



# ARMAMENTUL SONIC – CONCEPT, TIPOLOGIE, UTILIZĂRI

## THE SONIC WEAPONS – CONCEPT, TIPOLOGY, APPLICATIONS

Drd. Lucian Ștefan COZMA\*

Dezvoltarea tehnologică din ultimii ani a condus la apariția unor noi tipuri de arme, dar și forme tot mai atipice de desfășurare a luptei armate. Printre aceste noi tehnologii cu aplicații militare este și tehnologia armelor bazate pe utilizarea undelor mecanice, dintre care în special undele din domeniul infrasonor și ultrasonor. Pe lângă acestea, știința sonicității ne oferă posibilitatea găsirii unor soluții tehnologice foarte convenabile, aplicate în domeniul tehnicii militare.

*The technological development in recent years has led to the emergence of new types of weapons but also to more and more atypical forms of warfare. Among these new technologies with military applications, also the weapons technology is used based on the mechanical waves, especially the infrasonic and ultrasonic ones. In addition, the science of sonicity allows us to find very convenient technological solutions applied in the field of military technology.*

**Cuvinte-cheie:** ultrasunete; sonicitate; atipic; hibrid.

**Keywords:** *ultrasounds; sonicity; atypical; hybrid.*

În acest articol se face o scurtă incursiune în domeniul tehnologiei ultrasonice, din perspectiva aplicațiilor militare, trecând în revistă principalele surse artificiale de ultrasunete, dar și posibilitățile de evoluție a acestor tehnologii în viitorul apropiat. Nu în ultimul rând, direct relaționată cu aceste tehnologii, se va aminti despre *știința sonicității* (Gogu Constantinescu) și aplicațiile sale deosebite în tehnica militară.

### Introducere în domeniul ultrasunetelor

Corpurile din compunerea lumii materiale, aflate în alte situații decât încremenirea specifică temperaturii de „zero absolut”, exercită o sumedenie de interacțiuni la nivelul structurii lor interne și la nivelul mediului extern prin care evoluează. Măsura acestor interacțiuni este dată de conceptul fizic de *forță*. Apariția și acțiunea unor forțe atât la nivel intern, cât și extern, duce la realizarea unor deplasări și astfel, producerea de *lucru mecanic*.

Din momentul în care s-a introdus noțiunea de lucru mecanic, se poate afirma că orice corp ce are

capacitatea de a produce lucru mecanic, indiferent sub ce formă își exercită interacțiunea internă sau cu mediul, are proprietatea de a dezvolta *energie*. O parte din această energie, la nivel intern, își exercită acțiunea sub forma energiei de vibrație, la nivel molecular, de pildă. Dar energia de vibrație este caracteristică și comportamentului macroscopic al corpurilor materiale, fiind o rezultantă a diverselor tipuri de interacțiuni.

Într-o anumită măsură, această energie de vibrație a corpului material, existentă la un moment dat, se va transmite mediului înconjurător, potrivit proprietăților acestui mediu, punând în vibrație, din aproape în aproape, particulele materiale constituente ale acestui mediu. Se va produce astfel o perturbație a mediului care se transmite din aproape în aproape, dacă vom considera *mediul elastic*, creându-se *unde elastice* ce iau alternativ forma unor compresioni și a unei expansiuni. Potrivit caracteristicilor mediului, există însă moduri foarte diferite de producere a perturbațiilor, undele elastice fiind și ele de mai multe feluri. Se poate afirma din această perspectivă, faptul că *undele acustice* reprezintă o categorie de *unde elastice*. Potrivit modului în care pot impresiona sau nu

\*Universitatea Națională de Apărare „Carol I”  
e-mail: [lucian.stefan@yahoo.fr](mailto:lucian.stefan@yahoo.fr)



organele auditive ale omului, dotate cu membrane elastice special destinate captării vibrațiilor din mediul înconjurător, undele elastice din categoria undelor acustice, pot fi *audibile* sau *nonaudibile*. Undele acustice, care depășesc frecvența sesizabilă (cca 16 kHz) de organele de auz omenești, poartă numele de unde ultrasonice. S-a putut observa faptul că o parte dintre undele ultrasonice, mai precis cele de frecvențe foarte ridicate, nu se mai supun legilor clasice ale mecanicii, necesitând aplicarea mecanicii legilor mecanicii cuantice. Tocmai pentru a marca precis această diferențiere, astfel de unde acustice au primit denumirea de *microunde acustice* sau *hipersunete*. Domeniul lor începe de la aproximativ  $10^9$  Hz și se întinde în cazul mediilor solide până la valori de ordinul  $10^{13}$ - $10^{14}$  Hz, acestor frecvențe corespunzându-le lungimi de undă comparabile cu distanțele interatomice. Se consideră, la ora actuală, că valoarea de ordinul  $10^{14}$  Hz ar fi cea mai mare frecvență pe care o pot atinge undele acustice.

Este cunoscut faptul că ultrasunetele au o frecvență mare și o lungime de undă mică, dovedind o serie de proprietăți particulare: transportă o cantitate mare de energie; nu sunt audibile, ceea ce în cazul aplicațiilor militare, nu permite în mod normal inamicului să sesizeze acțiunea armelor ultraacustice înainte de a se produce efectul acțiunii ultrasunetelor; de asemenea, este dificil de identificat direcția pe care se execută tragerea și amplasamentul trăgătorului, mai ales în cazul „urban warfare”; se pot obține și sub formă de fascicule focalizate și dirijate pe direcția și în sensul dorit.

