

Dr.sc. Vjekoslav Koljatić  
Pomorski fakultet u Rijeci  
Rijeka, Studentska 2

Pregledni rad  
UDK: 504.3.064  
621.436.068.7  
347.79(094.2)

Primljeno: 21. svibnja 2004.  
Prihvaćeno: 03. lipnja 2004.

## TEHNIČKI KODEKS O EMISIJI NO<sub>x</sub> IZ BRODSKIH DIZEL MOTORA U SKLADU S PRILOGOM VI MARPOL 73/78 KONVENCIJE

*Treba istražiti svaku interakcijsku mogućnost za postizanje sinergijskog učinka u svezi smanjenja emisije ispušnih plinova, primjenjujući one metode i postupke koji u danim okolnostima mogu dati optimalne rezultate. Ostaje kao imperativ u sadašnjosti, ali i u budućnosti, istraživati nove načine za smanjenje onečišćenja atmosfere. Propise u svezi onečišćenja atmosfere s brodova treba nadopunjavati shodno potrebama u praksi. Inicijativa zakonodavstva u globalnom i lokalnom smislu radi smanjenja emisije ispušnih plinova iz brodskih energetske postrojenja, mora još više potaći istraživanja za razvoj metoda i načina za smanjenje onečišćenja atmosfere s pomorskih brodova, te Tehničkog kodeksa u skladu s Prilogom VI MARPOL 73/78 konvencije. Svrha kodeksa je uspostava punovažne procedure za ispitivanje, pregled i izdavanje svjedodžbi brodskih dizel- motora, koja će omogućiti proizvođačima, brodovlasnicima i administraciji da dizel- motori udovolje ograničenju emisije NO<sub>x</sub>.*

*Gljučne riječi: Tehnički kodeks, emisija NO<sub>x</sub>*

### 1. UVOD

Kodeks je u skladu s Prilogom VI - Pravila za sprečavanje onečišćenja atmosfere s brodova prema MARPOL 73/78 konvenciji. Svrha kodeksa je uspostava punovažne procedure za ispitivanje, pregled i izdavanje svjedodžbi brodskih dizel- motora, koja će omogućiti proizvođačima, brodovlasnicima i vlastima da dizel- motori udovolje ograničenju veličine emisije NO<sub>x</sub>, kako je specificirano u Prilogu VI. Poteškoću predstavlja točno određivanje prosječne veličine emisije NO<sub>x</sub> iz dizel- motora u pogonu. Zato se pristupilo određivanju emisije iz porivnih i pomoćnih dizel- motora na probnom stolu, gdje se može izvršiti točno ispitivanje u kontroliranim uvjetima.

Udovoljavanje pravilu u početnoj fazi je bitna značajka ovoga kodeksa. Testiranje na brodu neminovno može biti ograničeno u djelokrugu i točnosti. Njihova je svrha donošenje zaključka ili određivanje porijekla emisije i utvrđivanje da su motori ugrađeni, pogonjeni i održavani prema specifikacijama proizvođača, te da podešavanja ili preinake ne narušavaju radne karakteristike emisije, u odnosu na početno ispitivanje i stjecanje svjedodžbi od strane proizvođača.

Kodeks se primjenjuje na dizel- motore nazivne snage veće od 130 kW, s izuzetkom motora za nuždu i onih preko 2000 o/min. S obzirom na zahtjeve pregleda i stjecanje svjedodžbi broda, koji se primjenjuju na brodove od 400 BT ili više, ili gdje je ukupna instalirana snaga veća od 1500 kW, kodeks naznačuje samo one zahtjeve koji se primjenjuju radi udovoljenja motora ograničenju emisije NOx.

## 2. SUSTAVNO PREGLEDAVANJE I IZDAVANJE SVJEDODŽBI

Svaki dizel- motor, shodno Tehničkom kodeksu, treba podvrgnuti pregledima radi stjecanja ili produljenja svjedodžbe ( Medunarodna svjedodžba o sprečavanju onečišćenja zraka). Pregledima se dokazuje da li motor svojom konstrukcijom i opremom udovoljava ograničenoj emisiji NOx. Pregledi mogu biti:

*Predpregled za stjecanje svjedodžbe*, kojim se dokazuje da motor svojom izvedbom i opremom udovoljava granici emisije NOx prema Prilogu VI - pravilo 13. Ako pregled udovoljava zahtjevima, Registar izdaje Motor - Medunarodnu svjedodžbu o sprječavanju onečišćenja zraka (medunarodna kratica EIAPP svjedodžba).

