

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

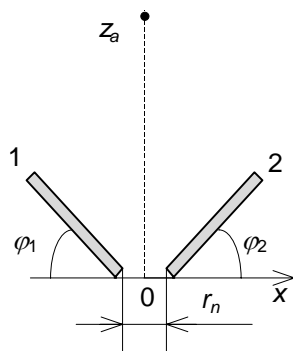
Ąvadas

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 plokėėio staėiakampio bimirfinio spindulio ir pasyvaus reflektoriaus arba iŲ dviejŲ kampu iŲdėstytŲ bimirfiniŲ 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 plokėėtumos kampai; r_n - atstumas tarp jŲ; z_a - atstumas nuo akustinės sistemos iki taėko, kuriame skaiėiuojamas sukurtasis laukas. Laikėme, kad đis taėkas yra tolimoje zonoje.

Pradiniai modeliavimo duomenys

VirpesiŲ pasiskirstymas spindulio pavirėiuje buvo iŲmatuotas optinės holografinės interferometrijos būdu [1]. Laikiniu vidurkinimu gautoje holografinėje interferogramoje lengvai iŲskiriamos mazginės linijos, o virpesiŲ pūpsniŲ aplinkoje interferencinės linijos reiėkia vienoda amplitudė virpanėiŲ taėkŲ sekà.

KampŲ φ intervalà lėmė iŲ holografinės interferogramos gauta vieno spindulio kryptingumo charakteristika [2]. Jis 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 plokėėios nejudanėios plokėtumos, o spindulio 2 laukas - nuo spindulio 1.

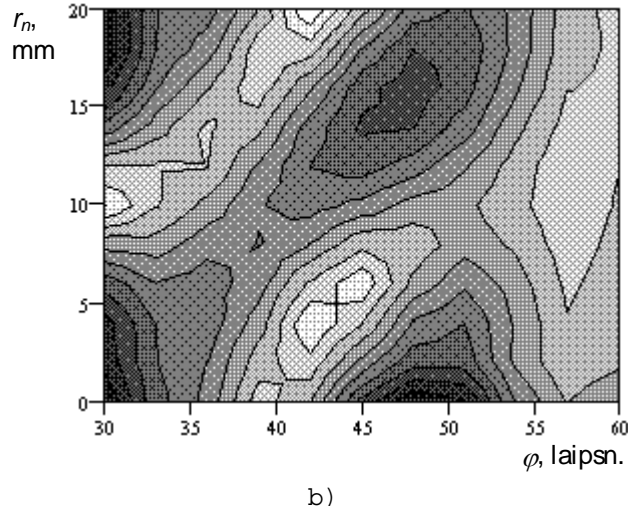
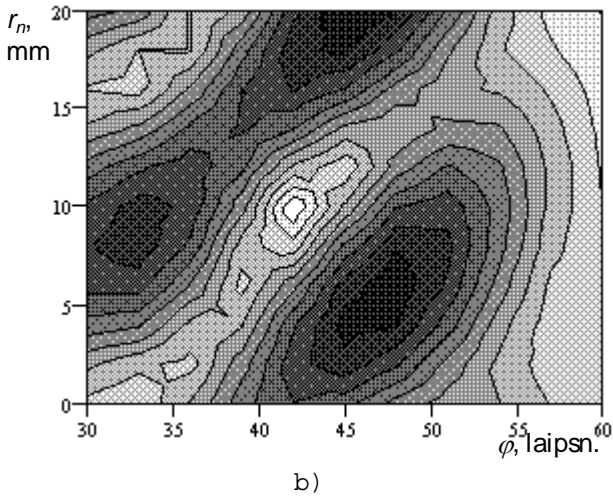
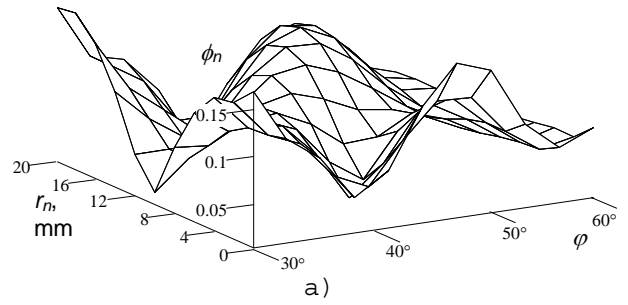
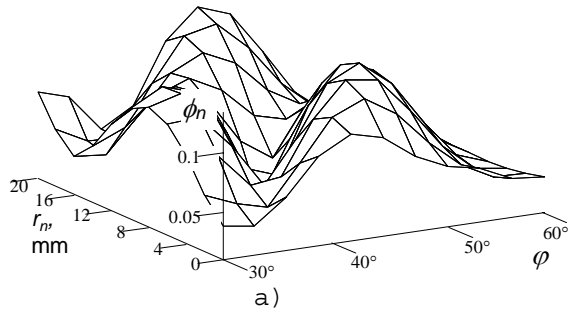
Skaiėiavimo etapai