Ultrasunetele produc o serie de efecte specifice, dintre care următoarele interesează îndeosebi aplicațiile militare: efecte chimice (produc sau accelerează unele reacții chimice); efecte fizice (produc cavitația în cadrul mediilor lichide sau a mediilor care conțin și lichide; de asemenea, produc încălzirea materialelor care sunt parcurse); efecte biologice (produc perturbații mecanice în interiorul celulelor, inclusiv rupturi tisulare, dar și efectul de supraîncălzire locală a țesutului). Sunt cunoscute aplicațiile ultrasunetelor în tehnica submarină. Pe lângă cele menționate, se adaugă și aplicațiile ultrasunetelor în tehnica militară a războiului geofizic, mai precis în cadrul armamentului climateric cu rază mică de acțiune.

### Producerea ultrasunetelor destinate aplicațiilor militare

Ultrasunetele se pot produce, aidoma sunetelor din regimul audibil, prin procedee mecanice, dar și prin procedee specifice domeniului ultrasonor. În cazul procedeei clasice de producere a sunetelor (mecanic), cele mai bune rezultate au fost obținute utilizând vibrațiile unor diapazoane cu brațe foarte scurte, cum este cazul așa-numitului „fluiet Galton”. În ciuda perfecționărilor deosebite aduse „fluietelor” ultrasonice de către V. Gavreau și P. Levavasseur, metoda „mecanică” de producere a ultrasunetelor a fost, în general, abandonată în favoarea a două metode care permit compactizarea deosebită a surselor ultrasonice și totodată scăderea consumului de energie corespunzător: metoda bazată pe efectul de magnetostricțiune și metoda bazată pe efectul piezoelectric.

a) *Utilizarea efectului de magnetostricțiune pentru producerea ultrasunetelor.* Este cunoscut faptul că, încă de la jumătatea secolului XIX, Joule demonstra faptul că în cazul corpurilor ce sunt realizate din anumite materiale (metale sau aliaje) mai ales cele feromagnetice (substanțe ce pot fi magnetizate foarte ușor și care își păstrează magnetizarea după ce a fost înlăturată cauza care a produs-o) au proprietatea de a-și modifica dimensiunile sub acțiunea unui câmp magnetic – acesta fiind *efectul magnetostrictiv*. De pildă, dacă vom introduce o bară de nichel în interiorul unei bobine și aplicăm o tensiune electrică continuă la bornele bobinei, în interiorul acesteia va exista un câmp magnetic, iar bara, sub influența acestui câmp, își va reduce lungimea. În cazul utilizării curentului alternativ, bara va suferi deformări periodice, adică o să vibreze. Atunci când frecvența curentului alternativ este de ordinul zecilor de mii de herți, bara va realiza oscilații forțate la același ordin de mărime al frecvenței, emițând ultrasunete. În general, energia undelor ultrasonice emise în astfel de condiții este mică, dar în cazul în care frecvența curentului alternativ aplicat atinge valoarea de rezonanță (egalând frecvența proprie de oscilație a barei) se va obține intensitatea maximă a undelor ultrasonore.

b) *Utilizarea efectului piezoelectric pentru producerea ultrasunetelor.* Odată cu descoperirea, din anul 1880, a fraților Pierre și Jacques Curie, s-a stabilit că dacă anumite cristale sunt tăiate sub formă de plăcuță, atunci la realizarea unei



comprimări asupra acestei plăci pe fețele ei apar sarcini electrice de semn contrar, iar aceste sarcini își schimbă semnul dacă în locul unei compresiuni se va exercita o tracțiune – acest efect a rămas cunoscut sub numele de efect piezoelectric direct. Efect piezoelectric direct va apărea, deci, la o comprimare a cristalului sau în cazul efectului piroelectric, la o modificare de temperatură conducând la apariția unei polarizări electrice, așadar apariția unei diferențe de potențial între fețele plăcuței. Denumirea fenomenului analizat aici își are etimologia în grecescul „piezo” ce însemna „a apăsa”.

În cazul *efectului piezoelectric direct*, aplicarea unei tensiuni mecanice va conduce practic la redistribuirea sarcinilor electrice în volum, rezultatul fiind o polarizare electrică volumică și de aici, o sarcină electrică indusă pe suprafață. Efectul piezoelectric este pus în evidență prin apariția unei diferențe de potențial la capetele unui dielectric sau feroelectric atunci când asupra lui acționează o forță de compresie mecanică. Efectul piezoelectric poate fi direct sau indirect, cel direct fiind considerat atunci când materialele monocristaline sunt supuse acțiunii unei presiuni mecanice ce generează tensiuni mecanice, iar indirect este atunci când sub acțiunea unui câmp electric materialul suferă o deformare mecanică.

c) *Surse ultrasonore mecanice*. Cerințele domeniului militar au forțat tehnologia surselor de ultrasunete să treacă de la aplicațiile miniaturale (fascicule cu diametre reduse acționând la mică distanță față de sursă) utilizate de pildă în sudura cu ultrasunete sau în chirurgie, la aplicații ce folosesc instalații de dimensiuni mari și foarte mari, apte să lucreze la regimuri de putere mare.

Pentru astfel de aplicații, mai ales în domeniul naval, deoarece navele militare au, în general, tonaj mare putând permite îmbarcarea unor instalații de dimensiuni mari, care să fie deservite de grupurile de forță ale navei sau de alte instalații de la bordul acesteia, care comportă surse de energie. Unul dintre agenții de lucru cei mai utilizați, mai ales în cazul aplicațiilor legate de marina militară, este reprezentat de aerul comprimat sau/și amestecul de aer comprimat și aburi de suprapresiune proveniți de la cazanele de aburi ale navei.

