

Multirezonansinės akustinės sistemos kokybės nustatymo algoritmo modeliavimas

V.Giedraitienė, V.Sukackas

Kauno technologijos universitetas

Technologiniuose procesuose metu (naftos, chemijos pramonėje, ūilumokaiėiuose ir kt.) ant vamzdėiø vidiniø pavirėiø nusėda kietos nuosėdos. Tai neigiamas veiksnys, bloginantis tam tikros sistemos parametrus. Nuosėdø storà reikia kontroliuoti. Bandymai parodė, kad klasikiniai akustiniai storio matavimo prietaisai, kaip antai impulsiniai ar rezonansiniai, ūiuo atveju dirba neefektyviai. Prieėastys yra tos, kad nuosėdø sluoksnis būna korėtas, su ruplėtu pavirėiumi. Todėl atspindėiai priėd nuosėdø sluoksnà ir po jo nėpymūs ir artimi difuziniams.

Pasiūlytas metodas nuosėdø sluoksnio storiui nustatyti, kuomet vamzdėio sienelėje padinamos nulinės eilės asimetrinės Lembo bangos - lankstymosi [1]. Naudojamas artimas taėkiniam keitiklis. Jo spinduliuojamos bangos sklinda iėilgai geodeziniø linijø visomis galimomis kryptimis.

Statmenai vamzdėio aėiai sklindanėios bangos interferuoja. Jø dalis tolstant nuo siuntiklio mąpėja, taėiau interferenciniai pikai būna toli nuo siuntiklio. Pasiūlytas nuosėdø sluoksnio storio nustatymo prietaisas [2], naudojantis ūio tipo bangas.

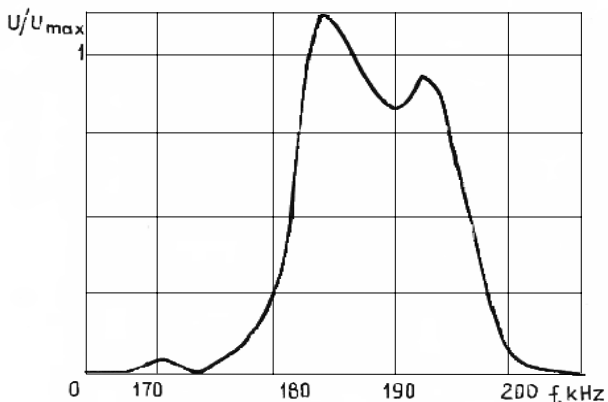
Lankstymosi bangø sklidimo greitis c priklauso nuo sluoksnio stangrumo B ir masės m' , tenkanėios ploto vienetui:

$$c = \sqrt{2\pi f} \sqrt{\frac{B}{m'}}. \quad (1)$$

Stangrumas savo ruoėtu iėreiėkiamas taip:

$$B = \frac{Ed^3}{12(1-\mu^2)}, \quad (2)$$

ėia E - Jungo modulis, μ - Puasono koeficientas, d - sienelės storis.



1 pav. Eksperimentiėkai gauta rezonansø superpozicijos kreivė

Atsiradęs nuosėdø sluoksnis turi sukelti ūiuos efektus:

1. Bangø greiėio pasikeitimà dėl papildomos masės bei dėl geometrinės ir dąpninės bangø greiėio dispersijos (1 formulė).

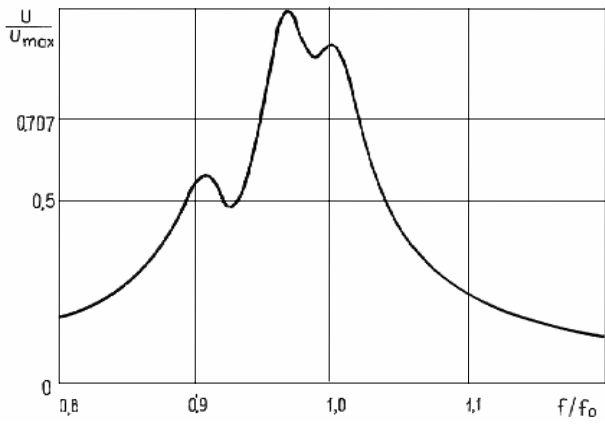
2. Didelà bangø slopinimo pokytà. Pirmasis efektas - greiėio pasikeitimas - paprastai pradingsta antrajame ir nėra pastebimas dėl didelio rezonansinio piko iėplitimo. Todėl nuosėdø storis nustatomas iė sistemos kokybės. Dar vienas efektas - rezonansinis pikas - iėkraipomas ir àgyja keletà virėūniø (1 pav.).

Mūsø pasiūlyta hipotezė byloja apie tai, kad rezonansinis pikas iėkraipomas akustinei sistemai tapus multirezonansine. Atsitiktinai vamzdyje susidariusios sritys, turinėios skirtingus vidutinius nuosėdø storius, rezonuoja skirtinguose dąpniuose dėl dispersijos, o galutinà dąpninà amplitudės charakteristikà (DACH) formuoja atskirø sriėiø charakteristikø superpozicija.

Nėra nusistovėjà reikalavimai, koks nuosėdø parametras yra matuotinas: vidutinis ar maksimalus storis ar prijungtoji masė. Iė esmės ėia kalbama ne apie matavimo prietaisà, bet apie storio indikatorio.

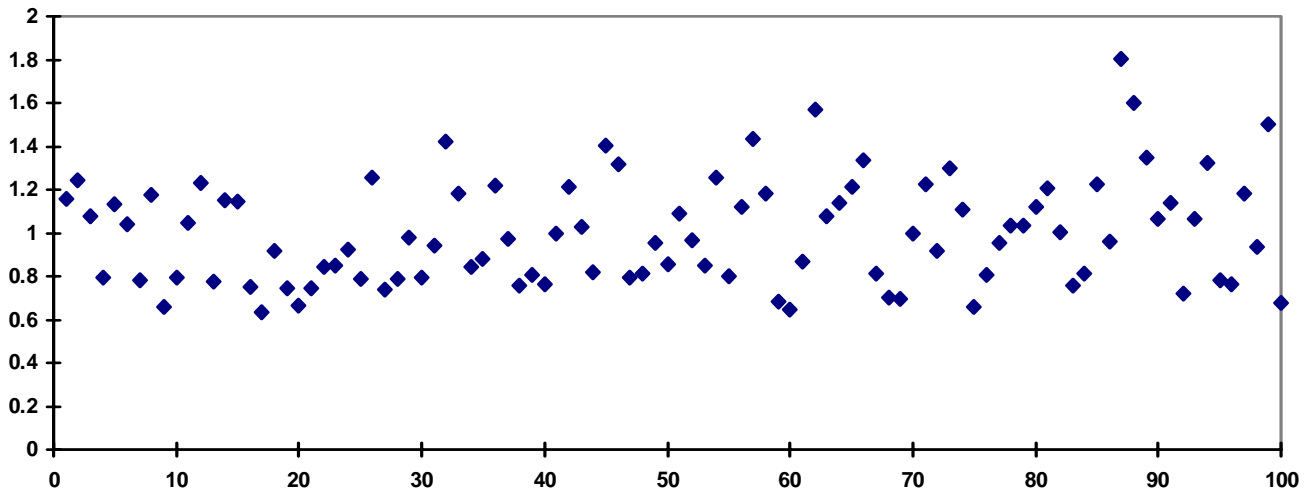
Galimybės sekti ir kontroliuoti nuosėdø susidarymà nebuvo, todėl mes parinkome modeliavimo metodà. Jo esmė ta, kad kelis kartus iėskaiėiuojama keleto rezonansiniø signalø, kuriø dąpnis ir amplitudės atsitiktinai kinta, o kokybė pastovi, superpozicija ir jai pritaikomi pasirinkti matavimo algoritmai. Tobuliausias bus tas algoritmas, kuris kartoje modeliaimà, garantuoja pastoviausià tam tikros kokybės matavimo rezultatà.

