

GHEORGHE CONSTANTINESCU
INGINER



din cartea mea.

Shupz v R

1920/II/5

SONICITATEA

CONFERINȚE ȚINUTE ÎN AMFITEATRUL ȘCOALEI NAȚIONALE
DE PODURI ȘI ȘOSELE

Extras din „Buletinul Societății Politehnice” Anul XXXIII No. 7—12

BUCUREȘTI
1919

Director *ing.Sorin Mihăilescu*
DTP *Dan Niculescu*
Fotografii *ing.Sorin Mihăilescu, Cornel Miftode*
Tehnoredactare: *Elena Văduva*
Tipar *Contrast*
Legătorie *Semne*
Editura *Contrast*

tipografie - birotică - promoționale



PRINT Center

Tipar offset * Tipar digital

OFFICE Center

Birotică * Papetărie * Tipizate

PROMO Center

Articole promoționale * Cadouri

ADVERTISING Center

Producție publicitară

www.CONTRAST-center.ro

Toate drepturile asupra acestei ediții aparțin Editurii Contrast.

Reproducerea, fie și parțială, pe orice suport, a textului sau a fotografiilor este interzisă fără acordul prealabil al editorului.

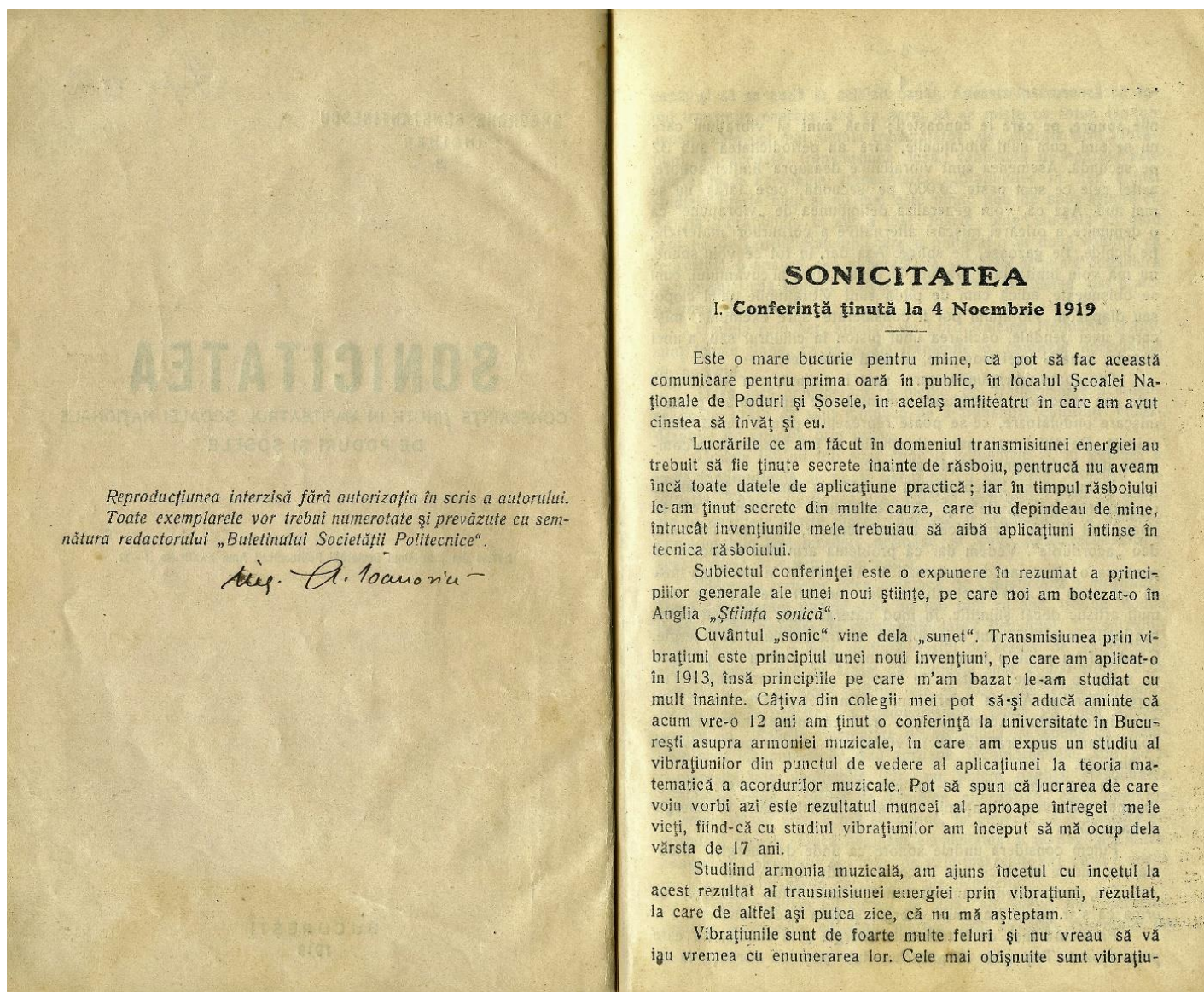
Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Editura Contrast București – 2018

ISBN : 978-973-1782-20-1

Editura **CONTRAST**

2018



Această carte a fost reprodusă după originalul dăruit de vărul meu, **ing. Mihai Iliescu**, care a descoperit-o în biblioteca unchiului nostru, eminentul specialist minier **inginer Ion Lupa**

10 sept. 1899 – 25 apr. 1983.

Acest desăvârșit inginer a fost, ca și genialul savant Gogu Constantinescu, un pasionat și neobosit căutător de frumos, fiindu-mi transmisă și întreaga colecție a revistei de cultură „*Boabe de grâu*”, strălucit editată de către Emanoil Bucuța.

Cu înaltă recunoștință,
ing. Sorin Mihăilescu

tipografie - birotică - promoționale



www.CONTRAST-center.ro

SONICITATEA

I. Conferință ținută la 4 Noembrie 1919

Este o mare bucurie pentru mine, că pot să fac această comunicare pentru prima oară în public, în localul Școalei Naționale de Poduri și Șosele, în acelaș amfiteatru în care am avut cinstea să învăț și eu.

Lucrările ce am făcut în domeniul transmisiunii energiei au trebuit să fie ținute secrete înainte de războiu, pentru că nu aveam încă toate datele de aplicațiune practică; iar în timpul războiului le-am ținut secrete din multe cauze, care nu depindeau de mine, întrucât invențiunile mele trebuiau să aibă aplicațiuni întinse în tehnica războiului.

Subiectul conferinței este o expunere în rezumat a principiilor generale ale unei noi științe, pe care noi am botezat-o în Anglia „**Știința sonică**”.

Cuvântul „**sonic**” vine dela „**sunet**”. Transmisiunea prin vibrațiuni este principiul unei noi invențiuni, pe care am aplicat-o în **1913**, însă principiile pe care m'am bazat le-am studiat cu mult înainte. Câțiva din colegii mei pot să-și aducă aminte că acum vre-o 12 ani am ținut o conferință la universitatea în București asupra armoniei musicale, în care am expus un studiu al vibrațiunilor din punctul de vedere al aplicațiunii la teoria matematică a acordurilor musicale. Pot să spun că lucrarea de care voiu vorbi azi este rezultatul muncii al aproape întregii mele vieți, fiind-că cu studiul vibrațiunilor am început să mă ocup dela vârsta de 17 ani.

Studiind armonia muzicală, am ajuns încetul cu încetul la acest rezultat al transmisiunii energiei prin vibrațiuni, rezultat, la care de altfel ași putea zice, că nu mă așteptam.

Vibrațiunile sunt de foarte multe feluri și nu vreau să vă iau vremea cu enumerarea lor. Cele mai obișnuite sunt vibrațiunile sonore, pe care le cunoașteți; însă sunt și vibrațiuni care nu se aud, cum sunt vibrațiunile, care au periodicitatea sub 32 pe secundă. Asemenea sunt vibrațiunile deasupra limitei sonore, astfel cele ce sunt peste 20.000 pe secundă, care iarăși nu se mai aud. Așa că, vom generaliza definițiunea de „**vibrațiune**” ca

o denumire a oricărei mișcări alternative a corpurilor materiale, fie lichide, fie gazoase, fie solide. Așa dar, în tot ce voi spune, nu mă voi limita la vibrațiuni în sensul strict al cuvântului, cum se obișnuiește, adică cum de pildă sunt vibrațiunile unui clopot sau diapazon. Vibrațiuni pot fi considerate spre exemplu: mișcarea unei pendule, oscilarea unui piston în cilindrul său, a unei coarde, sunetul unei trompete, al unui fluier etc.

În muzică se întrebuințează de obicei sunetele, pe care le reprezentăm prin „note” și care corespund cu sunete cât se poate mai simple. Armonicele acestor sunete, compuse între ele, dau „acordurile”. Vedem dar că problema armoniei musicale se pune ca o chestiune de matematică. Am căutat în tinerețea mea să mă ocup cu această chestiune din punctul de vedere mai mult artistic decât științific. În mod natural însă, am găsit că vibrațiunile musicale sunt o problemă de transmisiune de energie. Când suflăm într-o trompetă, întrebuințăm, pentru a produce un sunet, o anumită cantitate de energie, ce se transformă într-un curent vibrator. Acesta se transmite prin trompetă și de aci în aerul înconjurător. Acest exemplu arată că energia mecanică se poate foarte ușor transforma în vibrațiuni, care se pot transmite la distanță.

La un moment dat mi-am pus și problema inversă: să presupunem că avem vibrațiuni, cum să le transformăm în energie mecanică?

Putem considera undele sonore ca unde de energie, întocmai ca undele electrice sau orice alte unde de energie.

Ori, dacă putem transmite energia și prin unde sonore?

Problema însă de a transmite energia prin sunete, nu este prea ușoară. Toți știm că printr-un tub poți să vorbești la un capăt și să se audă la celălalt capăt. Aceasta însemnează că tubul transmite energia fără ca aerul să se miște cu totul. Un tub acustic este cel mai simplu transmițător de energie prin vibrațiuni. În această transmisiune însă, cantitatea de energie este foarte mică. Problema transmiterii vibrațiunilor în aer a fost studiată foarte bine și nu mai este nimic nou de spus asupra ei. Teoria vibrațiunilor în aer a fost foarte bine studiată în mod teoretic de Lordul Raleigh, care a publicat-o în două volume, ce reprezintă o analiză așa generală, că subiectul se poate considera ca epuizat. Însă Lordul Raleigh nu a privit problema din punctul meu de vedere.

Undele prin aer, studiate de Lord Raleigh, Heimholz și alții, sunt foarte slabe, ca să poată transmite o cantitate apreciabilă de energie.

Dacă însă considerăm ca mediu de transmisiune lichidele, se poate arăta că sunt mijloace de a transmite cantități considerabile de energie prin unde.

Undele într-un tub sunt unde longitudinale și, în genere, o undă longitudinală se poate asemăna cu un curent electric alternativ. Toată chestiunea era: cum să se producă unde de energie în cantitate foarte mare, cum să le transmitem la distanțe considerabile fără pierderi serioase și cum să le *reconstituim* aceste unde în energie mecanică.

În teoria undelor intră noțiunea de „*elasticitate a mediului*”. Dacă considerăm undele dintr-un tub plin cu apă, trebuie numai decât să ne ocupăm de compresibilitatea lichidului. Compresibilitatea lichidelor a fost studiată destul de serios de experimenatori celebri, care au arătat că lichidele *sunt compresibile*, însă, printr-o foarte curioasă tradiție, ele au fost considerate din punctul de vedere practic, ca *incompresibile*. Dacă vă mai

aduceți aminte, în cursurile elementare de hidraulică, se spune că: lichidele sunt incompresibile, sau aproape incompresibile, sau de o compresibilitate neglijabilă. Or, nu putem neglija elasticitatea lichidelor, când e vorba de mișcarea alternativă, căci intervine și *masa*. Masa unui lichid se opune, în general, la o mișcare alternativă repede. Dacă neglijăm elasticitatea și nu neglijăm masa, ajungem la rezultate absurde, de cele mai multe ori, când e vorba de a studia mișcările oscilatoare ale lichidelor.

Dacă trimitem un curent de apă, alternativ sau continuu printr'o țeavă, știm că avem pierderi prin frecarea curentului de apă. Asemenea trebuie să mai considerăm și pierderile prin rosturi sau prin porozitate. În general vedem că, în studiul vibrațiilor, trebuie să considerăm patru coeficienți: elasticitatea, masa, frecarea și pierderea.

Deja ne apropiem de cei patru parametric care se găsesc în electricitate: capacitatea, inducțiunea, rezistența și pierderile electrice.

Vom vedea analogia ce există între aceste patru elemente, în domeniul electricității și acela al vibrațiilor.

Este natural că hidraulica n'a putut să conducă la descoperirea „**Științei sonice**”, căci în hidraulică se neglijează compresibilitatea lichidelor.