Uėdavinytis buvo suskaidytas á tris dalis. Pirmoje dalyje ąvertintas vieno spindulio ir pasyviojo reflektoriaus sukuriamas laukas tolimoje zonoje pasirinktame simetrijos aėies taėke z_a (1 pav.). Keiėiant spindulio - reflektoriaus tarpusavio nuotolà ir kampà, modeliuotas tame taėke sukuriamo skaliarinio akustinio lauko amplitudėiŲ 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 amplitudėiŲ ir faziŲ pasiskirstymo spinduliuojanėiame pavirėiuje matrica; $k = 2\pi/\lambda_a$ - banginis skaiėius; r_{jklm} - atstumai tarp taėkŲ spinduliuojanėiame ir skaiėiuojamajame pavirėiuose.

Reflektoriaus atspindėto lauko sukuriamo amplitudėiŲ 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 reflektoriaus 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 reflektoriaus plokðtumoje ir pagal ðà pasiskirstymà nustatant potencialo dydà nutolusiame taøke. Todël ðiame taøke amplitudpiø potencialas yra suma

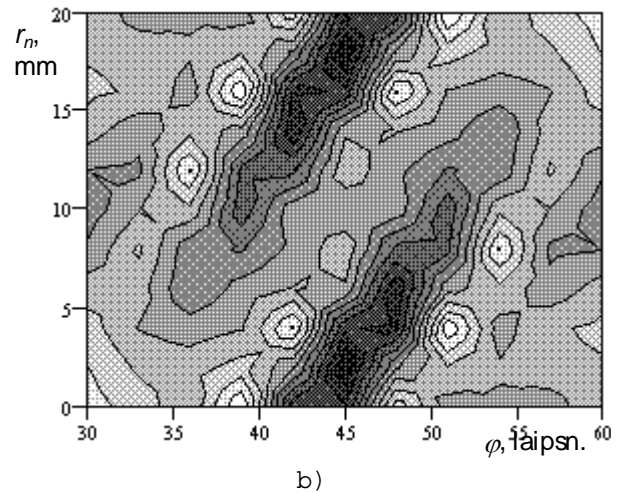
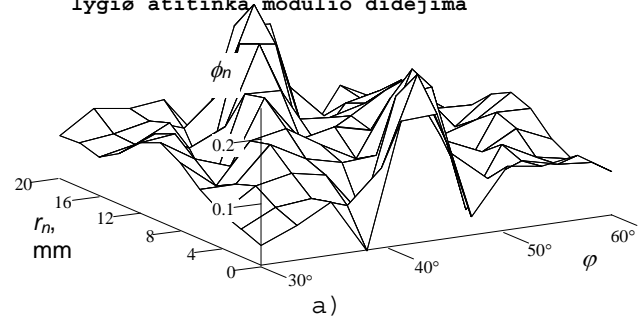
$$\phi_{z1} = \phi_1 + \phi_{12}, \quad (2)$$

kur ϕ_1 - spinduolio sukuriamas amplitudpiø potencialas.

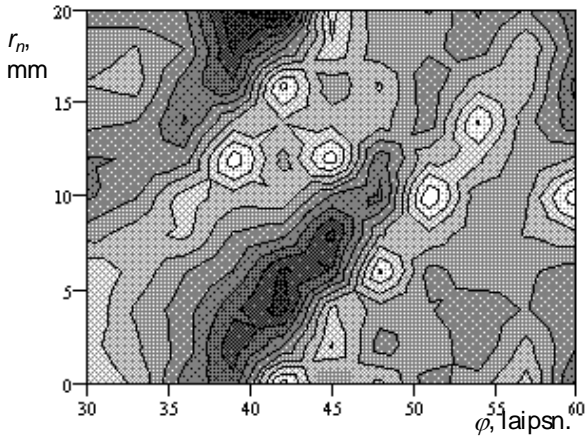
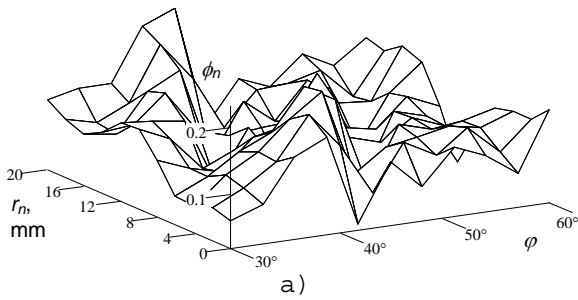
2 pav. paviršiaus grafiko pavidalu parodyta apskaiðiuota amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo ir atstumo tarp spinduolio ir reflektoriaus aukðèiau nurodytuose intervaluose. Ið ðio grafiko buvo pasirinkti efektyviausio spinduliavimo atstumai ir kampai.

