

Azoto dujos padangose. Jų įtaka transporto priemonių eksploataciniam saugumui ir ekonomiškumui

Saulius Grinkevičius, Sigutė Ežerskienė*

Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas
Bijūnų g. 10, LT-91123 Klaipėda
el. paštas: s.grinkevicius@kvk.lt, s.ezerskiene@kvk.lt

(Gauta 2021 m. kovo mėn.; atiduota spaudai 2021 m. balandžio mėn.; prieiga internete nuo 2021 m. gegužės 11 d.)

Anotacija

Eksploduojant keleivines transporto priemones degalų suvartojimo ekonomiškumas siejamas su tuo, kaip yra valdoma transporto priemonė. Ekonomišką transporto priemonės valdymą priklauso nuo variklio, transmisijos, aerodinaminio pasipriešinimo bei transporto priemonės riedėjimo. Variklio, transmisijos ir aerodinaminiai nuostoliai paprastai yra siejami su šių transporto priemonės dalių konstrukcija, o riedėjimo nuostoliai yra susiję su transporto priemonės padangomis ir tai yra vienintelė transporto priemonės dalis, turinti tiesioginį sąlytį su keliu. Pripūstų padangų pasipriešinimas riedėjimui yra svarbus atsparumo komponentas, lemiantis transporto priemonės judėjimą ir prisidedantis prie transporto priemonės degalų sąnaudų sumažėjimo. Daugelis tiriamųjų darbų buvo sutelkti į tai, kaip įvairūs padangų parametrai (pvz., apkrova, dujų slėgis padangoje ir transporto priemonės judėjimo greitis) lemia pasipriešinimą riedėjimui ir degalų sąnaudų ekonomiškumą. Naujausi tyrimai rodo, kad padangos, pripūstos azoto dujų, gali palaikyti tinkamą slėgį ir sumažinti gumos susidėvimą. Todėl šio tyrimo tikslas yra ištirti azoto dujomis pripūstų padangų naudojimo įtaką transporto priemonės saugumui, eksploatacinių savybių pagerinimui ir eksploatacinių išlaidų sumažinimui.

Reikšminiai žodžiai: lengvasis automobilis, pneumatinė padanga, azotas, azoto dujos.

Abstract

In the operation of passenger vehicles, fuel economy is linked to the way the vehicle is operated. Economical control of the vehicle depends on the engine, transmission, aerodynamic resistance and rolling of the vehicle. Engine, transmission, and aerodynamic losses are usually associated with the construction of these vehicle parts, while rolling losses are related to the vehicle tires and are the only vehicle part in direct contact with the road. The rolling resistance of inflated tires is an important component of the resistance that affects the movement of the vehicle and contributes to the fuel consumption of the vehicle. Much of the research has focused on how various tire parameters (e.g., load, inflation pressure, and speed) affect rolling resistance to increase fuel economy. Recent researches show that tires inflated with nitrogen gas can maintain proper pressure and reduce rubber wear. Therefore, the purpose of this study is to investigate the impact of the use of nitrogen-inflated tires on vehicle safety, performance improvement and reduction of operating costs.

Key words: Passenger car, pneumatic tire, nitrogen, nitrogen gas

Įvadas

Pneumatines padangos neatsiejamos nuo transporto priemonių konstrukcijos. Nuo jų eksploatacijos priklauso transporto priemonių, keleivių ir krovinių saugumas. Šiuolaikinis kelių transportas naudoja pneumatines padangas, tačiau galima pastebėti ir kitokių tendencijų padangų gamybos ir kūrimo technologijose. Nepaisant kai kurių naujovių, lengvasis transportas eksploatuojamas naudojant pneumatines padangas. Siekiant padidinti padangos ilgaamžiškumą, patikimumą ir tokiu būdu užtikrinti transporto priemonių saugų eksploatavimą, padangos pripildomos ne suspausto oro, o azoto dujų, kurios, kaip rodo jų cheminė sudėtis, neturi vandens ir kitokių cheminių elementų, kurie turėtų įtakos spartesniam padangų dėvimuisi eksploatuojant transporto priemones. Pasinaudojant tam tikromis priemonėmis ir literatūros šaltiniais atliekamas pneumatinių padangų, pripildytų oro ir azoto dujomis, tyrimas.



