

DviejŲ tarpusavyje kampu suorientuotŲ staėiakampiŲ akustinio spinduliŲ kryptingumo charakteristikŲ ąvertinimas

V. Minialga, A. Petrauskas

Kauno technologijos universitetas, Akustinės lokacijos mokslo laboratorija
StudentŲ g. 50, 3031 Kaunas

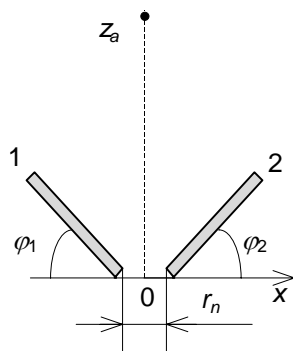
Ąvadas

Tobulinant nuotoliŲ matuokliŲ ultragarsinius siuntiklius, reikia parinkti optimalià jŲ konstrukcijà esamomis matavimo sàlygomis. Galima eksperimentiškai ieškoti geriausio elementŲ iŲdėstymo arba modeliuoti matematinio keitiklio modeliu. Antruoju būdu galima ne tik ąvertinti sukurtŲ konstrukcijŲ elementŲ pakeitimo ątakà, bet ir numatyti galimus pasiekti naujŲ konstrukcijŲ parametrus.

Điame darbe pateikti ultragarsinės sistemos, sudarytos iŲ kampu iŲdėstytŲ plokđėio staėiakampio bimorfinio spindulio ir pasyvaus reflektoriaus arba iŲ dviejŲ kampu iŲdėstytŲ bimorfiniŲ spinduliŲ, kryptingumo charakteristikos tolimoje zonoje modeliavimo rezultatai.

Keitiklio iŲdėstymo schema

Modeliavimui pasirinkti jau naudojami keitikliai, siekiant nustatyti konstrukcijos pakeitimŲ ątakà



1 pav. Tyrinėjamo maketo schema

jŲ kryptingumo charakteristikos parametrams. Bendras modeliuotŲ keitikliŲ konstrukcijos brėpinys pateiktas 1 paveiksle.

Điame paveiksle 1 ir 2 - spindulis ir reflektorius arba du spinduliai; φ_1 ir φ_2 - jŲ nukrypimo nuo plokđtumos kampai; r_n - atstumas tarp jŲ; z_a - atstumas nuo akustinės sistemos iki tađko, kuriame skaiėiuojamas sukurtasis laukas. Laikėme, kad šis tađkas yra tolimoje zonoje.

Pradiniai modeliavimo duomenys

VirpesiŲ pasiskirstymas spindulio pavirđiuje buvo iŲmatuotas optinės holografinės interferometrijos būdu [1]. Laikiniu vidurkinimu gautoje holografinėje interferogramoje lengvai iŲskiriamos mazginės linijos, o virpesiŲ pūpsniŲ aplinkoje interferencinės linijos reiđkia vienoda amplitudė virpanėio tađkŲ sekà.

KampŲ φ intervalà lėmė iŲ holografinės interferogramos gauta vieno spindulio kryptingumo charakteristika [2]. Ji buvo $\varphi_1 = \varphi_2 = 30^\circ \dots 60^\circ$. Nuotoliai r_n pasirinkti nuo 0 iki $1,3\lambda_a$, kur λ_a - akustinės bangos aplinkoje ilgis. Esant $\lambda_a = 1,5$ cm, tai buvo 0...2 cm ruopas.

Kai spinduliŲ ir reflektoriŲ matmenys (5x8.5)cm, galima tarti, kad tolimoji zona prasidėdavo 1 m atstumu nuo akustinės sistemos. Buvo manoma, kad spinduliai virpėjo sinfaziškai ir vienas kitam buvo pasyvieji reflektoriai. Tai yra spindulio 1 sukurtas laukas atsispindėjo nuo spindulio 2 kaip nuo plokđėios nejudanėios plokđtumos, o spindulio 2 laukas - nuo spindulio 1.

