

APLINKOS APSAUGOS INŽINERIJA / ENVIRONMENTAL PROTECTION ENGINEERING

2021 m. kovo 19 d. Vilnius, Lietuva
19 March 2021, Vilnius, Lithuania

ISSN 2029-7157
eISSN 2029-7149
ISBN 978-609-476-270-3
eISBN 978-609-476-271-0

<http://jmk.aainz.vgtu.lt>

<https://doi.org/10.3846/aainz.2021.05>

AMONIAKO NAUDOJIMO LAIVŲ DYZELINIUOSE VARIKLIUOSE PERSPEKTYVOS TYRIMAI

Martynas Drazdauskas¹, Sergejus Lebedevas²

Klaipėdos universitetas, Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, Jūrų inžinerijos katedra

El. p. ¹medienabaldams@gmail.com; ²sergejus.lebedevas@ku.lt

Anotacija. Apie klimato kaitą diskutuojama įvairiais lygmenimis, ieškant būdų taršai sumažinti. Kalbant apie jūrų transporto sektorių, Tarptautinė jūrų organizacija yra išskėlus tikslą iki 2050 m. sumažinti šiltnamio dujų emisijas iš laivų iki 50 %, palyginti su 2008 m. rodikliais. Šiam tikslui pasiekti analizuojamos amoniako naudojimo perspektyvos dyzeliniuose varikliuose, nes amoniakas neturi anglies atomų ir idealiomis sąlygomis degdamas neišskiria CO₂. Ši idėja nėra nauja, atlikti moksliniai tyrimai parodė sėkmingą amoniako naudojimą dvejopo kuro varikliuose, tačiau susiduriama su įvairiomis problemomis, tokiomis kaip NO_x, NH₃, CO ir kitų emisijų padidėjimas bei variklio energinio efektyvumo sumažėjimas. Šio straipsnio tikslas – įvertinti amoniako naudojimo perspektyvas laivų dyzeliniuose varikliuose ir kartu aptarti kylančias problemas, siekiant sudaryti būsimų mokslinių tyrimų kryptį.

Reikšminiai žodžiai: amoniakas, alternatyvus kuras, ateities kuras, dvejopo kuro varikliai, jūrų transportas.

Įvadas

Didėjantis pasaulinis transporto intensyvumas siejamas su augančia šiltnamio dujų koncentracija, galinčia sukelti atmosferoje klimato kaitą. Vienos pagrindinių šiltnamio dujų sudedamųjų yra CO₂ dujos, todėl, siekiant mažinti klimato kaitą, tikslinga mažinti CO₂ emisijų išmetimą į aplinką. Remiantis statistiniais duomenimis (International Energy Agency, 2020), kelių transporto sektoriaus metinės CO₂ emisijos sudaro 17,8 % viso pasaulio CO₂ emisijų, o jūrų transporto – 2,7 %. Nors santykinė jūrų transporto sektoriaus CO₂ emisijų dalis, palyginti su kelių transportu, nėra didelė, tačiau efektyvus emisijų mažinimas galėtų prisidėti prie klimato kaitos mažinimo. Tarptautinė jūrų organizacija (TJO) 2016 m., atsižvelgdama į Paryžiaus susitarimą, įsipareigojo 70 % sumažinti CO₂ emisijas ir 50 % sumažinti šiltnamio dujų emisijas iš laivų iki 2050 m., palyginti su 2008 m. rodikliais (Marine Environment Protection Committee [MEPC], 2018). Vertinant trumpalaikės oro taršos iš laivų prevencijos perspektyvas požiūriu, MARPOL 73/78 konvencijos VI priedo 2011 m. pataisoje (MEPC, 2018) numatytas CO₂ emisijų mažinimas naujai statomiems laivams įvedus energijos vartojimo efektyvumo projektavimo indeksą (EEDI). Pagrindinis tikslas – skatinti energiškai efektyvesnės laivo įrangos ir

variklių naudojimą. Tačiau, vertinant vidutinės trukmės ir ilgalaikės perspektyvos požiūriu, numatyta CO₂ mažinimo priemonė – alternatyvus kuras.