Tyrimo tikslas – ištirti azoto dujomis pripūstų padangų naudojimo įtaką transporto priemonės saugumui, eksploatacinių savybių pagerinimui ir eksploatacinių išlaidų sumažinimui.

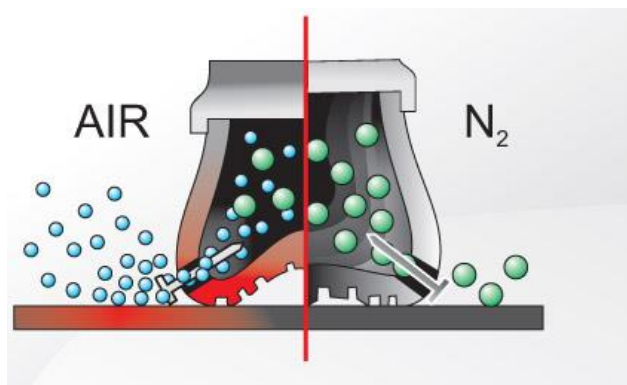
Uždaviniai:

1. Išnagrinėti azoto dujų chemines savybes ir naudojimo sritis.
2. Išnagrinėti pneumatinių padangų, pripildytų azoto dujomis, savybes.
3. Išnagrinėti slėgio pokyčio įtaką pneumatinei padangai.
4. Išanalizuoti padangų, pripildytų azoto dujomis, įtaką transporto priemonių saugiam eksploatavimui.

Tyrimo rezultatai

Azoto naudojimo privalumai. Azotas yra sausos ir inertiškos dujos, kurios buvo naudojamos orlaivių, lenktyninių automobilių, karinių transporto priemonių ir visureigių padangų pripūtimui. Azotas padeda išlaikyti padangų pripūtimo slėgį ilgiau ir padidinti degalų naudojimo efektyvumą (Hannifin, 2007). Palyginti su azotu, deguonis suslėgtame ore persismelkia per padangos sieną daug greičiau, taip sumažindamas padangų pripūtimo slėgį. Orą sudaro ir vandens molekulės, kurios linkusios reaguoti į padangą ir sukelia ratlankio koroziją. Sausas azotas gali išlaikyti tinkamą pripūtimo slėgį, tokiu būdu padangos atvėsina ir taip yra sumažinamas pasipriešinimas riedėjimui ir išvengiama perkrovo. Deguonies pralaidumo koeficientai yra aukštesni nei azoto rodikliai visose tirtose gumos medžiagose, įskaitant ir tas, iš kurių gaminamos padangos (Parkash, 2007). Deguonies pralaidumo koeficientų santykis, padalytas iš azoto koeficientų, yra nuo 3 iki 4, priklausomai nuo konkrečios gumos. Tai reiškia, kad deguonis prasiskverbia nuo 3 iki 4 kartų greičiau per gumą nei azoto molekulės. Azoto molekulių dydis yra didesnis nei deguonies, nepaisant to, kad azoto molekulinė masė (28 g/mol) yra mažesnė už molekulinę deguonies masę (32 g/mol), vadinasi, deguonis yra didesnis nei azotas. Be to, vanduo, esantis ore, gali pakeisti skysčio pavidalą į garus esant atitinkamai temperatūrai. Esant aukštesniam darbinės temperatūros slėgiui padangose pripūstas oras gali padidėti nuo 0,26 Psi esant 600 F iki 2,89 PSI esant 1400 F (Daws, 2010).

Laikui bėgant padangos suyra, nes deguonis judėdamas padangos paviršiumi oksiduoja gumos junginius, dėl šių reakcijų pablogėja gumos savybės. Pripūstus padangas azotu žymiai sumažinamas padangų susidėvėjimas. Azotas yra inertinės dujos, kuris neturi įtakos ratlankių korozijai ir sumažina oro temperatūrą padangoje jos eksploataavimo metu (Hannifin, 2007). Į paveiksle parodytas deguonies ir azoto molekulių pralaidumas per padangą.

