

ENERGY PERFORMANCE EVALUATION OF ALTERNATIVE FUELS FOR DIESEL ENGINES

EVALUAREA PERFORMANȚELOR ENERGETICE ALE COMBUSTIBILILOR ALTERNATIVI PENTRU MOTOARE DIESEL

PhD. Eng. Nicolescu M.A.¹⁾, Prof. PhD. Eng. Mihailov N.²⁾, Assoc. Prof. PhD. Eng. Ertekin C.³⁾

¹⁾INMA Bucharest / Romania; ²⁾Univerity of Rousse/ Bulgaria; ³⁾Akdeniz University / Serbia
E-mail: m_a_nicolescu@yahoo.com

Abstract: The paper presents a precise method of comparing the energy performances provided by a Diesel engine in diesel fuel supply situation and an alternative fuel option.

It is motivated the need for statistical approach of engine operating parameters developments and the technique of this approach is described.

Using statistical expressions of parameters developments the ways in which homologous developments, belonging to two different supply variants, can be compared to evaluations, are highlighted. The described theoretical appliance is illustrated with the results of an experiment made by the author to assess the performance of mixtures diesel - biodiesel used to alternative supply of a Diesel engine.

Keywords: alternative fuels, energy performance evaluation, Diesel engine.

1. INTRODUCTION

Using of some alternative fuels to power Diesel engines becomes nowadays an increasingly common practice, due to efforts to promote biofuels. Validation of such conduct must be based on evaluation of energy performance of the engine and possible derived influences on its durability and reliability. Evaluation of influences on durability and reliability is done by endurance testing with significant duration in comparison with the projected lifetime of the engines. Energy performance evaluation is done by tests in which the performances of an engine fueled with conventional and alternate fuels are compared.

For the evaluation by comparison of performance be correct, this process must take into account both the fuel quality and some of certain features of engine operation. The main quality to be taken into account in the fuel is the caloric power of their use, because it indicates the potential chemical energy invested in engine thermal processes. Therefore, given the fact that in most models of Diesel engines fuel is volumetric dosing, using volumetric caloric power in a certain report should reflect by homologated performances in the same report.

Significant deviations from this general rule will indicate negative changes (most often) or positive changes (unfortunately, very rare), in the quality of combustion - the sequence which is most involved in energy transformations for motor cycle. In this regard, the main difficulty comes from the fact that different types of alternative fuels used to power were relatively close to the calorific value of diesel.

Table 1 illustrates this situation for diesel, the main alternative liquid fuels (biodiesel and vegetable oil) and the most widely used mixtures of diesel fuel with them.

Examining the percentage of chemical energy available in alternative fuels to diesel represented reference (last column of the table) shows that, unless the biodiesel, all other fuels considered

Rezumat: În lucrare este prezentată o metodă precisă de comparare a performanțelor energetice prezentate de un motor Diesel în situațiile de alimentare cu motorină și cu o variantă de combustibil alternativ.

Este motivată necesitatea abordării statistice a evoluțiilor parametrilor de funcționare ai motorului și este descrisă tehnica acestui tip de abordare

Folosind expresiile statistice ale evoluțiilor parametrilor, sunt evidențiate modurile în care evoluțiile omologe, aparținând la două situații diferite de alimentare, pot fi comparate în vederea evaluărilor Aparatul teoretic descris este ilustrat cu rezultatele unui experiment făcut de autor pentru evaluarea performanțelor unei mixturi motorină – biodiesel folosită pentru alimentarea alternativă a unui motor Diesel.

Cuvinte cheie: combustibili alternativi, evaluarea performanțelor energetice, motor Diesel.

1. INTRODUCERE

Utilizarea unor combustibili alternativi pentru alimentarea motoarelor Diesel devine, în zilele noastre, o practică tot mai răspândită, datorită eforturilor de promovare a utilizării biocombustibililor. Validarea unei astfel de conduite trebuie făcută pe baza evaluării performanțelor energetice obținute de motor și a eventualelor influențe asupra durabilității și siguranței în funcționare a acestuia. Evaluarea influențelor asupra durabilității și siguranței în funcționare se face prin încercări de anduranță cu durate semnificative față de duratele de funcționare proiectate ale motoarelor. Evaluarea performanțelor energetice se face prin încercări în cadrul cărora se compară comportările motorului alimentat cu combustibilul convențional și cu cel alternativ.

Pentru ca evaluarea prin comparare a performanțelor să fie corectă, în acest proces trebuie să se țină seama atât de calitățile combustibililor folosiți cât și de unele particularități ale funcționării motoarelor. Principala calitate care trebuie luată în seamă în privința combustibililor folosiți este puterea calorică a acestora, deoarece ea indică energia chimică potențială investită în procesele termice din motor. Prin urmare, având în vedere faptul că, la cele mai multe modele de motoare Diesel dozajul combustibilului se face volumetric, folosirea unor combustibili cu puteri calorice volumetrice aflate într-un anumit raport ar trebui să se reflecte prin performanțe omologe aflate în același raport.

Abaterile semnificative de la această regulă generală vor indica modificări, în rău (cel mai adesea) sau în bine (din păcate, foarte rar), ale calității procesului de ardere – secvența cea mai implicată în transformările energetice care constituie scopul ciclului motor. Sub acest aspect, principala dificultate este generată de faptul că diferitele variante de combustibili folosiți pentru alimentarea alternativă au puteri calorice relativ apropiate de cele ale motorinei.

În tabelul 1 este ilustrată această situație pentru motorină, principalii combustibili lichizi alternativi (biodiesel și ulei vegetal) și pentru cele mai folosite amestecuri de motorină cu aceștia.