Hidraulica se poate compara cu studiul curenților continui din electricitate. Curenții continui de apă sunt comparabili cu curenții continui electrice, pentru a explica unele din fenomenele electrice, însă analogia nu merge prea departe. Asemenea, ca să se explice mai ușor unele fenomene electrice, s'au făcut comparațiuni între curenții alternativi hidraulici, și cei alternativi electrice, însă, în comparație, s'a neglijat în general compresibilitatea lichidelor. Astfel analogia nu s'a putut duce prea departe și terenul a fost, din punctul de vedere practic, închis dela început.

Mai este o proprietate a lichidelor, care face să pară că problema transmisiunii energiei prin curenți alternativi hidraulici pierde dela început puțința de aplicațiune practică; aceasta este incapacitatea lichidelor de a primi tensiuni, la electricitate, un potențial negativ se poate concepe, însă într'un curent hidraulic nu se poate concepe o tensiune.

În altă ordine de idei, inerția lichidelor în curenții hidraulici alternativi a fost obstacolul principal al aplicațiunii lichidelor la obținerea mișcării alternative. În mașinile hidraulice cu curenți de apă, mișcarea alternativă n'a putut fi întrebuințată decât pe scară mică, la pompe de mine, unde, din cauza inerției lichidului, frecvența de oscilare a fost prevăzută așa de mică, încât nu putem considera această aplicare ca o transmisiune a energiei prin unde.

Ca să vedeți absurditatea ideii, că lichidele sunt incompresibile, este destul să luăm un caz practic. Să considerăm o conductă de 10 km, care are un piston la un capăt acționat de o manivelă care împinge acest piston în mod alternativ. Presupunem conducta plină cu apă și în comunicație cu un rezervor la capătul celălalt. Dacă s'ar calcula presiunea ce ar rezulta spre exemplu din învârtirea unei manivele de 3 cm de 1000 de ori pe minută, s'ar calcula presiunea ce ar rezulta spre exemplu din învârtirea unei manivele de 3 cm de 1000 de ori pe minută, s'ar vedea că ar trebui să rezulte în conductă o presiune fantastică de câteva zeci de mii de atmosfere. Acest rezultat este bineînțeles absurd și aceasta din

cauză că am neglijat compresibilitatea lichidului. Dacă însă se face experiență practică, se vede că nu se întâmplă nimic extraordinar, presiunea nu trece de 40 atmosfere și conducta poate rezista foarte bine dacă a fost încercată spre exemplu la o presiune de vreo 60 atmosfere.

Pe când eram odată la Buștenari, am văzut conducte în care se pompa cu o pompă alternativă, fără nici un rezervor de aer la pompe, și țevile nu se spărgeau. Din punctul de vedere teoretic era o absurditate, dar din punct de vedere practic era foarte rațional. Dealtfel, dacă se face teoria, ținând seama de compresibilitatea lichidului, se vede imediat că rezultatele obținute sunt raționale.

Vedem dar că, o tradițiune în știință a împiedicat găsirea transmisiunii sonice. Această tradițiune a făcut că elevii au fost învățați prin școli și texte să creadă în incompresibilitatea lichidelor. Este unul din pericolele învățământului fără experiențe riguroase căci, dacă s'ar face experiențe sistematice, s'ar vedea că lichidele sunt foarte compresibile la presiuni mari.

Pentru a demonstra experimental acest lucru am făcut un aparat, care constă dintr'un obuz, în care intră o jumătate litru de apă; am pus înăuntru un piston de 15 milimetri diametru și am aplicat o presiune de trei tone pe piston. Pistonul a intrat în apă pe o lungime de 200 mm. Experiența a dovedit până la evidență că lichidele sunt compresibile.

Ca să fac experiența mai demonstrativă, am luat o greutate de 100 kg, căreia dela o înălțime de 2,5 m îi dau drumul peste pistonul din obuz. Energia cinetică de cădere se transformă în energie potențială, când lovește pistonul. Sub presiunea loviturii pistonul ajunge la un nivel în obuz când toată energia cinetică a fost absorbită în lichid. Pe urmă, expansiunea lichidului aruncă greutatea înapoi, o aruncă ca dintr'un resort, așa că greutatea începe să joace pe acest aparat ca pe un resort de oțel. Experiența este foarte simplă și demonstrează în același timp că se pot face resorturi puternice fără arcuri de oțel. Acestea sunt resorturi eftine, mai cu seamă astăzi când obuzele sunt eftine, căci cantitatea de oțel care intră într'un astfel de aparat este cam a treia parte din cantitatea de oțel care ar intra într'un resort ordinar de aceeași energie.

Dela această simplă experiență am trecut mai departe: am luat un obuz la care, în loc să las greutatea să cadă, am comprimat lichidul printr'o pompă și pistonul, în loc să-l las liber, l-am împiedecat să se miște printr'o sârmă. Am pompat apoi lichid în obuz până la vre-o mie atmosfere; deasupra pistonului am pus o mică ghiulea și, când presiunea a ajuns la 1000 atmosfere, sârma era calculată ca să se taie. Expansiunea lichidului din obuz după tăerea sârmei a aruncat ghiuleaua la 150 metri distanță. Experiența era simplă și era pentru prima dată când un proiectil se arunca fără pulbere întrebuițând expansiunea lichidelor. Am arătat această experiență la câțiva *specialiști* și mai toată lumea a zis că nu se poate ca expansiunea lichidului să fi aruncat obuzul, cu toate că așa era cazul. Făcând calcule s'a găsit că peste 90% din expansiune era datorită lichidului comprimat și restul expansiunii metalului din obuz.

Am trecut mai departe: am făcut un tun de tranșee, unde am întrebuițat, în loc de obuz ca capacitate, o butelie de oțel de înaltă tensiune. Am ridicat presiunea lichidului

la 2000 atmosfere, pompând ulei mineral prin un tub special. În cei trei litri de lichid, care era capacitatea buteliei, am reușit să bag încă 250 cm^3 de lichid.

Un sfert de litru de lichid de pompat în plus în o butelie de trei litri, care era deja plină, ar fi fost un paradox, dacă lichidele ar fi fost incompresibile. Prin expansiunea lichidului la acest aparat am aruncat un proiectil de 8 kilograme la 500 m distanță.

Energia pompată buteliei era dată de un băiat de 14 ani, acționând cu mâna o pompă specială.

S'a demonstrat astfel, nu numai că lichidele sunt compresibile, dar că se pot obține avantaje practice din această compresibilitate. Am mai obținut și alte rezultate interesante, fiindcă, dacă putem comprima lichidele, ne putem servi de această proprietate pentru a acumula energia, întocmai ca în acumulatorii electrici.

În multe instalațiuni hidraulice se întrebuințează acumulatori hidraulici, care vă sunt cunoscuți. Un acumulator hidraulic consistă dintr'o greutate foarte mare, care apasă pe un piston, care acumulează o energie prin ridicarea greutății la o oarecare înălțime. Această greutate este în unele cazuri de sute de tone. Ei bine, exact același rezultat se poate obține luând o baterie de obuze, punându-le în paralel și comprimând lichidul cu care le umplem la o presiune mare. Se poate astfel înmagazina energie considerabilă, care în orice moment să se poată întrebuința într'o presă sau motor hidraulic. Am cerut pe acest principiu un brevet, care mi-a fost respins imediat de Patent Office din Washington pe motivul că mașinile mele sunt absurdități. Eu am răspuns că nu sunt absurdități și am explicat pentru ce. Mi s-a răspuns că lichidele nu sunt compresibile și nici una din mașinile mele nu va putea să funcționeze. Am avut foarte mare greutate să conving oficiul de brevete din America că mașinile sunt raționale. Aceasta v-o spun numai ca un exemplu, ca să vedeți cât este de înrădăcinată tradițiunea că lichidele sunt incompresibile.

Acestea sunt unele din greutățile inventatorilor, căci la urma urmelor tot am obținut brevetul.

Proporția de compresibilitate este următoarea: oțelul are un coeficient de elasticitate de $2.000.000 \text{ kg/cm}^2$, apa numai de 20.000 kg/cm^2 , așa că apa este de o sută de ori mai compresibilă decât oțelul. Toată lumea admite că oțelul este elastic, prin urmare compresibil, dar foarte puțină lume admite că apa este elastică. Prima mea dificultate a fost să conving lumea că lichidele sunt compresibile, ca să pot convinge că aparatele mele pot funcționa. Când convingeam că aparatele mele merg, se găseau de către experți și învățați alte explicațiuni, ca de pildă, că este aerul în soluție care intervine, ori că este oțelul din recipient care se deformează. Foarte puțină lume vrea să admită că lichidul este compresibil.

Am avut într'o zi ca vizitator la atelier pe Maxim, inventatorul mitralierelor „Maxim”. Venise tocmai în momentul când făceam experiențe. I-am arătat câteva din experiențele care probează că lichidele sunt compresibile, dar a fost imposibil să-l conving. Spunea că este aer în soluțiune în apă și că el e convins că este cu neputință să se comprime lichidele.

Șeful instalațiunilor hidraulice din Londra, (o instalațiune care pompează sub 100 atmosfere apă pentru ascensoare) m'a vizitat de asemenea și i-am arătat și lui

experiențele mele, dar nici el n'a crezut în compresibilitatea apei și nu l-am convins nici până în ziua de astăzi.

Deasemenea ași putea să vă citez pe mulți oameni învățați și experți în hidraulică, care au rămas surprinși de experiențele mele. Este adevărat însă că, cu alții care au studiat mai de aproape chestiunea, nu am avut nici o dificultate să-i conving.

Am insistat mai mult asupra acestui punct, fiindcă compresibilitatea lichidelor e baza tuturor invențiilor mele. Dacă se admite că lichidele sunt compresibile, ceea ce cred că toată lumea va admite în această sală, numai decât se poate conchide că undele de energie se pot transmite prin lichid întocmai cum se pot transmite prin aer. Se poate demonstra că aceste unde pot avea o energie considerabilă dacă anume condițiuni sunt îndeplinite.

Încă o dificultate, care am avut-o, este o altă idee eronată, care are oarecare curs în știință, și anume că energia degenerază când se transformă în vibrații. Spre exemplu este ușor de făcut căldură dintr'o bucată de cărbune, dar e imposibil de făcut o bucată de cărbune din căldură. Tot cam așa ar veni și cu vibrațiunile. Toată lumea știe că e ușor de făcut vibrațiuni, căci, ca să faci zgomot, e destul să lovești un corp cu alt corp, dar e foarte greu să faci energia la loc din vibrațiuni. Era un fel de convenție tacită printre oamenii de știință de a crede că energia merge într'un sens degenerând fie în căldură și lumină, fie în vibrațiuni, dar că ar fi imposibil să o întorci înapoi.

Eu n'am crezut acest lucru și am considerat ca posibilă reproducere a energiei din vibrațiuni înapoi în energie mecanică. M'am bazat pe analogia cu curenții alternativi electrici. Se știe că este ușor de produs și tot atât de ușor de transformat electricitatea îndărăt în energie mecanică. Vom vedea mai departe marea analogie care există între vibrațiuni și curenții electrici alternativi.

Viteza de propagare a vibrațiunilor variază cu mediul în care se transmit și este unul din factorii care trebuie să-l considerăm în **transmisiunea sonică**. Această viteză în apă este de vreo 1500 m pe secundă, în oțel este de vreo 5000 m. pe secundă. În electricitate este enorm de mult mai mare, sute de mii de klm. pe secundă, așa că pare că ar trebui să fie o mare diferență între aceste două feluri de a transmite energia. Poate să ajungă timpul să împăcăm și pe mecanici și pe electricieni într'o singură teorie și să se facă o știință specială a vibrațiunilor, care să servească la calcularea oricărui mod de a transmite energia. Cam acest lucru l-am făcut și eu. Am făcut **teoria vibrațiunilor** din punctul de vedere mai general, nu plecând dela ecuațiunile generale ale lui Lagrange, cum a făcut Lord Raleigh, ei plecând dela alte noțiuni mai practice, după cum se face în electricitate. De altfel nici în electricitate nu prea știm bine ce este capacitatea, inducțiunea, curentul electric, magnetismul etc. Cu toate acestea toți inginerii electricieni pot să calculeze cu aceste elemente, să facă dinamuri și să facă planul pentru transmiterea energiei electrice. Toate acestea sunt bazate pe o serie de experiențe și coordonări teoretice în felurite formule bazate pe experiențe. În acelaș mod am procedat și eu cu transmisiunea sonică. Am făcut câteva ipoteze simple, am dat câteva definițiuni riguroase și bazat pe experiențele care demonstrează legile elasticității, inerției, frecării etc. am ajuns la o știință careia îi zicem: „**Sonicitate**”. În această știință calculăm cu diferiți

coeficienți, care, din punct de vedere filozofic, sunt tot atât de greu de analizat (dacă ar fi vorba de a explica ultima rațiune a lucrurilor, ca și natura electricității).

Este ușor de zis că cunoaștem ce este electricitatea, dar în fond nu știm ce este; ni se pare că știm, sau credem că știm. E ușor de zis că știm ce este masa, dar nu știm nimic mai mult decât ceea ce am câștigat prin experiență. Tot așa este ușor să credem că știm ce este elasticitatea, dar în fond nu știm pozitiv nimic altceva decât tot ce am găsit prin experiență. Toate teoriile ce putem face vor fi dar același lucru: o coordonare sistematică prin definițiuni și clasări simple a unor rezultate experimentale, în așa fel ca să putem, prin ajutorul transformărilor matematice, trage concluziuni care la rândul lor să poată fi și ele verificate prin experiență.