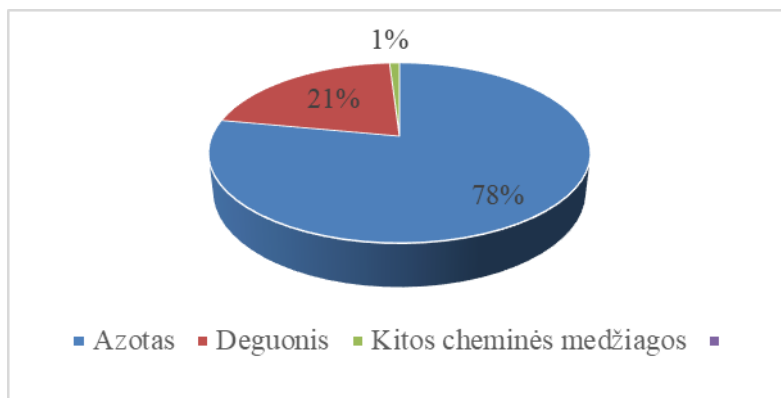


1 pav. Deguonies ir azoto molekulių pralaidumas per padangą (Prakash, 2007)
Fig. 1. Permeability of oxygen and nitrogen molecules through a tire (Prakash, 2007)



Azoto dujų naudojimo padangose privalumai: geresnis padangų eksploatavimo laikas, degalų naudojimo efektyvumo didinimas, didesnis transporto priemonės saugumas ir mažesnės eksploatavimo sąnaudos (Parkash, 2007).

Azoto dujų parametria. Azotas – cheminis elementas, Mendelejevo cheminių elementų lentelėje pažymėtas raide N (lot. *Nitrogenium*), apibūdinamas, kaip gyvybės nepalaikančios dujos ir sudėtinė aplinkos oro dalis. Oras, kuriuo kvėpuojame, sudarytas iš 78 % azoto, 21 % deguonies, ir likęs 1 % (2 pav.) – kitos cheminės medžiagos.



2 pav. O₂ cheminė sudėtis
Fig. 2. Chemical composition of O₂

Azoto cheminės savybės (3 pav.): azoto dujos bespalvės, bekvapės, mažai tirpios vandenyje, skystoje būsenoje virimo temperatūra (-196 °C)

Kritinė temperatūra	126,25 K
Kritinis slėgis	3,905 MPa
Kritinis tankis	0,304 g/cm ³
Dielektrinė skvarba	1,000528×10 ²⁵
Atstumas tarp atomų molekulėje	0,10976 nm

3 pav. Azoto dujų parametria (Prakash, 2007)
Fig. 3. Nitrogen gas parameters (Prakash, 2007)

Temperatūros poveikis azoto dujoms minimalus, todėl azotas naudojamas įvairiose chemijos pramonės, maisto pramonės, medicinos, transporto srityse. Transporto srityje azotas naudojamas pneumatiniuose padangose, siekiant sumažinti temperatūrą, atsirandančią padangos viduje intensyvaus judėjimo sąlygomis, taip pat veikiant transporto priemonės masei ir kelio nelygumams, dėl kurių atsiranda padangos deformacija, molekulinė trintis, sukelti temperatūros pokyčius.

Azotas taip pat pasižymi antioksidacinėmis savybėmis, stabdančiomis įvairius korozijos ir oksidacijos procesus. Padangose tokie procesai vyksta nuolat, kadangi su oru į padangą patenka vanduo, deguonis ir kitos cheminės medžiagos, sukeliančios metalų oksidaciją ir kitų medžiagų nepageidaujamas chemines reakcijas padangos viduje.