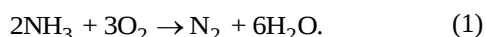
Alternatyviu kuru laikomas atsinaujinančių energijos šaltinių kuras, toks kaip vandenilis ar amoniakas. Pagal klasifikacinės bendrovės DNV-GL prognozes (DNV-GL, 2020), griežtėjant TJO taršos iš laivų reikalavimams, 2040 m. amoniako naudojimo mastas jūrų transporte gali siekti iki 40 %, lyginant su energijos suvartojimu. Šiuo metu rinkoje lyderiaujantys laivo paskirties variklių gamintojai stengiasi savo vidaus degimo variklius pritaikyti darbui amoniaku. Pvz., įmonė „Wartsila“ teigia vykdanči bandymus su amoniaku kibirkštinio ir kompresinio uždegimo (dyzeliniuose) varikliuose (DV), o 2022 m. planuoja pradėti tirti laivo eksploatacijos sąlygomis (Cord, 2020). Įmonė MAN ES teigia sėkmingai pervedusi MAN B&W ME-LGIP, veikiančio suskystintosiomis naftinėmis dujomis, darbui amoniaku ir iki 2024 metų tikisi į rinką pristatyti amoniako propulsijos sistemą (MAN Energy Solutions, 2020).

Amoniako naudojimo perspektyvos laivų dyzeliniuose varikliuose vertinamos pagal motorinių savybių, amoniako gamybos technologijų ir saugaus darbo su amoniaku aspektus. Šio straipsnio tikslas – laivų dyzeliniuose

varikliuose įvertinti amoniako naudojimo perspektyvas ir kartu kylančias problemas, siekiant numatyti būsimų mokslinių tyrimų kryptį.

Amoniaکو charakteristikos

Viena iš alternatyvaus kuro rūšių yra amoniakas, kuris neturi anglies atomų, todėl jis yra puikus pasirinkimas siekiant dekarbonizuoti laivyną. Amoniaکو cheminė formulė yra NH_3 ir teoriškai idealiomis sąlygomis degdamas neišskiria toksiškų emisijų:



Amoniakas gali būti naudojamas tiek kibirkštinio uždegimo, tiek kompresinio uždegimo varikliuose, o kadangi 95 % pasaulinio komercinio laivyno jėgainių turi dyzelinius variklius, amoniako naudojimas laivuose yra gana perspektyvus, ypač jei vertinsime pagal aplinkosauginės charakteristikas. Amoniakas atitinka MARPOL 73/78 konvencijos 6 priedo (Čampara et al., 2018) reglamentuojamas SO_x ir CO_2 emisijų atžvilgiu, nes cheminėje sudėtyje nėra sieros ar anglies atomų. Tačiau dėl amoniake esančio azoto NO_x emisijos, palyginti su dyzelinu, kelis kartus išauga ir viršija reglamente nustatytas normas. Šių emisijų mažinimas sprendžiamas naudojant antrines technologijas, pavyzdžiui, SCR reaktorių ir optimizuojant variklio darbo procesą.

1 lentelėje pateikiamos skirtingų kuro rūšių fizikinės ir cheminės charakteristikos (Reiter & Kong, 2011; Kyunghyun et al., 2014). Palyginimui amoniakas išsiskiria aukšta – 651 °C – užsiliepsnojimo temperatūra ir aukštu oktaniniu skaičiumi (OS), o tai lemia komplikotą amoniako naudojimą dyzeliniuose varikliuose. Šie parametrai veikia savaiminį kuro užsiliepsnojimą, todėl jie yra svarbūs dyzelinio variklio darbo procesui realizuoti. Kadangi

dyzeliniai varikliai suprojektuoti veikti dyzelinu, kurio užsiliepsnojimo temperatūra yra žemesnė – 254 °C, o cetaninis skaičius (CS) 45–50, paruošiant variklį veikti amoniaku, kai OS = 110 (perskaičiuotas CS ~2,5 karto mažesnis), cilindre mišinys neužsiliepsnos. Norint užtikrinti amoniako užsiliepsnojimą, naudojamas pagalbinis kuras, kurio cetaninis skaičius aukštas: dyzelinas, metilo esteris, dimetilo eteris.

Kitas probleminis amoniako parametras, naudojant DV, yra žemutinis kuro šilumingumas, kuris yra 2,3 karto mažesnis nei dyzelino. Tai lemia padidėjusias kuro sąnaudas ir sumažėjusį variklio naudingą darbą dėl mažesnės įpučiamos šilumos į cilindrą, lyginant su dyzelinu. Viena iš pagrindinių teigiamai vertinamų suskystinto amoniako savybių – sąlygiškai didelis tankis – 602,8 kg/m³, kai, pavyzdžiui, suskystinto vandenilio tankis yra daugiau nei 8 kartus mažesnis.

