

Metodika měření emisí výfukových plynů lodních motorů instalovaných na plavidlech

(Projekt v rámci programu TAČR – β – TB0300MD010)

**Ing. Jiří Dynybyl, MBA, Československý Lloyd spol. s r.o., Pobřežní 620/3,
186 00 Praha 8- Karlín, dynybyl@csllloyd.cz**

Souhrn

Projekt , řešený v rámci programu TAČR – β – TB0300MD010 vycházel ze situace, kdy emisní limity výfukových plynů pro vnitrozemská plavidla byly zavedeny teprve v r.2004 směrnicí EU č. 2004/26/EC. Tato směrnice ale zavádí emisní limity pouze pro nově vyrobené motory po r. 2006 před jejich uvedením do provozu. Měření emisních hodnot se provádí podle norem EN ISO 8178, což je laboratorní měření, kdy je motor umístěn na speciálním zkušebním stanovišti s dynamometrem pro simulování výkonu. Měření emisí motorů plavidel po jejich instalaci a v provozu není nikde v EU legislativně zavedeno ani se ve skutečnosti neprovádí.

Pokud má vnitrozemská vodní doprava označení jako nejekologičtější druh dopravy, je evidentní, že jako důkaz metodika na kontrolu emisí plavidel v provozu chybí. Proto byl v rámci Technologické agentury České republiky vypsána veřejná zakázka TB0300MD010 „Vypracování metodiky měření emisí výfukových plynů lodních motorů instalovaných na plavidlech“

V rámci projektu byly přezkoumány možnosti praktického měření emisí v provozu na plavidlech. Bylo zjištěno, že je nutné vycházet z dostupných měřících aparatur, které jsou k dispozici pro měření nákladních vozidel v provozu a které ve skutečnosti ověřují z emisí pouze pevné částice – PM – kouřivost. K tomu, aby bylo možné měřit i jiné složky se výrobci aparatur vyjádřili tak, že by bylo nutné realizovat vlastní vývoj těchto aparatur, které jako přenosné a v dostupné ceně nabízené nejsou.

Po neúspěšných pokusech použít aparaturu CAPELEC, byla nakonec provedena měření s aparaturou – opacimetrem – f. AVL, MDO 2 a ukázalo se, že nejvhodnějším parametrem je měření nezatíženého motoru při jmenovitých otáčkách. Test volné akceleraace, který je obdobou měření emisí u nákladních motorových vozidel a autobusů, je vhodné použít jako doplňkový.

Na základě těchto výsledků vývoje byla zpracována „ Metodika měření emisí výfukových plynů lodních motorů instalovaných na plavidlech“.

Protože uvedenou metodiku není z hlediska legislativy EU použít jako právně závazný předpis, budou další měření probíhat na základě dobrovolnosti, kdy bude moci provozovatel plavidla prokázat své chování vůči životnímu prostředí pomocí certifikátu.

Klíčová slova: plavidla, vnitrozemské lodě, výfukové emise,,ISO 9001, ISO 14 001.

Inland ships,exhaust emissions,standard, ISO 9001, ISO 14 001

1.Potřeba měření emisí

Ochraně životního prostředí, do které patří ochrana ovzduší, je věnována v posledních letech stále rostoucí pozornost. Této pozornosti se nevyhnou ani spalovací motory, v kterých dochází ke spalování uhlovodíkových paliv , při kterých vznikají látky nepřírodní pro životní prostředí, jako jsou CO, NO_x, HC a PM.

V r.1997 byla v EU přijata Direktiva 97/68/EC pro regulaci emisí u nesilničních pojízdných strojů. Její novela 2004/26/EC zavedla poprvé požadavky na emise i pro vnitrozemská plavidla.