Azotas – stabilus slėgio garantas. Kaip teigia Karlas Vilhelmas Šelė, „pastovaus tūrio dujų slėgis yra tiesiogiai proporcingas temperatūrai“. Taigi azoto dujos nestabilizuoja padangos, o išlieka pačios stabilios kaip dujos, o stabilumo atžvilgiu ir oras, kaip dujos, yra toks pat stabilus, kaip ir azoto dujos. Naudojant azoto dujas padangoje, slėgis išlieka stabilus nepriklausomai nuo temperatūros. Šiltuoju metų laiku (+30 °C ir aukštesnė) esant intensyviai transporto priemonės judėjimui kelyje, padangose oro slėgis kinta iki 0,3 bar., kai tuo pat metu slėgis padangoje, pripildytoje azoto dujų, kinta vos 0,1 bar. Esančios dujos padangoje neužtikrina geresnio padangos

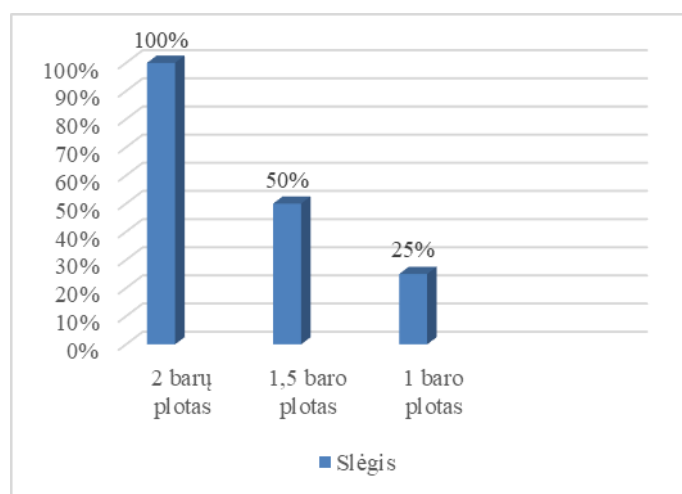


kontakto su kelio paviršiumi, jos tik palaiko pastovų slėgį padangose, nepriklausomai nuo temperatūros svyravimų.

Oro slėgis padangoje tiesiogiai lemia padangos keliamąją galią arba didžiausią leistiną padangos apkrovą. Kuo žemesnis slėgis, tuo mažiau kilogramų gali išlaikyti padanga ir atvirkščiai. Padangos apkrovos indeksas (nurodytas ženklu ant padangos šono) nurodo apkrovą kilogramais, esant tam tikram dujų slėgiui padangoje.

Slėgio padangoje sumažėjimas sumažina padangos keliamąją galią. Keičiant slėgį padangoje, galima padidinti padangos keliamąją galią, tačiau ši procedūra nepateisinama daugumai lengvųjų automobilių. Netinkamas slėgis padangoje daro neigiamą poveikį padangos struktūrai, o kartu ir transporto priemonės saugiam eksploatavimui:

- žemas padangos slėgis priekinėje ašyje daugeliu atvejų lemia nepakankamą valdomumą posūkiuose;
- žemas galinių padangų slėgis daugeliu atvejų lemia slydimą posūkiuose.



4 pav. Padangos ir kelio kontakto ploto dydis išreikštas procentais, priklausantis nuo oro slėgio padangoje
Fig. 4. The size of the tire-road contact area is expressed as a percentage based on the tire pressure

Pusę kelio ir padangos kontakto ploto prarandama, kai slėgio kritimas yra 0,5 baro (4 pav.). Tinkamai pripūstoje padangoje oro slėgis padeda tolygiai paskirstyti apkrovą kelio ir padangos kontakto plote ir užtikrina padangos konstrukcijos stabilumą.

Sumažinus padangų slėgį 10–15 %, padangų nusidėvėjimo greitis padidėja 20 %, padanga praranda reikiamą elastingumą ir atsparumą šoninėms jėgoms, o tai labai pablogina automobilio valdomumą ir padangų atsako į vairuotojo veiksmus tikslumą. Padangos sąlyčio su keliu formos pakeitimas neigiamai veikia padangos atsparumą akvaplanavimui, blogina sukibimą su šlapia kelio danga.

Padidėjęs slėgis taip pat turi įtakos kelio ir padangos kontakto ploto formos pokyčiui, dėl kurio spartėja ir būdingas protektoriaus nusidėvėjimas, padangos sukibimo savybės (ypač posūkiuose), taip pat sumažėja padangos atsparumas akvaplanavimui.