Examinarea conținutului procentual de energie chimică disponibilă în combustibilii alternativi față de referința reprezentată de motorină (ultima coloană din tabel) ne arată că, exceptând cazul biodieselului, toate variantele de

shows decreases in available chemical energy content with values from a tenth of a percent to 2.4 percent.

combustibili considerate prezintă scăderi ale conținutului de energie chimică disponibilă cu valori de la o zecime de procent la 2,4 procente.

Table 1 / Tabelul 1

FUEL / COMBUSTIBIL	DENSITY / DENSITATE [kg/l]	HEATING VALUE / PUTERE CALORICĂ		
		[kJ/kg]	[kJ/l]	kJ/l, [%]
diesel / motorină	0.840 / 0,840	41 800	35 100	100
biodiesel / biodiesel	0.880 / 0,880	37 000	32 600	92.9 / 92,9
vegetable oil / ulei vegetal	0.920 / 0,920	37 700	34 600	98.6 / 98,6
mixture 90% diesel – 10% biodiesel / mixtură 90% motorină – 10% biodiesel	0.844 / 0,844	41 300	34 857	99.3 / 99,3
mixture 80% diesel – 20% biodiesel / mixtură 80% motorină – 20% biodiesel	0.848 / 0,848	40 997	34 602	98.6 / 98,6
mixture 70% diesel – 30% biodiesel / mixtură 70% motorină – 30% biodiesel	0.852 / 0,852	40 313	34 346	97.6 / 97,6
mixture 90% diesel – 10% vegetable oil / mixtură 90% motorină – 10% ulei vegetal	0.848 / 0,848	41 355	35 069	99.9 / 99,9
mixture 80% diesel – 20% vegetable oil / mixtură 80% motorină – 20% ulei vegetal	0.856 / 0,856	40 919	35 026	99.8 / 99,8
mixture 70% diesel – 30% vegetable oil / mixtură 70% motorină – 30% ulei vegetal	0.864 / 0,864	40 490	34 984	99.7 / 99,7

At first glance, the need to highlight and interpret performance deviations that exceed such natural differences calls for increase measurement accuracy of track parameters in the tests.

Effectiveness of such increase is however limited because even in normal operation there are some variations in engine performance.

One of the causes of such variations is the environmental state (atmospheric temperature, humidity and pressure) and to eliminate these influences have been developed correction procedures. At the same time, the engine itself may have some performance fluctuations induced by various factors such as thermal or technical microstates induced by previous operation, the test regimes sequence, some natural variability in the operation of the injection equipment controllers etc. In some comparative tests to assess motor behavior in alternative feeds, influence of such variations in performance should be removed.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. TEST DATA ACQUISITION AND PROCESSING

The tests for comparative analysis of a Diesel engine energy performances under alternative supply must be made on a good technical condition test engine installed in a testing bed that allows operating mode control and precise measurement of main parameters of it (at least the speed, torque and hourly fuel consumption).

In essence, the test consists in determining the engine performance of the fuel supply for which it has been built (diesel) and alternative fuel supply.

Usually, to eliminate possible errors caused by setting engine load control (throttle position) such attempts will be made at full load regime, corresponding to maximum test engine performances. In these conditions, the evaluation of alternative fuel performance will be based on comparison of the two motor behavior. For eliminate, in this comparison process, any distortion caused by engine performance variations, it requires that the establishment of these performances to be made on statistical basis. This means that, for each type of supply, repeated attempts have to be performed, as described below.

An engine test means to measure the followed

La prima vedere, necesitatea de a evidenția și interpreta abateri de performanță care depășesc astfel de diferențe firești îndeamnă la o creștere a preciziilor de măsurare a parametrilor urmăriți în cadrul încercărilor.

Eficiența unei astfel de creșteri este însă limitată deoarece chiar în funcționarea normală motorului apar unele variații ale performanțelor.

Una dintre cauzele unor astfel de variații o reprezintă starea mediului ambiant în perioada de încercare (temperatura, presiunea și umiditatea atmosferică) și pentru eliminarea acestor influențe au fost dezvoltate proceduri de corecție. În același timp, motorul în sine poate prezenta unele fluctuații de performanță induse de factori diverși, cum ar fi microstări termice sau chiar tehnice induse de funcționarea anterioară, succesiunea regimurilor de încercare, unele variabilități firești în funcționarea reguletoarelor din echipamentul de injecție etc. În cadrul unor încercări comparative pentru evaluarea comportării motorului la alimentări alternative, influența unor astfel de variații de performanță trebuie înlăturată.

2. MATERIAL ȘI METODĂ

2.1. OBȚINEREA ȘI PRELUCRAREA DATELOR

Încercările pentru analiza comparativă a performanțelor energetice ale unui motor Diesel în condițiile alimentării alternative trebuie să fie făcute pe un motor de test aflat în stare tehnică foarte bună și instalat într-un stand de încercări care permite controlul regimului de funcționare și măsurarea precisă a parametrilor principali ai acestuia (cel puțin turația, momentul motor și consumul orar de combustibil).

În esență, încercările constau în determinarea performanțelor motorului la alimentarea cu combustibilul pentru care a fost construit (motorină) și la alimentarea cu combustibilul alternativ.

De regulă, pentru eliminarea unor posibile erori induse de stabilirea sarcinii comandate a motorului (poziția comenzii de accelerație) astfel de încercări se vor face la regimul de sarcină totală, corespunzător performanțelor maxime de care motorul de test este capabil. În aceste condiții, evaluarea performanțelor combustibilului alternativ folosit se va face pe baza comparării celor două comportări ale motorului. Pentru ca în cadrul acestui proces de comparare să fie eliminate eventualele distorsiuni induse de variațiile de performanță proprii motorului, se impune ca stabilirea acestor performanțe să se facă pe baze statistice. Aceasta înseamnă că pentru fiecare tip de alimentare trebuie efectuate încercări repetate, în condițiile descrise în continuare.