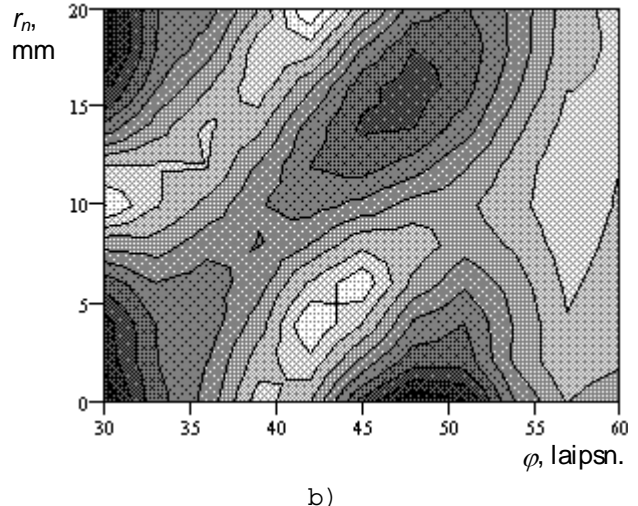
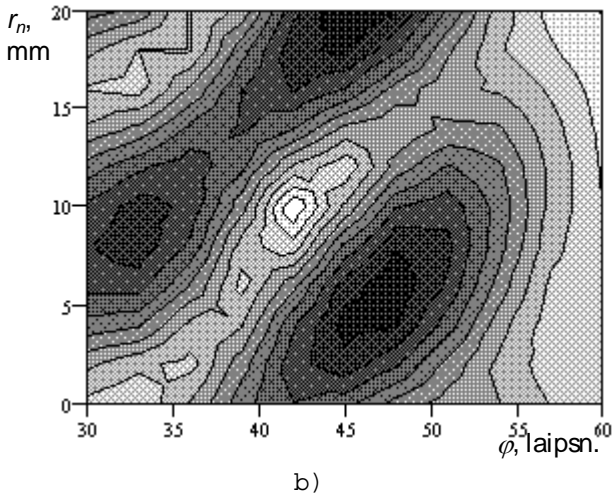
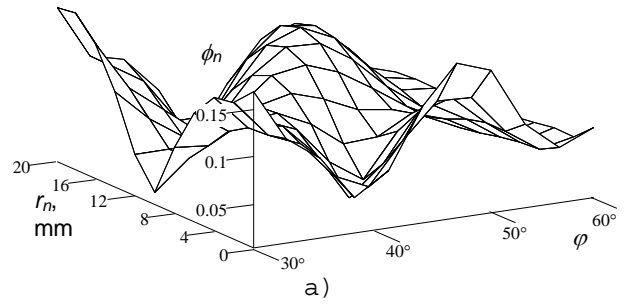
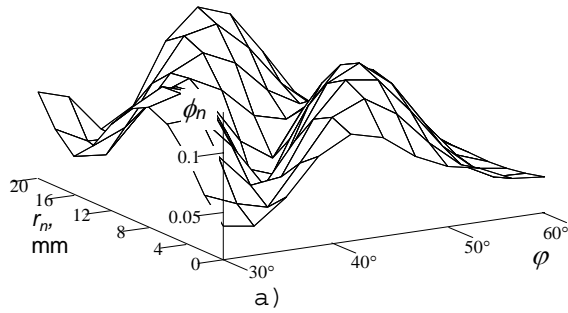
Skaiėiavimo etapai

Uđdavinyje buvo suskaidytas á tris dalis. Pirmoje dalyje ąvertintas vieno spindulio ir pasyviojo reflektoriaus sukuriamas laukas tolimoje zonoje pasirinktame simetrijos ađies tađke z_a (1 pav.). Keiėiant spindulio - reflektoriaus tarpusavio nuotolà ir kampà, modeliuotas tame tađke sukuriamo skaliarinio akustinio lauko amplitudėio potencialo dydis pagal formulà

$$\phi_{lm} = \sum_j \sum_k \left\| V_{jk} \right\| \frac{e^{ikr_{jklm}}}{r_{jklm}}, \quad (1)$$

ėia $\left\| V_{jk} \right\|$ - virpesiŲ amplitudėio ir fazio pasiskirstymo spinduliuojanėiam pavirđiuje matrica; $k = 2\pi/\lambda_a$ - banginis skaiėius; r_{jklm} - atstumai tarp tađkŲ spinduliuojanėiam ir skaiėiuojamajame pavirđiuose.

Reflektoriaus atspindėto lauko sukuriamo amplitudėio potencialo indėlis ϕ_{12} ąvertintas apskaiėiuojant spindulio sukuriamà virpesiŲ



2 pav. Amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo ϕ ir atstumo r_n nutolusiame taške ($z_n=10m$), spinduoliui esant pradinėje padėtyje reflektorius atpvilgiu; a - paviršiaus grafikas, b - kontūrinis grafikas, kuriame 10 tamsėjimo lygiø atitinka modulio didėjimą