Oro temperatūra tiesiogiai veikia padangų slėgį. Kai aplinkos temperatūra pasikeičia 8 °C, padangų slėgis pasikeis apie 0,1 bar. (kils kylant temperatūrai ir kris žemėjant temperatūrai). Lietuvoje vasaros ir žiemos temperatūrų skirtumas yra maždaug 20 °C, todėl, nustatant žiemos temperatūrą, slėgis sumažėja maždaug 0,3 bar., atsiradęs slėgio skirtumas 0,3 bar. sukuria neigiamą poveikį transporto priemonės valdomumui, padangų susikabinimui su kelio paviršiumi ir jų dėvėjimuisi.

Azoto naudojimas padangose. Azotas naudojamas padangose yra išgryninamas ir sudaro 95–97 %, tai 20 % didesnė koncentracija tūrio vienetui nei mūsų įkvepiamame ore ir ore, kuriuo



pripildomos pneumatinės padangos. Kadangi azoto dujoms minimalų poveikį turi temperatūros svyravimai, todėl slėgis padangose išlieka stabilus įvairiomis eksploatacijos ir gamtinėmis sąlygomis.

Naudojant azoto dujas pneumatinėse padangose, sumažėja padangos sproginimo tikimybė. Padangos sproginimas, tai yra staigus padangos plyšimas važiuojant, kai dėl padangos kontakto su kelio paviršiumi padidėja pačios padangos temperatūra ir joje esančių dujų temperatūra ir slėgis. Šiame kontekste padangų pripildymas azotu yra aktualus „Formulės 1“ lenktynininkams, o ne eiliniams miesto ar užmiesčio vairuotojams. Taip, iš tiesų azotas nepalaiko degimo, tačiau padangos sproginimas paprastai įvyksta transporto priemonei judant dideliu greičiu (FORMULĖ 1) arba kai ratai pervažiuoja gilią duobę ar aštrią kliūtį.

Naudojant azotą sulėtėja padangos senėjimo procesas. Tai yra dėl to, kad pildant azotą padangos viduje praktiškai nėra oro, vidinė rato konstrukcija yra geriau apsaugota, taip pat vidinis, sandarinantis gumos sluoksnis išlieka ilgiau nepaveiktas senėjimo procesų, susijusių su cheminių elementų tarpusavio reakcija.

Visos anksčiau išvardintos azoto dujų savybės, lemiančios pneumatinės padangos eksploatacinį ilgaamžiškumą ir patikimumą, sukuria sąlygas saugiam transporto priemonės eksploatavimui. Čia didžiausią vaidmenį atlieka azoto dujomis palaikomas pastovus slėgis padangose. Esant pastoviam slėgiui padanga mažiau dyla, jos dinaminis stabilumas nekinta, taip pat nekinta transporto priemonės judėjimo trajektorija ir tolygumas, stabdymo efektyvumas.

Atlikus tyrimą su realiais automobiliais, kurių padangos pripildytos azotu ir oru, esant leistinoms važiavimo sąlygoms ir įvairiomis gamtinėmis sąlygomis, fiksuojami duomenys neturėjo skirtumų tarp padangų pripildytų oru ir padangų pripildytų azotu. Normaliomis eksploatacinėmis sąlygomis, padangoje, kuri pripildyta azoto dujomis ir slėgis 2 bar. esant temperatūrai +20 °C, po temperatūros pokyčio iki +10 °C, slėgis padangoje liko nepakitęs – 2 bar. Padangoje, kuri pripildyta oru, matavimo rezultatai išliko analogiški.