O încercare de motor înseamnă măsurarea

operating parameters, at a fixed controlled load, related to a convenient number of engine speeds between the minimum stable speed, n_{\min} and the maximum operating speed at zero load, n_{\max} (controlled by the injection pump regulator). Therefore, prior to a series of tests will be established a set of engine speeds defined by matrix,

$$[n]=[n_1=n_{\min}, n_2, \dots, n_i, \dots, n_p=n_{\max}] \quad (1)$$

which will identify points of measurement where will be determined the following parameters. In principle, these speed values will be chosen uniformly distributed in the considered range of speeds. This speed set will be respected in all successive attempts, for both types of feeds to be compared.

To determine the test engine behavior for one type of supply will be made successive attempts to record the values of all X_i aimed (at least the torque and horary fuel consumption). In these conditions, from the test sequence number k , for each intended measurand X_i , we have the range of values presented in a matrix,

$$[X_{i,k}]=[X_{i,k,1}, X_{i,k,2}, \dots, X_{i,k,i}, \dots, X_{i,k,p}] \quad (2)$$

where the elements ranks are in correspondence with the elements ranks of speed set $[n]$.

Since, in principle, with the second attempt in the series, for each followed measurand will be calculated the central trend of homologous values (the arithmetic mean of values registered at the same engine speed) and the standard deviation of this using relations,

$$X_{i,j} = \frac{1}{q} \sum_{k=1}^q X_{i,k,j} \quad (3)$$

$$s_{i,j} = \sqrt{\frac{1}{q-1} \sum_{i=1}^q (X_{i,k,j} - X_{i,j})^2} \quad (4)$$

where q is the number of tests considered.

With this approach to test the question is the number of successive attempts considered sufficient to accurately describe the behavior of the test engine in a supply option. Establishing the number of tests should be based on criteria the adoption of which are known related risks and their reflect in the quality of results.

Economic criteria will take account of costs that, naturally, increase proportionally with the number of tests. Adopting this criterion is accompanied by the risk that administrative determination of the number of tests lead to insufficient accuracy of the results.

Experience criteria will be based on the fact that the experiments management have good knowledge of processes in Diesel engines, their influence factors and reflect of these influences in general engine behavior. Risks associated with adopting this criterion are related to the possibility of judgment errors. Finally, *statistical criterion* is the most objective and its adoption is accompanied only related to hazard risks.

For the statistical criteria, after each test we will examine experimental standard deviations $s_{i,j}$ developments of all $X_{i,j}$ values, for each followed size X_i . Where, for a number w of successive tests, variations of all experimental standard deviations are smaller than measurement uncertainties of quantities referred to, the

parametrilor de funcționare urmăriți, în condițiile unei sarcini comandate fixate, la un număr convenabil de turații cuprinse între turația minimă de funcționare stabilă, n_{\min} și turația maximă de funcționare la încărcare nulă, n_{\max} (contolată de regulatorul din pompa de injecție). Așadar, înaintea efectuării unei serii de încercări se va stabili un set de turații definit de matricea,

care vor identifica punctele de măsurare în care se vor determina valorile parametrilor urmăriți. În principiu, valorile acestor turații se vor alege uniform distribuite în intervalul de turații considerat. Acest set de turații va fi respectat în toate încercările succesive, pentru ambele tipuri de alimentări ce urmează a fi comparate.

La determinarea comportării motorului de test pentru un tip de alimentare se vor efectua încercări succesive, cu înregistrarea valorilor tuturor mărimilor X_i urmărite (cel puțin momentul motor și consumul de combustibil). În aceste condiții, în urma încercării cu numărul de ordine k , pentru fiecare mărime X_i urmărită vom dispune de serii de valori prezentate sub forma unei matrice,

în care rangurile elementelor se află în corespondență cu rangurile elementelor din setul de turații $[n]$.

Începând, în principiu, cu cea de-a doua încercare din serie, pentru fiecare mărime X_i urmărită se vor calcula tendința centrală a valorilor omologe (media aritmetică a valorilor determinate la aceeași turație) și abaterile standard experimentale ale acestora folosind relațiile,

unde q este numărul de încercări considerate.

În condițiile acestei abordări a încercărilor se pune problema numărului de încercări succesive considerate suficiente pentru descrierea precisă a comportării motorului de test în condițiile unei variante de alimentare. Stabilirea acestui număr de încercări trebuie făcută pe baza unui criteriu la adoptarea căruia să fie cunoscute și riscurile asociate și reflectate asupra calității rezultatelor. *Criteriul economic* va ține seama de costurile asociate care, în mod firesc, cresc direct proporțional cu numărul încercărilor. Adoptarea acestui criteriu este însoțită de riscul ca stabilirea administrativă a numărului de încercări să conducă la o precizie insuficientă a rezultatelor.

Criteriul experienței se va baza pe faptul că la nivelul conducerii experimentelor există cunoștințe solide privind procesele din motoarele Diesel, factorii de influență ai acestora și reflectarea influențelor respective în comportarea generală a motorului. Riscurile asociate adoptării acestui criteriu țin de posibilitatea apariției unor erori de apreciere. În fine, *criteriul statistic* este cel mai obiectiv și adoptarea acestuia este însoțită numai de riscuri ce țin de hazard.

