

## PAVIRŠIŲ ATSTATANČIŲ PRIEDŲ ĮTAKA EKSPLOATUOTOS VARIKLINĖS ALYVOS TEPUMUI

**Lukas RADŽIŪNAS**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: [lukas.radziunas@vdu.lt](mailto:lukas.radziunas@vdu.lt)

**Audrius ŽUNDA**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: [audrius.zunda@vdu.lt](mailto:audrius.zunda@vdu.lt)

### Santrauka

Šiuolaikinėse mašinose yra skirtingos konfigūracijos trinties mazgų, kurie veikia skirtingomis sąlygomis, bei turi skirtingus parametrus. Intensyvus medžiagos susidėvėjimas triboporose vyksta esant ribiniam ir mišriam tepimo režimui, kai yra tiesioginis dviejų paviršių sąlytis. Tepalas triboporose atlieka keletą funkcijų. Viena iš svarbiausių – dviejų paviršių atskyrimas. Antroji – kontakto aušinimas, nes šiluma, atsirandanti dėl trinties, turi daug neigiamos įtakos paviršiaus medžiagos savybių transformacijai, tepalų senėjimui. Trečioji – kontakto valymas nuo dilimo produktų. Variklinės alyvos vartotojams pateikiamos jau su reikalingomis, optimaliai parinktomis savybėmis. Tačiau rinkoje yra nemaža pasiūla papildomų priedų. Kyla klausimas, jeigu naujoje alyvoje jau yra visi reikalingi priedai, galbūt verta tam tikru momentu pagerinti tepamosios medžiagos savybes eksploatacijos metu. Darbo tikslas – iširti variklinės alyvos priedo įtaką tam tikrą laikotarpį eksploatuotos alyvos tepumui. Tyrimo metu nustatyta, kad priedą yra tikslinga naudoti pravažiavus 3000 km. Nustatyta, kad nudilimas 15–18% buvo mažesnis tepant alyva su priedu.

**Reikšminiai žodžiai:** dilimas, alyvų priedai, trinties momentas.

### Įvadas

Šiuolaikinėse mašinose yra daugybė trinties mazgų, kurie veikia skirtingomis sąlygomis bei turi įvairius parametrus. Intensyvus medžiagos susidėvėjimas triboporose vyksta esant ribiniam ir mišriam tepimo režimui, kai yra tiesioginis dviejų paviršių sąlytis (Lukoševičius, 2019). Kokybiškam ir ilgalaikiam variklio veikimui užtikrinti yra naudojamos variklinės alyvos, kurios atskiria trinties paviršius vieną nuo kito, atlieka automobilio variklio elementų plovimo funkciją bei papildomai jį aušina.

Variklių alyvų pagrindą sudaro bazinės alyvos, kurių savybės yra pagerinamos įvairiais priedais. Standartinėje alyvoje, kaip galutiniame produkte, šie priedai gali sudaryti net iki 30-ies procentų viso alyvos tūrio. Tačiau rinkoje taip pat galima įsigyti ir papildomų įvairios paskirties priedų.

Įrodyta, kad priedai revitalizantai leidžia atkurti detalių paviršius, kurių nusidėvėjimas siekia iki 70 %. Praktika rodo, kad keraminė apsauginė danga išlieka, net jeigu rida yra 100 000 km. Jie nekeičia degalų ir alyvos savybių (Gritsenko ir kt., 2019). Šiame darbe analizuojama priedo, atstatančio išdilusį paviršių, įtaka eksploatuotos variklinės alyvos tepumui.

**Tyrimo tikslas** – įvertinti skirtingą laiką eksploatuotos variklinės alyvos tepamųjų savybių pokyčius.

Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atlikti naujos bei eksploatuotos variklinės alyvos tribologinius bandymus.
2. Atlikti naujos bei eksploatuotos variklinės alyvos tribologinius bandymus panaudojus priedą.
3. Įvertinti priedo įtaką eksploatuotos variklinės alyvos tepumui.