Išvados

1. Azotas turi tam tikrų technologinių pranašumų, palyginti su oru, padangų pripūtimui. Ar šie pranašumai gali būti praktiškai naudingi, priklauso nuo to, kaip naudojamas automobilis.
2. Azoto naudojimas gali būti naudingas, jei transporto priemonės valdytojas patenka į vieną iš žemiau išvardintų kategorijų:
 - turint vieną ar daugiau automobilių, kurie pirmiausia naudojami lenktynių trasoje;
 - vairuojant labai taupiai ir automobilis ilgesnį laiką gali būti nenaudojamas;
 - turint kolekcinį automobilių, kurie retai važiuoja dideliais atstumais.
3. Jei reguliariai naudojamas automobilis, azoto dujų naudojimas nesuteikia jokios praktinės naudos, ypač įvertinant jo kainą ir nepatogumus, siejamus su pripildymu.
4. Net nedidelis slėgio padangose pokytis gali lemti greitesnį ir netolygų padangų nusidėvėjimą. Dėl slėgio skirtumų mažėja padangos ir asfalto kontakto plotas, didėja stabdymo atstumas, prastėja sukibimas. Sausas azotas gali išlaikyti tinkamą slėgį, tokiu būdu padangos atvėsina ir taip yra sumažinamas pasipriešinimas riedėjimui ir išvengiama perkrovos.
5. Po atliktų tyrimų ir gautų duomenų apdorojimo, galima teigti, kad azotas bendrosios paskirties transporto priemonių pneumatinėse padangose turi tik minimalią įtaką eismo saugumui, ekonomiškumui.

Literatūra

1. Anghelache, G. Negrus, E. M., Ciubotaru, O. (2013). Investigation of Shear Stresses in the Tire-Road Contact Patch. *Society of Automotive Engineers*, SAE 2003-01-1273, 2013.



2. Daws, J.W. (2010). *Nitrogen Inflation for Passenger Car and Light Truck Tires*. Prieiga internete: <https://www.branick.com/wp-content/uploads/2019/03/Dr.-John-Daws-Nitrogen-Inflation-Study.pdf>
3. Hannifin P. (2007). *Nitrogen Generator for Tire Inflation*. Prieiga internete: <http://www.parker.com/balston/OEM/cat/english/ParkerTSN2A.pdf>
4. Prakash, V. (2007). *Effect of Nitrogen Filling on Tire Rolling Resistance and Vehicle Fueleconomy*. Prieiga internete: https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1236&context=all_theses
5. The Effects of Varying the Levels of Nitrogen in the Inflation Gas of Tires on Laboratory Test Performance (2009). *National Highway Traffic Safety Association*.
6. Nitrogen in Tyres and Road Safety (2021). Prieiga internete: <https://www.arrivealive.mobi/nitrogen-in-tyres-and-road-safety>

Nitrogen Gas in Tyres. Their Impact on Vehicle Operational Safety and Economy

(Received in March, 2021; Accepted in April, 2021; Available Online from 11th of May, 2020)

Summary

The air we breathe is 78 percent nitrogen, 21 percent oxygen and the rest 1 percent other chemical substances. Nitrogen gas is non-combustible, non-flammable, non-corrosive in pure form and environmentally friendly. Nitrogen tire gas does not attack or oxidize the rubber of the tire from the inside like air does. It is a pure gas, so it does not hold heat and the tires run cooler.

Nitrogen inflation of tires has been common for tires fitted on race cars such as F1, as well as aircraft, trucks and vehicles used in mining and other industrial applications for a long time. Nitrogen gas is also used in Tour de France bike tires, in all the space shuttle tires and even the moon buggy had nitrogen in its tires.

The key benefits of using nitrogen are a slower rate of pressure loss and cooler running temperature of tires.

The molecular structure of nitrogen differs from that of air, in such a way that it escapes through the tire's inner liner or tube at a slower rate than regular compressed air.

The result is a significant slower rate of pressure loss in a tire filled with nitrogen. For example, it might take up to six months to lose 0.14kpa with nitrogen, compared to just one month with compressed air.

Tires inflated with nitrogen also run cooler than those inflated with air, with some significant advantages.

One such advantage is an improvement in tire life of up to 20%, because by reducing the tire's running temperature, you can increase its tread life.

Improved road handling is another benefit that stems from cooler running tires.

As tires heat up, their inflation pressure increases, which then reduces the size of the tire's footprint - the area that has contact with the road - the tire then loses grip because of this smaller footprint. So the cooler they run the better the tires will grip the road.

