
MONITORING OF ENGINE LOAD IN OPERATION

Polcar A., Kumbár V.

Department of Engineering and Automobile Transport, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: adam@cmail.cz

ABSTRACT

The article deals with monitoring of the tractor engine load in operation. Engine load with engine revolutions is an important indicator for evaluating of the fuel consumption or emissions production during operation away from the laboratory. The methodology of measuring and evaluating the operating parameters of engine is described in the article. For the evaluation was used data, that were obtained during a 14 days of operation. The whole measurement was carried out on the tractor Case IH Puma 195 at a private farm in Rakvice. The results suggest that the actual tractor engine loading during operation is very different. These results lead to the conclusion, that e.g. methodology of measuring of emission production for agricultural tractors is not accuracy. The methodology does not reflect the variable load.

Key words: tractor, engine load, exhaust emissions

Acknowledgement: The article was created with the support of the project of Internal Grant Agency (IGA) of Mendel University in Brno, TP1/2011 - Monitoring of performance parameters of tractor engine.

ÚVOD

S příchodem moderních konstrukčních a elektronických prvků je dopravním prostředkům umožněno dosahovat lepších provozních parametrů. Výjimkou nejsou ani zemědělské a lesnické traktory. Díky lepším provozním parametrům – výkonu, spotřebě paliva, rychlosti apod. jsou nasazovány do nejrůznějších pracovních operací od orby až po mezípodnikovou přepravu materiálu. Roste tak jejich využití pro nejrůznější aplikace. Provozní zatížení spalovacího motoru traktoru je vzhledem k této proměnlivosti pracovního nasazení velmi rozdílné, což výrazně ovlivňuje např. produkci výfukových emisí.

V důsledku negativních vlivů provozu spalovacího motoru na životní prostředí a na zdraví člověka začaly být uplatňovány tzv. emisní limity, které musí každý vyrobený spalovací motor splňovat. Tyto limity jsou pro Českou Republiku, resp. pro celou Evropskou unii stanovovány Evropskou hospodářskou komorou (EHK). Pro zemědělské traktory se používá směrnice 2000/25/EC s novelou 2005/13/EC o opatřeních proti emisím plyných znečišťujících látek a znečišťujících částic z motorů používaných k pohonu zemědělských a lesnických traktorů. Emisní limity se vyhledávají pro stanovený rozsah výkonu motoru a období platnosti a uvádí se v $\text{g.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$. Limitovanými emisemi jsou oxid uhelnatý CO, uhlovodíky, resp. těkavé organické sloučeniny HC, suspendované částice PM a oxidy dusíku NO_x . Mimo těchto limitů maximálního množství emisí ve výfukových plynech jsou vydány i směrnice, určující metodiku měření těchto emisí. Tato metodika je popsána ve směrnici 97/68/EC při použití vznětového motoru, jehož netto výkon (80/1269/EEC) je nejméně 19 kW, avšak není větší než 560 kW, a který je provozován s měnicími se otáčkami spíše než s otáčkami stálými.

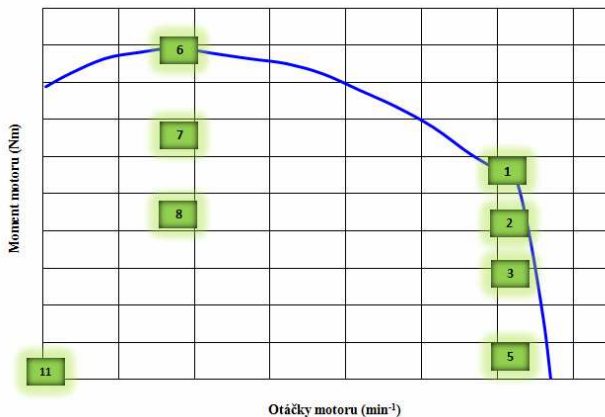
Metodika měření zahrnuje dva testovací cykly: **cyklus NRSC** (Non-road steady cycle) - stacionární zkouška nesilničních pojízdných strojů a **cyklus NRTC** (Non-road transient cycle) - dynamická zkouška nesilničních pojízdných strojů.