Jedená se o plavidla vymezená následující definicí:

„Vnitrozemská plavidla“, jimiž se rozumí plavidlo určené k používání na vnitrozemských vodních cestách, o délce nejméně 20 m a výtlaku nejméně 100 m³ podle vzorce v oddíle 2 bodě 2.8a přílohy I, nebo vlečný nebo tlačný člun konstruovaný k vlečení nebo tlačení lodí o délce nejméně 20 m nebo k vedení těchto lodí bočně připoutaných.“

Legislativní požadavky na emise plavidel jsou tedy až na motory, vyrobené po r. 2006. Další komplikací je, že podle 97/68/EC se používá metodika měření, definovaná v ISO 8178. Zkoušení motoru podle této normy vyžaduje umístění motoru na speciálním stanovišti s dynamometrem a měřicí aparaturou tak, aby bylo nastavitelné zatížení motoru (kroutící moment a otáčky) v režimech, definovaných v ISO 8178-4 E. Toto je velice nákladná zkouška, kterou si může dovolit prakticky pouze výrobce a to na novém motoru, který není ještě instalován v plavidle. Jedná se tedy čistě o legislativní požadavek, kdy od r. 2006 nesmí být na plavidla prakticky instalovány motory, které nesplňují limity uvedené směrnice. Tyto limity deklaruje výrobce příslušným atestem. Na plavidle se emise již nezkouší.

V ČR je průměrné stáří plavidel 35 let, což představuje, že prakticky všechna plavidla, pokud u nich již neproběhla výměna motorů za nové typy, jsou vybavena motory, u kterých tyto limity kontrolovány nebyly a zároveň jejich posouzení podle norem ISO 8178 je nemožné.

Bylo proto potřeba najít metodiku měření emisí plavidel v provozu, která umožní :

- stanovení podmínek pro doporučení výměny motorů, u nichž je produkce emisí s ohledem na stáří a technický stav nepřijatelná
- navrhnout kritéria pro dotace na remotorizace plavidel
- prokázání, že vodní doprava je nejekologičtější dopravou v porovnání s ostatními druhy dopravy.

S ohledem na Směrnice EU se ale zatím nepředpokládá, že by na ověřování emisí plavidel v provozu byla vytvořena legislativa omezující provoz starších motorů, čili stále je omezování emisí starších plavidel na bázi dobrovolnosti.

2. Možnosti měření

Lodě vnitrozemské plavby jsou vesměs vybaveny vznětovými motory. U těchto motorů představují uvedené škodlivé emise CO, NO_x, HC a PM celkově asi 0,3 % výfukového plynu. Největší podíl škodlivých látek je NO_x, PM a HC. U vznětových motorů se obecně za nejškodlivější část emisí pokládají PM.

Metodika pro nové motory, zkoušené podle ISO 8178, se zaměřuje na složky CO, HC+NO_x a PM.

Měření je pak prováděno podle 2004/26/EC s použitím normy ISO 8178 -4, zkušební cyklus E3. Problém je v tom, že norma předepisuje režimy chodu motoru, které je nutno modelovat na zkušebním stanovišti s přesným dynamometrem. Podle zkušebního cyklu E3 jsou předepsány režimy:

Otáčky (%)	100	91	80	63
Výkon (%)	100	75	50	25

kteřé u motorů již instalovaných na lodích není možné zajistit. Proto plnění této směrnice musí být ponecháno pro v současné době vyráběné motory na výrobci.

Měření motorů plavidel v provozu je omezeno tím, že motor je pevně zabudován v tělese plavidla, není možné jej jednoduše vyjmout. Rovněž je výrazně omezena možnost jednoduchého měření krouticího momentu / výkonu přímo na plavidle, což neumožňuje modelovat a přesně měřit zatížení motoru v provozu. Plavidla vnitrozemské plavby nejsou vybavena měřením krouticího momentu za motorem nebo na hřídelovém vedení, montáž příslušného měřicího zařízení na plavidle v provozu je nákladná a vyžaduje odstavení plavidla na potřebnou dobu instalace.

Pro lodní motory se obecně pro výpočty používá pro stanovení krouticího momentu v závislosti na otáčkách tzv. „Lodní charakteristika“. Norma ISO 8178-4 uvádí tuto charakteristiku- závislost M_k na n pro navození režimů se zatížením. Toto použití by bylo velice nepřesné, protože lodní charakteristika se u každého plavidla liší podle skutečné charakteristiky vrtule, technického stavu vrtule, obtokových poměrů tvaru trupu plavidla v okolí vrtule, charakteru vodní cesty – ponor plavidla, proud vodního toku, plavební marže atd. Skutečná charakteristika pak může být při n_{jm} až o $\pm 30-40\%$ odlišná.