Menționez, de pildă, una dintre invențiile aparținând inginerului român Constantin Trif, care are de altfel un bogat palmares în domeniul

creației de inventică. Printre altele, el a inventat un echipament de stins incendii care funcționează pe baza teoriei sonicității, elaborată de către George „Gogu” Constantinescu. Acest echipament de stins incendii bombardează focul cu proiectile de apă de la o distanță de cel puțin 2 km și se compune din două părți: partea auxiliară, care asigură alimentarea cu apă și partea principală, care lansează asupra incendiului apa sub formă de proiectile. Un astfel de echipament se montează pe vehicule de teren gen HUMMER având următoarele performanțe: masa proiectilului de apă lansat, 2 kg; cadența de tragere, 12,5 Hz; cantitatea de apă lansată pe secundă, 25 kg; distanța de tragere, 2 km; puterea mecanică necesară, cca 100 kW. Formarea proiectilelor fluide (de apă) are la bază unul dintre fenomenele specifice acțiunii ultrasunetelor – fenomenul de cavitație. De altfel, tot în domeniul marinei militare, dispozitivele piezoelectrice mai pot avea interesante aplicații în domeniile: reducerii forțelor de frecare ce apar la nivelul stratului-limită format în jurul carenei, prin suflarea acestui strat-limită (de apă) cu ajutorul ultrasunetelor, prin efect de cavitație; alungării meduzelor, care pot produce deteriorări ale elicelor imersate sau defectarea unor instalații care de fel aspiră apa de mare; în acest sens, dispozitivele piezoelectrice sunt nevoite să lucreze la frecvențe mici și foarte mici, de domeniul infrasonor; creării sau disipării ceții; depunerii norilor de aerosol, de pildă, combaterea fumizării ce realizează mascarea forțelor inamice etc.

Caracteristicile ultrasunetelor rezultă practic din chiar definirea lor: având un regim de frecvență relativ mare, ele au implicit lungimea de undă mică și din această cauză vor transporta o cantitate mai mare de energie în raport cu sunetele din regimul audibil, se pot deplasa sub forma unor fascicule destul de înguste ce pot fi bine dirijate de la sursă către țintă și nu pot fi sesizate de urechea combatanților aflați în zona unde aceste ultrasunete acționează. Acțiunea ultrasunetelor produce o serie de efecte specifice dintre care unele interesează, în mod deosebit, aplicația lor în sensul intervenției asupra factorilor de mediu în scopuri militare. Astfel, ultrasunetele produc efecte fizice, chimice și biologice. Din cadrul efectelor fizice, voi menționa faptul că ultrasunetele distrug stările fragile de echilibru amplificând sau diminuând astfel unele fenomene sau/și procese (cum este cazul întârzierii fierberii sau a provocării stării de supratopire etc.);



pot, de asemenea, conduce la apariția sistemelor disperse (cum este cazul emulsiilor, suspensiilor, împiedicării proceselor de coagulare a aerosolilor etc.); în mod antagonist față de exemplul precedent, ultrasunetele (în anumite condiții) distrug sistemele disperse (provocând sau întetind fenomenul sau procesul de coagulare); provoacă încălzirea locală a particulelor asupra cărora acționează; pot da naștere la fenomenul de cavitație în cadrul mediilor lichide. Dintre toate acestea, pentru utilizarea ultrasunetelor pentru intervenția asupra factorilor de mediu în scopuri militare, interesează, în special, fenomenul de producere și de distrugere a fazei disperse, cel de încălzire și cavitație. În cazul unei mase de lichid prin care se deplasează unde ultrasonore, din cauza aparițiilor unor variații mari de presiune, în cadrul lichidului apar cavități ce sunt practic imediat umplute de către gazele dizolvate în lichid, precum și cu vapori ai lichidului respectiv. În acest fel, se va forma o mulțime de bule cu mișcare dezordonată, în masa lichidului dezvoltându-se presiuni mari cuprinse între o mie și un milion de atmosfere tehnice. Ca efecte secundare, apar încălziri locale și chiar descărcări electrice. Totodată, ultrasunetele produc și efecte chimice care sunt cel mai adesea corelate fenomenelor fizice descrise anterior și care contează de asemenea din perspectiva aplicațiilor militare. Astfel, ultrasunetele produc sau accelerează unele reacții chimice (cu funcție de declanșator sau/și catalizator); în anumite condiții favorizează procesele de polimerizare; în alte condiții, produc efectele antagoniste de depolimerizare. Să menționăm totodată și efectele biologice: producerea de perturbații mecanice în interiorul celulelor, încălzirea locală a țesuturilor, etc. Astfel de efecte biologice apar în cazul acțiunii unor surse aflate în imediata apropiere a organismului țintă și în funcție de durata ultrasonării și intensitatea și puterea sursei ele pot fi efecte reversibile sau ireversibile, producând deci leziuni grave. Producerea sistemelor disperse ca și distrugerea acestora au aplicații directe în cadrul intervenției asupra factorilor de mediu climatici: încărcarea sau curățarea aerului de aerosoli și ceață, provocarea condensului particulelor de apă și deci provocarea precipitațiilor sau amplificarea acestora etc. În regiunile unde se desfășoară acțiunile de luptă, aerul din cadrul troposferei<sup>1</sup> este cel mai adesea încărcat cu aerosoli<sup>2</sup>, proveniți din surse naturale sau artificiale, cum ar fi, de pildă,

instalațiile militare de fumizare a câmpului de luptă. Acești aerosoli se pot forma sau depune prin acțiunea ultrasunetelor.