3 pav. Amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo ϕ ir atstumo r_n nutolusiame taške ($z_n=10m$), esant apsuktam spinduoliui; a - paviršiaus grafikas, b - kontūrinis grafikas, kuriame 10 tamsėjimo lygiø atitinka modulio didėjimą

pasiskirstymà atskiruose taøkuose reflektorius plokðtumoje ir pagal ðà pasiskirstymà nustatant potencialo dydà nutolusiame taøke. Todël ðiame taøke amplitudpiø potencialas yra suma

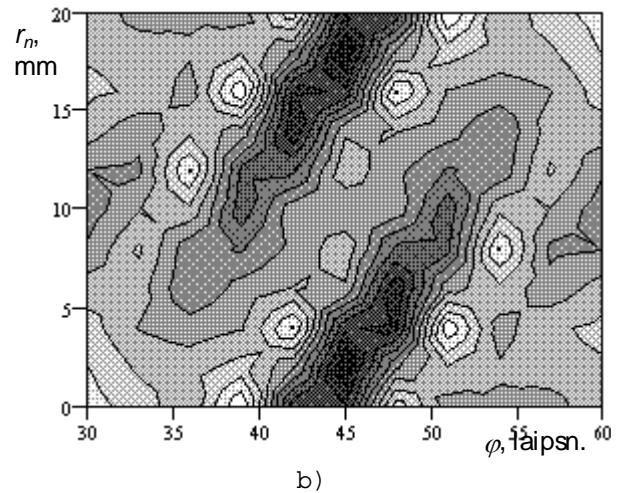
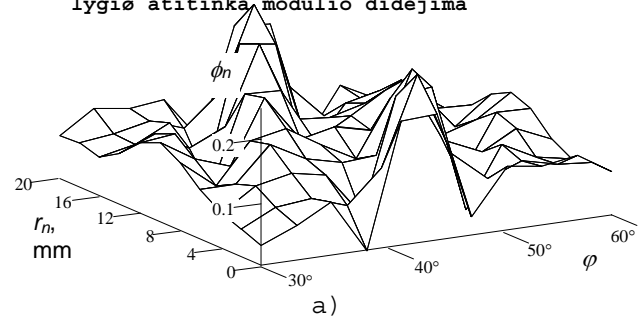
$$\phi_{z1} = \phi_1 + \phi_{12}, \quad (2)$$

kur ϕ_1 - spinduolio sukuriamas amplitudpiø potencialas.

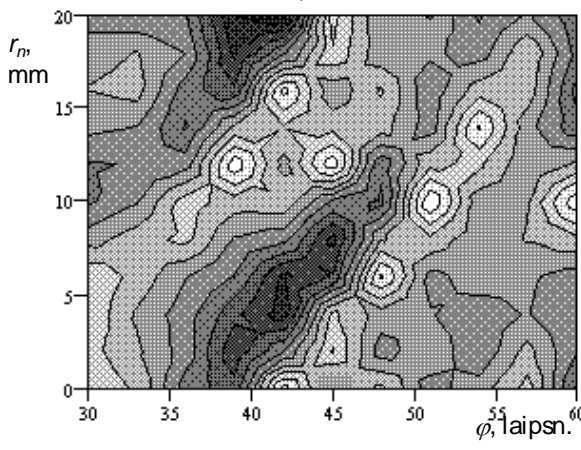
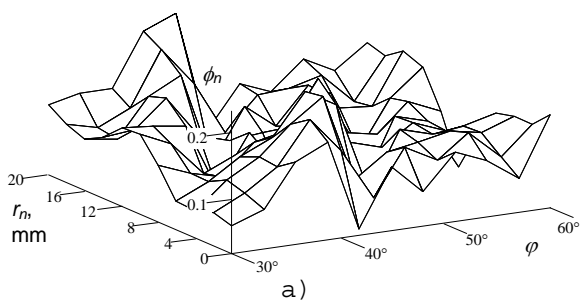
2 pav. paviršiaus grafiko pavidalu parodyta apskaiëiuota amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo ir atstumo tarp spinduolio ir reflektorius aukðèiau nurodytuose intervaluose. Ið ðio grafiko buvo pasirinkti efektyviausio spinduliavimo atstumai ir kampai.

Kadangi spinduolio pavirðiuje virpesiø pasiskirstymas ið tikrøjø nėra visiðkai simetriðkas, tai ir kryptingumo charakteristika nėra simetriðka [2]. Nesimetriðkumo efektams nustatyti buvo apskaiëiuotas potencialo pasiskirstymas, sukuriamas spinduolio ir reflektorius poros su plokðtumoje apie centrinà taðkà apsuktu spinduoliu. Rezultatas analogiðkuose nuotoliø ir kampø kitimo ruoðuose pateiktas 3 pav. Matyti, kad interferencinis pobùdis iðlieka, taèiau optimaliø taðkø padëtys yra kitos.