V případě zkoušek NRSC se používá metodika tzv. bodového testu, při kterém se zatěžuje samostatný motor na zkušební stoličce na různé otáčky a točivý moment. Každý z bodů má svoji váhu vyjádřenou konstantou (váhový faktor), kterou se násobí naměřené hodnoty emisí. Váhové faktory udávají podíl, jakým příslušný režim přispívá do celkového výsledku testu a tím i důležitost daného režimu v testu. Přehled o velikosti momentů, otáček, váhových konstantách je uveden v tabulce 1 a na obrázku 1. V případě zkoušení traktorů se používá metodika tzv. 8 bodového testu. Tento cyklus plně odpovídá normě ISO 8178-4 C1 (pro motory „Off road vehicles“ s proměnlivým zatížením a otáčkami).

Tabulka 1 – Váhové faktory dle standardu ISO 8178-4

Bod testu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Točivý moment [%]	100	75	50	25	10	100	75	50	25	10	0
Otáčky motoru	Jmenovité otáčky motoru					Mezilehlé otáčky motoru					Volnoběh
Váhový faktor											
Nesilniční vozidlo, typ C1	0,15	0,15	0,15	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	0,15
Nesilniční vozidlo, typ C2	-	-	-	0,06	-	0,02	0,05	0,32	0,3	0,1	0,15

Mezilehlé otáčky se stanovují na základě otáček při nejvyšším točivém momentu ve vztahu k otáčkám jmenovitým. Jedna z možností je, že to mohou být otáčky při maximálním točivém momentu, pokud leží mezi 60 – 75 % jmenovitých otáček motoru. Další možnosti jsou blíže specifikovány v normě 97/68/EC. Pro každý bod je zapotřebí nejméně deset minut měření při ustáleném stavu. Hodnoty koncentrace plynných emisí z výfuku se změní a zaznamenají v průběhu posledních tří minut režimu. Hodnoty emisí se pak vypočítají podle příslušných vztahů.



Obrázek 1 – Příklad rozložení měřících bodů podle normy ISO 8178-4, C1, používané pro traktorové motory

Jak je z tabulky 1 patrné, tak váhové koeficienty přikládají velký význam oblasti jmenovitých otáček, jelikož se zde očekává častější provozování traktorového motoru. Cílem měření bylo zjistit skutečné časové rozložení zatížení traktorového motoru pracující v provozu.

MATERIÁL A METODIKA

Sledování provozních parametrů motoru bylo provedeno na traktoru CASE IH PUMA 195 na soukromé farmě v Rakvicích.

Technické parametry traktoru CASE IH PUMA 195

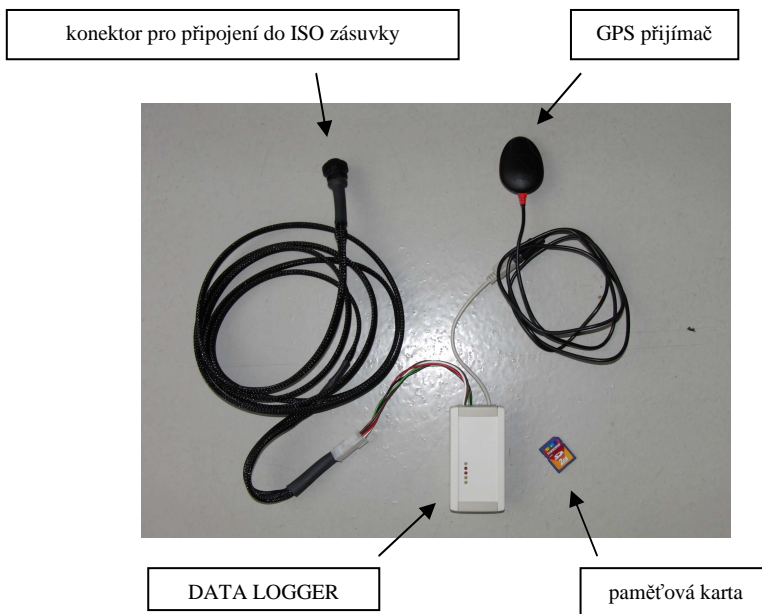
Výrobce traktoru: CASE IH, model: PUMA 195, rok výroby: 2007. Motor: řadový šestiválcový kapalinou chlazený vznětový, přeplňovaný turbodmychadlem s mezistupňovým chladičem. Zdvihový objem: 6700 cm³. Maximální výkon (bez navýšení) (dle ECE R120): 164 kW, maximální výkon (s navýšením) (dle ECE R129): 179 kW, motor traktoru je opatřen elektronickým řízením s navýšením výkonu při dopravě a při agregaci se stroji poháněnými přes vývodový hřídel. Převodovka: Powershift s Power Shuttle, počet převodových stupňů 19 x 6, pohon pojezdu 4K4. Pneumatiky: přední náprava: Continental Contract AC 65 velikost 540/65 R30, zadní náprava: Continental Contract AC 65 velikost 650/65 R42.