ėinomi du klasikiniai kokybės nustatymo metodai - iė ekstremalios amplitudės ir iė juostos ploėio 0,707 lygyje.

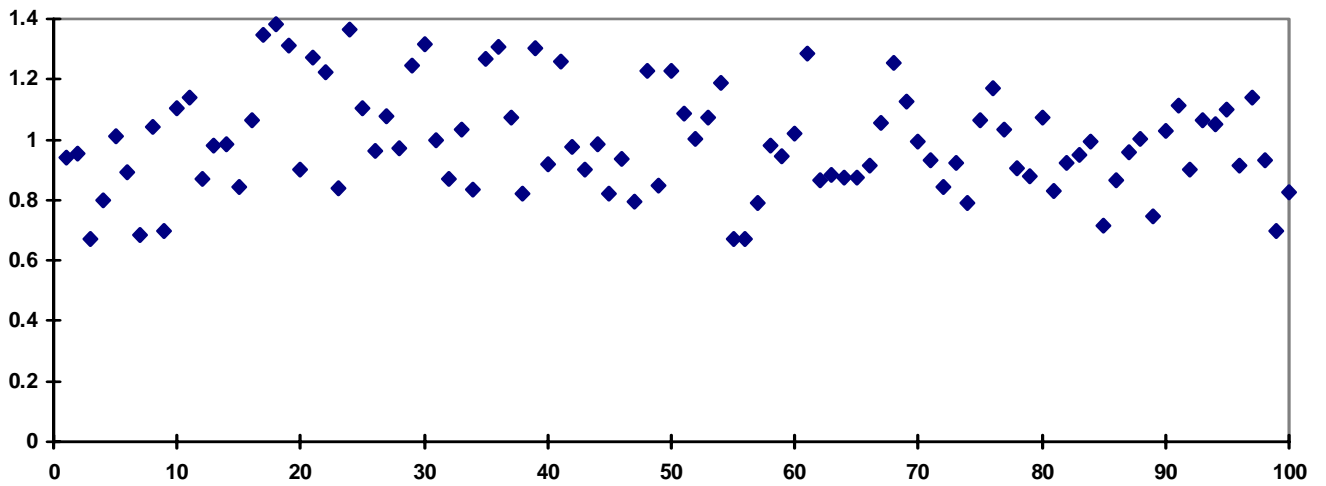


2 pav. Sumodeliuota trijų rezonansų superpozicijos kreivė

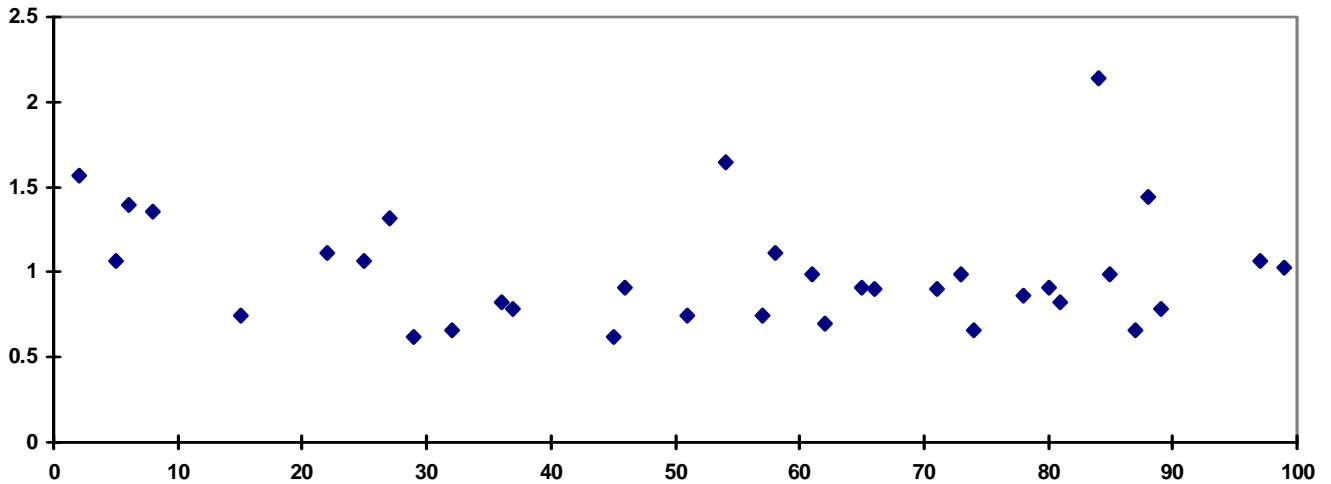
a) maksimali amplitudė



b) parodymai pagal (3) formulę



c) juostos plotis



3 pav. Modeliavimo rezultatai. Visi dydžiai normuoti vidurkiu atpvilgiu

Darbuose [2,3] pasiūlytas toks algoritmas:

$$n = \frac{\int_1^2 \left| \frac{dU'}{dt} \right| \frac{dt}{df} df}{\int_1^2 U' df} = \frac{\int_1^2 \left| \frac{dU'}{df} \right| df}{\int_1^2 U' df}, \quad (3)$$