Amoniaکو naudojimas dyzeliniuose varikliuose

Amoniaکو kaip kuro naudojimo vidaus degimo varikliuose idėja nėra nauja. Kol buvo ribota naftos produktų prieiga, sėkmingas amoniako pritaikymas buvo pademonstruotas 1942 m. Belgijoje eksploatuojant autobusus (Kroch, 1945). Pasibaigus karui ir atkūrus naftos prieinamumą, amoniakas kaip kuras daug dėmesio nesulaukė. Iki XXI a. šia kryptimi buvo atlikta vos keletas tyrimų ir tik vėliau, kai aplinkosauginiai reikalavimai transporto sektoriui pradėjo griežtėti, amoniakas kaip alternatyvus kuras, siekiant sumažinti iškastinio kuro suvartojimą ir dekarbonizuoti transporto sektorių palaipsniui, grįžo į dėmesio centrą.

Nors literatūra, susijusi su amoniako naudojimu dviejų kuro dyzeliniuose varikliuose, yra ribota, keli atlikti moksliniai tyrimai (Reiter ir Kong, 2011; Kyunghyun et al., 2014) nustatė pagrindines variklio darbo charakteristikas.

1 lentelė. Įvairių kuro rūšių savybių palyginimas [9, 10]

Kuro rūšis	Amoniakas	Vandenilis	Metanolis	Dimetilo eteris	Gamtinės dujos	Dyzelinas
Formulė	NH_3	H_2	CH_3OH	CH_3OCH_3	CH_4	$\text{C}_{12}\text{H}_{23}$
Tankis suskystinus, kg/m ³	602,8	70,8	786,3	668	187,2	832
Žemutinis kuro šilumingumas, MJ/kg	18,8	120	19,7	28,4	38,1	42,7
Oktaninis skaičius	110	130	113	60	107	30
Cetaninis skaičius	–	–	–	55–60	–	40–55
Užsiliepsnojimo temperatūra, °C	651	585	385	350	540	254–285

Amoniaکو naudojimas dyzeliniuose varikliuose yra komplikuoтas dėl amoniaکو aukštos savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros ir žemo cetaninio skaičiaus. Amoniaкас dyzeliniame variklyje galėtų užsiliepsnoti tik esant aukštam suspaudimo laipsniui 35:1 ir daugiau (Reiter & Kong, 2011), tačiau dažniausiai dėl geometrinių bei patikimumo charakteristikų dyzelinių variklių suspaudimo laipsnis siekia 15:1, todėl eksploatacija vien amoniaku dyzeliniame variklyje naudojant tradicinę degimo strategiją yra negalima. Todėl iki šiol su amoniaku atlikti tyrimai buvo vykdomi dvejoпо kuro varikliuose naudojant aukštą cetaninį skaičių turintį kurą degimo proceso sąlygomis pagerinti.

Amoniaکو naudojimas dyzeliniuose varikliuose galimas skysto arba dujinio pavidalo. Dėl amoniaکو dujinio būvio aplinkos temperatūros sąlygomis dažnu atveju amoniakas į cilindrą gali būti tiekiamas pro įsiurbimo kolektorių kartu su oru, o dyzelino bandomoji porcija – per purkštuką. Tačiau sėkmingai buvo atliktas tyrimas su tiesioginiu skysto amoniaکو įpurškimu kartu su dimetilo eteriu į cilindrą (Kyunghyun et al., 2014). Abiem atvejais gauti teigiami rezultatai įrodo priimtina dyzelinio variklio energinį efektyvumą ir reikalingą galią veikiant amoniaku. Nors, be papildomų variklio modifikacijų bei variklio darbo proceso parametrų optimizacijos, pastebėta, kad proporcingai didinant amoniaکو proporciją, mažėja energinio efektyvumo variklio rodikliai (Reiter ir Kong, 2011; Kyunghyun et al., 2014). Pagrindinė priežastis susijusi su aukšta latentine amoniaکو garavimo šiluma, kuri pailgina indukcijos periodą, todėl, varikliui veikiant amoniaku, reikia paankstinti kuro įpurškimo kampą, o dėl to prarandama daugiau šilumos per cilindro sienelės į aušinimo sistemą.