Aerosolii sunt practic mici particule de solid sau lichid aflate într-o permanentă mișcare, agitația lor fiind întreținută de către interacțiunea cu moleculele aerului. Prin interacțiunea dintre aerosoli se formează particule mai mari care atunci când devin suficient de grele, cad la suprafața solului. Aceste procese de formare a aerosolilor grei se petrec însă foarte puțin în condiții naturale – probabilitatea unirii lor fiind relativ mică.

Prin intervenția militară utilizând acțiunea ultrasunetelor, procesele de formare a aerosolilor grei se amplifică, aceste microparticule vibrează sub influența ultrasunetelor, dar cum dimensiunea (ca și natura) aerosolilor este foarte diferită, și vibrația lor este diferită, fapt care le amplifică probabilitatea de ciocnire și de unificare. Pe măsură ce volumul aerosolilor crește, procesul se amplifică, deoarece densitatea acestor particule este mai mare – rezultă, deci, că eficacitatea cea mai bună se obține atunci când avem de-a face cu densitate cât mai mare de aerosoli. Așa cum este cazul norilor sau a ceței. Să notăm faptul că datorită inerției pe care o prezintă particulele pe măsură ce devin tot mai grele, nu este indicat să se lucreze cu frecvențe prea mari, cel mai adesea lucrându-se la valori de ordinul 25 kHz, adică relativ aproape de pragul audibil. S-a observat faptul că pentru producerea fenomenului de depunere a particulelor, intensitatea trebuie să fie mai mare de  $1 \text{ W/cm}^2$ , sunetul produs având peste 150 dB.

În cadrul aplicațiilor militare s-a avut în vedere printre altele nu doar depunerea perdelelor de fum (mascarea prin fumizare) lansate de către adversar, ci și depunerea ceței sau provocarea precipitațiilor. Pentru a se realiza așa ceva asupra unui volum suficient de mare de aer, s-a observat necesitatea de a utiliza o pluralitate de sirene ultrasonore de putere relativ mare. Aceste sisteme au dovedit un randament bun, producând totodată și efecte biologice asupra personalului combatant advers. Trebuie menționat și faptul că acțiunea ultrasunetelor poate avea și efectul contrar de formare a aerosolilor, prin împrăștierea particulelor în aer, folosindu-se în acest scop o instalație ajutătoare care furnizează jetul de particule fin pulverizate. De pildă, un jet de abur (apă) care este pulverizat la distanță mare cu ajutorul fasciculelor de ultrasunete și



conduce la formarea sau amplificarea ceții. Ca exemplu<sup>3</sup> privind primele experiențe de acest gen, la începutul anilor '60, în Republica Democrată Germană s-a realizat un difuzor ultrasonic echipat cu un rezervor având capacitatea de peste 1.000 cm<sup>3</sup> cu o autonomie de funcționare de peste o oră și jumătate, picăturile de apă care formează ceața artificială având un diametru cuprins între 0,6 și 5 microni. Lucrându-se cu o astfel de instalație, s-a putut face ceață deasă în cadrul unei încăperi având volumul de 200 m<sup>3</sup>.

Explicarea fenomenului de dispersie ultrasonică este foarte simplă: dacă un fascicul suficient de intens de ultrasunete străbate un mediu lichid și este dirijat de către operator către suprafața de separare a acestui mediu lichid față de un alt lichid sau un gaz, atunci în momentul atingerii suprafeței de separare menționate fascicolul ultrasonor va disloca microparticule pe care le dispersează în mediu, purtându-le practic cu sine, adică aceste particule, dacă sunt suficient de mici, se deplasează împreună cu unda ultrasonoră.

S-a demonstrat experimental faptul că dacă mediul de dispersie (dispergentul) este gazos, în anumite condiții se poate produce o ceață foarte deasă. Când suprafața lichidului este excitată prin acțiunea undei ultrasonice, micropicături se desprind din suprafața lichidă și rămân în suspensie în cadrul mediului gazos. Experiențele realizate de către R.J. Lang folosind ultrasunete cu frecvențe cuprinse între 10 și 800 kHz, au demonstrat că pentru un lichid de lucru determinat, diametrul mediu al particulelor (în faza dispersă) va fi în funcție de frecvența ultrasonoră – detalii, precum și relațiile de calcul sunt date în literatura de specialitate<sup>4</sup>. Pentru producerea dispersiei este necesară utilizarea unei intensități denumite intensitatea de prag, dar odată atinsă această valoare, creșterea ei în continuare nu mai este necesară, neamplificând procesul dacă nu crește totodată și frecvența. În cazul în care intensitatea și frecvența cresc proporțional, dispersia lichidului în mediul gazos ia forma unei coloane de apă proiectate la mare distanță. Aerul în care se dispersează particulele se numește *dispergent* sau *mediu de dispersie*, iar particulele supuse fenomenului se numesc *faza dispersă*. În cadrul operației de formare ultrasonică a ceții prin dispersia unui agent lichid contează o serie de parametri, cum ar fi: viteza de dispersie a lichidului și respectiv a aerului (dispergentului),