Pentru aplicarea criteriului statistic, după fiecare încercare vom examina evoluțiile abaterilor standard experimentale $s_{i,j}$ ale valorilor $X_{i,j}$, pentru fiecare mărime X_i urmărită. Atunci când, pentru un număr w de încercări succesive, variațiile tuturor abaterilor standard experimentale sunt mai mici decât incertitudinile de măsurare ale mărimilor la care se

number of successive attempts may be considered sufficient. According to the author, the number w of tests cited above may be considered as equal to 2, because we appreciate as the unlikely event that an engine behaves, in two successive attempts, very close to average behavior in all aspects.

Naturally, this opinion is based on the author's experience and is accompanied by the risk mentioned above.

After conducting a complete set of tests with some supply, for each followed measurand X_i we have the average values $X_{i,j}$ and the corresponding standard deviations $s_{i,j}$ at all points of measurement considered ($i = 1, 2, \dots, p$). On this basis, for each measuring point we can calculate the extreme values that define the range of X_i measurand writing,

$$X_{i,\min,i} = X_{i,j} - s_i ; X_{i,\max,i} = X_{i,j} + s_i , i = 1, 2, \dots, p$$

All values on X_i measurand developments in the set of tests with a type of supply, together with the values of engine speed that define the points of measurement, can be grouped into a matrix whose generic script should contain the symbol of covered measurand and type of used fuel. For example, we can write,

$$[X_i / \text{FUEL}] = \begin{pmatrix} n_1 & n_2 & \dots & n_i & \dots & n_{p-1} & n_p \\ X_{i,\min,1} & X_{i,\min,2} & \dots & X_{i,\min,i} & \dots & X_{i,\min,p-1} & X_{i,\min,p} \\ X_{i,1} & X_{i,2} & \dots & X_{i,i} & \dots & X_{i,p-1} & X_{i,p} \\ X_{i,\max,1} & X_{i,\max,2} & \dots & X_{i,\max,i} & \dots & X_{i,\max,p-1} & X_{i,\max,p} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Of course, matrix writing for followed measurand X_i developments in the tests is not required.

Comparison of test engine behavior in terms of X_i measurand developments at two different supply is actually performed by comparing each pair of homologous values (same type of value - minimum, medium or maximum - achieved at the same engine speed) of matrices corresponding to the two feeds.

Therefore, by assessor desire, data can be presented in a table which may contain differences had in view.

When evaluation seeks only qualitative assessments, presentation of these data may be restricted only to the corresponding graphs of the average evolution or of the evolution field defined by the extreme developments (fig. 1).

referă, numărul de încercări succesive poate fi considerat suficient. În opinia autorului, numărul w de încercări invocat mai sus poate fi considerat ca egal cu 2, deoarece putem aprecia ca puțin probabilă situația în care un motor se comportă, în două încercări succesive, foarte apropiat de comportarea sa medie, sub toate aspectele.

Firește, această opinie se bazează pe experiența autorului și este însoțită de riscul amintit mai sus.

În urma efectuării unui set complet de încercări cu o anumită alimentare, pentru fiecare mărime X_i urmărită dispunem de valorile medii $X_{i,j}$ și de abaterile standard experimentale corespunzătoare $s_{i,j}$ în toate punctele de măsurare considerate ($i = 1, 2, \dots, p$). Pe baza acestora, în fiecare punct de măsurare putem calcula valorile extreme care definesc intervalul de variație al mărimii X_i scriind,

$$(5)$$

Toate valorile privind evoluțiile mărimii X_i în cadrul setului de încercări cu un tip de alimentare, împreună cu valorile turațiilor care definesc punctele de măsurare, pot fi grupate într-o matrice a cărei scriere generică va trebui să cuprindă simbolul mărimii la care se referă și tipul combustibilului folosit. De exemplu, vom putea scrie,

Firește că scrierea matriceală a evoluțiilor unei mărimi X_i urmărită la încercări nu este obligatorie.

Compararea comportării motorului de test, sub aspectul evoluțiilor mărimii X_i la două variante de alimentare se face, de fapt, comparând fiecare perche de valori omologe (aceiași tip de valoare - minimă, medie sau maximă - obținută la aceeași turație) din matricele corespunzătoare la cele două alimentări.

Prin urmare, după dorința celui care face evaluarea, datele pot fi prezentate sub forma unui tabel care poate conține și diferențele urmărite.

Atunci când evaluarea urmărește numai aprecieri calitative, prezentarea acestor date poate să se rezume numai la reprezentările grafice corespunzătoare ale evoluției medii sau ale câmpului de evoluție definit de evoluțiile extreme (fig. 1).

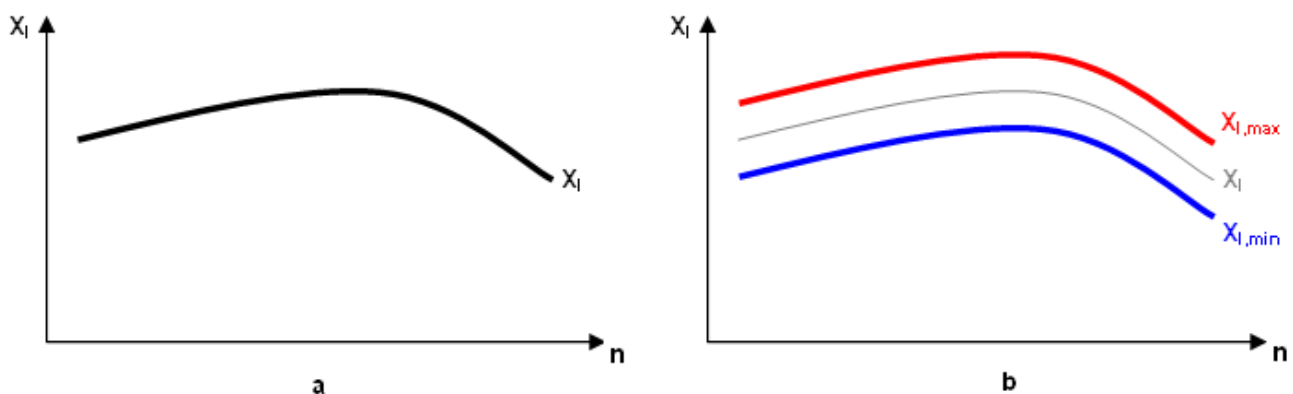


Fig. 1. Representations of X_i measurand evolution depending on engine speed /
 Reprezentările evoluției mărimii X_i în funcție de turația motorului
 a - average evolution / evoluția medie; b - evolution field / câmpul de evoluție