Vertinant aplinkosauginio efektyvumo atliktų tyrimų rezultatus (Reiter & Kong, 2011; Kyunghyun et al., 2014), varikliui veikiant amoniaku pastebimas CO₂ ir dūmų emisijų sumažėjimas. Šį reiškinį galima paaiškinti remiantis amoniaکو chemine sudėtimi, kurioje neegzistuoja anglies atomai, todėl CO₂ emisijos iš amoniaکو neišsiskiria. Suodžiai taip pat susiformuoja riebaus mišinio zonose, kuriose dyzelinas susimaišo su oru prasčiau, todėl tiek CO₂ emisijos, tiek dūmų kiekumas atsiranda dėl dyzelino ir priklauso nuo jo koncentracijos cilindre. CO emisijos padidėja varikliui veikiant amoniaku. CO emisijos susiformuoja žemesnės temperatūros sąlygomis, todėl, varikliui veikiant su amoniaku, dėl amoniaکو lėtesnio laminarinio liepsnos sklaidos greičio (palyginti nei su dyzelinu), degimo kameros temperatūra sumažėja ir pagerina sąlygas susidaryti CO. NO_x emisijos didėja iki 5 kartų didinant amoniaکو koncentraciją cilindre. Tai galima paaiškinti

amoniaکو kuro chemine sudėtimi. Kadangi amoniaką daugiausia sudaro azoto atomai, didinant amoniaکو koncentraciją, degimo metu padidėja azoto oksidų emisijų susiformavimas. Visgi azoto oksidus galima sėkmingai sumažinti naudojant antrines azoto oksidų valymo technologijas arba optimizuojant variklio darbo procesą, sumažinus degimo kameros temperatūrą. Tačiau daug nerimo kelia didelės nesudegusio amoniaکو emisijos NH₃. Dėl amoniaکو aukštos užsiliepsnojimo temperatūros ir gana žemos cilindro temperatūros, taip pat amoniaکو lėto laminarinio liepsnos greičio susidaro sąlygos daliai amoniaکو nesusdegti, tokiu būdu nesudegęs amoniakas kartu su išmetamomis dujomis išmetamas į aplinką. Šis reiškinys kelia susirūpinimą, nes didelė vietinė amoniaکو koncentracija ore yra pavojinga žmogaus ir kitų organizmų sveikatai. Paprastai ši koncentracija siekia 1000 ppm NH₃ ir daugiau, o žmogui pavojinga koncentracija laikoma daugiau nei 25 ppm NH₃.

Saugojimas laive

Amoniaکو saugojimo laive charakteristikos yra priimtinos jūrų transportui. Amoniakas gali būti nesudėtingai suskystintas esant 10 bar slėgiui ir kambario temperatūrai arba atvėsintas iki –33 °C esant atmosferiniam slėgiui, tokiu būdu pasiekus aukštą 682 kg/m³ tankį (lyginant su vandeniliu –253 °C 70,8 kg/m³) (Ammonfuel..., 2020). Nors amoniaکو žemutinis kuro šilumingumas, palyginti su vandeniliu, yra žemas – vos 18,8 MJ/kg, amoniakas sukaupia 50 % daugiau energijos pagal tūrį, negu lyginant su vandeniliu, tačiau beveik 3 kartus mažiau negu dyzelinas. Šis parametras svarbus atsižvelgiant į plaukiojimo atstumą ir tūrį laive. Amoniaką laikyti saugiau negu vandenilį, taip pat ir efektyviau rentabilumo atžvilgiu (Ammonfuel..., 2020), nes amoniaکو kuro tankams nereikalinga sudėtinga ir tvirta konstrukcija bei stora izoliacija, siekiant išlaikyti kriogeninę temperatūrą, lyginant su vandeniliu, todėl skysto amoniaکو kuro tankų konstrukcija yra lengvesnė, o tai lemia galimybę pakrauti daugiau krovinio svorio atžvilgiu.

