

## GUOLIŲ RIEDĖJIMO PAVIRŠIŲ KOKYBĖS ĮTAKA VIBROAKTYVUMUI

Jevgenij Kurec<sup>1</sup>, Vadim Mokšin<sup>2</sup>, Andrius Gedvila<sup>3</sup>

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>jevgenij.kurec@gmail.com; <sup>2</sup>vadim.moksin@vgtu.lt; <sup>3</sup>andrius.gedvila@vgtu.lt

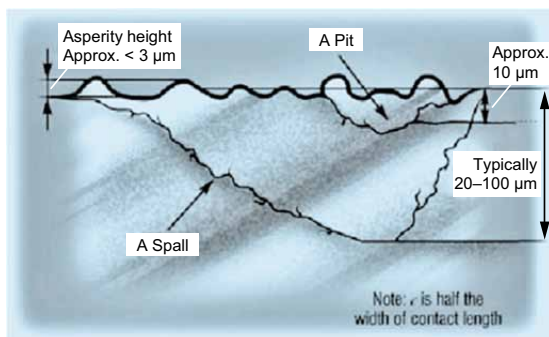
**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjami vienaeiliai cilindriniai ritininiai riedėjimo guoliai Nr. NU207, kurie plačiai naudojami šiuolaikiniuose įrenginiuose. Vienas iš šio tipo guoliams būdingų trūkumų yra riedėjimo paviršių nuovargio atsiradimas ir viso jų resurso nepanaudojimas. Šio darbo tikslas – nustatyti guolių riedėjimo takelių paviršių šiurkštumo parametro  $Ra$  įtaką vibracijų greičiui ir ištirti guolių vibracinę elgesį, esant skirtingiems šiurkštumo parametrams.

**Reikšminiai žodžiai:** ritininis guolis, paviršiaus šiurkštumas, vibracijų greitis.

### Įvadas

Nors šiuolaikinė technika vis tobulėja, tačiau dažniausiai naudojami riedėjimo rutuliniai ir ritininiai guoliai, kurie išlaiko reikiamoje padėtyje besisukančius velenus ir priima veikiančias apkrovas (Augustaitis 2000).

Literatūroje skiriami trys nuovarginių paviršių pažeidimų tipai: paviršių aptrupėjimai, nuovarginės taškinės ištrupos ir nuovarginiai atskilimai (Bearing failures... 1994). Skirtumas tarp taškinių ištrupų ir atskilimų pavaizduotas 1 pav.



1 pav. Nuovarginės taškinės ištrupos (Pit) ir nuovarginio atskilimo (Spall) palyginimas (Bearing failures... 1994)

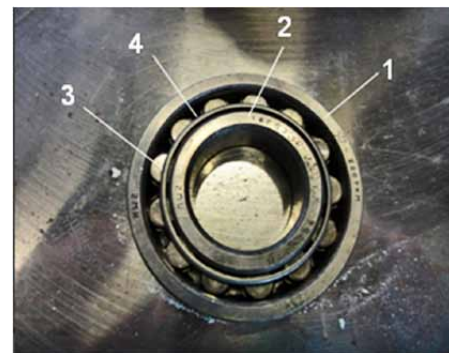
Fig. 1. The comparison between fatigue pits and fatigue spalls (Bearing failures... 1994)

Šiame straipsnyje tiriami vienaeiliai cilindriniai ritininiai riedėjimo guoliai Nr. NU207. Darbe siekta nustatyti guolių riedėjimo takelių paviršių šiurkštumo parametro  $Ra$  įtaką guolių keliamoms vibracijoms ir ištirti guolių vibracinę elgesį, esant skirtingiems riedėjimo takelių šiurkštumo parametrams. Darbe nustatyta, kaip ritininių guolių riedėjimo paviršių šiurkštumo parametras  $Ra$  priklauso nuo guolių darbo laiko (Jang, Jeong 2002).

### Tyrimų objektas

Tyrimui naudoti vienaeiliai cilindriniai ritininiai riedėjimo guoliai (2 pav.). Jų geometriniai ir darbiniai parametrai yra tokie:

- išorinis skersmuo – 72 mm;
- vidinis skersmuo – 35 mm;
- plotis – 17 mm;
- didžiausi leistinieji sukiai – 10 000 suk./min.



