

## Dviejų uždarų erdvių tarpusavio nehermetiško tyrimas

L.Jakevičius, O.Tumšys, J.Butkus

Ultragarso mokslo centras, Kauno technologijos universitetas

Studentų g.50-136, LT 3031 Kaunas, tel. 75-36-76, faks. 76-47-17

### Įvadas

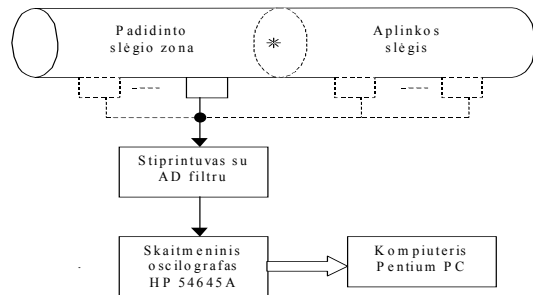
Pastaruoju metu įvairių vamzdynų ir rezervuarų nesandarumuose generuojamus akustinės emisijos signalus bandoma panaudoti šių įrenginių pažeidimų vietoms aptikti [1-4]. Tai susiję su poreikiu kaip galima anksčiau gauti informaciją apie sandarumo pažeidimus. Šį procesą teoriškai nagrinėti apsunkina platus akustinės emisijos signalų spektras, skirtingų tipų akustinių bangų įvairovė bei plataus spektro pašalinių virpesių ir trikdžių poveikis. Todėl dviejų uždarų erdvių tarpusavio nehermetiškumui (pvz., šilumokaičiuose, vamzdynų uždarymo sklendėse ir t.t.) aptikti aktualūs eksperimentiniai tyrimai.

### Eksperimentinis tyrimas

Dviejų uždarų erdvių tarpusavio nehermetiškumui tirti buvo surinktas matavimų standas (1 pav.).

Vidinis nuotėkis imituotas, panaudojant į vienu galu uždarą vamzdį įmontuotą sklendę. Pro sklendę į atvirąją vamzdžio dalį besiveržiančios dujos generuodavo akustinius triukšmus, kurie buvo priimami prie vamzdžio sienelių įvairiose vietose pritvirtintais skirtingų dažnių juostų pjezoelektriniais keitikliais. Siekiant išvengti aplinkos triukšmų įtakos priimami signalai buvo stiprinami ir filtruojami aukštojo dažnio (nuo 10 kHz) filtru. Toliau signalai per skaitmeninį oscilografą buvo persiunčiami į kompiuterį ir apdorojami.

Akustinės emisijos signalai matuoti prieš sklendę ir už jos, uždaroje vamzdžio dalyje kompresoriumi pakėlus slėgį iki 0,3 Mpa ir truputį pradarius sklendę. Atlikus keliasdešimt matavimų, esant skirtingiems nuotėkiams ir įvairiam slėgių skirtumui abipus sklendės, nustatyta, kad triukšmų spektre visais atvejais vyrauja 40 kHz dažniui artimos dedamosios. Didėjant nutekėjimo intensyvumui ir



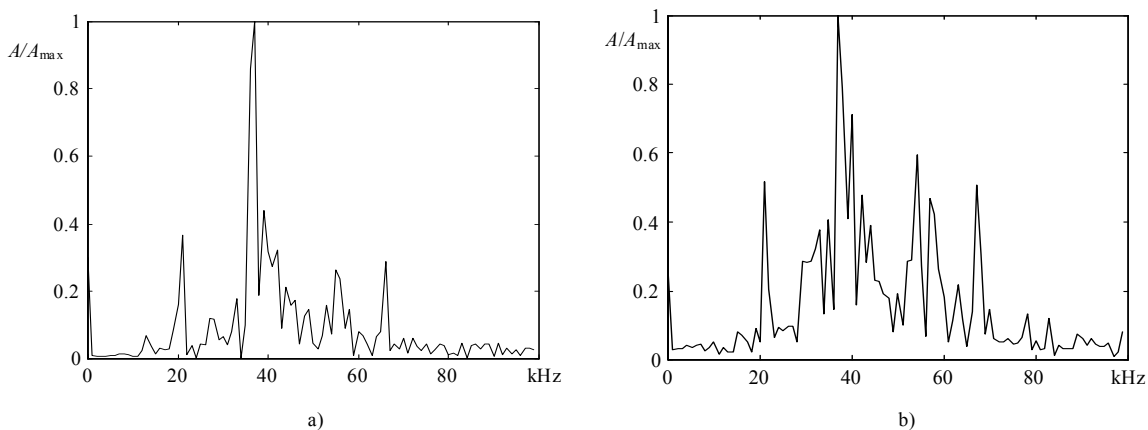
1 pav. Akustinių triukšmų, registruojamų vamzdžio sienelėse, spektrų tyrimo struktūrinė schema

prieš sklendę (2 pav.), ir už sklendės (3 pav.) triukšminio signalo dažnio spektre išryškėdavo ir aukštesnių dažnių dedamosios.