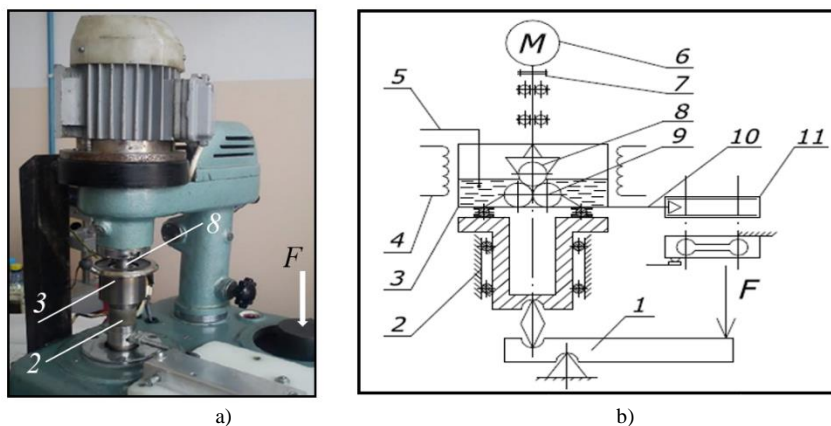
### Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektas buvo neeksploatuotos ir eksploatuotos variklinės alyvos tepumas. Tyrimams naudota pilnai sintetinė 5W30 alyva, atitinkanti ACEA C3 klasės reikalavimus, paimta iš 1968cm<sup>3</sup> 125kw dyzelinio variklio, kuris eksploatuotas mišriais darbo režimais, periodiškai (1000, 2000, 3000, 4000, 5000 km), iš karterio, per matuoklės angą imant mėginius. Naudotas priedas RESURS (VmpAuto) su metalų nano dalelėmis, kuris atkuria išdilusį paviršių, formuodamas aktyvą sluoksnį.

Variklinių alyvų tribologiniams tyrimams atlikti buvo naudojamas keturių rutulių bandymų stendas MAST-1 (žr. 1 pav.). Duomenų (trinties momento, tiriamos alyvos temperatūros) registravimui naudota: Pico Technology ADC keitiklis ADC200-20, temperatūros matuoklis TC-08 ir K tipo termopora, Scaime BEF-1 jėgos jutiklis ir signalo stiprintuvas CPJ2S. Po tyrimo ant nejudančių rutulių susidariusių dilimo pėdsakų skersmuo bei besisukančio rutulio dilimo pėdsako juosta matuoti naudojant Optinį metalografinį mikroskopą NICON ECLIPSE MA-100.

Iš viso buvo atliktos dvi serijos bandymų, iširti septyni skirtingi mėginiai, pakartojimų skaičius buvo po tris kartus kiekvienam mėginiui. Pirmoji bandymų serija buvo atlikta naudojant alyvą, paimtą tiesiai iš variklio, 1000 ± 20km periodiškumu. Antroje bandymų serijoje buvo tiriami mėginiai į prieš tai paimtą eksploatuotą alyvą dedant priedą. Remiantis pirmosios serijos metu gautais rezultatais, buvo nustatyta rida, kada būtų tikslinga naudoti alyvos savybes gerinančią priedą. Kiekvieno bandymo trukmė buvo 7200 sekundžių (2h), o apkrova – 150 N. Naudoti 12,7 mm skersmens

100Cr6 plieno rutuliai. Į alyvos indą pilama apie 22 ml tiriamos alyvos. Viršutinis plieninis rutulys sukamas pastoviu  $1420 \text{ min}^{-1}$  dažniu.

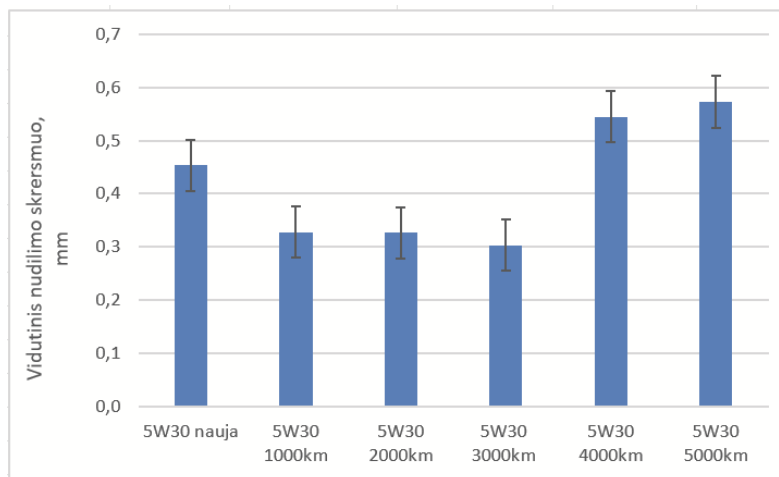


**1 pav.** Keturių rutulių bandymo trinties stendas MAST-1: a) stendo vaizdas; b) principinė schema; 1 – apkrovos svirtis, 2 – vertikalaus centravimo guolis, 3 – tiriamos medžiagos indas, 4 – šildytuvas, 5 – termopora, 6 – elektros variklis, 7 – mova, 8 – viršutinis sukamas rutulys, 9 – nejudamai įtvirtinti rutuliai.