Kadangi spinduolio pavirðiuje virpesiø pasiskirstymas ið tikrøjø nėra visiðkai simetriðkas, tai ir kryptingumo charakteristika nėra simetriðka [2]. Nesimetriðkumo efektams nustatyti buvo apskaiðiuotas potencialo pasiskirstymas, sukuriamas spinduolio ir reflektoriaus 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

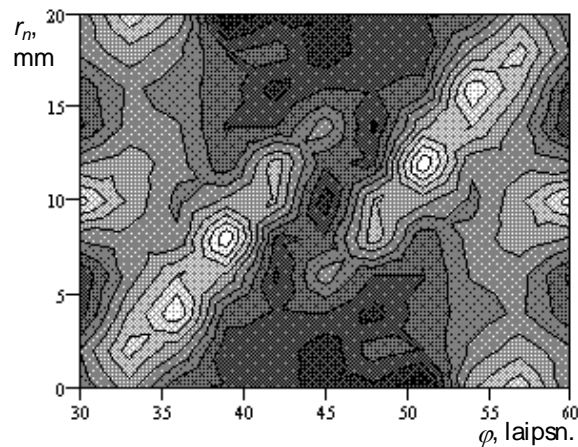
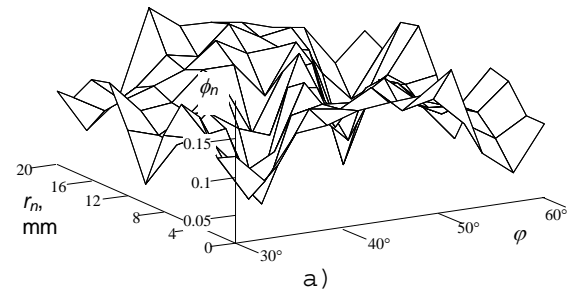


4 pav. Amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo ϕ ir atstumo r_n nutolusiame taøke ($z_n=10m$), dviem spinduoliams esant pradinėje padėtyje; a - paviršiaus grafikas, b - kontūrinis grafikas, kuriame 10 tamsėjimo lygiø atitinka modulio didėjimą

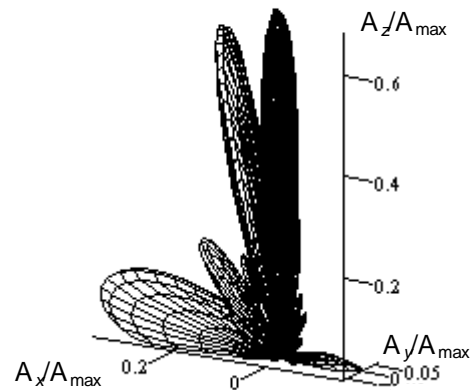


5 pav. Amplitudpiø potencialo modulio priklausomybė nuo kampo φ ir atstumo r_n nutolusiame taške ($z_s=10m$), vienam spinduoliui esant pradinėje padėtyje, o kitam - apsuktam; a - paviršiaus grafikas, b - kontūrinis grafikas, kuriame 10 tamsėjimo lygiø atitinka modulio didėjimą

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.

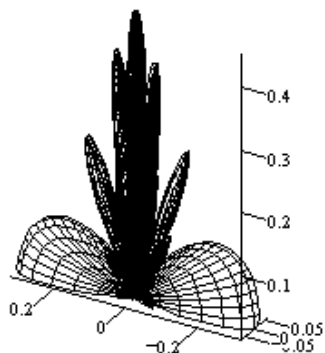
Trečias atvejis pavaizduotas 6 pav. Èia buvo iðdësčius du apie savo plokštumos centrà apsukti

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

Treèioje dalyje buvo apskaièiuotos dviejø kampu iðdësčius spinduoliø kryptingumo charakteristikos ið amplitudpiø potencialø pasiskirstymø pasirinktuose taøkuose (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 gardelinių akustinių spindulių kryptingumo charakteristikas

ultragarsiniams atstumo ore matuokliams. Tiesioginio amplitudžių 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

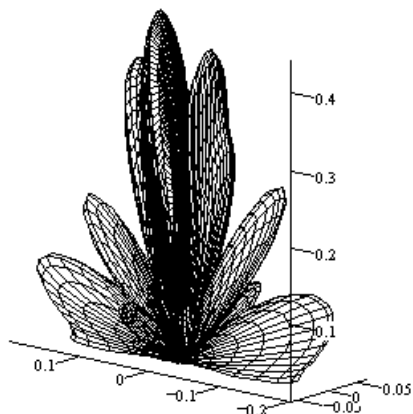
1. V. Minialga, S. Sajauskas. Ultragarso keitiklių holografinio interferogramų kompiuterinis apdorojimas.// Konferencija "Elektronika'97", Kaunas, 1997.- P.138-141.
2. V. Minialga, S. Sajauskas. Akustinio lauko apskaičiavimas pagal spindulių paviršiaus virpesių holografinę interferogramą.// Ultragaras.- 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 $r_n=6\text{mm}$