proprietățile fizice ale lichidului și temperatura. Cu cât temperatura va fi mai mare, iar densitatea, vâscozitatea și tensiunea superficială mai mici cu atât dispersia se va efectua în condiții mai bune. Pentru procesul invers de formare a precipitațiilor prin acțiunea ultrasonică, prima dată trebuie formați vaporii suprasaturați apoi realizată condensarea lor. Se produce, finalmente, fenomenul de coagulare și de formare a picăturii de apă care cade spre sol. Coagularea reprezintă, practic, ciocnirea și unirea microparticulelor de apă sub acțiunea mișcării browniene, dar și a mișcării turbulente a moleculelor de aer care provoacă și ciocniri între aerosoli, ultrasunetele producând atât acțiunea directă asupra aerosolilor, cât și acțiunea asupra moleculelor de aer. Această proprietate a ultrasunetelor de a conduce la coagularea particulelor în suspensie și-a găsit aplicații militare importante: depunerea forțată (foarte rapidă) a substanțelor toxice din zonele atmosferice infectate cu STL; degazarea (neutralizarea) suprafețelor de sol realizându-se prin mijloace clasice; formarea de ceață deasă pe arii de teren de cel puțin 10.000 m<sup>2</sup> utilizând sirene ultrasonore și dispozitive de concentrare; neutralizarea rapidă a perdelelor de fum realizate instalațiile de mascare ale adversarului; combaterea ceții din jurul aerodromurilor; provocarea de precipitații sau combaterea acestora; realizarea de tunuri ultrasonice care utilizează proiectile lichide, folosind lichide sau amestecuri incendiare sau toxice; realizarea de tunuri ultrasonice care utilizează proiectile lichide de apă, pentru stingerea incendiilor de la distanță.

Problemele tehnologice ridicate de mijloacele de luptă ultrasonice sunt: necesitatea unor sisteme mobile (motorizate), care să dispună de surse de energie îndeajuns de mari, după modelul actualelor mijloace de luptă de tip Active Denial System (~ 2 - 2,5 MW); necesitatea realizării unor sisteme compuse dintr-un număr mare de sirene ultrasonice; necesitatea utilizării unor instalații și aparate auxiliare, cum ar fi instalațiile de alimentare cu agent de lucru lichid, concentratoarele acustice etc.

Aceste probleme tehnologice pot fi cel puțin parțial soluționate la nivelul actual al științei și al tehnicii. Informația tehnologică acumulată până în momentul de față ne demonstrează faptul că sursele cele mai puternice de ultrasunete sunt sirenele ultrasonice care utilizează aer comprimat. Astfel de sirene pot fi de tip static sau dinamice. Cele statice



nu conțin piese aflate în mișcare, cele dinamice sunt prevăzute cu discuri rotorice.

O sursă foarte importantă de informații o constituie bibliografia de invenție. În vederea aplicațiilor militare, care necesită sirene ultrasonice de puteri mari, am reținut invențiile realizate de către *Vladimir Gavreau* și *Robert Levavasseur*: Aceste „fluier” lucrează cu aer comprimat și se compun, în principal, din două cavități de formă toroidală, dintre care una este prevăzută cu o fantă oblică subțire. Jetul de aer sub presiune intră în tubul inelar dispus între cele două cavități anterior menționate și lovește marginile fantei fiind dirijat astfel spre interiorul uneia dintre cavități, unde se intersectează cu traiectoria jetului de aer principal aflat la extremitatea de jos a cavității, conducând astfel la oprirea temporară a evacuării în atmosferă a jetului de aer. Astfel, se realizează o modificarea periodică a presiunii, iar această succesiune a variațiilor de presiune generează ultrasunete a căror frecvență este funcție de ritmul variațiilor de presiune din cadrul dispozitivului. Se aplică, de fapt, același principiu ca acela de la sirena dinamică, la care aveam o închidere și respectiv deschidere periodică, succesivă, a orificiilor de trecere a aerului. A doua cavitate a dispozitivului static funcționează în contratimp față de cavitatea principală. Prin cuplarea în fază și în frecvență a mai multor sirene, se pot realiza dispozitive compacte de mare putere, care pot fi motorizate (îmbarcate pe mijloace auto). Utilizarea unor concentratoare ultrasonice îmbunătățește performanțele generale. După cum s-a arătat în acest articol, în afară de sursele ultrasonore de tip fluier/sirenă, există și sursele bazate pe efectul piezoelectric: emițătoarele piezoelectrice. În cadrul aplicațiilor militare, de obicei, nu s-a insistat asupra acestui tip de sursă ultrasonoră, deoarece s-a considerat că ele nu pot lucra la regimurile de putere necesare. Cu titlu de exemplu menționez că puterea radiată de un astfel de emițător electromecanic este proporțională cu suprafața plăcii de cuarț care vibrează sub acțiunea efectului piezoelectric: de pildă, o placă de 6 mm grosime având o suprafață ceva mai mare de 15 cm<sup>2</sup>, atunci când este introdusă într-o baie de ulei, va putea să emită sunete la puterea de 12 Watt ceea ce înseamnă practic o intensitate de 0,8 W/cm<sup>2</sup> la o tensiune de lucru de 8.000 V. Plăcile de cuarț se montează pe câte o placă de oțel ori între două plăci de oțel, întregul ansamblu vibrând la fel.

Pentru puteri mari, ar fi nevoie de dispozitive cu suprafețe emițătoare mari și dispozitive destinate concentrării și amplificării.

