратовуш усули билан тозалашнинг одатдаги филтрларни ишлатиб бўлмайдиган цемент ва кимё заводларида катта имкониятлари бор.

## Халқ хўжалигида ультратовушдан фойдаланишнинг келажакдаги имкониятлари

Лаборатория шароитларида ўтказилган кўпдан-кўп тадқиқотлар ультратовуш методининг келажаги порлоқ эканлигини кўрсатмоқда.

Тўқимачилик саноатида ультратовушдан жун, пахта ювишда ва тўқималарнинг бўёш процессини яхшилашда фойдаланилмоғи мумкин. Бўялиши қийин тўқималар қисқа муддат ультратовуш таъсир эттирилганидан сўнг яхши бўялиб қолиши аниқланилди.

Ультратовуш тебранишларининг терининг ёғини кетказиш ва ошлаш процессида ишлатилиши мазкур процесслар давоматини бир неча бор қисқартириб, олинадиган маҳсулот сифатини яхшилашга имкон берди. Гидродинамик ультратовуш тебранишларини тарқатувчиларнинг қўлланилиши ниҳоятда самарали бўлиб чиқди. Мамлакатимиздаги бир қанча тери заводларида ультратовушдан амалий мақсадларда фойдаланилмоқда.

Ультратовуш мўйнага ишлов бериш — ошлаш ва бўяш процессларини ҳам тезлаштиради.

Ультратовуш озиқ-овқат саноатида хилма-хил мақсадларда қўлланилиши мумкин. СССРда 1930 йиллардаёқ ультратовуш тебраниш тўлқинларининг вино ва ликёрларнинг там сифатларига яхши таъсир кўрсатиши аниқланилган эди. Аммо бу таъсирот ҳали яна ўрганилишни талаб этади. Бир қанча тажрибаларда ижобий натижаларга эришилди. 300—1000 кгц частотали ультратовуш 2—10 минут давомида таъсир эттирилганида янги ишланган ликёр одатдаги шароитларда кўп йил сақлашдан кейин эга бўладиган хусусиятларга эришмоқда. Коньяк билан ҳам шундай таж-

рибалар қилинди, шунингдек натурал виноларнинг сифати яхшиланиши ҳам аниқланилди.

Германияда шоколад ишлаб чиқаришда ультратовушдан фойдаланилмоқда. У ерда соатига 1000—1500 килограмм унум билан ишловчи ультратовуш тегирмонлари ишлатилмоқда. Олинди-ган шоколад сифати яхши чиқди.

Ультратовуш таъсири билан сут ва бошқа озиқ-овқат маҳсулотларининг стериллизациялаш мумкин. Англия сут корхоналаридан бири узоқ денгиз саёҳатлари учун сутни музлатиб бермоқда; буида сут даставвал пастерлаштирилади, сўнгра 5 минут мобайнида ультратовуш таъсир эттирилади. Ультратовушнинг стериллизациялаш таъсиридан озиқ-овқат саноати эҳтиёжлари учун ишлатиладиган сувни дезинфекция қилишда фойдаланилмоқда. Бир неча минут мобайнида сувни батамом стериллизациялаш мумкин. Консерваларни стериллизациялашда ҳам ультратовушлар ишлатилиши мумкин эканлиги тўғрисида маълумотлар бор.

Турли тадқиқотчилар ультратовушнинг қишлоқ хўжалик экинларининг уруғига қандай таъсир кўрсатишини текшириб кўрдилар. Баъзи бир авторлар шу йўл билан ўсимликнинг ўсишини тезлаштириш ва ҳосилини оширишга муваффақ бўлдилар. Польшада ўтказилган тадқиқотлар маккажўхори ўсиши тезлашганлигини, ҳосили эса 35 процент ошганлигини кўрсатди.

Электрокимё саноатида, шунингдек биология ва медицинада даволаш ва бошқа мақсадларда ультратовушдан фойдаланиш устида тажрибалар қилинмоқда.

Халқ хўжалигининг турли соҳаларида ультратовушдан фойдаланишнинг тўла бўлмаган рўй-

хати мана шулар. Ультратовушдан фойдаланувчи соҳалар кун сайин кўпайиб бормоқда.

Кейинги вақтларда Ўзбекистонда бир қанча ишлаб чиқариш корхоналарида ультратовушни жорий қилиш бўйича тадқиқотлар ўтказилмоқда. Ленин номидаги электр лампа заводида никель найчаларни ювишда ультратовушдан фойдаланилмоқда, кўпгина корхоналарда, текшириш ишларида ультратовуш дефектоскоплари қўлланилмоқда. Ҳозирда Тошкент лак-бўёқ заводида бўёвчи моддаларни эмульсиялаш ва диспергирлашда ультратовушдан фойдаланиш устида тадқиқотлар олиб борилмоқда. Тошкент трикотаж-пайпоқ фабрикасида, Самарқанд ва Тошкент тери заводларида ультратовуш ускуналаридан фойдаланиш йўллари ишлаб чиқилмоқда. Тошкент педагогика институтида молекуляр акустика лабораторияси очилган бўлиб, у бир қанча саноат корхоналари билан биргаликда иш олиб бормоқда. ЎзССР Фанлар академиясининг физика-техника институтида ультратовуш физикаси ва уни озиқ-овқат ва автомобиль саноатида қўлланишга доир тадқиқотлар бошлаб юборилди.

Ультратовуш халқ хўжалигида мустақкам ўрин олмоқда. Яқин келажакда бу соҳада янада катта муваффақиятларга эришилажак.

---

## М У Н Д А Р И Ж А

Ультратовуш манбалари . . . . .	
Технология процессларини текшириб туриш ва бошқаришда ультратовушнинг ишлатилиши . . . . .	
Кучли ультратовуш тебранишларининг қўлланилиши . . . . .	
Деталларни тозалаш ва идиш-товоқни ювишда ультрато- вушнинг қўлланилиши . . . . .	
Қаттиқ материалларга механик ишлов бериш . . . . .	
Ультратовуш металлларни эритиб пайвандлайди ва унинг хос- сасини яхшилайдди . . . . .	
Алюминийни кавширлаш ва қалайлаш . . . . .	
Ультратовуш билан модда зарраларини майдалаш ва йирик- лаштириш мумкин . . . . .	
Халқ хужалигида ультратовушдан фойдаланишнинг келажак- даги имкониятлари . . . . .	

На узбекском языке

А. И. КУЛАГИН

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА  
В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Объединенное издательство  
„Қизил Ўзбекистон“, „Правда Востока“  
и „Ўзбекистони Сурх“  
Ташкент — 1963

Бет  
5  
10  
18  
19  
21  
23  
24  
25  
27

Таржимой Ш. Туробов  
Техн. редактор В. Зубовская

Редактор У. Иброҳимов  
Корректор Ш. Фозилов

---

Теришга берилди 27/VII 60 й. Босишга рухсат этилди 9/IX 60 й.  
Қоғоз формати  $84 \times 168^{1/32}$  Физ. листи 1,02. Шаргли босма листи 1,64.  
Нашриёт ҳисоб листи 1,14. Тиражи 13700. Нашр № 163.  
P08918. Заказ 1302. Баҳоси 40 тийин, 1961 й. 1 январдан 04 т.

---

„Қизил Ўзбекистон“, „Правда Востока“ ва „Ўзбекистони Сурх“  
бирлашган нашриёти ва босмаҳонаси.  
Тошкент, „Правда Востока“ кучаси, уй № 26.