2 pav. Ritininis riedėjimo guolis: 1 – išorinis žiedas; 2 – vidinis žiedas; 3 – riedėjimo elementai (ritinėliai); 4 – separatorius

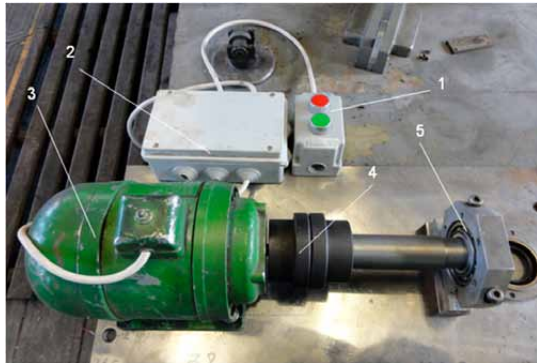
Fig. 2. Roller bearing: 1 – outer ring; 2 – inner ring; 3 – rolling elements (rollers); 4 – separator

Riedėjimo guolį sudaro išorinis ir vidinis žiedai, tarp riedėjimo takelių separatoriuje yra riedėjimo elementai. Vidinis guolio žiedas montuojamas ant veleno, o išorinis įstatomas į korpusą. Korpusą ir veleno kakliuką skiria riedėjimo elementai. Sukantis kakliukui arba korpusui, riedėjimo elementai, riedėdami žiedų riedėjimo takeliais, perduoda apkrovą nuo veleno kakliuko korpusui, arba atvirkščiai.

Galima išskirti tokias pagrindines guolių pažeidimų priežastis: vibracijos, per didelis sukimosi dažnis, per didelė temperatūra, nusidėvėjimas, nuovargis ir užstrigimas (Бейзельман *et al.* 1975).

### Tyrimų stendas

Tyrimams atlikti buvo pagamintas ir surinktas specialus stendas (3 pav.).



3 pav. Guolių tyrimo stendas: 1 – įjungimo ir išjungimo mygtukų blokas; 2 – elektromagnetinis paleidiklis; 3 – elektros variklis; 4 – mova; 5 – guolis

Fig. 3. Experimental stand: 1 – start-stop buttons; 2 – electromagnet starter; 3 – electromotor; 4 – coupling; 5 – bearing

### Tyrimo įranga

Eksperimentai buvo atlikti naudojant *MICROLOG* nešiojamąjį dviejų kanalų matuoklį-duomenų kaupiklį (4 pav.), kuris matuoja ir saugo vibracijų, temperatūros ir kitų matuojamų parametrų reikšmes, taip pat leidžia analizuoti guolio būklę.



4 pav. Vibracijų matuoklis-duomenų kaupiklis *MICROLOG*  
Fig. 4. Vibration measurement terminal *MICROLOG*

Guolių riedėjimo takelių šiurkštumas  $R_a$  buvo išmatuotas naudojant kompanijos *Taylor and Hobson* profilometrą-profilografą *TALYSURF 4* (5 pav.).



5 pav. Profilometras-profilografas *TALYSURF 4*  
Fig. 5. Roughness meter *TALYSURF 4*

Profilografas turi šiuos rodiklius: nelygumų profilogramos didinimas iki 100 tūkst. kartų; registruojami nelygumai nuo 0,02 iki 250  $\mu\text{m}$ ; adatų smaigalio suapvalinimo spindulys  $0,01 \pm 0,0025$  mm arba  $0,02 \pm 0,002$  mm; matavimo jėga ne didesnė kaip 0,1 N; adatos traukimo greitis – 0,06; 6 arba 60 mm/min; matavimo neapibrėžtis – 0,6 %.

### Tyrimo metodika

Tyrimai buvo atliekami tokia tvarka:

- eksperimento pradžioje profilometru išmatuotas guolių riedėjimo takelių šiurkštumas skersai ritinėlio riedėjimo krypties;
- guolis pritvirtintas stende ir variklis paleistas sukintis 1400 sūk./min. greičiu. Guolis sukosi laisvai be jokios apkrovos ir tepimo 300 val.;
- kas 50 val. keliuose taškuose matuotos guolių vibracijos (6 pav.);
- po eksperimento profilometru išmatuotas guolių riedėjimo takelių šiurkštumas  $R_a$  skersai ritinėlio riedėjimo krypties.