*Osnovni pregled* koji se obavlja na brodu nakon ugradnje motora, ali prije početka eksploatacije. Pregledom se potvrđuje da motor, kako je ugrađen, uključujući preinake i/ili podešavanje nakon stjecanja EIAPP svjedodžbe, udovoljava ograničenoj emisiji NOx. Ovaj pregled, kao dio početnog pregleda, može osigurati stjecanje osnovne Medunarodne svjedodžbe o sprečavanju onečišćenja zraka (IAPP svjedodžba).

*Periodičan i međupregled* kojim se potvrđuje da li motor i dalje udovoljava ograničenoj emisiji NOx.

*Početni (obnovni) pregled* motora koji se obavlja na brodu nakon veće preinake motora, radi utvrđivanja da li i dalje udovoljava zahtjevima Priloga VI.

Postoji pet alternativnih metoda za udovoljenje Prilogu VI, koje proizvođač, brodogradilišta ili brodovlasnici mogu odabrati u svrhu mjerenja ili ispitivanja emisije NOx [2]:

1. ispitivanje na probnom stolu (predpregled);
2. predpregled na brodu, motora koji već posjeduje svjedodžbu;
3. provjera parametara motora na brodu koji već posjeduje svjedodžbu radi udovoljavanja Prilogu VI nakon osnovnog, periodičkog ili međupregleda;

5. pojednostavljena metoda mjerenja na brodu, radi potvrđivanja udovoljavanju Prilogu VI;
6. motrenje i mjerenje na brodu, radi potvrđivanja da li motor udovoljava Prilogu VI.

## 2.1. Postupak za stjecanje svjedodžbe dizel- motora

Svaki dizel- motor prije ugradnje na brod treba:

- podesiti tako da udovolji ograničenju emisije NO<sub>x</sub>
- izmjeriti emisiju NO<sub>x</sub> na probnom stolu prema specificiranoj proceduri
- izdati EIAPP svjedodžbu.

Izuzeti su serijski proizvedeni motori - obitelj motora, ili grupa motora. U tom slučaju zahtijeva se samo procedura za motor (motore) "Roditelj". Uz to postoje motori koji se ne mogu ispitati na probnom stolu s obzirom na njihovu veličinu, konstrukciju i rok isporuke. U tom će slučaju proizvođač, brodovlasnik ili brodogradilište zahtijevati od Vlasti da se ispitivanje izvrši na brodu. Podnositelj zahtjeva mora dokazati da će ispitivanje na brodu udovoljiti svim zahtjevima procedure ispitivanja na probnom stolu. Ovo se odnosi na motor ili grupu motora koji su predstavljani samo od "roditelja", a nije dopušteno za obitelj motora.

Procedura za stjecanje svjedodžbe motora mora obuhvatiti:

- ispitivanja motora na probnom stolu
- potvrđivanje da svi ispitivani motori, uključivši i one unutar grupe ili obitelji, udovoljavaju ograničenju emisije NO<sub>x</sub>.
- potvrdu da odabrani motor (motori) roditelj predstavlja grupu ili obitelj motora.

Ako rezultati ispitivanja pokazuju da motor ne ispunjava uvjete ograničenja emisije NO<sub>x</sub>, treba ugraditi uređaj za smanjenje NO<sub>x</sub>. Uređaj je važna komponenta motora i treba je upisati u Tehničku datoteku. Radi stjecanja svjedodžbe EIAPP motor i uređaj treba ponovno ispitati shodno metodi pojednostavljenog mjerenja, te uređaj upisati u svjedodžbu.

U svrhu stjecanja svjedodžbe motora unutar obitelji ili grupe motora, izdati će se EIAPP svjedodžba prema vladinoj proceduri za motore roditelje i za svaki proizvedeni motor radi praćenja motora u tijeku eksploatacije. Kada je motor proizveden u drugoj državi, vlada može zahtijevati da vlasti dotične države izvrše pregled motora, koji udovoljava Tehničkom kodeksu, te da izdaju EIAPP svjedodžbu. Presliku svjedodžbe i izvještaj o pregledu treba poslati vladi države čiju zastavu brod vije.