Antroje dalyje, tiriant dviejø kampu iðdëstytø spinduoliø sukuriamo potencialo pasiskirstymà, buvo nagrinëtos kelios 2-ame ir 3-iame

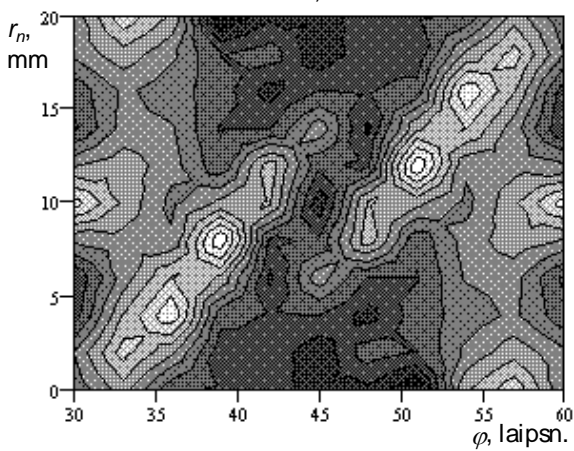
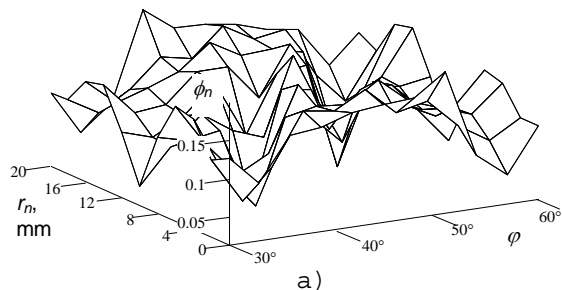


4 pav. Amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo ϕ ir atstumo r_n nutolusiame taøke ($z_n=10m$), dviem spinduoliams esant pradinėje padėtyje; a - paviršiaus grafikas, b - kontūrinis grafikas, kuriame 10 tamsėjimo lygiø atitinka modulio didėjimą

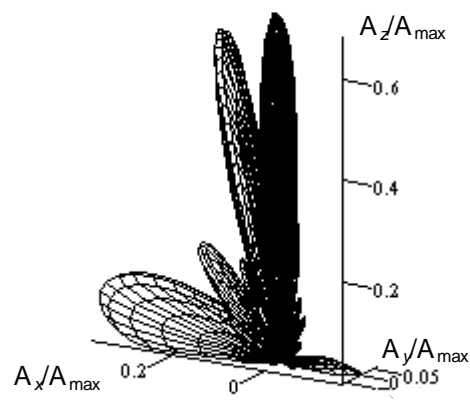


5 pav. Amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo φ ir atstumo r_n nutolusiame taške ($z_s=10m$), vienam spinduoliui esant pradinėje padėtyje, o kitam - apsuktam; a - paviršiaus grafikas, b - kontūrinis grafikas, kuriame 10 tamsėjimo lygiø atitinka modulio didėjimą

paveiksluose parodytø atvejø



6 pav. Amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo φ ir atstumo r_n nutolusiame taške ($z_s=10m$), kai abu spinduliai apsukti; a - paviršiaus grafikas, b - kontūrinis grafikas, kuriame 10 tamsėjimo lygiø atitinka modulio didėjimą



7 pav. Kryptingumo charakteristika 4 pav. pavaizduotu atveju, kai $\varphi=48^\circ$ ir $r_n=6mm$

kombinacijos.

Modeliuojant dviejø vienodai savo plokštumos centro atpvilgiu orientuotø spinduoliø akustinà laukà, buvo susumuoti du 2 pav. parodytu atveju gauti amplitudpiø potencialo pasiskirstymai, spinduolius iðdësčius simetriškai tiesės $0z_s$ atpvilgiu. Gauta tokio dviejø spinduoliø taške z_s sukuriama amplitudpiø potencialo priklausomybė nuo atstumo tarp spinduoliø ir kampo tarp jø parodyta 4 pav. Pasiskirstyme galima skirti didþiausios amplitudės sritis.

Kitas atvejis gautas iðdësčius du spinduolius, kuriø vienas apsuktas aplink savo plokštumos centrà (5 pav.). Matyti, kaip pasikeitė priklausomybė palyginti su tuo atveju, kuris parodytas 4 pav. atveju.