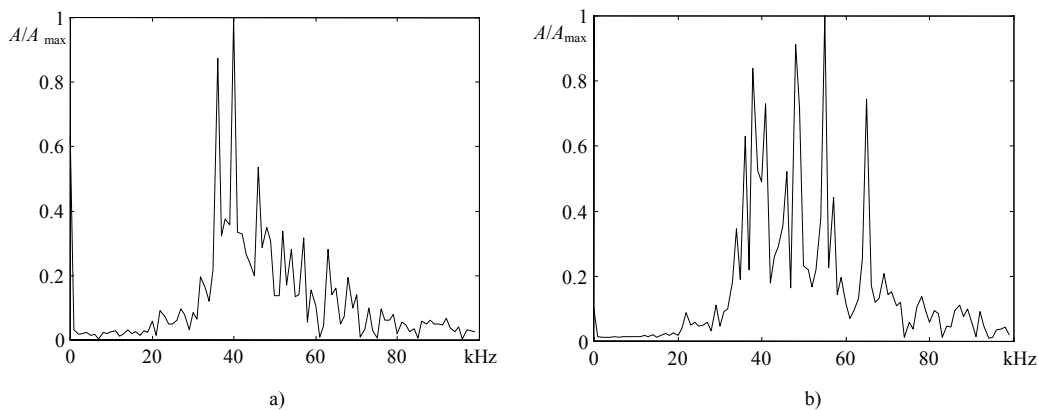
Toks aukštųjų dažnių dedamųjų suintensyvėjimas atsiranda dėl dujų slėgių pulsacijų ištekėjimo kanale. Jį nulemia ištekiančio srauto nestacionarumas. Turbulentinio ištekėjimo režimu pulsacijų dažnį nulemia sukurių susidarymo dažnis [2]:

$$f_s = St \frac{v_{sr}}{2r} n; \quad (1)$$

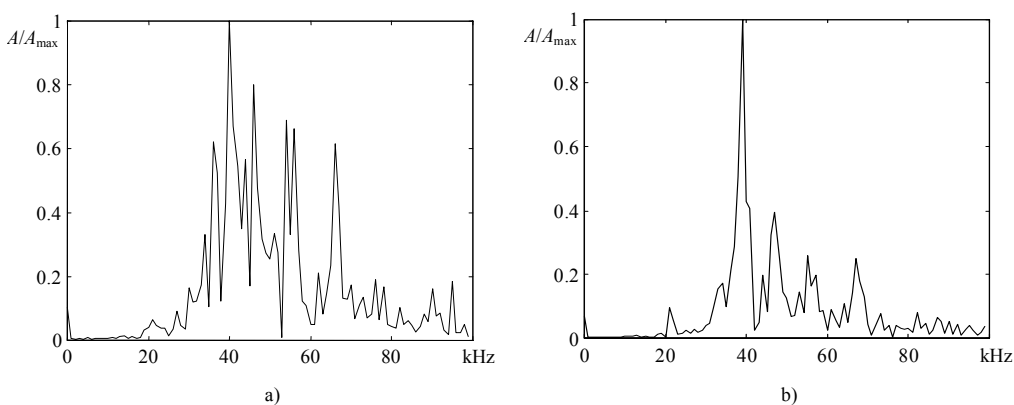
čia  $St$  – Struchalio skaičius;  $v_{sr}$  – dujų ištekėjimo greitis;  $r$  – ištekėjimo angos spindulys;  $n = 1, 2, 3, \dots$  – aukštesniojo tono numeris. Tolstant nuo nehermetiškumo vietos vamzdžio sienoje, esant pastoviems dujų ištekėjimo greičiui ir slėgių skirtumui, tiek prieš sklendę (4 pav.), tiek už jos (5 pav.), triukšmo signalų spektre nuslopsta aukštesniųjų dažnių dedamosios ir lieka vyrauti tik dažniai, artimi 40 kHz. Todėl akustinių triukšmų intensyvumo dėsningumams tirti buvo pasirinkti siaurajuosčiai (35...50 kHz) pjezokeitikliai.