Obr. 2 - Traktor CASE IH PUMA 195

Popis měřicího zařízení pro snímání provozních parametrů:

Pro zjišťování provozních parametrů traktoru bylo využito interní sběrnice traktoru CAN-Bus. Do této sběrnice byl pomocí ISO zásuvky připojen DATA LOGGER (viz. Obrázek 3). K DATA LOGGERU byl dále ještě připojen GPS přijímač pro zjišťování aktuální polohy traktoru. Záznamník ukládal data s frekvencí 1 Hz.



Obrázek 3 – Zařízení pro snímání a ukládání dat ze sítě CAN-Bus

K ukládaným provozním datům patřilo zejména aktuální zatížení motoru [%], otáčky motoru [min^{-1}], aktuální točivý moment motoru [%], spotřeba paliva [l/h], rychlost, poloha traktoru atd. K těmto datům byl zapisován čas záznamu.

VÝSLEDKY A DISKUZE

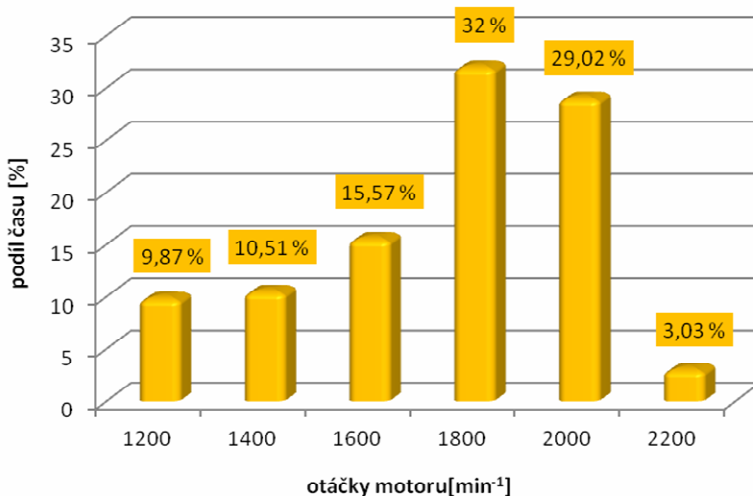
Pro analýzu zaznamenaných dat byla nejprve nutná značná manipulace s daty. Vzhledem k objemu nashromážděných dat není totiž možné zpracovávat data standardními analytickými prostředky, jako jsou MS Excel, Statistica apod. Proto musela být pro vyhodnocování naměřených dat vytvořena vlastní aplikace. K vývoji aplikace bylo využito vývojového prostředí National Instruments – LabVIEW ve verzi 2010. Aplikace měla za účel volbou velikosti segmentu načítat data ze souboru CAN záznamníku (DATA LOGGERu), následně data záznamníku dle protokolu sběrnice CAN konvertovat do hodnoty fyzikální veličiny, výsledné hodnoty ukládat do podoby ASCII souboru pro následný import do jiných sw a umožnit spojování souborů podle zvoleného kritéria.

The image shows a text editor window titled "caseH.cmt - Poznámkový blok" containing CAN data. A large green arrow points from this window to an Excel spreadsheet. The spreadsheet has columns for "Pořadové Datum", "Čas", "Zeměpisn N/S", "Zeměpisn E/W", "Rychlost GPS", "Moment pož.", "Aktuální n", and "Otáčky motoru [1/min]".