2.2. ASSESSMENT

Comparative evaluation of the performance of alternative fuel used to power a Diesel engine is to compare developments of each intended operating parameters under "natural" engine supply (with diesel fuel) and evaluated alternative fuel. This means that for each X_i measurand we hold, following the tests, data sets,

$$[X_i / \text{DIESEL}] = \begin{pmatrix} n_i \\ X_{i,\min,i}^{\text{REF}} \\ X_{i,j}^{\text{REF}} \\ X_{i,\max,i}^{\text{REF}} \end{pmatrix}; [X_i / \text{ALTERNATIVE}] = \begin{pmatrix} n_i \\ X_{i,\min,i}^{\text{ALT}} \\ X_{i,j}^{\text{ALT}} \\ X_{i,\max,i}^{\text{ALT}} \end{pmatrix}, i = 1, 2, \dots, p \quad (7)$$

where the upper indices "REF" and "ALT" show "reference" supply (with diesel fuel) and alternative supply.

Comparison of these data sets can lead to one of the generic cases graphically shown in Figure 2.

2.2. EVALUAREA

Evaluarea comparativă a performanțelor unui combustibil alternativ folosit la alimentarea unui motor Diesel revine la a compara evoluțiile fiecăruia dintre parametri de funcționare urmăriți în condițiile alimentării „naturale” a motorului (cu motorină) și cu combustibilul alternativ evaluat. Aceasta înseamnă că, pentru fiecare mărime X_i deținem, în urma încercărilor efectuate, seturile de date,

unde indicii superiori „REF” și „ALT” indică alimentarea „de referință” (cu motorină), respectiv alimentarea alternativă.

Compararea datelor din aceste seturi ne poate conduce la una din situațiile generice ilustrate grafic în figura 2.

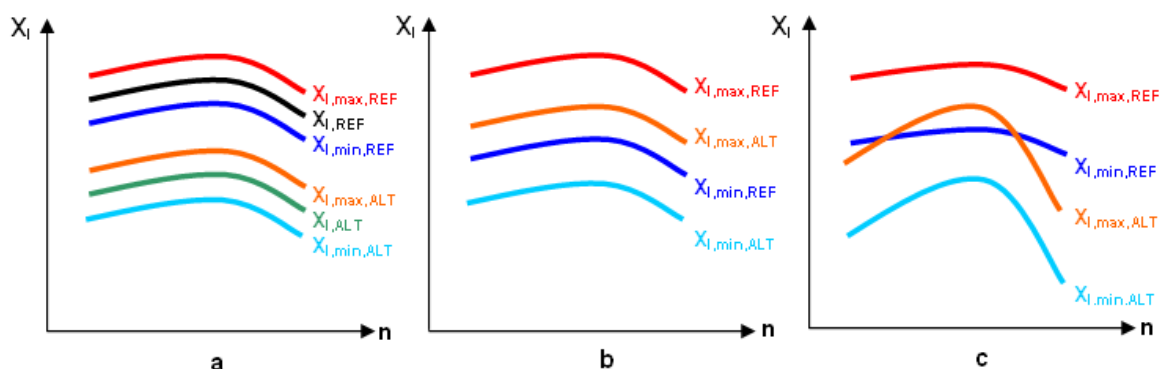


Fig. 2 - Possible generic situations to assess the test engine behavior /
Situațiile generice posibile la evaluarea comportărilor motorului de test

If the evolution fields with the two test engine behaviors are mutually exclusive (Fig. 1, a) we can say that, in terms of X_i measurand evolution of two types of supply, engine behavior is very different and the comparison can be done by directly comparing mean values corresponding to the two operation variants.

If the evolution fields with the two test engine behaviors overlap throughout the whole range of engine speed during the tests (Figure 2, b), we can say that, in terms of X_i measurand evolution of two types of supply, motor behavior is similar. In this case, in addition to comparing mean values corresponding to the two types of operation, weights of the two overlapping evolution fields can be a measure for assessing the level of proximity evolutions.

Finally, a third situation corresponds to the evolution fields corresponding to the two test engine behavior share one or more areas located on the operating speed intervals (Figure 2, c). In this case, in addition to comparing mean values corresponding to the two types of operation, on the behavior of alternative fuel evaluated we can deliver some assumptions that are considering properties that influence the processes of ignition and combustion in engine (surface tension, latent heat of vaporization, cetane number, etc.).

3. RESULTS

The method described above to assess the energy performance of alternative fuels for diesel engines has

În cazul în care câmpurile de evoluție corespunzătoare celor două comportări ale motorului de test sunt disjuncte (fig. 1, a) putem afirma că, sub aspectul evoluției mărimii X_i la cele două variante de alimentare, motorul are comportări net diferite și compararea acestora se poate face direct prin compararea valorilor medii corespunzătoare celor două variante de funcționare.