Din multiplele utilizări ale ultrasunetelor, s-a putut observa printre altele, modul în care acestea interacționează cu materia la trecerea prin diverse medii, precum și caracteristicile proprii acestor emisii de unde mecanice. Pentru că ultrasunetele au o lungime de undă mică (și, în mod corespunzător, o frecvență mare) sunt caracterizate, în general, prin: capacitatea de a transporta o cantitate mare de energie în comparație cu sunetele din registrul audibilului; posibilitatea de a se deplasa sub formă de fascicule focalizate și dirijate; posibilitatea de a lucra perfect silențios, nefiind audibile. Totodată, ultrasunetele s-au remarcat și printr-o serie de fenomene fizice specifice interacțiunii acestora cu mediul de propagare: la trecerea lor, distrug stările de echilibru instabil producând starea de supratopire sau întârzierea la fierbere; provoacă apariția sistemelor disperse (emulsii, suspensii) având în acest fel aplicații foarte importante în cadrul tehnologiilor de intervenție asupra factorilor de mediu în scopuri militare prin modul în care pot participa la formarea ceții; distrug sistemele disperse, provocând coagularea și astfel provocarea precipitațiilor și chiar a grindinei, fenomen meteo bazat pe coagularea particulelor de gheață; provoacă încălziri locale putând fi utilizate pentru sudură de pildă, în anumite condiții; dau naștere în fluide, fenomenului de cavitație; produc sau accelerează anumite reacții chimice, cum ar fi acelea de oxidare-reducere; favorizează în anumite circumstanțe procesele de polimerizare; declanșează și întreține în alte circumstanțe, procesele de depolimerizare; produc anumite perturbații mecanice în interiorul celulelor vii; provoacă de asemenea încălziri locale ale țesuturilor.

Potrivit acestor fenomene specifice acțiunii ultrasunetelor, acestea și-au găsit și o serie de aplicații speciale mai ales în tehnica militară. Utilizarea efectelor specifice undelor ultrasonore stă la baza unor aplicații speciale ale dispozitivelor piezoelectrice. De pildă, utilizarea fenomenului de cavitație se face, în cazul perforatoarelor ultrasonice cu care se poate face tăierea foarte fină, de mare precizie, a unor materiale foarte dure, cum ar fi, de exemplu, germaniul. De asemenea, se poate face curățirea de depuneri a conductelor și a cazanelor, fără deschiderea sau intervenția internă în aceste



incinte. Acest fapt ușurează foarte mult operația și scade deci costurile implicate. Fenomenul de producere a sistemelor disperse prin aplicarea undelor ultrasonore este utilizat la prepararea plăcilor fotografice de mare sensibilitate, cu granulație foarte fină. De asemenea, la obținerea unor aliaje realizate din materiale nemiscibile (miscibilitatea – proprietate a substanțelor de a se amesteca între ele în orice raport, formând o compoziție omogenă), cum ar fi: aluminiul, plumbul, fierul, zincul etc., care se topesc împreună, apoi se ultrasonează și se produce astfel difuzia fină a particulelor metalice. Așa cum s-a mai menționat, efectul ultrasonic de distrugere a sistemelor disperse este utilizat la curățarea aerului de fum și ceață, iar în anumite condiții de putere a instalației (și intensitate sonoră) se poate utiliza la combaterea grindinei. Evident, aplicațiile în materie de intervenții militare asupra factorilor de mediu, sunt și ele posibile. Și tot în domeniul militar, cea mai cunoscută aplicație a ultrasunetelor este în domeniul detecției submarine, dat fiind proprietatea apei și, în general, a lichidelor, de a absorbi foarte slab undele din domeniul ultrasonor. Realizarea unor perturbații mecanice în interiorul celulelor prezintă importanță din perspectiva cercetărilor în medicină, biologie etc., urmărindu-se în special compresibilitatea și vâscozitatea elementelor funcționale din celulele vii, determinându-se o serie de proprietăți ale acestora fără intervenții penetrante. Pe de altă parte, s-a observat că o acțiune ultrasonică de durată mai mare conduce la distrugerea microorganismelor, ceea ce face ca ultrasunetele să fie aplicate cu succes la prepararea serurilor utilizate în medicină sau în alte domenii, prepararea vaccinurilor, dar și sterilizarea și conservarea alimentelor, dintre care laptele, în special. Efectul fizic de încălzire a țesuturilor sub acțiunea ultrasonoră duce la găsirea unor utilizări în activarea dirijată a schimburilor intercelulare, cu valoare terapeutică. De asemenea, se pot utiliza ultrasunetele pentru realizarea unor bisturie de mare precizie și care realizează incizii sau/și tăieturi foarte fine.

### Sonicitatea și aplicațiile sale

Sonicitatea a fost creată în primele decenii ale secolului XX de către inginerul George „Gogu” Constantinescu, fiind o ramură a mecanicii mediilor continue, bazată pe transmiterea energiei mecanice prin vibrații elastice în fluide sau solide<sup>6</sup>. Așa cum