čia n - indikatoriaus parodymai, $U'=U(1-k)$, U -iðėjimo signalo amplitudė, $k=0+0.1$ - dydis, parenkamas triukdymui slopinti, $U' > 0$, 1 ir 2 - integravimo rėpiai, apimantys pasirinktus rezonansinius pikus. Matome, kad pagrindinę signalo dalį formuoja didžiausio statumo sritys - pikų ðlaitai.

Modeliuota buvo pagal programą, paraðytą PASCAL kalba. Programos skaiðiavimui atlikti, naudojant ðias formules:

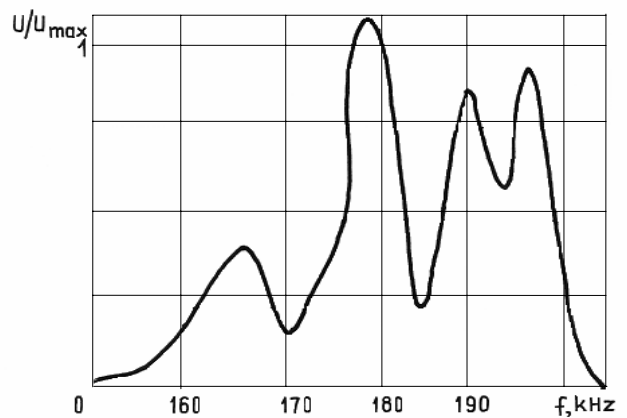
$$U = \frac{A}{\sqrt{1 + \left(\frac{2(f - f_0)}{f_0} Q \right)^2}}, \quad (4)$$

$$Q = \frac{f_0}{2(f_{0.7} - f_0)}, \quad (5)$$

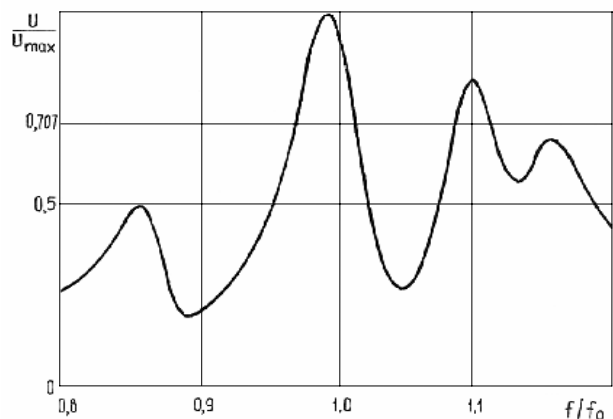
čia U - signalo amplitudė; $f_{0.7}$ - dažnis, atitinkantis 0.7 lygį; f - dažnis, kintantis ribose $0.8 \div 1.2$ þingsniu 0.0025; A ir f_0 - amplitudė ir dažnis, atsitiktinai kintantys; Q - kokybė.