În cazul în care câmpurile de evoluție corespunzătoare celor două comportări ale motorului de test se suprapun pe tot domeniul de turații în care evoluează motorul în timpul încercărilor (figura 2, b) putem afirma că, sub aspectul evoluției mărimii X_i la cele două variante de alimentare, motorul are comportări apropiate. În acest caz, în afară de compararea valorilor medii corespunzătoare celor două variante de funcționare, ponderile în care cele două câmpuri de evoluție se suprapun pot constitui o măsură de apreciere a nivelului de apropiere a evoluțiilor.

În fine, o a treia situație corespunde cazului în care câmpurile de evoluție corespunzătoare celor două comportări ale motorului de test sunt ilustrate de câmpuri care au în comun una sau mai multe zone situate pe anumite intervale de turații de funcționare (figura 2, c). În acest caz, în afară de compararea valorilor medii corespunzătoare celor două variante de funcționare, asupra comportării combustibilului alternativ evaluat se pot emite unele ipoteze care au în vedere proprietăți ce influențează procesele de autoaprindere și ardere din motor (tensiunea superficială, căldura latentă de vaporizare, cifra cetanică etc.).

3. REZULTATE

Metoda descrisă mai sus pentru evaluarea performanțelor energetice ale combustibililor alternativi pentru motoare Diesel a

been applied in INMA Bucharest in the research for biodiesel by an original technology. Biodiesel was used by preparing a mixture containing 30% biodiesel and 70% diesel. As a test engine was used a model D115 Diesel engine being installed on a model U445L tractor. Engine operating characteristics have been raised when testing tractor's PTO.

For each variant of the test engine power were performed 10 successive trials and the data were processed by above described model. For example, in Table 2 are presented data on torque.

fost aplicată în INMA București în cadrul unor cercetări pentru obținerea de biodiesel după o tehnologie originală. Biodieselul a fost folosit prin prepararea unei mixturi conținând 30% biodiesel și 70% motorină. Ca motor de test a fost folosit un motor Diesel model D115 aflat în stare de instalare pe un tractor model U445L. Caracteristicile de funcționare ale motorului au fost ridicate în încercări la priza de putere a tractorului.

Pentru fiecare variantă de alimentare a motorului de test au fost efectuate câte 10 încercări succesive, iar datele au fost prelucrate după modelul descris mai sus. Pentru exemplificare, în Tabelul 2 sunt prezentate datele privind momentul motor.

Table 2 / Tabelul 2

n	M _{1,REF}	M _{1,ALT}	ΔM ₁	M _{min,REF}	M _{REF}	M _{max,REF}	M _{min,ALT}	M _{ALT}	M _{max,ALT}	ΔM
[rot/min]	[daNm]									
720	17.7/17,7	17.0/17,0	-0.778/-0,778	16.789/16,789	17.039/17,039	17.289/17,289	16.274/16,274	16.540/16,540	16.806/16,806	-0.499/-0,499
700	44.8/44,8	42.8/42,8	-1.969/-1,969	43.772/43,772	44.186/44,186	44.600/44,600	42.389/42,389	42.849/42,849	43.309/43,309	-1.337/-1,337
680	46.9/46,9	43.8/43,8	-3.128/-3,128	45.030/45,030	45.640/45,640	46.250/46,250	43.620/43,620	44.280/44,280	44.940/44,940	-1.360/-1,360
660	47.7/47,7	44.4/44,4	-3.268/-3,268	45.819/45,819	46.443/46,443	47.067/47,067	44.414/44,414	45.067/45,067	45.720/45,720	-1.376/-1,376
640	47.8/47,8	45.1/45,1	-2.757/-2,757	46.356/46,356	46.880/46,880	47.404/47,404	44.898/44,898	45.469/45,469	46.040/46,040	-1.411/-1,411
620	48.9/48,9	45.7/45,7	-3.194/-3,194	46.877/46,877	47.495/47,495	48.113/48,113	45.371/45,371	46.060/46,060	46.749/46,749	-1.435/-1,435
600	49.2/49,2	46.3/46,3	-2.938/-2,938	47.261/47,261	47.814/47,814	48.367/48,367	45.778/45,778	46.401/46,401	47.024/47,024	-1.413/-1,413
580	49.2/49,2	46.0/46,0	-3.111/-3,111	47.257/47,257	47.869/47,869	48.481/48,481	45.730/45,730	46.412/46,412	47.094/47,094	-1.457/-1,457
560	49.2/49,2	46.1/46,1	-3.095/-3,095	47.053/47,053	47.780/47,780	48.507/48,507	45.505/45,505	46.317/46,317	47.129/47,129	-1.463/-1,463
540	49.3/49,3	45.8/45,8	-3.425/-3,425	47.018/47,018	47.750/47,750	48.482/48,482	45.483/45,483	46.294/46,294	47.105/47,105	-1.456/-1,456
520	49.1/49,1	45.8/45,8	-3.326/-3,326	46.720/46,720	47.435/47,435	48.150/48,150	45.202/45,202	46.009/46,009	46.816/46,816	-1.426/-1,426
500	49.2/49,2	45.7/45,7	-3.464/-3,464	46.627/46,627	47.367/47,367	48.107/48,107	45.122/45,122	45.956/45,956	46.790/46,790	-1.411/-1,411
480	49.2/49,2	46.2/46,2	-3.043/-3,043	46.861/46,861	47.593/47,593	48.325/48,325	45.335/45,335	46.162/46,162	46.989/46,989	-1.431/-1,431
460	49.6/49,6	46.4/46,4	-3.191/-3,191	47.031/47,031	47.858/47,858	48.685/48,685	45.475/45,475	46.403/46,403	47.331/47,331	-1.455/-1,455
440	50.0/50,0	46.6/46,6	-3.381/-3,381	47.368/47,368	48.184/48,184	49.000/49,000	45.809/45,809	46.729/46,729	47.649/47,649	-1.455/-1,455
420	51.2/51,2	47.5/47,5	-3.709/-3,709	48.390/48,390	49.285/49,285	50.180/50,180	46.790/46,790	47.794/47,794	48.798/48,798	-1.491/-1,491
400	52.0/52,0	48.7/48,7	-3.325/-3,325	49.115/49,115	50.070/50,070	51.025/51,025	47.476/47,476	48.550/48,550	49.624/49,624	-1.520/-1,520
380	52.1/52,1	49.3/49,3	-2.846/-2,846	49.706/49,706	50.584/50,584	51.462/51,462	48.075/48,075	49.052/49,052	50.029/50,029	-1.532/-1,532
360	52.2/52,2	49.3/49,3	-2.866/-2,866	49.836/49,836	50.657/50,657	51.478/51,478	48.205/48,205	49.124/49,124	50.043/50,043	-1.533/-1,533
340	52.1/52,1	49.3/49,3	-2.420/-2,420	50.196/50,196	51.030/51,030	51.864/51,864	48.550/48,550	49.463/49,463	50.376/50,376	-1.567/-1,567
320	51.2/51,2	49.9/49,9	-1.272/-1,272	49.965/49,965	50.829/50,829	51.693/51,693	48.382/48,382	49.252/49,252	50.122/50,122	-1.577/-1,577
300	51.2/51,2	49.2/49,2	-2.005/-2,005	49.578/49,578	50.411/50,411	51.224/51,224	47.974/47,974	48.850/48,850	49.726/49,726	-1.561/-1,561
280	50.9/50,9	48.2/48,2	-2.704/-2,704	48.786/48,786	49.540/49,540	50.294/50,294	47.199/47,199	48.035/48,035	48.871/48,871	-1.505/-1,505
260	49.9/49,9	47.7/47,7	-2.289/-2,289	48.134/48,134	48.920/48,920	49.706/49,706	46.563/46,563	47.409/47,409	48.255/48,255	-1.511/-1,511
240	49.4/49,4	47.1/47,1	-2.328/-2,328	47.728/47,728	48.397/48,397	49.066/49,066	46.183/46,183	46.910/46,910	47.637/47,637	-1.487/-1,487
220	48.5/48,5	46.9/46,9	-1.551/-1,551	47.373/47,373	47.963/47,963	48.553/48,553	45.875/45,875	46.498/46,498	47.121/47,121	-1.465/-1,465
200	47.0/47,0	45.4/45,4	-1.601/-1,601	45.932/45,932	46.466/46,466	47.000/47,000	44.491/44,491	45.089/45,089	45.687/45,687	-1.377/-1,377