arăta chiar Gogu Constantinescu în cadrul lucrărilor sale<sup>7</sup>, într-o conductă cu fluid orice fluctuație de debit sau de presiune se va transmite în fluidul respectiv cu viteza sunetului. În acest fel, energia poate fi convertită în fluctuații de debit și de presiune, care apoi sunt radiate cu viteza sunetului către orice punct în care se poate utiliza energia respectivă. Astfel de fluctuații se prezintă sub formă de oscilații sau unde. Un sistem de transmisie sonică ar fi, așadar, format dintr-un generator sonic care are scopul de a genera oscilații într-un mediu elastic, dintr-o conductă de transmisie și dintr-un motor (sau alt tip de receptor) sonic, ce are scopul de a asigura transformarea oscilațiilor în alt fel de mișcări convenabile sistemului respectiv: rotații, translații, oscilații etc. Printre altele, G. Constantinescu a remarcat, în mod deosebit analogia dintre electrotehnică și sonicitate, ajungând de altfel să realizeze o adevărată transpunere a echipamentului electrotehnic în echipament sonic, utilizând o terminologie similară în acest scop. De pildă, o conductă cu un diametru interior foarte mic va reprezenta, în această similitudine, o rezistență care este capabilă asemănător rezistențelor electrice, să genereze căldură, chiar și în situația în care lichidul din amonte și din aval va rămâne rece. Un recipient conținând un fluid elastic reprezintă o capacitate, echivalentul unui condensator electric, iar o masă reprezintă o inertanță sau inductanță. În baza unei astfel de analogii, Constantinescu a realizat toată gama de motoare sonice: sincrone, asincrone etc., corespunzătoare celor din electrotehnică. Încă din 1918-1919 el realiza și un performant tun sonic<sup>8</sup> despre care a scris într-o lucrare a epocii<sup>9</sup>. În realizarea practică a aplicațiilor sonicității, utilizând de această dată tehnica modernă, vom putea obține modele îmbunătățite ale aparatelor inventate și realizate de către Gogu Constantinescu, folosind elementele piezoelectrice pentru producerea undelor mecanice la frecvențe convenabile. În momentul de față există cel puțin o companie americană<sup>10</sup> care încearcă să utilizeze în tehnica militară aceste vechi invenții.

### Concluzii

Din cele arătate mai înainte se pot desprinde o serie de concluzii interesante și care ne dau o imagine destul de clară asupra unor posibile direcții de urmat în cadrul activității de cercetare dezvoltare și în ceea ce privește managementul resurselor.



Mai ales în această perioadă în care necesarul de energie devine tot mai mare, iar resursele fosile tot mai puține.

Astfel, am putea remarca următoarele aspecte: sursele piezoelectrice de ultrasunete sunt compacte, au structuri relativ simple și oferă performanțe bune din perspectiva frecvențelor de lucru, intensității acustice etc.; sursele piezoelectrice ultrasonore pot fi introduse în schema unor grupuri de forță sau grupuri electrogene care fac parte din alte categorii, obținându-se astfel scheme hibride ce pot da performanțe bune în anumite regimuri de lucru; gama aplicațiilor este foarte vastă, dar nici pe departe nu s-a epuizat potențialul de surprize pe care tehnologia piezoelectrică ni-l mai poate rezerva; totodată, tehnologiile existente în momentul de față au încă posibilitatea de a suferi perfecționări, ameliorări ale performanțelor, reduceri de cost etc.; aplicațiile sonicității, așa cum au fost realizate de către Gogu Constantinescu, pot suferi importante îmbunătățiri prin introducerea în schema lor a elementelor piezoelectrice; generatoarele piezoelectrice pot echipa orice sistem care generează căldură sau vibrații, în cele mai multe cazuri sub formă de energie reziduală; este necesară îndreptarea atenției și a eforturilor către obiectivul de a obține un model de generator piezoelectric cu aplicații directe în domeniul energiei de putere, plecând de la observația că mai toate grupurile de forță clasice irosesc foarte multă energie, care este cel mai adesea evacuată în mediul ambient și este deci pierdută, irosită.

#### NOTE:

1 Stratul atmosferic cel mai apropiat de scoartă, situat între 0 și o medie de 12 km înălțime. Concentrează circa 90% din masa atmosferei și este sediul majorității absolute a fenomenelor meteorologice. Temperatura scade cu un gradient de 6,4° C la fiecare km.

2 Aerosolii sunt un ansamblu de particule, solide sau lichide, aflate în dispersie într-un mediu gazos. Dacă particulele sunt solide, avem de-a face cu fum, iar dacă sunt lichide, se formează ceață.

3 Mircea Grumăzescu, *Ultrasunetul în acțiune*, Editura Științifică, București, 1964, p. 160.

4 Eugen Bădărău, Mircea Grumăzescu, *Ultraacustica. Fizica și tehnica*, Editura Tehnică, București, 1967, pp. 154-156. 5 *Ibidem*, p. 68.

6 M. Marcu, *Mică enciclopedie tehnică ilustrată*, Editura Enciclopedică Română, București, 1973, p. 306.

7 George Constantinescu, *Teoria sonicității – tratat despre transmisiunea puterii prin vibrațiuni*, Tipografia Cultura, București, 1922.

8 Tun sonic silențios de calibru mediu avea capacitatea de a arunca un proiectil cu masa de 100 Kg la o distanță de 1.500 de metri utilizând pentru aceasta doar un mic cartuș de pistol (fără glonte). Lucra perfect silențios, fără să genereze flacără la gura țevii ori fum.

9 N.P. Constantinescu, *Enciclopedia invențiilor tehnice* vol. I, Editura Carol al II-lea, București, 1939, pp. 253-284.

10 Este vorba despre sistemul de tir RAW de cal. 140 mm a fost dezvoltat de firma Brunswick și care reprezintă un sistem de armament ușor portabil de infanterie, utilizând muniție autopropulsată ce se lansează fără recul prin intermediul pustii de asalt convenționale, prin prelevarea de gaze arse sub înaltă presiune de la gura țevii. Cântărind mai puțin de 4 kg, muniția de tip RAW dispune de o încărcătură de luptă de 1,26 kg. Când proiectilul atinge viteza de 200 m/s, el începe să fie autostabilizat pe traiectorie prin mișcare de rotație, traiectorie pe care se menține în deplasare rectilinie cca 300 m. Dar bătaia maximă a acestei grenade este de cca. 2.000 de metri! Datele sale tehnice date publicității sunt: masa totală – 4,27 kg; masa proiectilului – 3,82 kg; masa încărcăturii – 1,26 kg; echipată cu focos cu armare întârziată ce permite atingerea unei distanțe de securitate de 30 de metri față de trăgător.