## 2.2. Procedura za stjecanje svjedodžbe motora

Za dizel-motore koji nisu podešeni ili preinačeni prema proizvođačevim specifikacijama treba dokazati da udovoljavaju ograničenu NOx emisije, radi stjecanja EIAPP svjedodžbe. Nakon ugradnje motora treba navesti koje preinake i/ili podešavanja treba izvršiti na motoru radi utjecaja na emisiju NOx. Postoje motori na kojima treba izvršiti završno podešavanje ili preinaku radi optimizacije radnih karakteristika. U tom slučaju može se koristiti koncept grupe motora radi dokazivanja da motor još uvijek udovoljava ograničenjima emisije NOx. Brodovlasnik može mjeriti emisiju NOx za vrijeme pogona broda. Podaci se mogu dobiti "probom nasumce" ili na temelju stalnog motrenja i bilježenja. Podaci ne smiju biti stariji od 30 dana i moraju se steći prema proceduri Tehničkog kodeksa. Oni se moraju korigirati prema uvjetima ambijenta i specifikaciji goriva.. Uređaje za mjerenje treba podešavati prema uputama proizvođača, koje su naznačene u tehničkoj datoteci. Ako je ugrađen uređaj za obradu ispušnih plinova, mjerenje treba vršiti poslije mjesta na kojemu je taj uređaj ugrađen. Radi dokaza o udovoljenju zahtjevima pomoću metode izravnog mjerenja, treba sakupiti dovoljno podataka za proračun prosječne vrijednosti emisije NOx, prema Kodeksu. Tehničku datoteku posjeduje svaki brodski motor, priprema je proizvođač, a odobrava vlast, te prati motor tijekom eksploatacije. U svrhu ostvarenja smanjene emisije NOx mogu se upotrijebiti razne supstance: amonijak (NH<sub>3</sub>), urea, voda (H<sub>2</sub>O), para, aditivi goriva itd. Tehnička datoteka mora sadržavati dovoljno informacija o potrošku supstanci koje se koriste za smanjenje emisije NOx. Svako podešavanje ili preinaku motora treba upisati u knjigu bilješki o parametrima motora. Ako motori i dalje zadržavaju parametre, komponente i izvršena podešavanja prema zapisu u Tehničkoj datoteci, tada dizel- motori ispunjavaju uvjete specificiranog ograničenja emisije NOx. U tom slučaju izdaje se IAPP svjedodžba. U slučaju da je izvršena preinaka ili podešavanje motora izvan dopuštenih granica dokumentiranih u Tehničkoj datoteci, IAPP svjedodžbu može se izdati samo ako je ukupna emisija NOx unutar zahtijevanih granica, a dokazuje se pomoću:

1. direktnog praćenja NOx na brodu, prema dopuštenju Registra;
2. pojednostavljeno mjerenje NOx na brodu ili pozivanje na ispitivanje na probnom stolu za određenu grupu motora, čime se dokazuje da podešavanje ili preinaka ne povećavaju emisiju NOx.

Registar može, prema svom nađenju, skratiti veličinu pregleda u skladu s Tehničkim kodeksom, za motore koji posjeduju EIAPP svjedodžbu. Međutim, pregled mora biti potpun za barem jedan cilindar i/ili motor u grupi ili obitelji motora, ili rezervni dio. Skraćeno pregleda može se izvršiti samo ako se očekuje da svi ostali cilindri i/ili motori ili rezervni dijelovi imaju iste karakteristike kao i pregledani motor i/ili cilindar ili rezervni dio.

### 2.3. Tehnička datoteka

Da bi se izvršio pregled motora od strane Registra, Tehnička datoteka mora sadržavati barem ove informacije:

1. identifikaciju komponenti postavnih veličina i radne veličine motora,
2. područje dopuštenog podešavanja ili alternative za komponente motora,
3. zapis svih promjenjivih radnih karakteristika motora, zajedno s nazivnim brojem okretaja i nazivnom snagom,
4. da sustav sredstava za provjeru potvrdi udovoljenje ograničenoj emisiji NO<sub>x</sub> za vrijeme pregleda na brodu, u skladu s procedurom za dokazivanje,
5. ako je primjenjivo, oznaku i ograničenja motora, koji pripada grupi ili obitelji motora, te da su u Tehničkoj datoteci označeni rezervni dijelovi koji su konstruirani tako da udovoljavaju specifikacijama proizvođača.