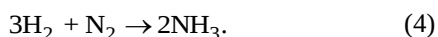
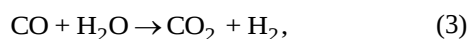
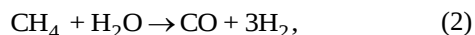
Saugumo aspektu amoniakas laikomas toksišku ir labai pavojingu žmogaus sveikatai, jo įkvėpus gali suirti plaučiai ir ištikti mirtis. Pavyzdžiui, JAV darbuotojų saugos ir sveikatos administracija yra nustačiusi 15 minučių limitą tiesioginiam kontaktui su amoniaکو dujomis, esant 35 ppm pagal tūrį aplinkos ore, ir 8 valandų limitą, esant 25 ppm, kurie laikomi nekeliančiais pavojaus sveikatai (Lamberg et al., 2015). Priešgaisrinės saugos atžvilgiu amoniakas laikomas ganėtinai saugiu, reitinguojamas

vienetui (nedidelis pavojus) pagal NFPA 704 standartą. Paprastai amoniakas užsiliepsnoti gali uždaroje patalpoje, kai ore yra 16–28 % amoniako koncentracijos pagal tūrį (The Engineering ToolBox, n. d.). Palyginimui vandenilio užsiliepsnojimo galimybė atsiranda esant 4–75 %, dyzelino – 0,6–7,5 %. Įvertinus šiuos aspektus, saugiam darbui su amoniaku būtų reikalingos papildomos sistemos – amoniako detektoriai, ventiliacija, apsauginiai slėgio vožtuvai, izoliuojamieji vožtuvai, dvigubos sienelės vamzdžiai.

Gamybos technologijos ir infrastruktūra

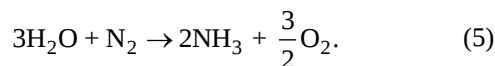
Siekiant panaudoti amoniaką jūrų transportui, labai svarbu įvertinti galimybes pritaikyti esamą infrastruktūrą jūrų transportui. Amoniako infrastruktūra gamybos, vežimų ir saugojimo srityse yra gana plačiai išplėta ir nesudėtingai galėtų būti pritaikyta transporto sistemų reikmėms. Kitaip tariant, reikalingos mažesnės pradinės investicijos infrastruktūrai sukurti, nei lyginant su kitomis alternatyvaus kuro rūšimis, pavyzdžiui, vandeniliu. Taip pat infrastruktūrą, pritaikytą transportuoti ir saugoti propanui, nesudėtingai galima būtų konvertuoti darbui amoniaku, nes propanas turi panašias į amoniaką savybes tankio ir suskystinimo temperatūros atžvilgiu. Svarbiausia reikėtų įvertinti, kad amoniakas yra agresyvus ir reaguoja su žalvariu, variu, guma, todėl propano transportavimo bei saugojimo sistemoje šios medžiagos turėtų būti pakeistos į nereaguojančias alternatyvas – plieną, nerūdijantįjį plieną, tefloną (Ammonfuel..., 2020).

Amoniakas – vienas iš labiausiai pasaulyje vartojamų susintetintų cheminių medžiagų. Kasmet daugiau nei 180 mln. t amoniako pagaminama pasauliniu mastu. Šiuo metu populiariausias amoniako gamybos metodas yra katalitinės reakcijos metu sujungiant vandenilį, gaminamą iš gamtinių dujų ir azotą, išgautą iš oro (Muhammad, 2020; Dincer & Bicer, 2018):



Tačiau tokio proceso metu išleidžiama į aplinką 2,86 t CO₂ emisijų pagaminant 1 t amoniako, todėl be antirinių valymo technologijų amoniako gamybos apimčių didinimas iki jūrų transporto sektoriaus poreikių būtų neracionalus atsižvelgiant į aktualius aplinkosaugos reikalavimus. Kitas amoniako gamybos būdas – elektrolizė iš vandens naudojant elektros energiją, pavyzdžiui, atsinaujinančius elektros energijos šaltinius (Muhammad, 2020). Toks gamybos būdas nėra populiarus dėl aukštos žaliosios

elektros energijos kainos, tačiau bendras gamybos ciklo CO₂ balansas yra nulinis:



Išvados

Transporto dekarbonizacijos požiūriu amoniakas vertinamas kaip puiki alternatyva iškastiniam kurui, nes cheminėje sudėtyje neturi anglies atomų, todėl degdamas neišskiria CO₂ dujų – vieno iš pagrindinių šiltnamio dujų elementų. Išplėta infrastruktūra ir galimybė pritaikyti propano transportavimo bei saugojimo sistemas amoniakui nesudėtingai galėtų būti pritaikyta transporto sistemoms, daugiausia sunkiajam transportui – laivams. Amoniakas, palyginti su vandeniliu, pasižymi priimtinais saugojimo savybėmis, todėl yra saugesnis ir ekonomiškai patrauklesnis pasirinkimas.