#### BIBLIOGRAFIE

Alexandrescu Grigore, *Perspective în lupta armată*, Editura Universității Naționale de Apărare „Carol I”, București, 2006.

Bădărău Eugen și Grumăzescu Mircea, *Ultraacustica, fizica și tehnica*, Editura Tehnică, București, 1967.

Chelu I., Gall M., *Oscilații mecanice și acustică*, Editura didactică și pedagogică, București, 1972.

Constantinescu Gogu, *Teoria sonicității*, Tipografia Cultura, București, 1922.

Constantinescu Gogu, *Teoria sonicității*, Ediție revizuită și adăugită, Editura Academiei RSR, București, 1985.

Cozma Lucian Ștefan, *Some considerations on the use of infrasound/ultrasound generators for infantry weapons*, comunicare științifică în cadrul Conferinței Internaționale „Military Science Universe”, Universitatea Națională de Apărare, București, 14-15. 04. 2011.

Dima Ion, Vasiliu George, Ciobotaru Dumitru și Muscalu Ștefan, *Dicționar de fizică*, Editura Enciclopedică Română, București, 1972.

Grumăzescu Mircea, *Ultrasunetul în acțiune*, Editura Științifică, București, 1964.

Jianu I., Basgan I., Macoveanu I., *George Constantinescu*, Editura Științifică, București, 1966.





- Jofe V.K., *Electroacustica*, Editura Tehnică, București, 1956.
- Kudriavțev Boris, *Experiențe simple cu ultrasunete*, Editura Tehnică, București, 1956.
- Lidner Helmut, *Fizica pentru tehnicieni vol.II*, Editura Tehnică, București, 1961.
- Marinescu Niculae Ion, *Prelucrări cu ultrasunete*, Editura Tehnică, București, 1986.
- Mitru Gheroghe, Deneș Alexandru, Bulete Ionel, Dogaru Ștefan Mihai, *C-12 Substanțe chimice de luptă*, Editura Militară, București, 1971.
- Moștoflei Constantin, Văduva Gheorghe, *Tendințe în lupta armată*, Editura Universității Naționale de Apărare, București, 2004.
- Pop Ioan, Marcu Ioan Lucian, *Mari personalități – Gogu Constantinescu*, Editura Agir, București, 2003.
- Răduleț Remus (coordonator), *Lexiconul Tehnic Român*, vol. 7, Editura Tehnică, București, 1960.
- Stere Roman, *Ultrasunetele*, Editura Tehnică, București, 1956.
- Zăgănescu Florin, *Ultrasunetele în tehnica militară*, Editura Militară, București, 1961.
- Noul Dicționar Explicativ al Limbii Române*, Editura Litera Internațional, București, 2002.
- Lexicon Militar*, Academia Militară, Editura Militară, București, 1980.
- Dicționarul explicativ al limbii române*, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic, București, 1996.
- FR1039511, *Generateur de sons et ultrasons de grande puissance*, Robert Levavasseur.
- FR1099035, *Perfectionnements aux emetteurs d'ultrasons a solide vibrante*, Vladimir Gavreau, M. Miane.
- FR1131551, *Generateurs puissants de sons et d'ultrasons a emetteurs couples*, Vladimir Gavreau, A. Calaora.
- FR 1111527, *Perfectionnements aux appareils producteurs de sons et d'ultrasons de grande puissance*, Vladimir Gavreau.
- FR 1184551, Robert Levavasseur, *Perfectionnements relatifs aux generateurs de sons et d'ultrasons de grande puissance*.
- FR 1536289, *Structures utilisables comme absorbants et isolants acoustiques*, Vladimir Gavreau, H. Saul.
- FR 2019749, *Structures utilisables comme absorbants et isolants acoustiques*, Vladimir Gavreau, H. Saul.
- US6665413, *Infrasonic Helmholtz resonator*, J.K. Domen.
- WO 2005094701, *Ultrasonic wave irradiating method and ultrasonic wave irradiating device*, Teiichiro Ikeda, Yoichiro Matsumoto, Shin Yoshizawa.
- WO 2013063119, *Dispensing aerosols*, Marc Bretilot, David A. Edwards.
- WO 2005052263, *Method to fog and mist dispersion and related apparatus*, Valerio Abate, Michela Bianchi, Alberto Conti.
- EP 0292932, *Process and apparatus for the controlled degradation of an aerosol cloud*, Joseph Magill.
- GB445775, *Improvements in or relating to the dispersion of fog or other particles suspended in air; with or without other gases mixed therewith*, Alfred Augustus Thornton.
- FR2641558, *Method for diluting advection and radiation fog*, Claude Delayen.
- GB1154020, *The Ultrasonic Siren Applied on Seagoing Ships for Defogging the Ranges of Vision*, Vios Michalis.
- US3606153, *Method for increasing visibility through fogs*, Boucher Raymond Marcel.
- US5556029, *Method of hydrometeor dissipation*, Gary B. Griese.
- WO2008104568, *Timed control of the global radiation balance to influence and control the climate and weather*, Stefan Brosig.
- US2414495, *Method and means for precipitating fog*, Alfred Vang.
- DE1110924, *Ultraschallerzeuger zur Beschleunigung der Verbrennung von staubfoermigen Brennstoffen*.
- US2514080, *Method of obtaining high velocity with crystals*, Warren P. Mason.
- US 4462483, *Solid propellant sound generator for coagulation of aerosols*, Robert E. Betts, Lawrence B. Thorn.