Pe acest criteriu m'am bazat și eu când am croit teoria transmisiunii energiei prin vibrațiuni.

În chestiunile de transmisiune prin curenți alternativi sonici, noțiunea de elasticitate și de presiune statică începe să ia un nou aspect. Presupunem că avem un tub în care împingem repede un piston. Dacă tubul este foarte lung, pistonul produce o undă, care se duce cu viteza sunetului la capătul celălalt al conductei. De aci se reflectă îndărăt și lovește iarăși în pistonul care a produs-o, de unde iarăși se reflectă și așa mai departe. Prin urmare, dacă ținem pistonul pe loc, vedem că, la anume perioade de timp, primim lovituri asupra pistonului, datorită refluxurilor succesive ale undei. Am putea dar prezice că pistonul acesta va fi expus la o serie de lovituri, care se repetă de foarte multe ori. Dacă presupunem că prin un mijloc oarecare am micșora lungimea tubului, atunci numărul loviturilor pe piston datorită reflecțiunilor crește. Dacă reducem tubul la o lungime foarte scurtă, putem considera presiunea care rezultă pe piston ca fiind rezultanta unor unde succesive, care se repetă dela un capăt al conductei la celălalt. Nu este dar nici o obiecțiune de a face ipoteza că presiunile statice n'ar fi altceva decât presiuni medii, datorate unor mișcări vibratoare ce se reflectă succesiv pe pereții interiori ai vaselor.

În teoria gazelor s'a făcut o ipoteză analoagă, așa urmează că, câmpul unei teorii a undelor pentru studierea fenomenelor de aplicațiune dela un punct la altul, se poate lărgi foarte mult. **Teoria științei sonice** poate să devină o nouă bază la mecanică, în sensul că presiunile sau forțele ce intervin în piesele materiale să fie considerate ca un caz particular al transmisiunii undelor. A fost o întâmplare poate că știința mecanicii a început dela presiunile statice ca să găsim apoi teoria undelor. Poate că, dacă se lua altă cale și se pleca dela unde, s'ar fi născut mecanica sub altă formă și ar fi fost pentru noi foarte greu a concepe presiunile sau forțele ca noțiuni abstracte, independente de proprietățile materiei.

Lumea admite că, dacă aplicăm o forță la un obiect, forțele se transmit instantaneu în toate părțile. Aceasta nu este riguros adevărat. Dacă tragem de o masă, ca să o mutăm din loc, puterea nu se transmite instantaneu în toate părțile. Între timpul când un capăt și celălalt al mesei se mișcă, trebuie să treacă cel puțin timpul cu care viteza sunetului trebuie să se transmită prin materialul din care e făcută masa. Or, viteza sunetului este finită, așa că există un interval de timp apreciabil, care separă momentele la care diferitele puncte ale mesei se pun în mișcare.

În calculele de rezistență de obicei se admite că presiunea se transmite instantaneu dela un capăt la celălalt al unui obiect. Aceasta nu este riguros adevărat. Se poate admite cu oarecare aproximație, dar sunt cazuri când nu se pot admite aceste ipoteze. Așa încât vedem că este foarte interesant, ca și în alte domenii, să se facă un studiu general al transmisiunii forțelor pe bazele transmisiunii sonice și pe urmă să se aplice la diferite probleme practice.

Asupra transmisiunii sonice am scris o carte în englezește, a cărei publicare a fost interzisă de guvernul englez în timpul războiului. Din această lucrare voi enumera numai câteva capitole și câteva definițiuni, ca să vedeți cam în ce sens am dezvoltat această știință.

Una din problemele practice ce se pune la inginerie este transmisiunea unei energii date dela un punct la altul. Sunt mai multe feluri de a transmite energia: este mai întâiu transmisiunea electrică, hidraulică, prin aer comprimat, printr'un cablu care se învârteste pe o roată, prin curele, prin axe supuse la torsiune, roți dințate etc. Transmisiunea prin unde vine să adauge un nou mod practic de a transmite energia dintr'un loc în altul.

În transmisiunea sonică, întrebuițez un mediu care să nu se miște din pozițiunea lui medie, însă care vibrează continuu. Dacă considerăm un piston și un cilindru în legătură cu o conductă, dacă dăm o mișcare rotativă unei biele, care atacă pistonul, rezultă în conductă o serie de unde care se transmit de-a lungul conductei, producându-se zone de compresie și zone de rarefaciune, care merg înainte cu iuțeala sunetului. Dacă conducta e infinit de lungă, toată energia pusă în mișcarea pistonului se transmite la infinit, risipindu-se gradat pe drum prin frecarea particulelor lichide. Dacă conducta este închisă la capătul celălalt, undele se întorc înapoi și atunci depinde de lungimea conductei ce are să se întâmple. Dacă conducta este un multiplu de undă, undele vin să se suprapună prin reflexiuni succesive. Undele ce se duc la capăt se întorc înapoi, însă ele nemeresc unda viitoare și după o serie de pulsațiuni presiunea crește indefinite. Aceasta se poate arăta și teoretic. Așa că o conductă, închisă la un capăt și cu pistonul oscilând periodic la celălalt capăt, nu poate să existe ca o posibilitate mecanică în cazul când conducta este un multiplu de unde. Presiunea crescând indefinit, conducta termină prin a se sparge. În cazul când conducta nu este un multiplu de undă, atunci se produce un fenomen curios: se produce o sincronizare, care face ca să fie foarte greu să se mențină viteza motorului, așa că conducta să nu se împartă în multiplu de unde. Or în acest caz, presiunea crescând indefinit, conducta se sparge după un timp foarte scurt.

Dacă punem însă la capătul celălalt al conductei alt piston cu o manivelă, care să aibă aceeași deplasare ca și pistonul dela origina conductei și potrivim ca conducta să fie exact un multiplu de undă, e un caz când mișcarea manivelelor s'ar putea menține. Dacă învârtim la aceeași viteză ambele manivele, undele s'ar putea transmite fără reflexiune, însă cu o condițiune: ca să punem pe axul manivelei receptrice un cuplu, care să absoarbă toată energia mecanică a undelor. Așa încât există numai o singură posibilitate: când energia absorbită de receptor și cea produsă de generator sunt identice; îndată ce suprimăm cuplul dela receptor, se produc o serie de unde, cari intră în conductă în anume puncte și conducta se sparge ca și mai înainte. Vedem că problema apare foarte

complicată. Am găsit însă că, dacă punem la începutul conductei o butelie de oțel plină cu un lichid oarecare, lucrurile se schimbă complet, în loc să se mai producă acele dificultăți ivite adineauri prin suprapunerea undelor, undele se suprapun numai până la oarecare limite de presiune și amplitudine, în loc să devie infinită, este limitată de butelie la o valoare convenabilă rezistenței conductei.

Butelia am botezat-o ca în electricitate: condensator. Efectul acestei butelii este analog cu efectul unui condensator electric pus în paralel pe un circuit cu curenți alternativi electrici.

Se vede dar că, dacă am avea un receptor la capătul conductei, ar putea să funcționeze fără să avem riscul de spargere, cu condiția ca lungimea conductei să fie un multiplu de unde sau semi-unde.

În genere în practică, dacă conducta este destul de lungă, fenomenul de sincronizare iarăși se produce și generatorul nu poate să meargă decât la viteza care împarte conducta în zone, multiple de lungimea de unde sau semi-unde.

În principiu transmisiunea sonică se rezumă la un piston, care alternează la un cilindru, o butelie plină cu un lichid în comunicație cu cilindrul, o conductă și un motor sonic.

Din punctul de vedere practic transmisiunea sonică este foarte simplă; nu e nici o complicațiune. Din punct de vedere teoretic însă, transmisiunea sonică prezintă o problemă de matematici nu tocmai ușoară.

Am arătat până aci posibilitatea de a transmite energia prin vibrațiuni, însă este foarte greu de calculate aceste fenomene fără o teorie bine stabilită.

În loc să iau teoria ordinară a vibrațiunilor, am elaborat o teorie nouă analoagă cu teoriile adoptate în electricitate. Astfel am definit un curent hidraulic alternative, sau pes cur un *curent sonic*, ca produsul vitezei lichidului cu secțiunea, cum se face în hidraulică. Pe urmă am definit diferența de presiune între două puncte pe o conductă sau *presiunea sonică*, întocmai cum se definește în electricitate o diferență de potențial pe o linie. Apoi legea *frecărei sonice* am admis-o analoagă cu legea lui Ohm în electricitate, adică o pierdere de presiune între două puncte ale unei conducte proporțională cu curentul și lungimea conductei; însă aci apare o dificultate, căci în hidraulică pierderea de presiune este proporțională cu pătratul vitezei, așa că ar trebui ca pierderea de presiune sonică datorită frecărei sonice să fie proporțională cu pătratul curentului.

Dacă aș fi luat de bază această ipoteză a pătratului curentului, toată teoria sonică nu mai puteam să o fac pe bazele teoriei electricității, în electricitate legea lui Ohm este simplă și pierderea de voltaj este proporțională cu curentul. Dacă pierderea de presiune sonică n'ar fi fost în acelaș mod proporțională cu curentul, paralelismul între cele două științe, electrice și sonice, ar fi dispărut. Acesta este un punct important, fiindcă, dacă ar fi fost imposibil de a defini pierderea de presiune datorită frecărei ca fiind proporțională cu curentul, nu puteam să fac analogiile pe care le-am făcut.

Curba exactă a pierderii de presiune în hidraulică este proporțională cu pătratul curentului. Dacă curentul acesta este o funcțiune sinusoidală, am vedea că pierderea de presiune ar fi proporțională cu un coeficient constant și cu pătratul sinusului timpului.

Travaliul mecanic pierdut prin frecare va fi în orice moment proporțional cu produsul dintre curent și pierderea de presiune sonică datorită frecării. În electricitate acest produs este totdeauna pozitiv, chiar când curentul se schimbă de sens, deoarece produsul e proporțional cu pătratul curentului, în sonicitate, dacă pierderea de presiune sonică ar fi fost proporțională cu pătratul curentului, produsul acesteia cu curentul ar fi fost proporțional cu cubul curentului. Deci travaliul n'ar mai fi fost pozitiv, oricare ar fi fost sensul curentului. În special, dacă curentul ar fi o funcțiune sinusoidală, ar urma că travaliul pierdut prin frecare în timpul unei perioade complete să fi fost nul. Aceasta este absurd și eroarea provine din faptul că frecarea sonică, chiar dacă am admite-o proporțională cu pătratul curentului, ar trebui reprezentată prin o funcțiune proporțională cu sinusul pătrat cu semnul pozitiv, pentru prima jumătate de perioadă și cu sinusul pătrat cu semnul negativ, pentru a doua jumătate din perioadă.

Această funcțiune am căutat să o reprezint prin o singură formulă, obținută cu ajutorul seriei lui Fourier. Primul termen din această serie din întâmplare este covârșitor pe lângă ceilalți, așa că ceilalți am putea să-l neglijăm și să luăm numai primul termen. Facem astfel o eroare cam de vre-o 15% asupra rezultatului. Or această eroare nu este prea mare. Constantele în coeficienții de frecare sonică nu pot fi așa de bine determinate ca să pretindem a fi mai riguroși. Seria prin care funcțiunea: $y = + \sin^2 x$ este reprezentată, apare cu primul termen, sub forma unei constante numerice multiplicată cu prima putere a sinusului, urmată de alte armonice superioare, însă neglijabile pe lângă primul termen.

Se vede dar că, admitând frecarea ca fiind proporțională cu curentul, nu se face o eroare prea mare. Deci toate formulele, care le-am stabilit pe baza că frecările sonice sunt analoage cu frecările din legea lui Ohm din electricitate, vor fi justificate.

Am insistat asupra chesiunei, fiindcă aplicarea unei legi analoage cu aceea a lui Ohm în sonicitate, permite un paralelism aproape între cele două științe.

O *capacitate sonică* am definit-o ca o funcțiune a elasticității și anume ca o deplasare divizată prin o diferență de presiune, întocmai cum se face în electricitate. *Inerția*, care este în funcțiune de masa, corespunde cu inducțiunea electrică și am definit *coeficientul de inerție sonică* ca fiind egal cu masa divizată cu pătratul secțiunii de conductă prin care trece curentul.

Cu aceste simple definițiuni se poate face o teorie a tuturor mișcărilor alternative hidraulice, întocmai ca în electricitate. Relațiunile între curenți, capacitate și presiuni sonice se combină prin vectori tot așa de simplu ca și în electricitate. Travaliul mecanic se poate calcula ca în electricitate și mai departe toate problemele care se pun în transmisiunea sonică se pot rezolva cu aceleași formule ca și în electricitate.

Până aci tot ce am spus pare că nu ar fi decât o discuțiune, prin care am căutat să arăt posibilitatea de a pune în paralel unele fenomene mecanice cu cele electrice. În cele ce vor urma, voi arăta folosul practic ce decurge din acest paralelism.