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Pořadové	Datum	Čas	Zeměpisn N/S	Zeměpisn E/W	Rychlost GPS	Moment pož.	Aktuální n	Otáčky motoru [1/min]		
2	2037	1.10.2009	11:03:08	4851.3707 N	01648.686 E	11,112	130	55	1454		
3	2038	1.10.2009	11:03:10	4851.3707 N	01648.686 E	11,112	130	55	1454		
4	2039	1.10.2009	11:03:11	4851.3707 N	01648.686 E	11,112	130	55	1454		
5	2040	1.10.2009	11:03:12	4851.3707 N	01648.686 E	11,112	130	55	1454		
6	2041	1.10.2009	11:03:14	4851.3707 N	01648.686 E	11,112	130	55	1454		
7	2042	1.10.2009	11:03:15	4851.3802 N	01648.703 E	12,964	130	24	1617		
8	2043	1.10.2009	11:03:16	4851.3817 N	01648.705 E	12,964	130	21	1598		
9	2044	1.10.2009	11:03:18	4851.3817 N	01648.705 E	12,964	130	21	1598		
10	2045	1.10.2009	11:03:19	4851.3861 N	01648.712 E	12,964	130	31	1643		
11	2048	1.10.2009	11:03:23	4851.3920 N	01648.722 E	12,964	130	16	1581		
12	2049	1.10.2009	11:03:24	4851.3934 N	01648.725 E	12,964	130	27	1469		
13	2050	1.10.2009	11:03:26	4851.3934 N	01648.725 E	12,964	130	27	1469		
14	2051	1.10.2009	11:03:27	4851.3934 N	01648.725 E	12,964	130	27	1469		
15	2052	1.10.2009	11:03:28	4851.3990 N	01648.734 E	12,964	130	15	1297		
16	2053	1.10.2009	11:03:30	4851.3990 N	01648.734 E	12,964	130	15	1297		
17	2054	1.10.2009	11:03:31	4851.4023 N	01648.741 E	9,26	130	3	1141		
18	2055	1.10.2009	11:03:32	4851.4023 N	01648.741 E	9,26	130	3	1141		
19	2056	1.10.2009	11:03:34	4851.4023 N	01648.741 E	9,26	130	3	1141		
20	2057	1.10.2009	11:03:35	4851.4051 N	01648.746 E	5,556	130	33	1232		
21	2058	1.10.2009	11:03:36	4851.4056 N	01648.748 E	7,408	130	21	1325		
22	2059	1.10.2009	11:03:38	4851.4056 N	01648.748 E	7,408	130	21	1325		

Obrázek 4 – Struktura dat záznamníku CAN před a po zpracování aplikací (upravená data importovaná do MS Excel)

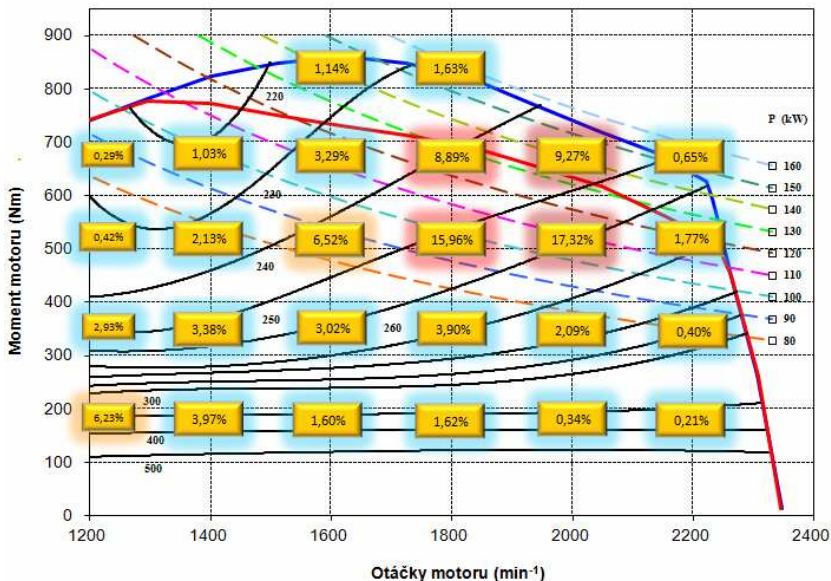
K vyhodnocení naměřených údajů byla vybrána data uložena za dobu 14ti dnů denní práce traktoru. Vybrané období bylo od 25.10 2010 do 7.11 2010. Z naměřených dat byl vypočten pro vybrané otáčky (1200, 1400, 1600, 1800, 1900, 2000 a 2200 min^{-1}) procentuální podíl času, který představuje celkový čas práce traktoru při daných otáčkách, ale při různých zatíženích motoru. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny na obrázku 5.