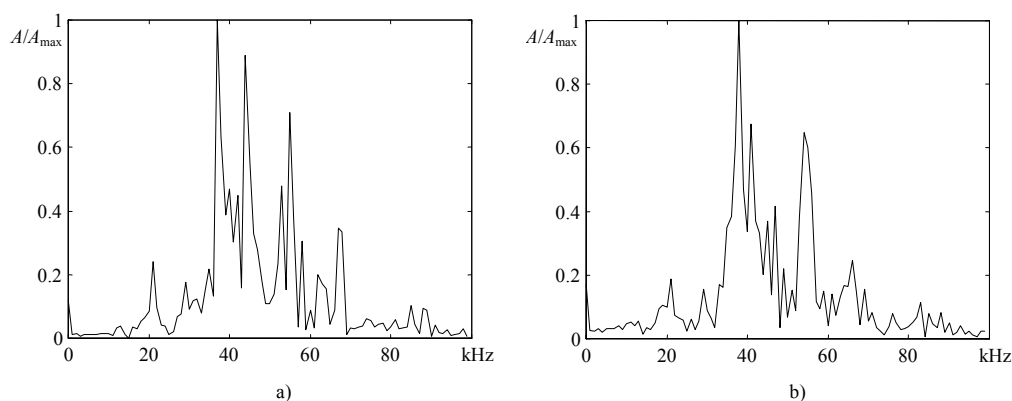
2 pav. Akustinių triukšmų prieš sklendę spektrai, kai sklendė nedaug (a) ir daug (b) pradaryta



3 pav. Akustinių triukšmų už sklendės spektrai, kai sklendė nedaug (a) ir daug (b) pradaryta



4 pav. Akustinių triukšmų prieš sklendę spektrai, kai keitiklis yra prie sklendės (a) ir 0,8 m nutolęs nuo sklendės (b)



5 pav. Akustinių triukšmų už sklendės spektrai, kai keitiklis yra prie sklendės (a) ir 0,6 m nutolęs nuo sklendės (b)

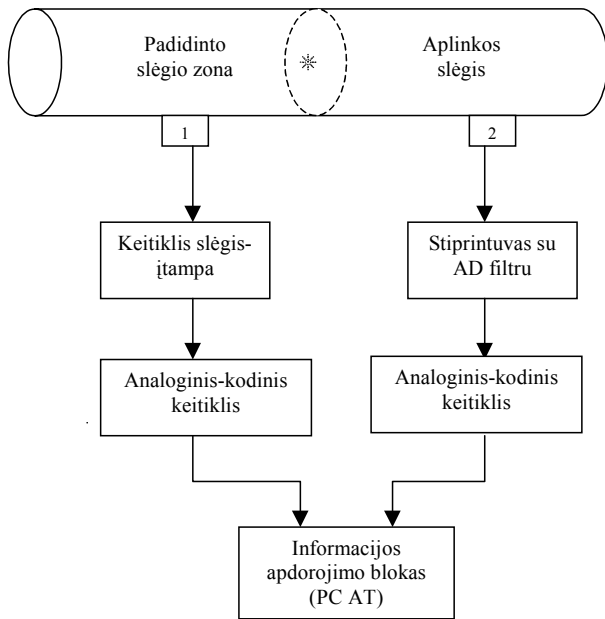
Akustinių triukšmų intensyvumas prieš sklendę ir už jos tirtas matavimo stende (6 pav.). Tuo pat metu buvo matuojamas akustinių triukšmų intensyvumas ir slėgių skirtumas. Slėgių skirtumui fiksuoti naudotas standartinis elektrinis MDDF-UK $\pm$ 5 slėgio daviklis. Išmatuotas slėgis keitiklyje P/U buvo keičiamas į įtampą, kuri savo ruožtu analoginiame/kodiniame keitiklyje buvo keičiama į skaitmeninius kodus ir perduodama į kompiuterį. Akustiniai triukšmai registruoti siaurajuosčiu pjezokeitikliu, sustiprinti ir filtruoti aukštųjų dažnių filtru. Gauti signalai diskretizuoti analoginiame/kodiniame keitiklyje. Skaitmeninė informacija buvo kaupiama keitiklio operatyviojoje atmintyje po 8000 diskretinių reikšmių kiekviename informacijos "pakuote". Sukaupia informacija buvo persiunčiama į kompiuterį, kur gautų reikšmių absoliutinės vertės buvo suvidurkintos.