În adevăr, dacă aceste definițiuni și formule sonice sunt în așa strânsă legătură cu formulele electrice și mai cu seamă fiindcă majoritatea formulelor principale sunt identice, ar trebui ca la fiecare mașină electrică să corespundă o mașină sonică. Cum se face și în geometrie spre exemplu, dacă știm că într'un triunghi bisectrițele se întâlnesc

la acelaș punct, cu o transformare prin raze vectorii reciproce, găsim o nouă teoremă în geometria proiectivă, tot astfel dela un fenomen cunoscut în electricitate prin un fel de traducere, putem găsi un fenomen necunoscut în sonicitate și viceversa. Am luat mașini cunoscute electrice, un motor spre exemplu, și i-am interpretat teoria în domeniul sonic și astfel mi-a fost ușor să inventez un motor sonic pe care nu-l cunoșteam mai înainte.

Am luat alte probleme electrice mult mai complicate și le-am tradus în equivalentul lor sonic și am găsit lucruri noi în sonicitate. Este interesant cum la fiecare capitol de electricitate corespunde un capitol sonic. Am să vă dau un exemplu foarte curios: dacă considerăm un generator sonic, de pildă un piston într'un tub, punem o capacitate la începutul conductei, spre exemplu o butelie de oțel plină cu apă; de aci pornim o conductă cu o țeavă foarte strâmtă în diametru; apoi la capăt în continuare mai punem altă butelie de oțel plină cu apă, dacă traducem acest dispozitiv în equivalentul său electric, am avea următoarea combinație: la origină un generator cu curent electric alternativ, un condensator în paralel, o linie electrică, o rezistență și încă un condensator în serie. Cu aceste elemente putem calcula care este energia pierdută prin rezistență. Va fi o energie care va fi reprezentată prin coeficientul de rezistență, înmulțit cu pătratul curentului și împărțit cu 2. Această energie se va transforma *în căldură* și rezistența electrică va radia această căldură.

Tot acelaș lucru se întâmplă și cu dispozitivul sonic descris adineauri: țeava cea strâmtă în diametru, se încălzește foarte tare. În laboratorul meu am construit un astfel de aparat și am calculat tubul astfel ca temperatura să ajungă la 100 centigrade în aer liber. Experianța a reușit perfect și ca să o fac și mai demonstrativă, am întrebuințat ca lichid apa, ca să se poată obține și apă rece și apă caldă în același tub.

Această experiență arată că putem transmite căldura la distanță printr'un tub cu apă rece.

Iată o aplicațiune care era cu totul neașteptată și care nu e altceva decât o transformațiune a proprietăților cunoscute ale curenților electrici. Tubul ce am construit radiază căldura produsă de curentul sonic, așa că energia care se pune în generator se transformă în căldură transportată sub forma de energie sonică dela generator până la tub prin apa care nu se încălzește pe parcurs ci numai vibrează. Energia sonică se transformă în căldură numai la punctul unde se găsește rezistența sonică.

Aparatul experimental ce am făcut are destulă energie ca să fiarbă în două minute apa dintr'un pahar.

Pe când experimentam cu acest aparat, într'o zi m'am gândit că dacă căldura tubului se pierde prin radieră, ce s'ar întâmpla dacă am preveni radierea ? Am pus dar tubul într'o garnitură de asbest și rezultatul a fost că tubul s'a încălzit așa de tare că a topit cositorul cu care era fixat la conductă, și au ieșit aburi supra încălziți. Am reluat experiența, de data asta însă am lipit tubul la conductă cu alamă în loc de cositor, ca să nu se mai topească. Înconjurând tubul acesta în vată aceasta a fost carbonizată. Așa se vede că s'ar putea calcula un aparat care să roșească un tub prin curenți sonici și energia pentru acest scop să fie transmisă prin apă rece. Presiunea medie a apei întrebuințată este așa de înaltă încât nu se produc vapori înăuntrul tubului. Cu o presiune de 100

atmosfere se poate obține peste 400 grade căldură. Pot întrevădea că printr'un aparat de această natură se va putea produce chiar energie luminoasă cu ajutorul curenților sonici. Am dat exemplul acesta numai pentru a arăta că analogiile ce am făcut între *electricitate și sonicitate, au o parte practică foarte importantă.*

Motoarele sonice sunt de mai multe feluri ca și cele electrice: motoare sincrone, asincrone, monofazate, bifazate, polifazate și cu colectori, așa că terenul de aplicațiune este imens.

Unul din capitolele interesante în electricitate este cel ce se ocupă cu aparatele de transmisiune din telegrafia fără fir. Echivalentul lor în sonicitate este cu totul neașteptat: ele corespund ciocanelor sonice de nituit sau pentru alte scopuri analoage. Un ciocan sonic constă dintr'o masă ținută de două resorturi și o nicovală. Un piston într'un cilindru primește presiunea sonică alternativă, care vine dintr'un conduct sonic. Coeficientul de inerție al ciocanului și capacitatea resorturilor sunt în rezonanță cu pulsațiunile curentului sonic. În mod teoretic cursa ciocanului ar trebui să devină infinită, din cauza rezonanței, însă ciocanul lovind în nicovală, energia cinetică a masei ciocanului se descarcă la fiecare perioadă. Teoria acestui ciocan sonic este paralelă cu teoria unui condensator electric în rezonanță cu o inducțiune și care se descarcă sub formă de scânteii la fiecare perioadă.

Sunt probleme foarte interesante, de matematică, ce rezultă din analiza aparatelor sonice. De pildă, ciocanul sonic nu are o mișcare periodică simplă. La fiecare lovitură rămâne în repaus un timp oarecare.

Făcând diagrama curbei de curent, am vedea că curba, care ar reprezenta curentul sonic absorbit de un ciocan, este complicată și discontinuă.

Motoarele sonice sunt relativ simple: constau din pistoane ce vibrează și piese mecanice care se învârtesc. Nu sunt complicațiuni, și aceasta face ca să fie mult mai ieftine decât cele electrice.

Un motor sonic cântărește în general a treia parte din acelaș motor electric; prețul e mult mai ieftin, căci în construcția lui intră numai oțel și fontă.

Din punct de vedere comercial, motoarele sonice sunt interesante, avantajele lor sunt ca și a celor electrice, se pot instala în mod izolat, se pot pune în ateliere să învâртеască mașini, unelte etc.

Văd că a trecut o oră și vreau să termin prima parte a conferinței. Nu vă rețin mai mult, fiindcă vom avea încă o conferință Vineri. Am încercat într'o singură ședință să explic principiile pe care se bazează știința sonică. În conferința viitoare trecând la partea practică, am să vă arăt câteva aplicațiuni făcute și câteva fotografii de motoare și aparate sonice, ce am executat în laboratorul sonic din Englitera.

II. Conferință ținută la 7 Noembrie 1919

În ședința de rândul trecut, am explicat principiile teoretice pe care se bazează transmisiunea energiei prin undele sonice.

Am arătat pe scurt principiile care au demonstrat că transmisiunea se poate face prin unde longitudinale, care circulă într'un mediu lichid.

Asemenea am mai arătat că se poate acumula energia mecanică prin comprimarea lichidelor.

Lichidele au fost considerate multă vreme ca incompresibile, însă experiențele pe care le-am făcut au demonstrat că din compresibilitatea lor se poate trage avantaje practice, pentru a acumula energia. Așa că, în linii generale, acumularea energiei prin comprimarea lichidelor și transmisiunea energiei prin unde formează baza noiei științe sonice.

Conferința pe care am expus-o rândul trecut o voi completa astăzi prin arătarea aplicațiunilor teoriei sonice. La finele conferinței ajunsesem tocmai la punctul unde începusem să explic motoarele sonice.

E relativ ușor de produs vibrațiuni. Vibrațiunile se pot produce prin diferite mijloace: sau printr'un piston, care se mișcă alternativ într'un cilindru, sau prin diafragme care oscilează, sau prin multe alte mijloace. De altfel este ușor de transmis energia, fie prin aer, fie prin lichide. Așa că partea cea mai grea a faost realizarea motoarelor. La realizarea lor am fost ghidat, după cum v'am explicat, prin analogia foarte mare care există între electricitate și *sonicitate*, să îi zicem așa.

Faptul că parametrii electrici, care definesc volatjul, amperajul, capacitatea, inducțiunea, rezistența etc. au corespondenții lor în sonicitate, mi-a dat posibilitatea să traduc, ca printr'un dicționar, electricitatea.

Cu toate acestea, cred că o să fie interesant să vă arăt câteva principii generale, pe care se bazează motoarele sonice.

O undă, care circulă printr'o țeavă, o putem considera ca un *curent sonic monofazat*. Dacă avem mai multe țevi, care transmit undele, putem considera transmisiunea ca bifazată, trifazată sau cu orice număr de faze, tocmai cum se face și la electricitate. Fazele unei unde sunt produse de un generator; spre exemplu, dacă am avea o pompă ordinară (fără supape) și am învârti manivela, dacă cilindrul pompei este în comunicație cu o țeavă lungă, în care se găsește lichid, se produce prin rotațiunea manivelei o serie de pulsațiuni, care aruncă unde în țeavă și aceste unde le putem considera ca un curent sonic monofazat. Dacă am vrea să utilizăm energia acestor vibrațiuni la capătul celălalt al țevei, ar trebui să avem motorul sonic, care să absoarbă

acești curenți. Or dificultatea de a realiza un motor sonic monofazat e tot așa de mare ca și în electricitate.

Cum s'a făcut de altfel și în electricitate, am trecut și eu de preferință la sistemul polifazat. Astfel, primul motor pe care l-am făcut, a fost motorul sonic trifazat.

Un motor trifazat are avantajul că cuplul de rotațiune este constant, întocmai ca și la motoarele electrice.

Acum, ca să aveți o noțiune imediată în ce constă un motor sonic monofazat de felul cel mai simplu, am putea la rigoare întrebuința un cilindru și un piston, care atacă o manivelă și un volant. Această țevă va comunica cu un generator sonic care produce unde; aceste unde vor presa asupra pistonului în mod alternativ și se vede de aci, că, dacă am învârti acest motor cu o viteză exact în sincronism cu undele, undele ar putea fi absorbite de acest motor; însă dacă motorul s'ar învârti cu altă viteză, undele nu pot fi absorbite. De altfel, se poate și arăta că, chiar în cazul când ar merge acest motor, cuplul nu este constant și ar trebui să fie un volant destul de mare la acest motor, ca să se mențină mișcarea de rotațiune. Un asemenea motor e foarte greu de pornit și de ținut în mers, căci, odată pornit, o supra încărcare îl scoate din fază, motorul se oprește brusc, tocmai ca și motoarele electrice sincrone monofazate. Dacă în să am presupune că manivela în loc să fie atacată de un singur piston, am pune încă trei pistoane făcând între ele unghiuri de 120° ?

Condițiunea, de a obține un cuplu constant asupra acestei manivele, este ca undele care acționează aceste trei pistoane să fie armonice simple, adică reprezentate prin o mișcare sinusoidală simplă și să fie decalate și ele în faza de timp, tot cu 120° . Așa că este suficient să trimitem prin trei țevi curenți sonice de la un generator sonic trifazat.

Vedem dar că un motor sonic trifazat se poate concepe ca o pompă, care are trei cilindri și în care se mișcă trei pistoane decalate la 120° . Motorul este foarte simplu, are întotdeauna un cuplu riguros constant, chiar fără volant, cu condițiunea ca undele să fie perfect armonice.

Dacă se întrebuințează o manivelă ordinară, se poate arăta că e foarte greu de obținut o mișcare perfect armonică și sunt armonice superioare care circulă prin conducte și care dau oare care desavantaje, ca și în electricitate, vibrațiuni și cuple secundare, care contrazic uneori cuplul principal. În motoarele care le-am construit în ractică, am suprimat manivela și întrebuințez un excentric tăiat în mod special și chiar rotori de diferite forme.

Se vede din cele de mai sus, că un asemenea motor nu se poate învârti de cât exact cu viteza de sincronism a generatorului.

Însă, dacă vrem, putem construi rotori speciali, în care viteza să fie pe jumătate, sau exact a treia parte, în fine un multiplu exact al revoluțiunilor generatorului.

Așa spre exemplu, un motor care s'ar învârti cu a cincea parte din numărul revoluțiunilor ar avea un rotor, a cărui secțiune ar fi un fel de pentagon sinusoidal, care trebuie tăiat cu o mașină, astfel ca să dea o mișcare perfect sinusoidală pistoanelor din prejurul său.

Pentru a schimba sensul rotațiunii unui motor trifazat este suficient de a încrucișa două faze, întocmai ca în electricitate. Acesta este un avantaj serios, mai cu seamă pentru

transmisiunile marine, unde avem nevoie de a schimba direcția de rotațiune a helicei, fără a schimba sensul de rotațiune al turbinelor sau motorului ce acționează generatorul sonic.