Remiantis atliktais moksliniais tyrimais, amoniako naudojimas dyzeliniuose dvejojo kuro varikliuose, naudojant dyzeliną ar dimetilo eterį, yra galimas, tačiau pastebimas energinio efektyvumo sumažėjimas bei aplinkosaugos požiūriu NO_x, NH₃ emisijų padidėjimas. Šioms pagrindinėms problemoms, susijusioms su amoniako naudojimu dyzeliniuose varikliuose, spręsti variklio darbo proceso optimizacijos kryptimi siūloma numatyti tolesnius mokslinius tyrimus.

Literatūra

- Ammonfuel an industrial view of ammonia as a marine fuel. (2020).
https://www.topsoe.com/hubfs/DOWNLOADS/DOWNLOADS%20-%20White%20papers/Ammonfuel%20Report%20Version%202009.9%20August%202023_update.pdf
- Cord, D. J. (2020). Successful tests pave the way for ammonia as a future marine fuel. <https://www.wartsila.com/insights/article/successful-tests-pave-the-way-for-ammonia-as-a-future-marine-fuel>
- Čampara, L., Hasanspahić, N., & Vujičić, S. (2018). Overview of MARPOL ANNEX VI regulations for prevention of air pollution from marine diesel engines. *SHS Web of Conferences*, 58(5–6), 01004.
<https://doi.org/10.1051/shsconf/20185801004>
- Dincer, I., & Bicer, Y. (2018). Ammonia production. *Comprehensive Energy Systems*, 3, 41–94.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809597-3.00305-9>
- DNV-GL. (2020). *Maritime forecast to 2050*.
https://www.anave.es/images/documentos/DNVGL_2020_Maritime_Forecast_to_2050_WEB.pdf
- International Energy Agency. (2020). *Transport*.
<https://www.iea.org/topics/transport>
- Kyunghyun, R., Zacharakis-Jutz, G. E., & Kong, S.-C. (2014). Performance characteristics of compression-ignition engine

using high concentration of ammonia mixed with dimethyl ether. *Applied Energy*, 113, 488–499.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.07.065>

Kroch, E. (1945). *Ammonia – a fuel for motor buses*.

http://claverton-energy.com/cms4/wp-content/files/NH3_bus_1945_JInstPetrol31_Pg213.pdf

Lamberg, S., Lautkaski, R., & Virolainen, K. (2015). *Safety guide of ammonia refrigerating systems*.

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2015/Safety-guide-of-ammonia.pdf>

MAN Energy Solutions. (2020). *MAN B&W two-stroke engine operating on ammonia*.

<https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/technical-papers>

Marine Environment Protection Committee. (2018). *Initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships (MEPC 72/17/Annex 11)*.

[https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304\(72\)_E.pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.304(72)_E.pdf)

Muhammad, A. (2020). *Ammonia production*.

<https://encyclopedia.pub/1694>

Reiter, A. J., & Kong, S.-C. (2011). Combustion and emissions characteristics of compression-ignition engine using dual ammonia-diesel fuel. *Fuel*, 90(1), 87–97.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.07.055>

The Engineering ToolBox. (n.d.). *Gases explosion and flammability concentration limits*. https://www.engineeringtoolbox.com/explosive-concentration-limits-d_423.html

RESEARCH OF PERSPECTIVES TO USE AMMONIA FUEL IN MARINE DIESEL ENGINES

M. Drazdauskas, S. Lebedevas

Summary

The problem of climate change is being discussed at various levels and possible ways of reducing pollution are being sought. With regard to the maritime transport sector, the International Maritime Organization has set a target for 2050 to reduce greenhouse gas emissions from ships by up to 50% compared to 2008 levels. To achieve this goal the perspectives to use ammonia fuel in diesel engines are analyzed. Ammonia does not contain carbon atoms in its chemical composition, therefore does not emit CO₂ when burned under ideal conditions. This idea is not new, research has shown the successful use of ammonia fuel in dual fuel engines. However, use of ammonia fuel is complicated as emissions such as NO_x, NH₃, CO increase and energy efficiency of the engine slightly decrease compared to operation on diesel. The aim of this article is to evaluate the perspectives to use ammonia fuel in marine diesel engines and to determine the problems that arise at the same time in order to form the direction of future research on the topic of the dissertation.

Keywords: ammonia, alternative fuels, future fuel, dual fuel engine, marine transport.