Values $M_{1,REF}$ and $M_{1,ALT}$ are data from the first attempt of each series and are accompanied by difference $\Delta M_1 = M_{1,ALT} - M_{1,REF}$. Also, are presented the values that define torque developments to diesel supply ($M_{min,REF}$, M_{REF} , $M_{max,REF}$) and to diesel-biodiesel mixture supply ($M_{min,ALT}$, M_{ALT} , $M_{max,ALT}$) and the difference $\Delta M = M_{ALT} - M_{REF}$. Comparing differences ΔM_1 and ΔM shows, as advantage of statistical approach, a decrease of differences between the two developments, the effect of discharges of engine performance variations. In this respect, appropriate graphical representations of the two approaches are relevant (Fig. 3).

Valorile $M_{1,REF}$ și $M_{1,ALT}$ reprezintă datele obținute la prima încercare din fiecare serie și sunt însoțite de diferența $\Delta M_1 = M_{1,ALT} - M_{1,REF}$. De asemenea, sunt prezentate valorile ce definesc evoluțiile momentului motor la alimentarea cu motorină ($M_{min,REF}$, M_{REF} , $M_{max,REF}$) și cu mixtura motorină-biodiesel ($M_{min,ALT}$, M_{ALT} , $M_{max,ALT}$) și diferența $\Delta M = M_{ALT} - M_{REF}$. Compararea diferențelor ΔM_1 și ΔM evidențiază, ca avantaj al abordării statistice, o scădere a diferențelor dintre cele două evoluții, ca efect al eliminării variațiilor de performanță datorate motorului. În acest sens, reprezentările grafice corespunzătoare celor două abordări, sunt edificatoare (fig. 3).

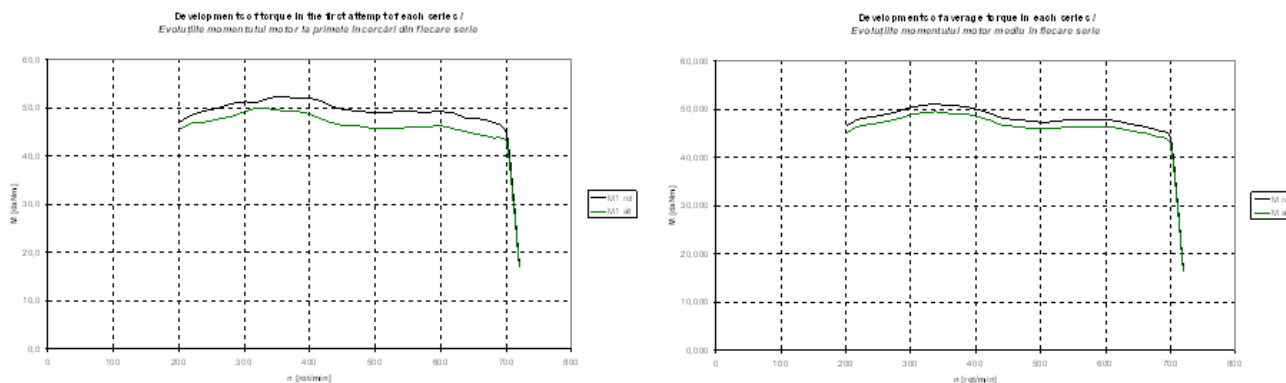


Fig. 3. The effect of statistical comparison of torque developments during the tests / Efectul comparării statistice a evoluțiilor momentului la încercări

Finally, a graphical representation of the torque evolving fields corresponding to the two test series (Fig. 4), highlights their negligible overlap.