Akustinio triukšmo intensyvumas matuotas prieš sklendę ir už jos, nevisiškai ją uždarius, ir uždaroje vamzdžio dalyje pakėlus slėgį iki 0,1 Mpa. Siaurajuosčiai pjezokeitikliai įtvirtinti 0,2 m atstumu abipus sklendės atvirojoje ir uždarojoje vamzdžio dalyse.

Atliktais matavimais nustatyta, kad vamzdžio dalies, į kurią išteka dujų srautas, sienelėje sužadinto akustinio triukšmo intensyvumas apie 15 kartų (esant 0,1 Mpa slėgiui) didesnis nei vamzdžio dalyje, iš kurios šis srautas išteka (7 pav.) (paveikslėlyje pateiktos aproksimuotos kreivės).

Slėgių skirtumui mažėjant šių triukšmų intensyvumų santykis taip pat mažėja, bet išlieka gana ryškus visame matavimų diapazone.

Tiriant akustinių triukšmų intensyvumo priklausomybę nuo dujų ištekėjimo greičio, kai dujų slėgis pakeltas iki



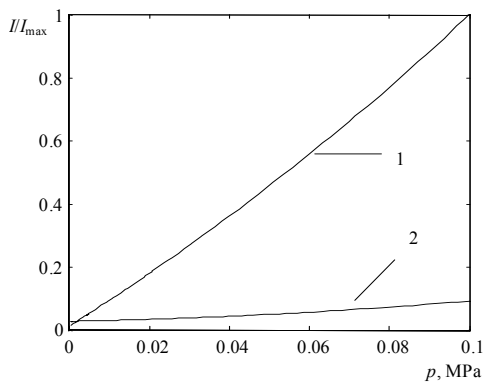
6 pav. Akustinių triukšmų vamzdžio sienelėje matavimo, fiksuojant dujų slėgį, struktūrinė schema

0,4 MPa, nustatyta, kad tiek prieš sklendę, tiek už jos sužadinto akustinio triukšmo intensyvumas tiesiogiai proporcingas dujų ištekėjimo greičiui: didesnis dujų nuotėkis sužadina intensyvesnius akustinius triukšmus vamzdžio sienelėje ir prieš sklendę, ir už jos (8 pav.).

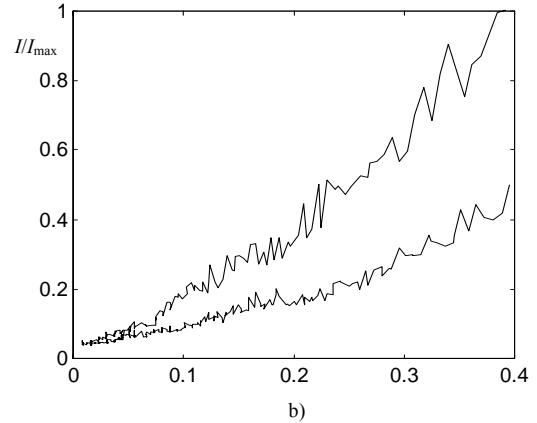
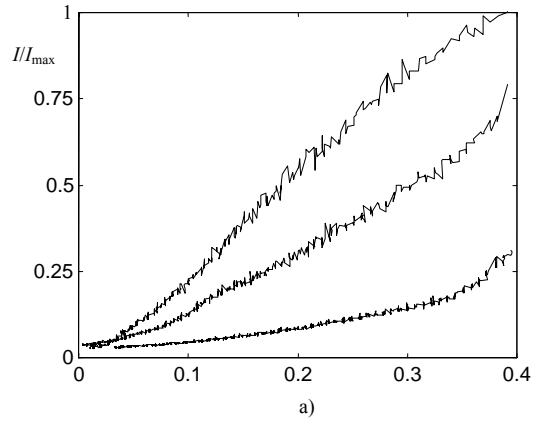
Pakėlus dujų slėgį iki 0,1 Mpa, ištirtas akustinių triukšmų intensyvumo kitimas, tolstant nuo sklendės į abi puses. Gauti matavimų rezultatai parodė, kad atvirojoje vamzdžio dalyje akustinio triukšmo intensyvumas, tolstant nuo sklendės, slopsta kur kas greičiau negu uždarojoje vamzdžio dalyje (9 pav.). Norint paryškinti bendras triukšmo intensyvumo kitimo tendencijas, paveikslėlyje pateiktos aproksimuotos kreivės.