*Fig. 1. Four-ball test friction bench MAST-1: a) view of the bench; b) schematic diagram; 1 – load arm, 2 – vertical centering bearing, 3 – test material vessel, 4 – heater, 5 – thermocouple, 6 – electric motor, 7 – coupling, 8 – upper rotating ball, 9 – four fixed balls.*

## Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

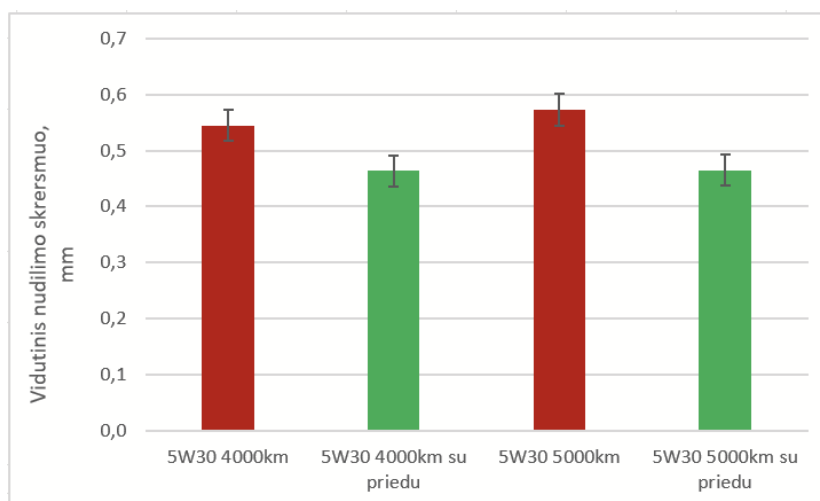
Dilimo pėdsakų skersmuo yra pagrindinis alyvų tepumo savybių vertinimo kriterijus. Tepamosios savybės vertintos, lyginant dilimo pėdsako skersmenį ant rutuliukų bei trinties momento dydį. 2 pav. matyti, kad ridai esant iki 3000 km dilimo pėdsako skersmuo mažėja. Per 3000 km ridos rutulių nudilimo skersmuo, lyginant su dar neeksploatuota alyva, sumažėjo nuo 0,453 mm iki 0,303 mm, tačiau pasiekus 4000 ir 5000 km – dilimas išaugo iki 0,5730 mm. Tarp 3000 km ir 4000 km ridos alyvų stebimas ryškus šuolis. Tikėtina, kad šiame intervale ženkliai keičiasi alyvos tepumas. Toliau nagrinėjant alyvos tepamųjų savybių pokyčius, remiantis gautu rezultatu (žr. 2 pav.), buvo nuspręsta panaudoti priedą alyvos mėginiuose, kurių rida yra virš 3000 km, ir įvertinti jo įtaką eksploatuotos alyvos savybių pokyčiui.



**2 pav.** Rutulių nudilimo pėdsakų vidutinio skersmens reikšmės, tepant eksploatuota alyva.

*Fig. 2. Values of the mean diameter of the wear marks of the balls, when lubricating with used oil.*