U svrhu udovoljenja Prilogu VI nakon ugradnje na brod, svaki motor koji nije stekao svjedodžbu korištenjem metode ispitivanja na brodu, provjerit će se kroz "spremna sredstva za provjeru" koja su specificirana od strane proizvođača i odobrena od Registra prema Tehnološkom kodeksu. Od ovoga se izuzima kada brodovlasnik ne želi takvu provjeru. Najmanje jedan ovakav inspekcijski pregled treba izvršiti prije izdavanja IAPP svjedodžbe. "Spremna sredstva za provjeru" kao opći princip, omogućuje ekspertu da može lako odrediti da li motor i dalje udovoljava Prilogu VI. Nedopušteno je zadržavanje broda ili zahtjev za dobrim poznavanjem karakteristika pojedinog motora ili specijalnom opremom za mjerenje emisije koje nema na brodu. "Spremna sredstva za provjeru" su određena korištenjem jedne od sljedećih metoda [2]:

1. provjera parametara motora u skladu s Tehničkim kodeksom, radi ovjere komponenti motora, postavne i pogonske vrijednosti, da veličine ne odstupaju od specifikacija navedenih u Tehničkoj datoteci, što se također odnosi i na pojednostavljeno mjerenje.
2. mjerenja i praćenja treba uskladiti s procedurom za stjecanje svjedodžbe.

Kada je uređaj za motrenje i bilježenje emisije NO<sub>x</sub> specificiran, spremna sredstva za provjeru moraju biti odobrena od Registra prema uputama IMO-a. Upute obuhvaćaju, ali nisu ograničene, sljedeće stavke:

1. definiciju stalnog praćenja NO<sub>x</sub> emisije, uzimajući u obzir pogon pri ustaljenom i prijelaznom stanju motora,
2. bilježenje, obradu i pohranu podataka,
3. specifikaciju uređaja koja osigurava "zadržavanje" pouzdanosti u radu i mogućnosti ispitivanja opreme,

4. specifikaciju za ispitivanje uređaja koja treba dokazati odgovarajuću točnost, prema zahtjevima Tehničkog kodeksa, te da posjeduje svjedodžbu izdanu od Registra.

Kada se uzmu u obzir "spremna sredstva za provjeru" koja su sadržana u Tehničkoj datoteci, a potvrđuju da li motor udovoljava ograničenju emisije NO<sub>x</sub> pri pregledu eksperta na brodu, proizvođač motora ili brodovlasnik može odabrati jednu od tri metode, shodno proceduri za dokazivanje udovoljenja ograničenja emisije NO<sub>x</sub> na brodu.

## 2.4. Standardi emisije dušičnih oksida (NO<sub>x</sub>)

Maksimalno dopuštena veličina emisije NO<sub>x</sub> za sporookretne brodske dizel-motore prema Prilogu VI iznosi 17 g/kWh [1]. Ukupna emisija NO<sub>x</sub> mjerena i računata prema proceduri Tehničkog kodeksa, treba biti jednaka ili manja od označenih veličina, s obzirom na broj okretaja pojedinog motora. Kada dizel motor koristi dizel- gorivo za pomorske brodove, ukupna emisija NO<sub>x</sub> računa se kao emisija NO<sub>2</sub>, a računa se prema ciklusu ispitivanja i metodi mjerenja specificiranim u ovom Kodeksu. Veličine ograničenja emisije ispušnih plinova motora i stvarno izračunate veličine emisije treba upisati u EIAPP svjedodžbu.

Za pojedini motor ili motor "roditelj" grupe ili obitelji motora primjenjuju se ciklusi ispitivanja radi provjere, da li emisija NO<sub>x</sub> udovoljava ograničenju [2]:

1. za porivne motore sa stalnim brojem okretaja uključivši i dizel- električni pogon i zakretni propeler primjenjuje se ciklus ispitivanja E2 - tablica 1.
2. za porivne i pomoćne motore pogonjene prema karakteristici propelera, koristi se ciklus ispitivanja E2 - tablica 2.
3. za pomoćne motore stalne brzine vrtnje ciklus D2 - tablica 3.
4. za pomoćne motore promjenljivog opterećenja i brzine vrtnje primjenjuje se ciklus ispitivanja C1 - tablica 4.

	brzina vrtnje	100 %	100 %	100 %	100 %
E2	snaga	100 %	75 %	50 %	25 %
	težinski faktor	0,2	0,5	0,15	0,15

Tablica 1

	brzina vrtnje	100 %	91 %	80 %	63 %
E3	snaga	100 %	75 %	50 %	25 %
	težinski faktor	0,2	0,5	0,15	0,15