K dispozici je tedy pouze možnost měření :

- při volnoběžných otáčkách,
- při otáčkách bez zatížení
- volný akcelerační test

Nabízí se tedy možnost realizovat měření v režimech, analogických pro měření nákladních vozidel podle vyhlášky 302/2001 Sb.

3. Vývoj postupu pro měření

3.1 Měřicí aparatura

Měřicí postup je limitován dostupnou aparaturou, která splňuje hlavně požadavek snadné přenositelnosti a respektování podmínek na plavidle, kdy ústí výfuku na zádi motoru je těžko přístupné a od vlastního motoru může být vzdáleno až 15m.

Postupně byly zkoušeny dva typy aparatur.

3.1.1 Aparatura f. CAPELEC – CAP3201-GO dodavatel f.UNIVER

Tato aparatura je použita v ČR v několika emisních stanicích a je homologována pro použití podle vyhlášky 302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel. Proběhlo seřizování aparatury CAP3201-GO a měření na lodi. Výsledky kouřivosti byly vyhodnoceny jako nespolehlivé. Ze 7 měření je rozptyl 4,87 – 0,83 1/m. Další ověřování přístroje opět poskytlo nespolehlivé výsledky.

Francouzský výrobce konstatoval, že pro měření na plavidlech by aparatura vyžadovala další vývoj a byli ochotni se tomuto vývoji věnovat. Tato nabídka byla ale ze strany CS Lloydu z časových důvodů odmítnuta.

Bylo proto rozhodnuto omezit měření exhalací pouze v rozsahu STK, čili na PM – kouřivost. Na měření ostatních složek nebyla žádná aparatura dostupná k použití na lodi.

3.1.2 Aparatura firmy AVL opacimetr (kouřoměr) typ MDO2

Jako nejvhodnější se ukázala aparatura firmy AVL opacimetr (kouřoměr) typ MDO2

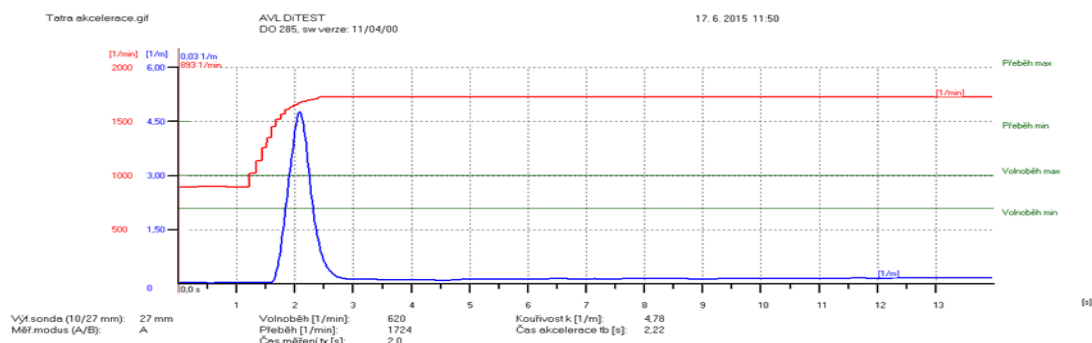
„Díky své kompaktní konstrukci se MDO 2 navíc hodí k mobilnímu nasazení. Programové vybavení umožňuje jak měření metodou volné akceleraace, tak kontinuální měření .

3.2. Měření

V průběhu let 2014-15 proběhla řada měření především na osobních lodích a remorkérech vybíraných tak, aby byly měřeny staré motory a porovnány s nově instalovanými.



Typický záznam měření nového motoru je uveden na následujícím obrázku.



4. Výsledky

V následující tabulce je výsledek, naměřený na 10 plavidlech. Hodnoty jsou vjádřeny jako součinitel absorpce v m^{-1} .