**Išvados**

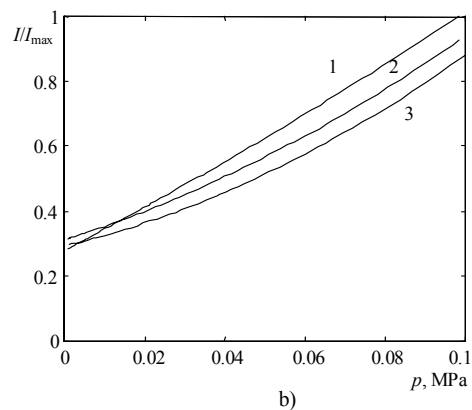
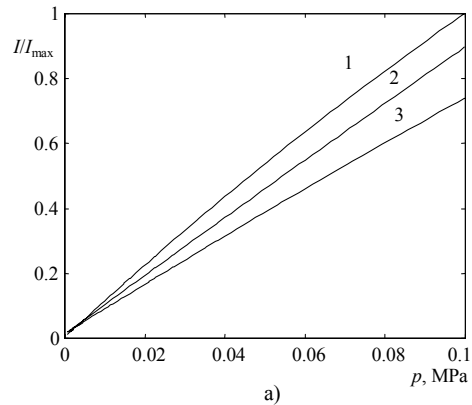
Apibendrinant gautus eksperimentinių tyrimų rezultatus, galima teigti, kad dvi uždaras erdves skiriančioje riboje esantį nesandarumą galima aptikti, tiriant akustinių triukšmų intensyvumą šias erdves ribojančiose sienelėse. Triukšmų intensyvumą būtina



7 pav. Akustinio triukšmo intensyvumas esant tam pačiam nutekėjimui: 1 – už sklendės; 2 – prieš sklendę



8 pav. Akustinių triukšmų intensyvumai: a) už sklendės; b) prieš sklendę (didesnis kreivės numeris atitinka mažesnį nuotėkio greitį)



9 pav. Atstumo nuo nehermetiškumo vietos įtaka akustinio triukšmo intensyvumui esant pastoviam nuotėkio greičiui: a) už sklendės: 1 – 0 m; 2 – 0,2 m; 3 – 0,6 m; b) prieš sklendę: 1 – 0 m; 2 – 0,4 m; 3 – 1,4 m

matuoti abipus galimos nesandarumo vietas ir palyginti šių matavimų rezultatus. Jeigu triukšmų intensyvumas skiriasi keletą kartų, vadinasi, tiriamojoje zonoje yra vidinis nesandarumas. Jeigu triukšmų intensyvumai artimi, tai reiškia, kad vidinio nuotėkio nėra.

Triukšmus tikslinga matuoti 20÷50 kHz dažnių diapazone, nes šioje dažnių juostoje dujų nuotėkio metu generuojamas intensyviausias akustinis triukšmas, nepriklausomai nuo slėgių skirtumo, nuotėkio vietos matmenų ir atstumo nuo nuotėkio vietos.

Darbą remia Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas.

#### Literatūra

1. **Kalyanasundaram P., Baldev R., Kasiviswanathan K.V., Javakumar T., Murthy C.R.L.** Leak detection in pressure tubes of a pressurised heavy water reactor by acoustic emission technique// British Journal of NDT, 1992. Vol.34. No.11. P.539-543.
2. **Дробот Ю.Б., Грешников В.А., Бачелов В.Н.** Акустическое контактное течеискание. Москва: Машиностроение, 1989.-120 с.

3. Применение ЭВМ для обнаружения утечек на нефте-продуктопроводах// В.Н.Загоскин, Ю.А.Венгерцев, А.С.Казак, Е.И.Яковлев //Серия: Транспорт и хранение нефте-продуктов и углеводородного сырья.–Москва, 1989.- No.1.-60 с.
4. **Jakevičius L., Butkus J., Tumšys O.** Vamzdyno nehermetiškumo vietoje generuojamų akustinių triukšmų sklaidimo ypatumų tyrimas// Elektronika ir elektrotechnika. Kaunas: Technologija. 1998. Nr.5(18). P.16-18.

L.Jakevičius, O.Tumšys, J.Butkus

#### Investigation of unhermeticity among two closed spaces

##### Summary

The object of investigation was the noise generated by the leakage located in the boundary between two closed spaces and propagating in the walls of a piping. It was determined experimentally that the spectrum of acoustic noises generated by the leakage is in the 20...50 kHz frequency region and is slightly dependent on the pressure drop and leakage dimensions. It was revealed that the unhermeticities existing in a boundary of two closed spaces can be discovered according to the intensity of the noises propagating in the walls of the reservoirs on both sides of the boundary.