Modeliavimo metu gautos DACH, vizualiai vertinant, visiðkai sutampa su eksperimentinėmis. 2 paveiksle pavaizduota viena ið daugelio stebėtų DACH modeliavimo metu. DACH modeliuota kaip trijų rezonansų superpozicija. Vieno ið jų rezonansinis dažnis ir amplitudė prilyginti 1, kitais atvejais dažnis atsitiktinai kito nuo 0.85 iki 1.15, amplitudė - ribose nuo 0.5 iki 1.5.

Kiekvienai ið gautų kreivių buvo atliekami trys matavimai, t.y. nustatomi trys parametrai: maksimali amplitudė, parodymai n pagal 3 formulę ir juostos plotis 0.707 lygyje. Visi trys parametrai, normuoti vidurkiu atpvilgiu, parodyti 3 paveiksle. Juostos plotis buvo nustatomas tik kreivėms su vienu maksimumu bei tokioms, kurios turi keletą maksimumų, bet tik du taðkus 0.707 lygyje. Dėl minėtų priežasčių grafikas,



4 pav. Eksperimentiðkai gauta rezonansų superpozicijos kreivė



5pav. Sumodeliuota penkiø rezonansø
superpozicijos kreivė

vaizduojàs juostos ploëio matavimà,
turi maþiau taðkø nei kiti du (3 pav.,
c).

Buvo modeliuotos ir sudėtingesnės
DACH. 4 paveiksle parodyta
eksperimentiðkai gauta kreivė, 5
paveiksle - sumodeliuota penkiø
rezonansø superpozicijos kreivė. Jø
panaðumas nekelia abejoniø.

Analizuojant grafikus galima
padaryti tokias iðvadas:

1. Visais trim atvejais parodymø
sklaida panaði; ji ðiek tiek maþesnė
matuojant pasiûlytuoju metodu pagal 3
formulæ .

2. Matuoti pagal juostos plotà
galima toli graþu ne visais atvejais.

3. Matuojant pagal maksimaliàjà
amplitudà, būtina ávertinti akustinà
ryðà ir kitus veiksnius, turinèius
poveikio perdavimo koeficiento dydþiui.
Tam reikia nepriklausomø matavimo
operacijø.

Taigi pasiûlytasis matavimo pagal 3
formulæ algoritmas turi pranaðumø prieš
þinomos metodus, yra gana paprastas ir
tinka neðiojamiems nuosėdø storio
indikatoriams.

Literatūra

1. **Áiceia Á., Noeacëan Á.** Èroðoðoðniàde-ànéèé iàðia roàíèè ninoiyíey
ðoifíèièe-ànéèø oðoáñiðáñiá. //Ááðáèðimèney.-1995. Ni 8. C.44-47.
2. **Volkovas V., Sukackas V., Potapenko V.**
Vamzdynuose susidariusiø nuosėdø kontrolės
būdas ir árenginys jo realizavimui.// Lietuvos
Respublikos patentas.-1994.-Nr. 12.
3. Elastiniø bangø interferencijos priedinèe
nevienalytèse struktūrose fizikiniø
diagnostiniø ir informaciniø savybiø tyrimas.
LVMS Fondo tema. Reg. nr. 94-160/7F.-
Kaunas:KTU. 1994.

V.Giedraitienė, V.Sukackas

A computer modelling of the quality measurements of acoustical multiresonance systems

Summary

The quality factor of the resonating pipeline
with sediments depends on the sediments
thickness. The resonant signal consist of several
resonance peaks with different frequencies and
amplitudes. A computer simulation of the new
quality measurement method is described.

DOI: 10.5755/j01.u.27.1.7849