Tablica 2

	brzina vrtnje	100 %	100 %	100 %	100 %	
D2	snaga	100 %	75 %	50 %	25 %	10 %
	težinski faktor	0,05	0,25	0,15	0,3	0,1

Tablica 3

	brzina vrtnje	nazivna				srednja međubrзина			prazni hod
C1	snaga	100 %	75 %	50 %	10 %	100 %	75 %	50 %	0 %
	težinski faktor	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1

Tablica 4

Podaci o zakretnom momentu (tablica 4) predstavljaju postotak vrijednosti omjera zahtijevanog i maksimalno mogućeg zakretnog momenta pri danoj brzini vrtnje. Srednju brzinu vrtnje određuje proizvođač, uzimajući u obzir sljedeće zahtjeve:

1. za motore koji se pogone u cijelom području brzine vrtnje pri punom opterećenju, srednja brzina vrtnje određena je brzinom vrtnje pri maksimalnom zakretnom momentu, ako se javlja između 60 - 75% nazivne brzine vrtnje.
2. ako je brzina vrtnje pri utvrđenom maksimalnom zakretnom momentu manja od 60% nazivne brzine, onda je srednja brzina 60% od nazivne brzine vrtnje. Isto je i za sluč. 4. aj kada je brzina veća od 75% nazivne brzine, onda je srednja brzina 75% od nazivne brzine vrtnje.
3. za motore koji nisu konstruirani za pogon u cijelom području brzine vrtnje pri punom zakretnom momentu u uvjetima ustaljenog stanja, srednja brzina vrtnje je 60 - 70% maksimalne nazivne brzine.

## 4. ZAKLJUČAK

Pomorsko gospodarstvo treba početi razmišljati o ekološkim troškovima broda u svezi zaštite atmosfere. Ekološki propisi jesu prvi korak, premda ne odviše velik, jer se ne može sve postići propisima. Nadzor nad okolišem zahtjeva primjenjive tehnologije, obrazovani kadar te revnosan i uspješan menadžment. Zaštitu morskog okoliša treba unaprijediti i poboljšati standarde u pomorstvu, a to se u prvom redu odnosi na izbor i održavanje brodskih energetske postrojenja, gdje su bitni strojevi, uređaji i oprema, način obavljanja operacija, upravljanje, nadležnosti, potrošak i kvaliteta goriva. Tehnički kodeks o emisiji NO<sub>x</sub> je u skladu s Pravilima za sprečavanje onečišćenja atmosfere s brodova prema MARPOL 73/78 konvenciji. Svrha Kodeksa je uspostava punovažne procedure za ispitivanje, pregled i izdavanje svjedodžbi brodskih dizel motora, koja će omogućiti proizvođačima, brodovlasnicima i administraciji da dizel motori udovolje ograničenju veličine emisije NO<sub>x</sub>.

### LITERATURA

- [1] Annex VI – Regulation for the Prevention of Air Pollution from ships, IMO-MEPC 40, London 1999.
- [2] Technical Code on Emission of Nitrogen Oxides from Marine Diesel Engines, IMO-MEPC 40, London 1999.

*Summary*

TECHNICAL CODE OF NO<sub>x</sub> EMISSION FROM MARINE DIESEL  
ENGINES IN ACCORDANCE WITH SUPPLEMENT VI MARPOL  
73/78 CONVENTION

*It is necessary to explore every interactive possibility to achieve a synergistic performance in connection with reducing emission of exhaust gases, implementing the methods and procedures that can under the given circumstances render optimum results. It is currently, but also in the future, an imperative to explore new methods to reduce air pollution. Regulations regarding air pollution from ships should be supplemented in proportion with the needs of practice. Legislative initiative with the purpose of decreasing emissions of exhaust gases from marine engines in the global and local sense must incite even more intense research in the development of methods and ways of preventing air pollution from ships, as well as to adhere to the Technical Code in accord with the Supplement of the VI MARPOL 73/78 Convention. The aim of the Code is to establish a valid procedure of testing, surveying and issuing marine diesel engine certificates, which will enable the manufacturers, shipowners and administrations to adhere to the diesel engine limitations of NO<sub>x</sub> emission.*

*Key words: Technical Code, NO<sub>x</sub> emission*

*Faculty of Maritime Studies Rijeka  
Studentska 2, 51000 Rijeka  
Croatia*