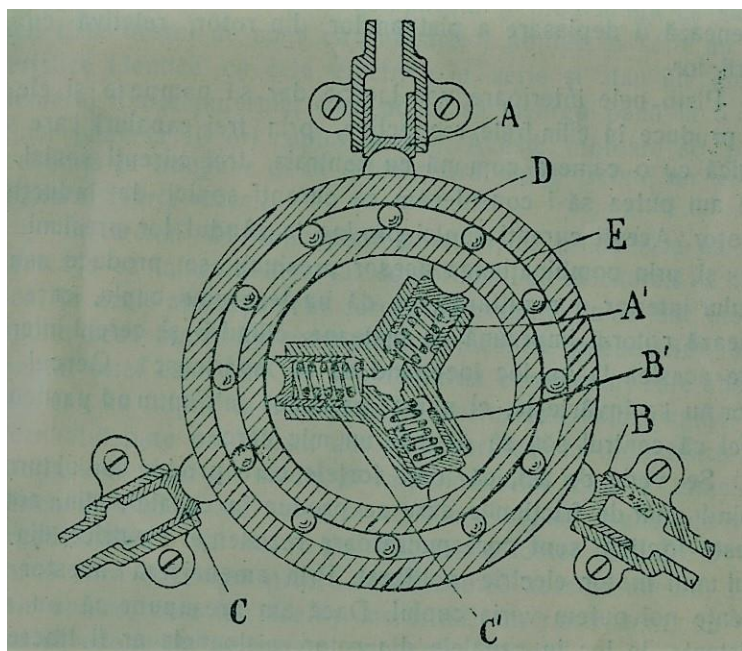
În ceea ce privește motoarele sincrone descrise, aplicațiunile lor sunt restrânse la anumite scopuri, fiindcă ele nu pot să demareze ușor în contra greutateilor mari. Dacă am pune un volant important pe axul unui motor sincron, el nu ar putea să ia din loc, dacă pulsațiunile sau frecvența este înaltă. Aceasta se vede numai decât; motorul sincron trebuie să intre în viteză brusc și dacă volantul este greu, acesta nu poate fi accelerat. Cu toate acestea, motoarele sincrone sunt mașini excelente pentru a învârti helice de vapoare și alte organe, ce reclamă o viteză uniformă și un randament foarte înalt.

Problema cea mai interesantă, ce am avut în sonicitate, a fost să traduc în domeniul sonic motorul de inducțiune, care a fost inventat de Tesla în electricitate.

Motorul de atelier sau de sonde, în care trebuie să învârtim un ax, începând dela viteza nulă, nu poate fi realizat prin motorul sincron, căci motorul sincron nu are cuplu de

demaraj important și nu ar pleca din loc. Atunci, a trebuit să caut teoria unui motor a-sincron sonic. O să vă fac diagramul unui motor sonic a-sincron. Avem trei cilindre, în care avem trei pistoane, pe care le numim *statorul*.

Pistoanele acestea le arăt în mod schematic, fiindcă pistoanele reale sunt puțin mai complicate. Un inel de oțel călit e în contact cu aceste pistoane. În interiorul inelului acesta, pe care îl considerăm perfect călit și tare, ca să poată suporta presiuni destul de mari, se pun bile de rulment, care



mențin concentric încă un inel, iarăși de oțel călit. Am putea considera aceste două inele ca un fel de lagăr cu bile, foarte mare. Apoi avem înăuntrul inelului interior alte trei pistoane, ce ar reprezenta pistoanele rotorului.

Ca analogie cu electricitatea unui solenoid electric, îi corespunde în motorul sonic un piston.

Pistoanele ce sunt înăuntrul inelului interior ar reprezenta în electricitate spirele de inducțiune în rotor. Cele două inele sunt libere d e a rula unul în altul, însă centrele lor sunt aceleași în orice moment.

Acum să vedem ce se întâmplă, dacă pornim un curent sonic trifazat în cele trei pistoane ale statorului?

Presiunile sonice datorite undelor produc asupra pistoanelor statorului trei forțe dirijate în lungul axelor pistoanelor. Aceste trei forțe sinusoidale, aplicate asupra inelului exterior, se combină într'o singură forță, de mărime constantă, aplicată în centrul inelului

și care se rotește cu o viteză constantă; curentul sonic produce în cilindrele statorului deplasări ale pistoanelor, ce se combină într'un deplasament al centrului inelului, deplasamentul având și el o mărime constantă, care se învâртеște cu viteza sincronismului.

Acest deplasament rotativ este analog cu câmpul turnant electric. Deplasarea cercului exterior antrenează deplasarea cercului interior, căci au același centru și deplasarea acestor inele antrenează o deplasare a pistoanelor din rotor, relativă cu cilindrul lor.

Pistoanele interioare vor începe dar să pompeze și ele, și vor produce în cilindrele respective, prin trei canale care comunică cu o cameră comună cu centrala, trei curenți sonici, pe care am putea să-l considerăm ca curenți sonici de inducțiune în rotor. Acești curenți sonici produc la rândul lor presiuni sonice și, prin combinațiunea acestor presiuni, se produce asupra inelului interior o rezultantă, ce dă naștere unui cuplu, care antrenează rotorul împreună cu pistoane, cilindrul și cercul interior, toate acestea la un loc începând să se învâртеască. Cercul exterior nu se învâртеște, ci numai oscilează într'un mod particular, astfel că centrul său se descrie un mic cerc.

Se vede de aci, că toate forțele care produc cuplul turnant depind mult de fricțiunile care se produc în canalele din rotor. Aceste fricțiuni sunt corespunzătoare rezistenței electrice din rotorul unui motor electric polifazat. Prin amenajarea acestor rezistențe noi putem varia cuplul. Dacă am presupune că nu sunt rezistențe de loc în canalele din rotor, pistoanele ar fi libere și lichidul ar circula de la unul la altul și nu s'ar produce nici un cuplu. Dacă am presupune rezistența infinită, pistoanele rotorului nu s'ar putea mișca și motorul s'ar transforma în motor sincron, care de asemenea știm că nu are cuplu de demaraj.

Există dar o rezistență optimă, care dă un maximum pentru cuplul de demaraj; de altfel acelaș lucru se întâmplă și la motoarele electrice asincrone polifazate.

Acest motor are avantajul prin modul de pornire.

La aceste motoare, manevra de pornire nu diferă de a motoarelor electrice similare; și sunt de o mare simplitate.

În detalii nu pot să intru, căci sunt de natură pur tehnică. Este destul să spun că motoarele sonice ordinare cântăresc cam a treia parte din greutatea motoarelor electrice ce dau acelaș cuplu, iar prețul lor este cam în aceeași proporție.

Sunt multe combinațiuni ce s pot face cu motoarele sonice polifazate asincrone. Întocmai ca și în electricitate, se pot pune în serie, ca să dea spre exemplu viteză jumătate și cuplul dublu.

Altă clasă de motoare sonice sunt cele cu colector, care ar corespunde oarecum cu motoarele electrice în serie; descrierea acestor motoare ar fi prea complicată și prea lungă ca să o dau aci. Este destul de spus că motoarele sonice în serie au caracteristice identice cu cele electrice în serie și dau un cuplu de demaraj foarte puternic, care poate să meargă până la 5 ori sau chiar până la 10 ori cuplul normal. Aceste motoare se pot întrebuința la tracțiune și la orice aparat unde trebuie un cuplu de demaraj foarte mare.

În terenul de aplicațiune practică, se poate zice că știința sonică o să înlocuiască aerul comprimat, electricitatea și hidraulica, în acele aplicațiuni în care aceste științe n'au dat încă rezultate prea bune. De exemplu, în ciocanele pneumatice, randamentul total este cam de 5%. Dintr'un compresor, care absoarbe 100 cai, se obține la ciocanele ce perforează stânca numai 5 cai. Rezultatul pare paradoxal, dar l'am verificat în mod foarte amănunțit. Am făcut un studiu al randamentului total la minele din Africa de Sud și am ajuns la concluzia că, din punct de vedere practic nici 2,5 cai nu se pot obține la toate cazurile 5% este dar o cifră optimistă pentru randamentul acestor mașini. Ciocanele sonice, care fac acelaș lucru, au un randament de 60%, așa că economia de putere este extraordinară.

Primul ciocan, pe care l'am făcut pentru a făuri stânca, l'am acționat cu un motor de 5 cai în loc de 40 cai, care era puterea întrebuințată de un ciocan cu aer comprimat, care făcea acelaș lucru. Acești 5 cai nu erau cu toți întrebuințați, fiindcă ciocanul sonic în sine nu absorbea decât 1,5 cai.

Încă un teren al științei sonice, are să fie aplicarea motoarelor pentru acționarea mașinelor unelte în ateliere.

Se pot face motoare sonice care să arate un randament până la 96%. Un motor sonic de o jumătate cal se poate face cu un randament de 95%.

Dealtfel este ușor de văzut unde sunt pierderile unui motor sonic: sunt numai pierderi mecanice de rulmente pe bile și rulmente pe lagăre. Unda sonică este transformată aproape integral în energie rotativă. În motoarele electrice, curentul electric este transformat aproape integral în energie rotativă. În motoarele electrice, curentul electric este transformat de multe ori înainte de a se transforma în energie mecanică, în magnetism, căldură, din cauza rezistenței, așa că motoarele electrice totdeauna vor fi inferioare ca randament motoarelor sonice.

Aplicațiunile comerciale sunt aproape evidente. Va fi distribuțiunea de forță motrice în fabrici. În loc să se mai pună curele și transmisiuni la roți, axe și lagăre care obstruează și lumina și ventilațiunea, se pot suprima toate acestea și pune motoare sonice pe fiecare mașină-uneltă.

Acelaș lucru s'ar putea face și cu motoarele electrice, însă costul de primă instalațiune ar fi prohibitiv.

Transmisiunea sonică este binevenită oriunde e vorba de construit o fabrică nouă și unde chestiunea transmisiunii energiei dela un motor central la o serie de aparate se impune.

De altminteri mașinile, care sunt conduse de curele și de transmisiuni cu roți nu se pot pune oricum voim, trebuiesc să se facă în mod special, așa în cât prin înlocuirea transmisiunilor ordinare cu motoare sonice economia ce s'ar putea face asupra construcțiunilor și asupra instalațiunei în genere este destul de mare.

Se poate spune că prețul unei fabrici montată cu motoare sonice revine la acelaș preț cu aceeași fabrică montată cu curele și transmisiuni ordinare, ținând cont de economia la clădiri, însă se câștigă foarte mult în simplitate și în manevră.

De altfel, randamentul total al unei instalațiuni cu curele este cam 50% în cazul cel mai bun. Dacă voim să învârtim o mașină mică când celelalte nu lucrează, toate curelele trebuie să se învâртеască și toate lagărele să meargă. În cazul unei transmisii sonice, fiecare motor este independent, și poate să acționeze de sine.

Manufactura motoarelor sonice este foarte simplă. Materialele întrebuințate sunt fonta și oțelul. În motoarele electrice materialele sunt mult mai scumpe, căci intră cuprul, mica, cauciucul, ebonita și o sumă de materiale ce se alterează cu timpul și putrezesc, pe când în motoarele sonice toate materialele sunt permanente. Pentru transmisiunile sonice în fabrici se întrebuințează uleiul ca mediu de transmitere, în acest fel ungerea tuturor motoarelor este automatică și întreținerea motoarelor sonice se reduce aproape la nimica.

Am făcut motoare, care să lucreze complet în apă. Este destul să punem în carterul motorului ulei la presiune mai mare decât a apei în care stă și atunci motorul poate să funcționeze în apă.

În minele de cărbuni sau în orice alte pompări de puțuri, motoarele sonice au multe avantaje, putând lucra sub apă.

Un alt teren de aplicațiune al motoarelor sonice este la transmisiunea energiei pentru aeroplane.

În aviația modernă se pune o problemă foarte grea: pentru a obține puteri mari, de câteva mii de cai spre exemplu, nu se pot face motoare cu exploziune, care să dea puterea într'un singur motor și atunci soluțiunea actuală este de a se obține puterea necesară dela mai multe motoare independente. Ori, din punctul de vedere al stabilității, aeroplanul suferă foarte mult, dacă se pun aceste motoare numeroase pe aripile aeroplanului, după cum se face de obicei, fiecare motor acționând câte o helice. În cazul aeroplanelor marine, absurditatea este completă, căci orice navigator ar pune centrul de greutate în partea ce plutește și anume în barca aeroplanului. Transmisiunea sonică permite de a pune toate motoarele în barcă. Motoarele se pot așeza unul lângă altul, fiecare atacând un generator sonic, apoi prin conducte energia este transmisă la helice, care pot fi plasate oriunde vrem pe aripile aeroplanului.

Am construit o transmisiune sonică pentru un aeroplan, în care, dela un singur motor, se atacau două helice. Aceasta este o problemă, care e foarte grea în mecanică. Germanii au încercat să rezolve problema prin roți dințate, arbori de transmisiune și legături Cardan, însă greutatea pe cal vapor a venit aproape de trei ori mai mare decât greutatea unei instalațiuni sonice. Ca exemplu vă pot spune că un motorsonic de 180 cai, la 1000 revoluțiuni, am reușit să-l reduc la 30 kg. Aceasta este greutatea minimă a unui motor, care nu cred să poată fi atinsă de nici o altă combinațiune, electrică sau mecanică. O roată dințată cu pinionul, suporturile și lagărele necesare, ca să transmită 180 cai este deja o combinație mai grea.