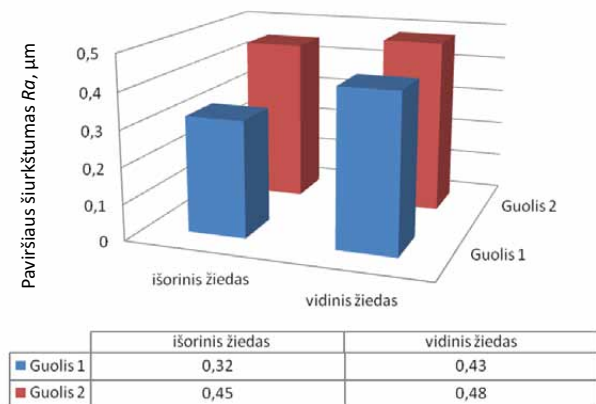
Vibracijų matavimų rezultatai buvo apdoroti *@ptitude Analyst* programa, kuri naudojama duomenų peržiūrai ir analizei.



6 pav. Vibracijų matavimo taškai  
Fig. 6. Vibration measurement points

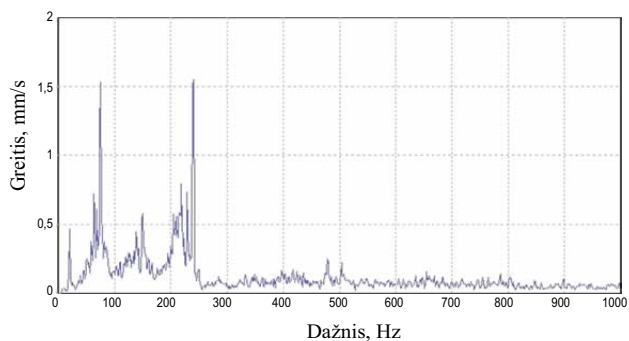
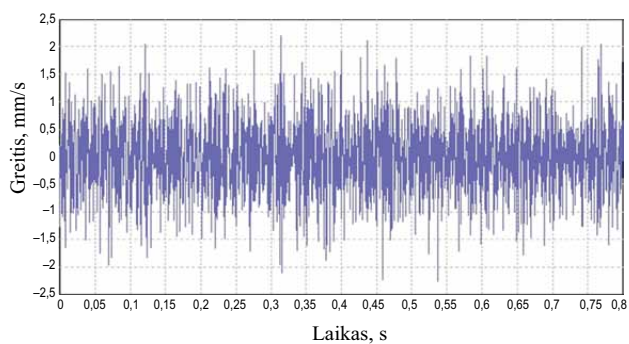
## Tyrimų rezultatai

Taikant anksčiau pateiktą metodiką, eksperimento pradžioje buvo atlikti guolių išorinio ir vidinio žiedo riedėjimo takelių šiurkštumo parametro  $Ra$  matavimai skersai ritinėlių riedėjimo krypties. Rezultatai pateikti 7 pav., vibracijų matavimo rezultatai – 8–11 pav.



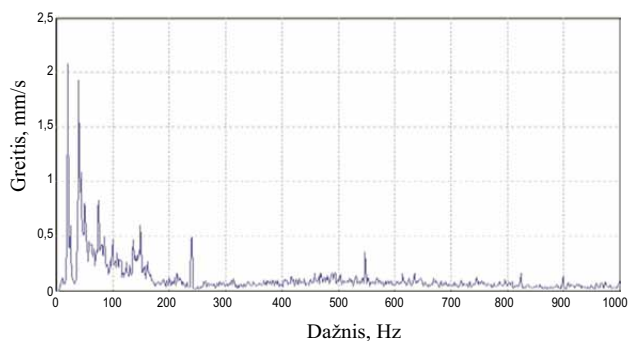
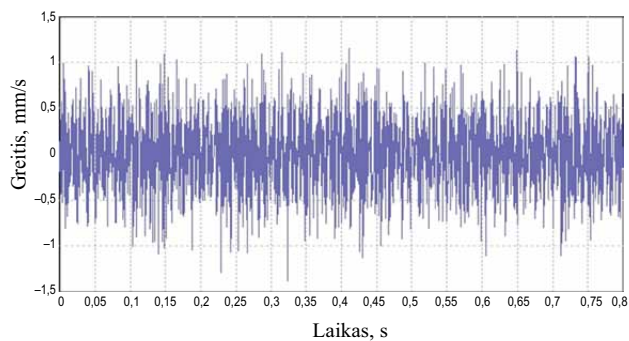
7 pav. Guolių išorinio ir vidinio žiedo šiurkštumo matavimo rezultatai (prieš eksperimentą)