Jméno lodi	Motor r.v.	$n_{\text{volnoběh}}$	$n_{\text{střední}}$	n_{jm}	Akcelerační test
Andante	IFA 6-VD 14,5/12-2 SRV r.v.1983	0,04	0,12	0,56	0,39
Porto	CATERPILLAR CAT 03056 r.v. 2014	0,01	0,01	0,03	0,03 chyba záznamu
Natal	CATERPILLAR CAT 03056 r.v. 2014	0,01	0,00	0,00	1,43
TR 439	ČKD Hořovice 6L 150 PV	0,01		0,9	2,63

	r.v.1975				
CALYPSO	IFA 6-VD 14,5/12-2 r.v. 1987	0,0	0,01	0,2	4,19
TAURUS	DAEWO MD 136 r.v. 2004	0,01	0,01	0,03	0,13
TRD 120	Tatra 928, r.v. 1995	0,02	0,08	0,44	4,78
TRD 120	Tatra 928, r.v. 1995	0,04	0,04	0,79	2,42
TRD 120	Volvo Penta D7B TA	0,02	0,02	0,06	0,14
TRD 120	Volvo Penta THD 70C	0,03	0,05	0,1	0,1

5. Závěr

Výrobci přenosných – provozních- analyzátorů výfukových plynů se podřizují metodice používané u automobilů, která se omezuje na kouřivost. Jiná aparatura pro provozní měření na plavidle není dostupná.

S ohledem na technickou možnost nastavení režimů motoru pro měření byla zvolena jako reálná varianta volnoběžných a jmenovitých otáček bez zatížení a test volné akcelerace

Podle naměřených výsledků byla doporučena jako vhodná veličina kouřivost při jmenovitých otáčkách a doplňkově výsledek akceleračního testu

Výsledek bude použit jako metodika pro použití dotací na remotorizace starších plavidel.

Podle 302/2001 Sb. Je pro vozidla stanoveno

„ Kouřivost motoru, vyjádřená součinitelem absorpce "k", nesmí překročit:

- a) u vozidel vyrobených do 31. prosince 1980 hodnotu 4 m^{-1} ,
- b) u vozidel, u kterých korigovaný součinitel absorpce nebyl stanoven a vyrobené po 31.prosinci 1980
 - u motorů s atmosférickým sáním: $2,5 \text{ m}^{-1}$; - u přeplňovaných motorů: $3,0 \text{ m}^{-1}$ nebo u vozidel poprvé registrovaných nebo poprvé uvedených do provozu od 1. ledna 2007: $1,5 \text{ m}^{-1}$

Výsledek zjištění u plavidel ukazuje, že plavidla nepředstavují ve srovnání s výše uvedenými hodnotami , žádného významného znečišťovatele ovzduší. Navíc je nutné brát v úvahu, že doprava se na vzniku exhalací podílí 20%. Uvážíme –li , že v ČR bylo k 31.12.2014 provozováno celkem 6 775 877 motorových vozidel, z toho 4 893 562 osobních, 617 369 nákladních vozidel a 19 889 autobusů, představuje provoz 53 trakčních vnitrozemských plavidel a 80 osobních lodí z hlediska tvorby emisí naprosto zanedbatelnou položkou. To ovšem nemusí platit v místech s koncentrovanou lodní dopravou, např. provoz plavidel v hustě obydlené aglomeraci, v plavebních komorách atd.

Současné diskuse, vyvolané VW ukázali, že:

- měření emisí podle normalizovaných režimů poskytuje pouze velice hrubý odhad, k jakým exhalacím může docházet ve skutečném provozu. Skutečnost ale může být značně rozdílná,
- i měření v STK poskytuje velice omezenou a hrubou informaci, platnou pouze v okamžiku měření a poplatnou možnostem měření zabudovaného motoru

Podstatně větší význam pro zajištění přijatelných exhalací plavidel v provozu by byla situace, kdyby dopravce řídil svou činnost podle požadavků norem **ISO 9001 a ISO 14 001** a sledoval:

- zjištění zdrojů - infrastruktury - použitím výhradně výrobcem předepsaných náhradních dílů;

- pomocí preventivních opatření - údržbu, zaměřenou na parametry motoru předepsané výrobcem a které jsou předpokladem, že emise jsou dodrženy i bez provozního měření – časování dodávky paliva, teplota chladicí vody , zpětný tlak výfukových plynů.

15.2.2016

Ing.Jiří Dynybyl, MBA
Československý Lloyd spol. s r.o.
Pobřežní 620/3
186 00 Praha 8- Karlín
Tel. +420777767714
info@ cslloyd.cz

Texty příspěvků je třeba zaslat do 15. února 2016 na adresu prochazka@cemc.cz.