În transmisiunea pentru baloane dirijabile, aceeași problemă se pune. Se pot pune helicele la capătul vasului și generatoarele sonice într'o nacelă centrală.

Al doilea teren de aplicațiune foarte întinsă este la mine, pentru mașini percursive. Acesta este un teren în care electricitatea a fost exclusă până azi, căci ciocane electrice cu

acțiune directă nu se pot face încă și dacă s'au încercat unele combinațiuni electrice, mașinile s'au găsit că sunt așa de delicate, în cât nu pot să funcționeze în condițiunile minelor.

În minele de cărbuni mașinile electrice sunt foarte periculoase și prin urmare mașinile sonice pot să le înlocuiască cu tot avantajul.

Un teren, unde aplicațiunea motorului sonic la noi în țară ar fi indicat, este la terenurile petrolifere.

Sondele au în genere câte un motor, fie motor electric, fie motor de aburi, fie cu combustie internă. Toate aceste motoare sunt o cauză permanentă de incendiu. Ori, în motoarele sonice, nu este nici un pericol de scânteii sau flacără. Toate încercările, de a face motoare electrice sigure contra incendiului, n'au să fie cu succes, căci totdeauna se poate întâmpla să se rupă o sârmă și în momentul ruperei să se producă flacără sau scânteii. Pe de altă parte, în cazul când o conductă sonică se sparge, nu se poate întâmpla nimic care să dea naștere la incendii.

De altfel, aplicațiunea curentului sonic la sonde, se poate face chiar la sapa ce lucrează în fundul sondei. Trepanul la sonde este oscilat în general cu tije motrice ce sunt foarte grele. Inerția tijelor este considerabilă și, din punct de vedere al forțelor puse în joc, sunt cu totul disproporționate cu lucrul pe care trepanul îl produce în fundul sondei. Se poate foarte bine ca trepanul să fie acționat de un motor sonic oscilant, iar tijele să fie fixe, perforate în centrele lor, astfel ca ele să servească în acelaș timp drept conducte ale unui curent sonic, care să acționeze trepanul alternativ.

În acest fel numărul loviturilor ar fi mărit considerabil, iar randamentul, siguranța și ieftinătatea operațiunilor ar fi asigurate.

Timpul e foarte scurt, ca să vă arăt principiile prin care am reușit ca, prin transmisiunea de unde, să fac pompe fără supape.

O coloană sonică diferă foarte mult de o coloană hidraulică. E destul să vă imaginați că într'o undă se găsesc puncte de compresie și puncte de rarefieri și prin o combinațiune foarte simplă mecanică se poate aranja ca apa să fie absorbită la punctul de rarefiere și comprimată la punctul de comprimare.

Așa că, se pot face pompe, ca să pompeze lichidele la sute de atmosfere presiune și aceasta fără ajutorul supapelor.

Astfel de pompe am făcut experimental și funcționează foarte bine.

În aplicațiunile pentru vapoare este evident că transmisiunea sonică are terenul cel mai indicat. În vapoare tendința generală este ca să se pună turbina cu aburi sau motoare cu combustie internă.

Ambele soluțiuni reclamă un număr de revoluțiuni relativ înalte pentru motoare. Turbinele cu aburi, ca să fie efective, trebuie să se învârtască foarte repede; pe de altă parte helicele, ca să fie efective, trebuie să se învârtască relativ mult mai încet. Așa că, compromisul care s'a făcut până acum, și anume, ca să se micșoreze iuțeala turbinei, și să se mărească aceea a helicei, a fost pe socoteala randamentului mecanic.

În ultimul timp Sir Charles Parson a găsit o metodă foarte interesantă a tăia roți dințate cu mare precizie. În ultimii timpi, practica modernă a luat tendința de a se ataca helicele vapoarelor prin roți dințate acționate de turbine de mare viteză.

Acest aranjament rezolvă în mod mai rațional problema forței motrice la vapoare, însă are alte inconveniențe. De pildă, pentru a face ca helicea să se învârtască în sens invers, trebuie o turbină separată specială, care este turbina de mers înapoi. Or, dacă se întrebuințează transmisiunea sonică, se suprimă roțile dințate, arborele de transmisiune, cu lagăre sau tunele, cu toate dificultățile de deformare ale acestui arbore. Într'un vapor lung, arborele este foarte lung și este situat într'un tunel destul de spațios, care ocupă un loc important. Transmisiunea sonică ar consta dintr'un generator direct cuplat la turbină, câteva serii de tuburi fixe ce transmit un curent sonic polifazat la motoarele helixelor ce pot fi în orice număr. Toată manevra vaporului, precum și mersul înapoi se poate face pe sistemul sonic.

În același timp toate celelalte aparate, vincluri și macarale, se pot acționa prin derivații făcute dela conductele sonice principale.

Canalizațiunile sonice sunt tuburi de oțel destul de groase, ce pot să reziste la presiuni formidabile, se pot arunca greutăți pe ele și se pot chiar strivi până la un punct, fără să se oprească în mod sensibil curentul sonic ce trece prin ele.

O altă aplicațiune foarte importantă este la motoare, ce trebuie să meargă extrem de încet; de exemplu motoarele pentru laminoare, ce trebuie să meargă încet și să producă un cuplu foarte puternic.

Se pot face motoare sonice, care să se învârtască spre exemplu cu o revoluțiune pe minut, fără ajutorul roților dințate. Se suprimă astfel toate angrenajele din fabricele unde se laminează oțelul.

Dacă vrem să învârtim într'un laminor două rolouri la distanțe mari, exact cu aceeași viteză, aceasta se poate face ușor cu motoare sonice sincrone. Problemele de sincronism sunt în general lesne de rezolvat prin transmisiunea sonică.

Fiindcă am vorbit de sincronizare, trebuie să vă spun câteva cuvinte asupra unei aplicațiuni, care am făcut-o în timpul războiului. Era chestiunea de a sincroniza o mitralieră, pentru a trage chiar prin helice, pe când se învârteste. Problema s'a pus, ca gloanțele să treacă printre brațele helicei, însă să nu o lovească. Aviatorul Garros a găsit o soluțiune, armând helicea; el a armat-o cu oțel și după calculul probabilităților, cam la 18 gloanțe unul lovea helicea; însă cum aceasta era blindată, glonțul era aruncat la o parte. Soluțiunea aceasta a fost abandonată, din cauza randamentului foarte redus al helicei blindate, căci se făcea prea grea. Germanii la un moment dat, în 1916, au apărut pe front cu un aeroplan inventat de Focker, în care o articulațiune dela motor atingea la mitralieră trăgaciului și trăgea lovituri când helicea trecea dincolo de linia de foc, însă cu dispozitivul acesta abia de trăgea cam 200 lovituri pe minut și era cu totul rudimentar. Cu toată simplitatea acestui mecanism, efectul imediat al aeroplanelor Focker a fost foarte puternic, căci mașinile aliate, îndreptate în contra unui Focker înarmat cu mitraliere de acestea, nu aveau mai nici o șansă. Atunci problema mi s'a pus și mie, dacă ași putea face un aparat, care să armeze aeroplanele existente pe acel timp ale armatei britanice.

Problema era mult mai grea, căci aeroplanele britanice erau de diferite tipuri, duzini de tipuri și toate trebuiau înarmate cât mai repede. Atunci m'am gândit de a aplica principiile undelor; problema era de a produce o mișcare aproape instantanee și a o transmite la distanță în timpul cel mai scurt.

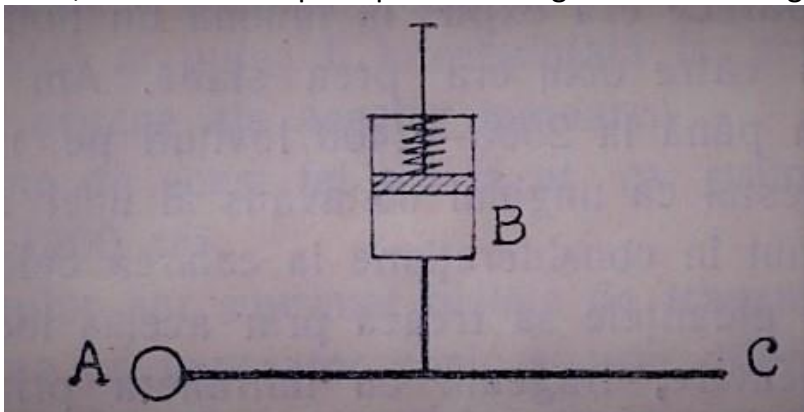
Or unda sonică se poate transmite la distanță cu viteza sunetului. Adoptând un mediu, care să nu înghețe, am întrebuințat un conduct de cupru plin cu petrol lampant. Pe axa motorului am pus un generator sonic, care nu era în principiu de cât o camă, care să dea o lovitură foarte repede unui piston.

Pistonul acționa lichidul dintr'un cilindru, dela care pleca o țeavă ce se ducea la mitralieră, unde era în legătură cu un mic ciocan. Ciocanul era și el un simplu piston ținut în loc de un resort. Acest ciocan numit de noi *treager-motor* acționa la rândul său asupra trăgaciului dela mitralieră. Învârtind cama generatorului foarte repede, se produce un șoc asupra primului piston și de aci o presiune asupra coloanei la începutul ei.

Această presiune se transmite în forma unei unde, cu viteza sunetului, și este primită de ciocanul dela mitralieră, care astfel primește o impulsie extrem de scurtă.

Modul cum se umple țeava și modul cum să se tragă este foarte interesant.

Fiindcă este prea complicat, în figura diagramatică o să arăt generatorul printr'un cerc A, cu un conduct principal care merge la motorul trăgaciului C (*treager-motor*).



Branșată pe țeava principală era încă o țeavă de diametru interior mai redus și această țeavă secundară era legată cu o mică pompă de mână B, în care era un piston ținut cu un resort. În această pompă era petrol lampant. Ridicând cu mâna pistonul în sus, se suga

petrolul și resortul punea cam 5 atmosfere presiune pe lichid, care în modul acesta umplea amândouă țevile. Prin urmare aveam în comunicație două țevi; pistonului dela ciocanul mitralierei îi trebuia o presiune de 100 atmosfere, ca să fie împins înainte și pistonului dela pompa de mână îi trebuia numai 5 atmosfere, ca să fie mișcat. Așa încât, din punct de vedere hidraulic, dacă am învărti cama generatorului, toată lumea s'ar aștepta ca pompa piston să se ridice în sus și să se lase în jos, și dealtfel aceasta se întâmplă dacă învărtim generatorul încet; ciocanul mitralierei nu se mișcă, însă pistonul pompei se mișcă. Îndată însă ce învărtim generatorul repede, se produc lovituri în lichid și atunci acestea se transformă în unde, care se transmit prin țeava principală și cea subțire. Însă această țeavă este aranjată astfel ca să aibă un coeficient de inerție mult mai mare decât țeava principală, care merge la ciocanul mitralierei. Unda se împarte și trece în cea mai mare parte prin țeava care are inerția cea mai mică, adică prin țeava principală, care merge la ciocanul mitralierei, iar unda, care trece prin țeava subțire la pompă e așa de slabă, că nu poate să aibă nici o influență asupra pistonului pompei. Rezultatul pare

paradoxal din punct de vedere hidraulic. Aceasta a fost una din cauzele, cred, pentru care invențiunea nu a fost înțeleasă; dealtiminteri a fost o întâmplare fericită, că Germanii nu au înțeles-o până la sfârșitul războiului. Dispozitivul este foarte simplu, însă explicația modului cum funcționează nu e ușor de văzut.

În general, întrebuițând o camă dublă care dădea cam 700 lovituri pe minut, fiecare lovitură avea o durată de cam o jumătate de miime de secundă.

Ciocanul nici nu se vedea când funcționa la viteze mari și trebuia să se pună o hârtie albă dedesubt ca să-l putem vedea mișcându-se, deoarece era expus la lumină un timp prea scurt și lumina reflectată către ochi era prea slabă. Am ajuns în felul acesta să tragem până la 2000 - 2400 lovituri pe minut cu două mitraliere. Era destul ca unghiul de avans al unei mitraliere față de alta să fie ținut în considerațiune la calarea celor două generatoare, ca toate gloanțele să treacă prin același loc.

La experimentare, trăgeam cu mitraliera prin un disc, ce era învârtit repede cu un motor electric. Chiar la 2500 rotațiuni pe minut, toate gloanțele treceau printr'o singură gaură cam de 2 cm diametru.

Helicea era totdeauna aranjată ca brațul ei să fie în partea în care nu puteau să treacă gloanțele. Bineînțeles trebuia ținut seamă de timpul și unghiul de avans datorit vitezei gloanțelor dela mitralieră până la helice.