Fig. 7. Results of measurements of roughness of surfaces of outer and inner bearings rings (before the experiment)



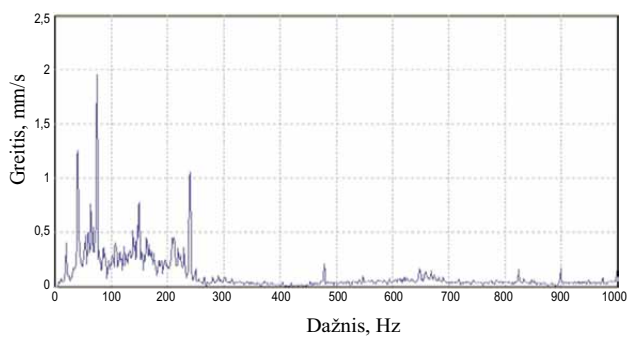
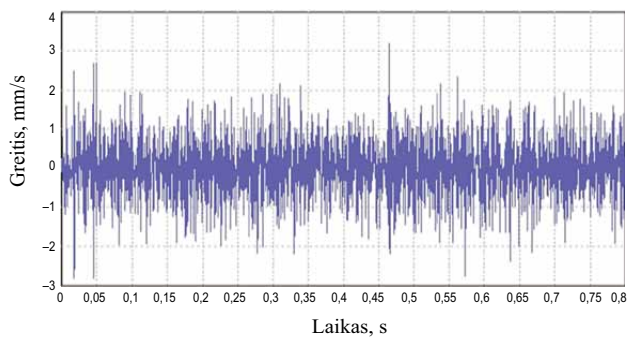
9 pav. Guolio Nr. 2 vibracijų matavimo rezultatai (eksperimento pradžioje)

Fig. 9. Bearing No. 2 vibration measurements results (at the beginning of the experiment)



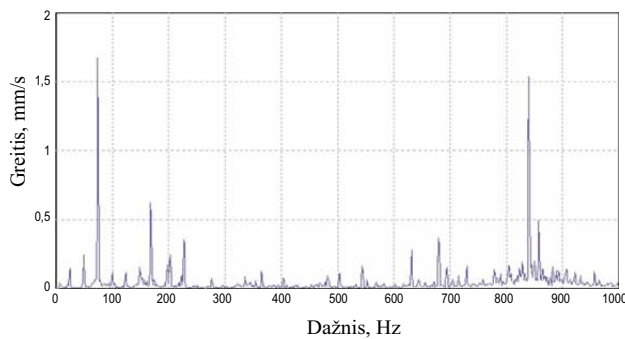
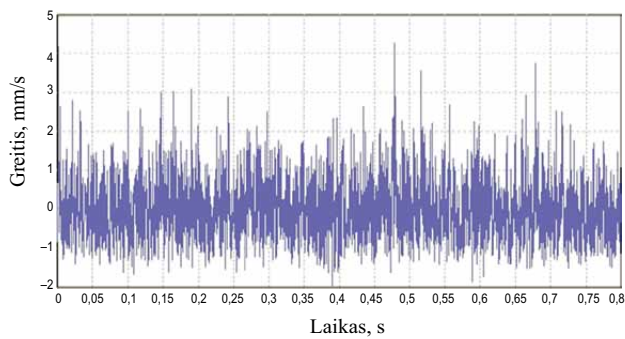
8 pav. Guolio Nr. 1 vibracijų matavimo rezultatai (eksperimento pradžioje)

Fig. 8. Bearing No. 1 vibration measurements results (at the beginning of the experiment)



10 pav. Guolio Nr. 1 vibracijų matavimo rezultatai (eksperimento pabaigoje)