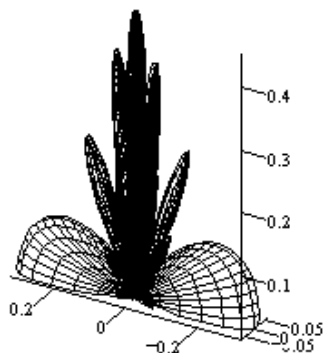
Trečias atvejis pavaizduotas 6 pav. Èia buvo iðdëstyti du apie savo plokštumos centrà apsukti

spinduliai. Palyginti su 4 pav. parodytu atveju, pokyèiai yra neesminiai. Taèiau derinant tokius spinduolius, reikia atkreipti dëmesà á spinduoliø orientacijà jø plokštumos centro atpvilgiu.

Treèioje dalyje buvo apskaièiuotos dviejø kampu iðdëstyto spinduoliø kryptingumo charakteristikos ið amplitudpiø potencialø pasiskirstymø pasirinktuose taðkuose (φ, r_n).

Kai $\varphi=48^\circ$ ir $r_n=6 mm$, pasirinkus 4 pav. pavaizduotà atvejà, apskaièiuota kryptingumo charakteristika tolumoje zonoje pavaizduota 7 pav. Jos lapelio ploèio ávertis yra $\sim 12^\circ$. Ðoniniai lapeliai siekia 0,7 daliø centrinio lapelio lygio.

Laikant, kad $\varphi=48^\circ$ ir $r_n=6 mm$, 5 pav. pavaizduotu atveju gauta kryptingumo charakteristika pavaizduota 8 pav. Jos



9 pav. Kryptingumo charakteristika 6 pav. pavaizduotu atveju, kai $\varphi=48^\circ$ ir $r_n=6\text{mm}$

centrinio lapelio plotis $\sim 15^\circ$, o šoniniai lapeliai siekia 0,8 dalių centrinio lapelio lygio.

Tačiau, kuriame $\varphi=48^\circ$ ir $r_n=6\text{ mm}$ 6 pav. pavaizduotu atveju gauta kryptingumo charakteristika yra pavaizduota 9 pav. Jos centrinio lapelio plotis yra $\sim 11^\circ$, o šoninių lapelių lygis centrinio atpvilgiu yra 0,6 dalis.

Išvados

Išdėstyta matematinio modeliavimo metodika, taikoma prognozuojant gardelinio akustinio spindulių kryptingumo charakteristikas

ultragarsiniams atstumo ore matuokliams. Tiesioginio amplitudinio potencialo skaičiavimo metodika buvo pritaikyta kampu išdėstytų spindulių ir reflektoriaus kryptingumo charakteristikoms įvertinti, taip pat šviesai dviejų spindulių išdėstymo atvejams išnagrinėti. Gauti rezultatai naudingi numatant konstrukcijos elementų tarpusavio padėtį ir jų spinduliuojamų laukų parametrus realioms sistemoms, naudojamoms ultragarsiniuose atstumo matuokliuose.

Literatūra

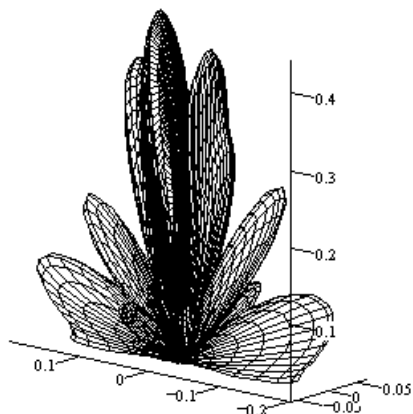
1. V. Minialga, S. Sajauskas. Ultragarso keitiklio holografinio interferogramų kompiuterinis apdorojimas.// Konferencija "Elektronika'97", Kaunas, 1997.- P.138-141.
2. V. Minialga, S. Sajauskas. Akustinio lauko apskaičiavimas pagal spindulių paviršiaus virpesių holografine interferogramą.// Ultragaras.- 1997. Nr. 1(27).- P.41-44.

V. Minialga, A. Petrauskas

Estimation of directivity patterns of two rectangular acoustic radiators oriented at various angles

Summary

The directivity patterns in various cases of radiator - reflector position or radiator - radiator position are calculated. The initial data for solution of this problem were obtained from measurements of distribution of vibrations on the surface of radiator by means of holographic interferometry. The most interesting directivity patterns are presented.



8 pav. Kryptingumo charakteristika 5 pav. pavaizduotu atveju, kai $\varphi=48^\circ$ ir $r_n=6\text{mm}$

DOI: 10.5755/j01.u.29.1.7889