Această aplicațiune a undelor sonice a fost făcută pe o mare scară. Am avut întâi o comandă numai de 12 bucăți, peste o săptămână 100, peste o lună 1000, iar peste două săptămâni 3000, apoi 10.000, 40.000, 50.000, iar când a venit armistițiul s'au suprimat vre-o 15.000, așa că s'au construit cam 40.000 de aparate. Șansa inamicului era foarte mică în fața unui aeroplan astfel armat. Dacă se prezentau pe front 12 aeroplan inamice, 3 aeroplan engleze erau suficient înarmate, ca să le doboare; nu era numai chestiunea că se trăgeau foarte multe focuri într'un timp foarte scurt, dar în același timp controlul mitralierelor era extrem de sensibil și când inamicul ajungea în linia de foc, pilotul apăsa un buton așezat pe pârghia de control a aeroplanului cu o presiune numai de câteva grame și imediat amândouă mitralierele porneau 20, 30, 50 lovituri, timpul cât a apăsă. O presiune pe buton numai de o secundă, făcea în mod normal ca mitralierele să arunce peste 30 gloanțe.

Aparatele sonice de sincronizare se pot aplica și la căile ferate.

Un tren, trecând peste o pedală, trimite o undă sonică într'o țeavă foarte lungă și poate închide prin energia undei un semnal la distanță.

Un alt teren de aplicațiune este aplicațiunea transmisiunii sonice la motoarele cu combustione internă.

A fost totdeauna o greutate la motoarele de benzină sau cele de tip Diesel de a acționa supapele. E lesne de imaginat că transmisiunea sonică ar putea fi întrebuițată la acționarea diferitelor supape și organe ale acestor motoare.

O aplicațiune de acest fel am făcut ca primă experiență la un motor de 1200 cai.

La acest motor am suprimat biebele de transmisiune. Motorul Diesel învârtea un generator sonic și prin diferite tuburi fiecare supapă era acționată de un piston după o curbă bine definită în generator și supapele erau deschise și închise într'o ordine aranjată

dinainte. Chiar injectorul de păcură era acționat tot de unda sonică, injectorul primind energia și păcura prin aceeaș țevă. Țeava care vine să aducă păcură am întrebuințat-o ca o linie de curent sonic; trimetam prin ea o undă care deschidea și injecta o porțiune din păcura ce servea de mediu de transmisie.

Se pot face combinațiuni foarte frumoase între curenții sonici și continui-hidraulici, s'ar putea foarte bine ca să trimitem apa de băut spre exemplu și energia pe aceeaș conductă.

În ceea ce privește aplicațiunea compresibilității lichidelor, un teren foarte interesant este aplicațiunea la artilerie. Am arătat rândul trecut că lichidele sunt compresibile și cum se poate acumula energie potențială de compresiune. În această ordine de idei, am construit un mic aparat prin care am demonstrat că se poate arunca o ghiulea la distanță destul de mare. În altă experiență am construit un mortier de tranșee, care arunca o ghiulea de 8 kg la 500 metri fiind deajuns energia unui om care acționa o pompă. Obiecțiunea care mi s-a făcut la acest mortier a fost că ținea prea mult ca să se tragă o lovitură, căci trebuia timp îndelungat ca să acumuleze energie. Ca perfecționare am pus un motor electric de 5 cai și am reușit să trag o lovitură la fiecare 30 secunde. Experiența era interesantă din punct de vedere științific; apăsai un buton electric și pleca obuzul, nu se auzea nimic, nu era nici foc, nici sgomot.

Aceste aparate le-am perfecționat considerabil și în ultimul timp am făcut pe principiile acestea un tun mai mare. Cu ajutorul unui tun, care conținea vre-o 28 litri de vaselină ca lichid, am reușit să arunc o ghiulea de 100 kg la 1500 metri. Nefericirea cu aceste tunuri a fost că toată energia mea a trebuit să o pun ca să conving lumea, ce să pot face, așa că mi-a trebuit peste 4 ani ca să isbutesc a convinge pe „experți” că se pot face asemenea aparate de război. Ironia a făcut că experiențele definitive cu acest tun a trebuit să le fac tocmai în ziua încheerii armistițiului.

Ca concluziune finală asupra diferitelor aplicațiuni sonice se poate spune că aparatele sunt așa de simple că pot să fie manevrate ușor și toată lumea poate să le conducă și nu este nevoie de lucrători speciali pentru întreținerea lor.

Un motor sonic poate fi oprit cât de repede din mers și nu se întâmplă nimic. La un motor electric dacă se oprește forțat motorul, se produce foarte mare căldură, ori se arde siguranța, pe când la motorul sonic, se produc unde, care se reflectă înapoi fără vre-un rău pentru motor sau instalație.

Un motor electric la demaraj își mărește curentul în mod considerabil, iar producțiunea de căldură este foarte mare, înfierbântând motorul. Un motor sonic de tracțiune, dacă este supra-încărcat, căldura nu apare nicăeri, ci apar numai presiuni foarte mari în schimb. Ori, căldura reprezintă pierdere de energie la motoarele electrice, pe când presiunea nu reprezintă pierdere de energie la motoarele sonice.

Nu este nici o exagerațiune să spun că știința sonică o să aibă o influență foarte puternică asupra dezvoltării industriale de aci înainte.

Sunt multe chestiuni interesante teoretice, care se pun, și multe chestiuni practice și singura dificultate, care se prezintă, este alegerea direcțiunilor în care să se înceapă aplicațiunile practice.

Cred însă, că se poate zice, că **electricitatea** are să rămână mijlocul prin care se va **transporta energia** la distanțe foarte mari, iar **sonicitatea** va fi de aci înainte mijlocul pentru **distribuțiunea energiei** la puncte mai apropiate între ele, fiindcă distanța mare este un factor care nu este tocmai în avantajul transmisiunii sonice.

Conductele sonice trebuie să fie în general subterane pe când sârmele electrice se pot pune pe stâlpi, se pot transporta mai ușor și în genere sunt mai eftine decât transmisiunile sonice prin conducte la distanțe foarte mari; însă la distanțe mai reduse, unde prețul motoarelor devine un factor important, în prețul total al instalațiunei, transmisiunea sonică devine mai eftină decât cea electrică. Este foarte probabil că o combinațiune între aceste două științe să umple o sumă de goluri nerelevante încă până azi în problemele industriale.

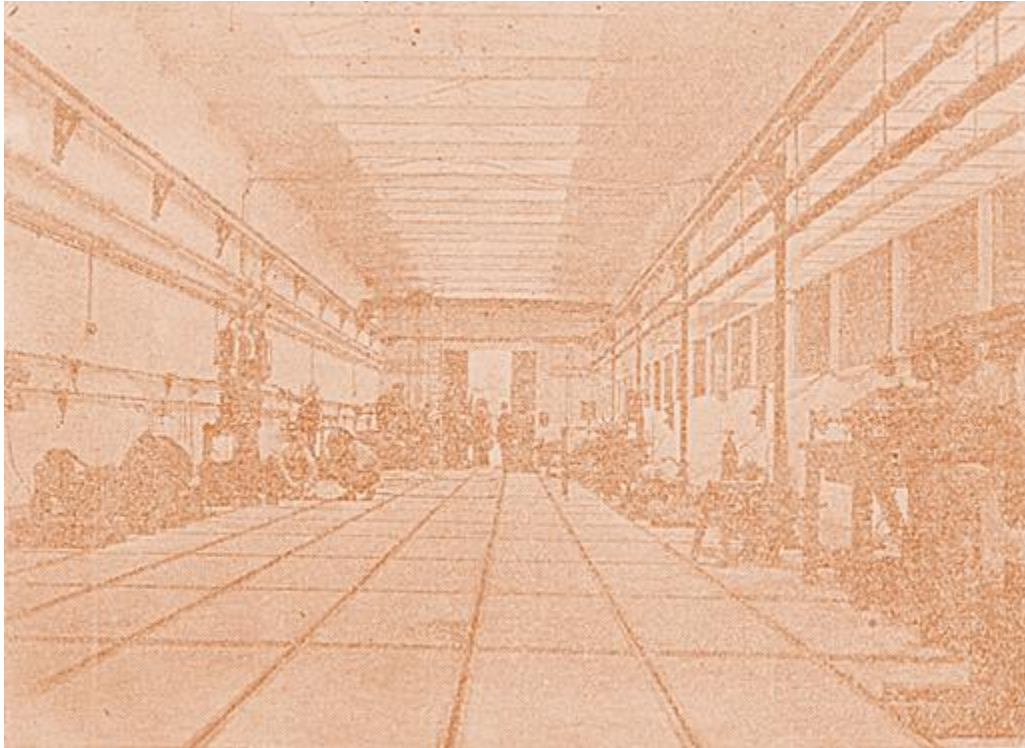
Nu văd nici o concurență între electricitate și sonicitate, însă industria aerului comprimat are să sufere, fiindcă concurența pe care are să o facă mașinile sonice o să fie formidabilă, deoarece randamentul mașinilor sonice este mult mai mare decât al aerului comprimat.

De aceea am început înainte de războiu cu aplicarea mașinilor de găurit, de nituit, percursive. În timpul războiului mi s'a pus la dispozițiune de către guvernul britanic un laborator special, în care am putut să fac toate încercările și aparatele de care am avut nevoie.

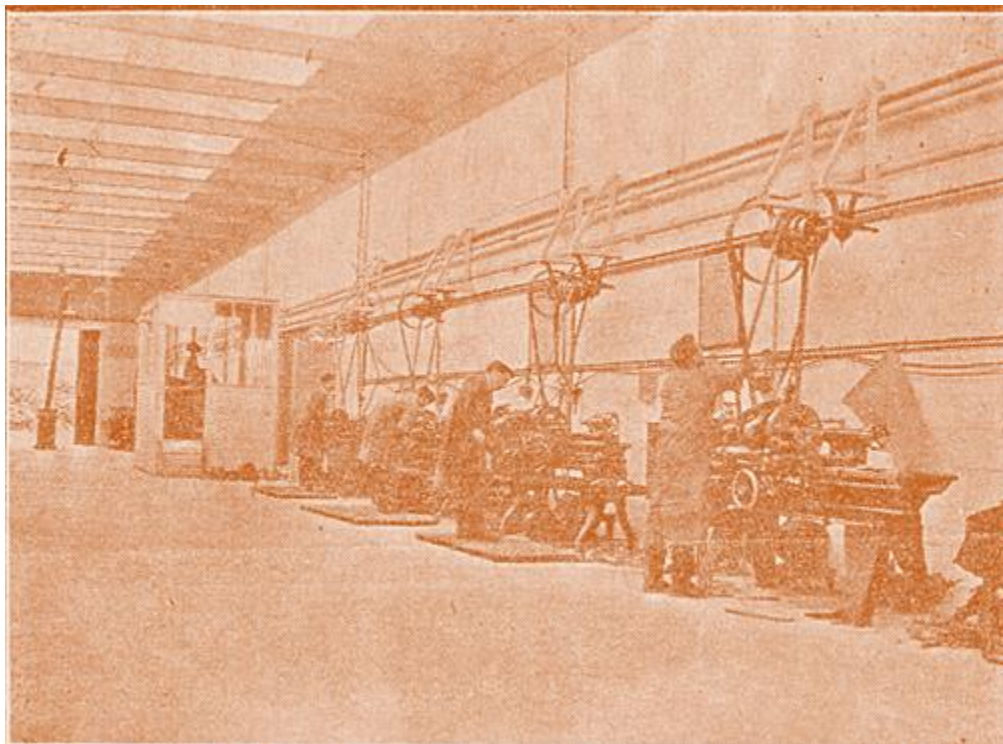
Laboratorul sonic este o clădire modernă de 2500 metri pătrați, înzestrată cu cele mai moderne mașini-unelte. În acest laborator toate invențiunile mele sunt desvoltate în mod normal, sub conducerea mea.

Mi s'a pus la dispozițiune fonduri, personal și totul pentru a perfecționa și aplica sonicitatea.

S'a cheltuit peste 120.000 lire sterline de către guvernul britanic pentru desvoltarea acestor invențiuni, așa că înainte de a termina, cred că se cuvine ca să mulțumesc guvernului englez, pentru atențiunea pe care a dat-o invențiunilor mele și în al doilea rând să vă mulțumesc și d-voastră pentru atențiunea pe care mi-ați dat-o în ascultarea acestor conferințe.