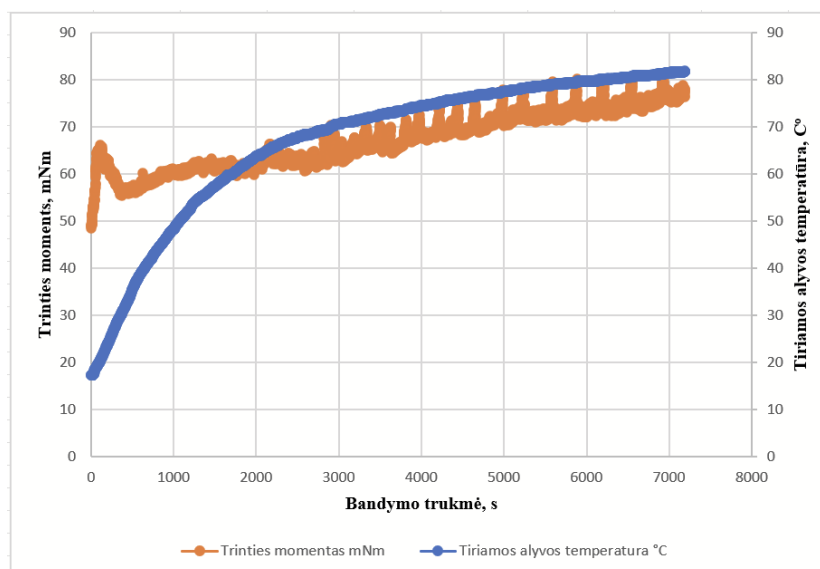
3 paveiksle pateiktos eksploatuotos alyvos be priedo ir su priedu nudilimo pėdsakų vidutinės reikšmės. Iš rutulių nudilimo rezultatų galima matyti, kad nuo 4000 km rodos, didėjant ridai, dilimas didėja nežymiai (žr. 2 pav.). Galima pastebėti, kad alyvos priedas daro teigiamą įtaką alyvos savybėms – tiek ties 4000 km, tiek ties 5000 km rida, tepant alyva su priedu, nudilimo rezultatai yra 15–18 % mažesni nei alyvos, kurioje jo nebuvo.



**3 pav.** Rutulių nudilimo pėdsakų vidutinio skersmens reikšmės, naudojant kontrolinę alyva, bei alyvą su priedu, esant 4000 km ir 5000 km ridai.

**Fig. 3.** Changes in the mean diameter of the wear marks of the balls when applying the control oil and oil with the additive at 4000 km and 5000 km range.

4 paveiksle pateikti trinties momento, tepant neeksploatuota (kontroline) alyva, ir temperatūros pokyčių grafikai tribologinio bandymo metu. Temperatūra kyla tolygiai ir pasiekia 82 °C. Trinties momentas proporcingai didėja ir yra nepastovus.