Obrázek 5 – Sloupcový graf procentuálního podílu času pro různé otáčky

Z grafu vyplývá, že traktor byl nejčastěji provozován při otáčkách 1800 až 2000 min^{-1} . Nejméně času pracoval motor v oblasti jmenovitých otáček motoru. K detailnějšímu rozboru časového rozložení zatížení traktoru byla použita úplná charakteristika stejného typu traktoru, který byl již v minulosti v laboratořích Ústavu techniky a automobilové dopravy Mendelovy univerzity v Brně měřen.

Do úplné charakteristiky byly vneseny pro různé otáčky a pro různé točivé momenty, resp. pro různá zatížení procentuální hodnoty času. Tyto hodnoty představují podíl doby práce traktorového motoru v dané oblasti charakteristiky za sledované období (viz. Obrázek 6).



Obrázek 6 – Úplná charakteristika traktoru CASE IH PUMA 195 s vynesím procentuálního podílu času představující dobu práce traktoru v dané oblasti během sledovaného období

Z úplné charakteristiky je patrné, že skutečné zatížení traktorového motoru během provozu je velmi rozdílné. Nejčastěji byl traktor provozován v otáčkách 1800 až 2000 min^{-1} mezi 60 – 70% zatížením traktorového motoru. Z grafu můžeme dále vyčíst, jaká byla při daném zatížení a otáčkách motoru např. jeho měrná spotřeba paliva.

ZÁVĚR

Na základě výsledků sledování provozních parametrů traktorového motoru v provozu, bylo zjištěno, že sledovaný traktor CASE IH PUMA 195 byl většinu času provozován v oblasti otáček 1800 až 2000 min^{-1} . V těchto otáčkách zejména při otáčkách 1800 dosahuje traktorový motor téměř 100 % točivého momentu a nízké měrné spotřeby paliva.

Při zpětném ohlednutí na metodiku měření emisí traktorového motoru vidíme, že normy neodrážejí reálné zatížení spalovacího motoru zemědělského traktoru, což jak již bylo zmíněno je vzhledem k jeho proměnlivosti pracovního nasazení velmi rozdílné. Z výsledků vnesených zatížení vyplývá, že hodnoty váhových faktorů nekorespondují s naměřenými hodnotami, resp. s oblastmi času práce motoru. Váhové koeficienty používané pro výpočet konečného množství emisí ve výfukových plynech přikládají velký význam oblastem jmenovitých otáček, jejichž využívání v praxi, jak můžeme na obrázku 6 vidět, se s nástupem moderních technických prvků (např. elektronického řízení

motoru, hydromechanickým převodovkám apod.) přesouvá do oblasti s nižšími otáčkami, do oblastí s nižší měnou spotřebou paliva. Proto je třeba do budoucna uvažovat s revizí velikosti váhových koeficientů, neboť se předpokládá zpoplatnění produkce emisí, případně jejich vazba na vyprodukované množství. Z těchto důvodů bude mít přesné stanovení velikosti produkce emisí velký význam.

LITERATURA

BAUER, F., a kol. (2006): Traktory, Profi Prees, Praha, 1.vydání, 192 s.

VLK F., (2006): Diagnostika motorových vozidel. Vlk, Brno, 442 s.

DIRECTIVE 97/68/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 1997