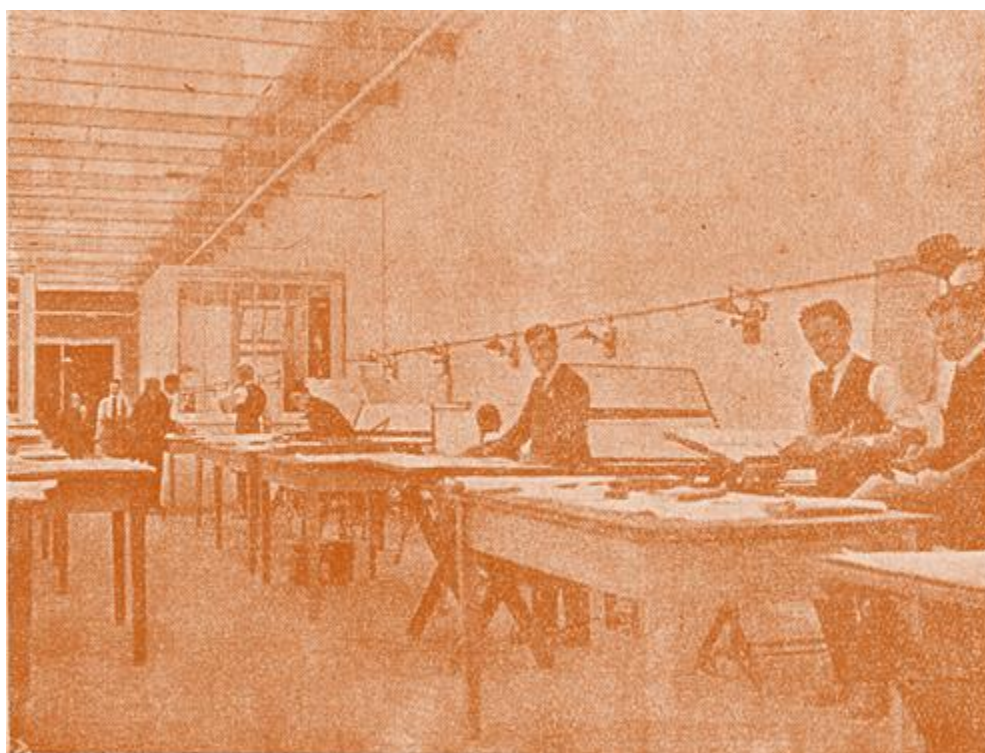
1. Laboratorul sonic. Sala de experiențe



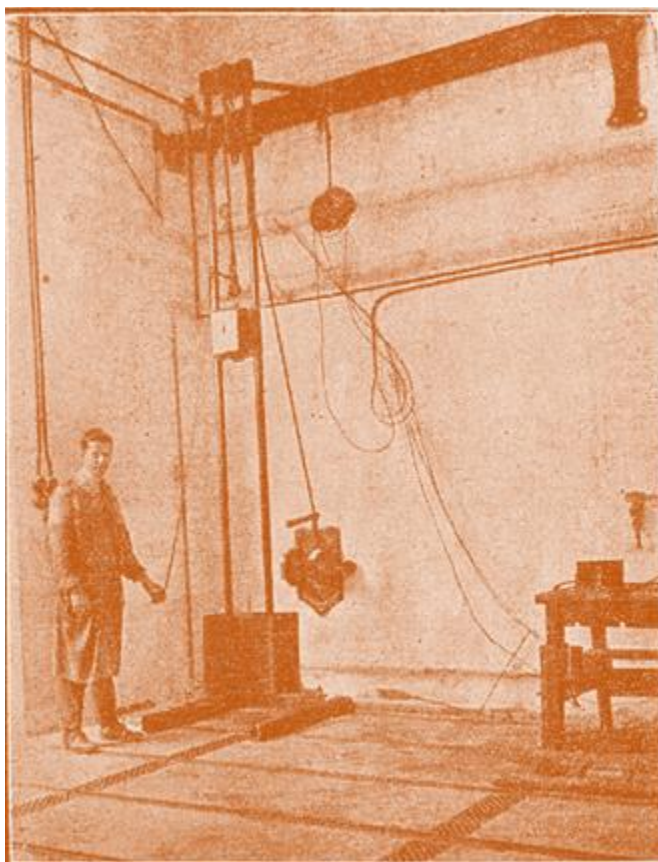
2. Laboratorul sonic, porțiune din sala de mașini unelte



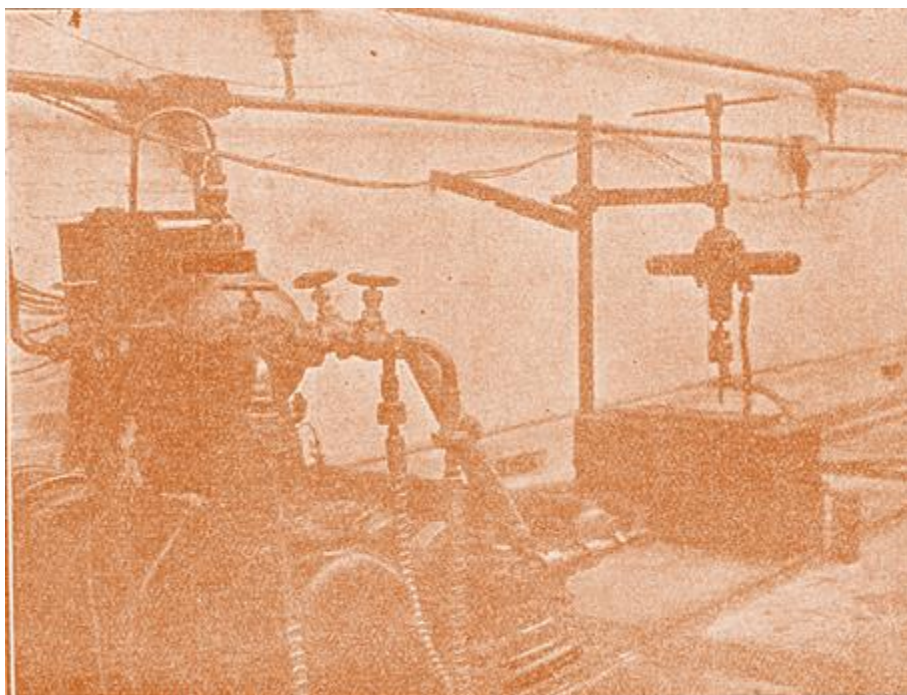
3. Laboratorul sonic, sala de ajustaj și verificare



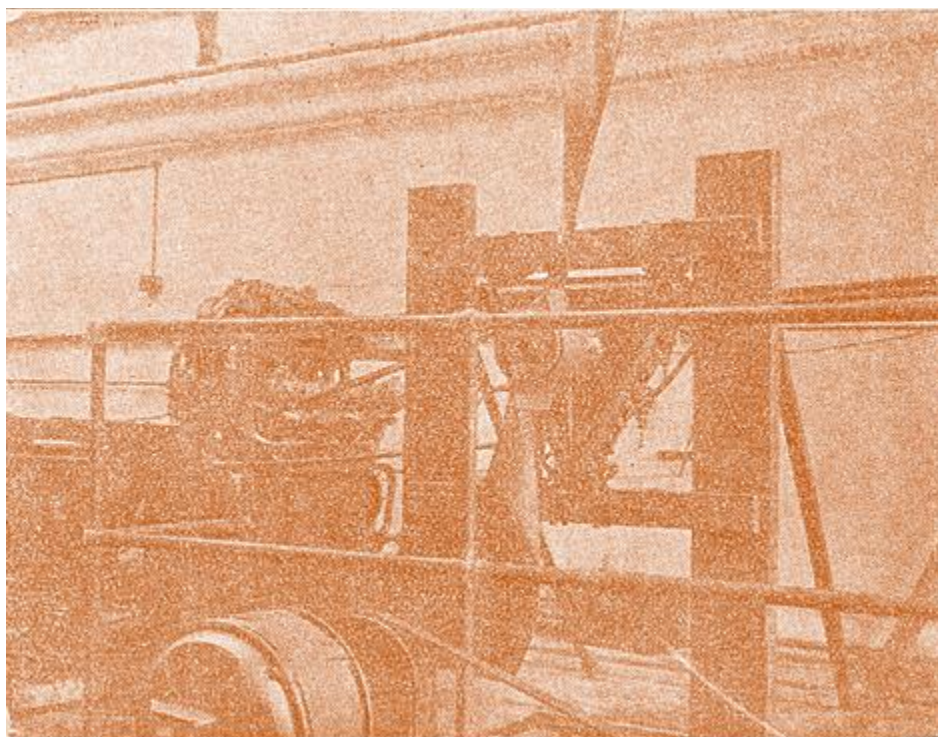
4. Laboratorul sonic. Biroul tehnic



5. Aparat pentru demonstrarea compresibilității lichidelor



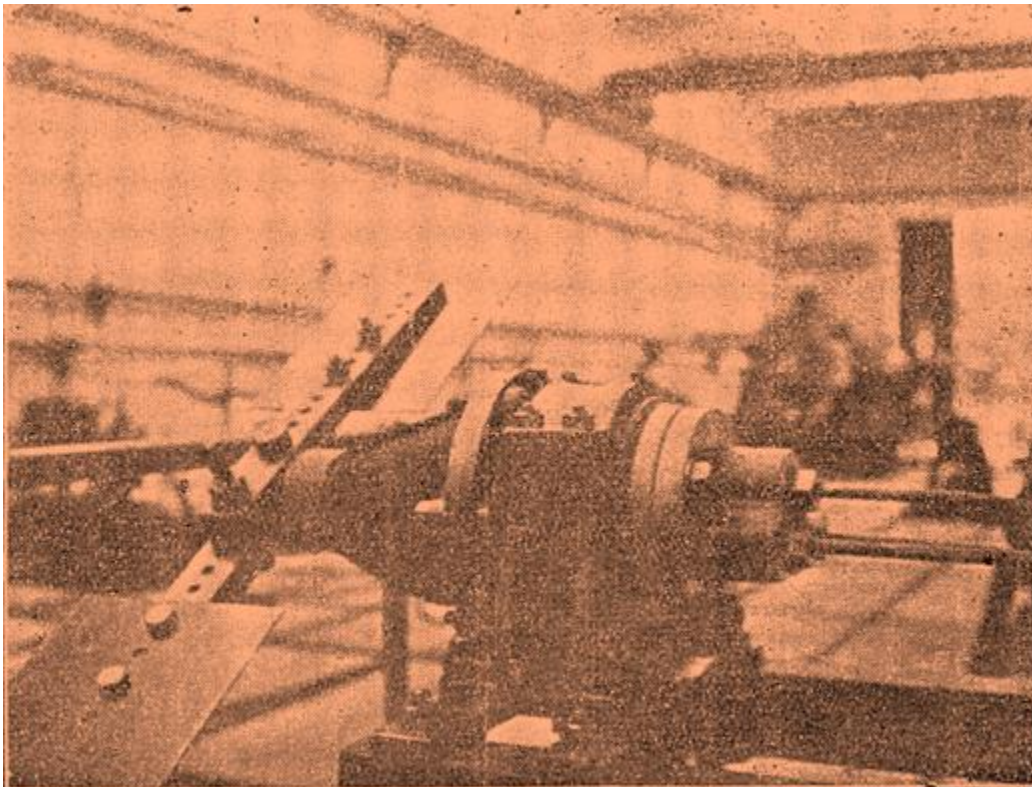
6. Burghiu sonic pentru găurirea oțelului



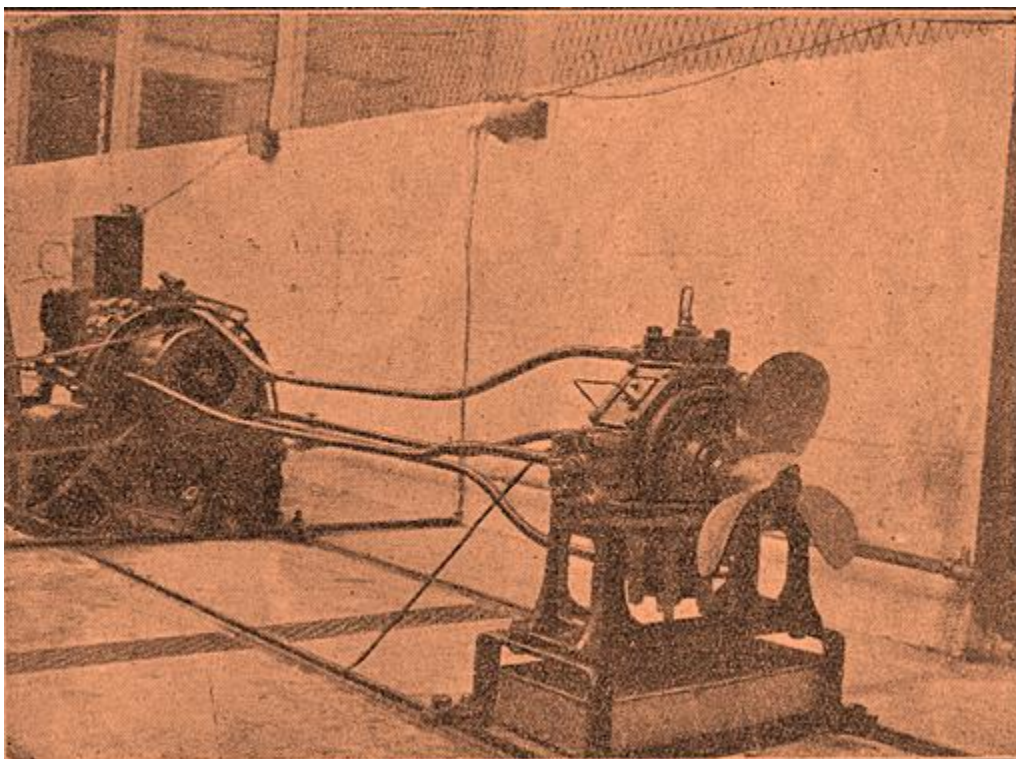
7. Motor sonic de 180 cai pentru aeroplane



8. Mortier de tranșee sonic, fără pulbere, fără sgomot și fără lumină.
Proectil 8 kg. Distanță de aruncare 500 m



9. Motor sonic trifazat cuplat la un dinamometru



10. Transmisiune sonică pentru elice de vapoare