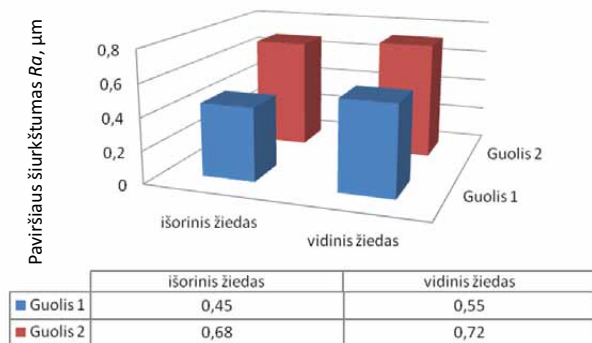
Fig. 10. Bearing No. 1 vibration measurements results (at the end of the experiment)



11 pav. Guolio Nr. 2 vibracijų matavimo rezultatai (eksperimento pabaigoje)

Fig. 11. Bearing No. 2 vibration measurements results (at the end of the experiment)

Atlikus eksperimentą, taip pat buvo atlikti guolių išorinio ir vidinio žiedo riedėjimo takelių šiurkštumo parametro  $Ra$  matavimai skersai ritinėlių riedėjimo krypties. Rezultatai pateikti 12 pav.



12 pav. Guolių išorinio ir vidinio žiedo šiurkštumo matavimo rezultatai (po eksperimento)

Fig. 12. Results of measurements of roughness of surfaces of outer and inner bearings rings (after the experiment)

## Išvados

1. Guoliai, kurių takelių šiurkštumas yra mažesnis, dirba tyliau. Virpesių greičio amplitudė eksperimento pradžioje yra 1,6 karto mažesnė negu guolio, kurio takelių šiurkštumas yra didesnis. Eksperimento pabaigoje amplitudė mažesnė 2,2 karto.

2. Guolių, kurių takelių šiurkštumas yra mažesnis, virpesių greičio amplitudė mažai priklauso nuo darbo laiko. Taip guolio, kurio šiurkštumas  $Ra = 0,3-0,43 \mu\text{m}$ , greičio amplitudė laikui bėgant mažėjo, o guolio, kurio šiurkštumas  $Ra = 0,45-0,48 \mu\text{m}$ , amplitudė didėjo.
3. Guolio Nr. 1 takelio šiurkštumas padidėjo, jam dirbant 300 val., nuo  $Ra = 0,3-0,43 \mu\text{m}$  iki  $Ra = 0,45-0,55 \mu\text{m}$ . Guolio Nr. 2 šiurkštumas padidėjo nuo  $Ra = 0,45-0,48 \mu\text{m}$  iki  $Ra = 0,68-0,72 \mu\text{m}$ .

## Literatūra

- Augustaitis, V. 2000. *Mechaninių virpesių pagrindai*. Vilnius: Žiburio leidykla. 319 p.
- Bearing failures and their causes. 1994 [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. balandžio 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.skf.com/files/099926.pdf>
- Jang, G. H.; Jeong, S. W. 2002. Nonlinear excitation model of ball bearing waviness in a rigid rotor supported by two or more ball bearings considering five degrees of freedom, *Journal of Tribology* 124: 82–90. <http://dx.doi.org/10.1115/1.1398289>
- Бейзельман, Р. Д.; Цыпкин, Б. В.; Перель, Л. Я. 1975. *Подшипники качения: справочник* [Rolling bearings: Handbook]. Москва: Машиностроение: 572 p. (in Russian).

## INFLUENCE OF QUALITY OF ROLLING SURFACES OF ROLLER BEARINGS ON THEIR VIBRATIONAL BEHAVIOUR

J. Kurec, V. Mokšin, A. Gedvila

### Abstract

The paper investigates vibrational behaviour of widely used roller bearings No. NU207 which have different roughness of rolling surfaces. Fatigue damage is one of the main factors that limit the life of bearings of such type. The aims of present work were to establish dependence of roughness parameter  $Ra$  of rolling surfaces of bearings on their vibration velocity and investigate vibrational behaviour of roller bearings with different roughness of rolling surfaces.

**Keywords:** roller bearing, surface roughness, vibration velocity.