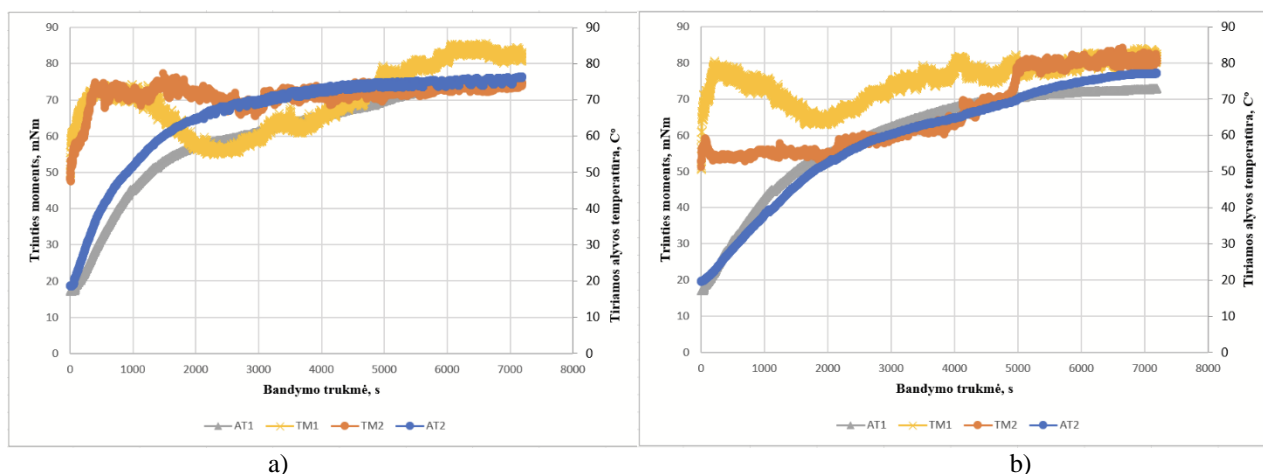


**4 pav.** Trinties momento ir temperatūros kitimas, tepant kontroline alyva esant apkrovai 150 N.

**Fig. 4.** Variation of friction torque and temperature when lubricating with control oil using load 150 N.

5 pav. pateiktas trinties momento ir temperatūros grafikų palyginimas, tepant eksploatuota alyva be priedo bei su priedu, kai rida yra 4000 km ir 5000 km. Tepant alyva, kurios rida 4000 km, pirmomis 18 min. trinties momento reikšmės praktiškai sutampa. Tačiau po to alyvos be priedo momentas darosi nestabilus. Eksploatuotos alyvos su priedu momentas ženkliai stabilesnis (žr. 5 pav. a) ir išlaiko mažesnę vertę viso tyrimo metu. Eksperimento naudojant alyvą, kurios rida 5000 km, rezultatas akivaizdžiai skiriasi (žr. 5 pav. b). Naudojant alyvą be priedo trinties momento grafiko pobūdis labai panašus kaip 4000 km atveju. Tačiau panaudojus priedą, pirmą tyrimo pusvalandį, trinties momento reikšmės buvo ženkliai žemesnės nei be priedo, po to ėmė kilti ir po 84 min. tyrimo pasiekė alyvos be priedo reikšmę (80 mNm). Taip pat galima stebėti, kad pokytis vyksta šuoliškai (ties 1000, 4000, 5000s). Tai rodo, kad tuo metu trinties mazge vyksta intensyvus pokytis.

Analizuojant gautus dilimo ir trinties momento rezultatus galima kelti keletą teiginių. Pirmą, po daugiau kaip 3000 km ridos variklinės alyvos savybės ženkliai keičiasi. Antra, naudotas priedas sumažina dilimą. Trečia, esant ridai, didesnei nei 3000km, alyva ima prarasti savo savybes, nes trinties momentas darosi nestabilus. Ketvirta, naudojant priedą revitalizantą galima dalinai stabilizuoti trinties sąlygas, kai tepama eksploatuota alyva bei sumažinti paviršių dilimą.



**5 pav.** Trinties momento ir temperatūros kitimas, tepant eksploatuota alyva ir eksploatuota alyva su priedu, kai apkrova 150 N. a) rida 4000km b) rida 5000km. : AT1 – Eksploatuotos alyvos temperatūra; TM1 – Trinties momentas tepant eksploatuota alyva, TM2 – Alyvos su priedu temperatūra; TM2 – Trinties momentas tepant eksploatuota alyva su priedu.

**Fig. 5.** Variation of friction moment and temperature when applying used oil and used oils with an additive under a load of 150 N. : AT1 – Used oil temperature; TM1 - Friction moment when applying used oil, TM2 – Temperature of oil with additive; TM2 - Friction moment when applying used oil with an additive

## Išvados

1. Atlikus tribologinius eksploatuotos alyvos bandymus esant 150N apkrovai, galima teigti, kad alyvos savybės ima ženkliai blogėti, kai rida pasiekia daugiau kaip 3000 km. Tai rodo vidutiniai dilimo pėdsakai, kurie šuoliškai padidėja nuo 0,3035 mm iki 0,5450 mm, kai rida 3000 km ir 4000 km atitinkamai.

2. Priedą tikslinga pradėti naudoti esant 4000 km ridai. Panaudojus priedą dilimo pėdsakas sumažėja 14,95 % ir 18,85 % esant 5000 ridai.

## Literatūra

1. Lukoševičiu, s A. 2019. Variklinių alyvų tribologinių savybių vertinimo metodų palyginimas. PhD Thesis. Kauno technologijos universitetas.

2. Gritsenko, A., Zadorozhnaya, E., Shepeleva, V., Gimaltdinov, I. 2019. Parameters of internal combustion engine efficiency while introducing additives in the oil. *Tribology in Industry*, Vol. 41(4), 592.

## THE INFLUENCE OF SURFACE-REPAIRING ADDITIVES ON THE LUBRICABILITY OF USED ENGINE OIL

### Summary

Modern machines have different configurations friction hitches, which operate under different conditions and have different parameters. Intensive wear of the material in the tribopair occurs in the boundary and mixed lubricated rolling, where there is direct contact between the two surfaces. Lubricant in the tribopair performs several functions. One of the most important is the separation of two surfaces. The second is the cooling of the point of contact, because the heat resulting from friction has a lot of negative influence on the change of the surface material properties and the aging of the lubricants. The third is cleaning the point of contact from friction wear products. Engine oils are provided to consumers already with the necessary, optimally selected properties. However, there is a considerable supply of additional add-ons on the market. The question of the investigation was - at what point would it be beneficial to add additional supplements for new oil, already containing all the necessary additives, to improve the properties of lubrication during operation. The aim of the work was to investigate the influence of the engine oil additive on the lubricity of the oil used for a certain period of time. During the research, it was found that it is most practical to use the additive just after reaching a 3000 km mark. It was determined that the wear of the parts was 15-18% lower when using oil with an additive, compared to the control oil.

**Keywords:** abrasion, oil additives, friction moment.