This thing has justified the engine behavior assessment only by differences of average parameters developments.

În fine, o reprezentare grafică a câmpurilor de evoluție a momentului motor corespunzătoare celor două serii de încercări (fig. 4), evidențiază suprapuneri neglijabile ale acestora.

Acest lucru a justificat evaluarea comportărilor motorului numai pe baza diferențelor dintre evoluțiile medii ale parametrilor.

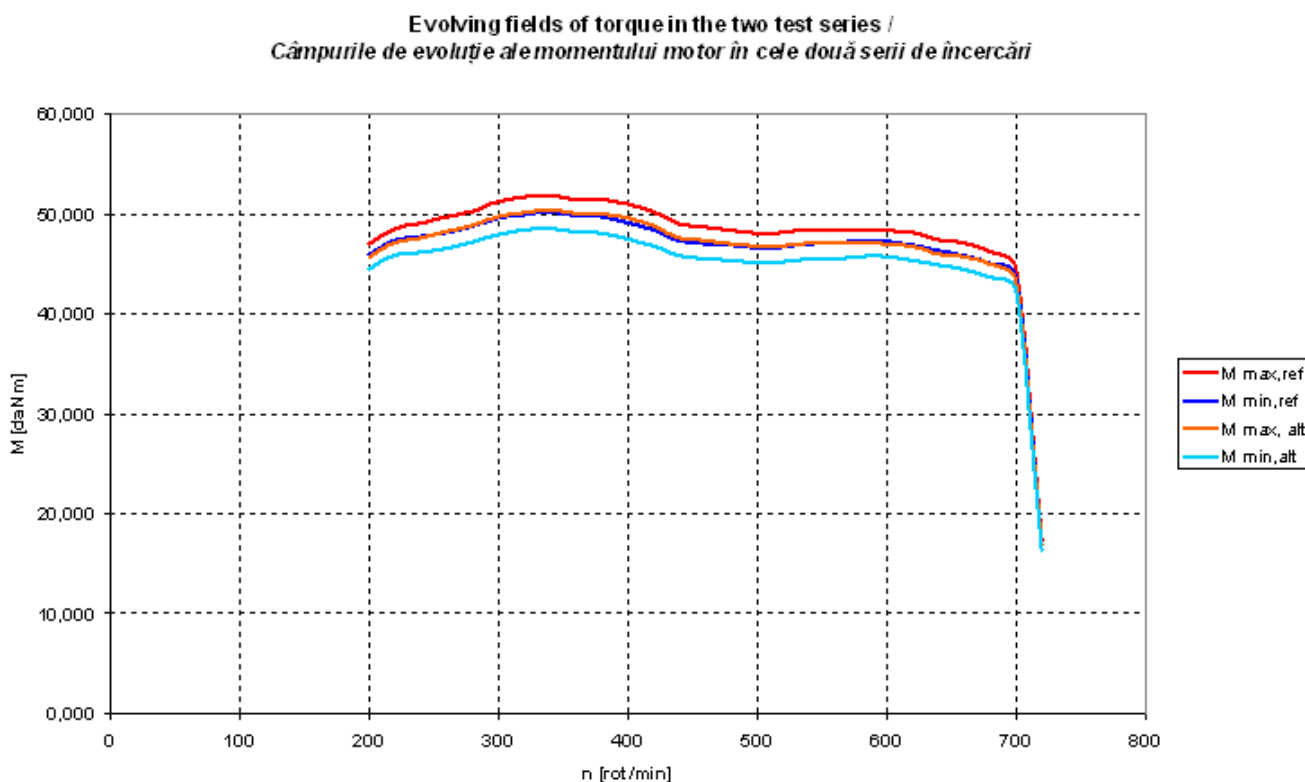


Fig. 4. Representing of torque development fields in the two versions of the engine power /
Reprezentarea câmpurilor de evoluție ale momentului motor în cele două variante de alimentare

4. CONCLUSIONS

The method, described and exemplified above, to assess the energy performance of alternative fuels used to power Diesel engines is a useful tool in investigations aimed at alternative power.

Thus, in practice, statistical treatment of motor behavior allows better accuracy in determining the net performance differences of an engine fueled with different fuel types.

On scientific level, comparing development fields of tracked dimensions can stimulate, if their areas overlap, the issue of assumptions about features of fuel ignition and combustion processes in the engine cycle.

REFERENCES

- [1]. Apostolescu, N., Taraza, D. (1979) – *Basis of experimental research of thermal machines*, Didactic and Pedagogical Publishing House, Bucharest;
- [2]. Aramă, C., Grünwald, B. (1966) – *Internal combustion engines. Processes and characteristics*, Technical Publishing House, Bucharest;
- [3]. Grünwald, B. (1980) – *Theory, construction and calculation of internal combustion engines for road vehicles* Didactic and Pedagogical Publishing House, Bucharest;
- [4]. Heywood, J. B. (1999) – *Internal Combustion Engine Fundamentals*, The Chartered Mechanical Engineer, London;
- [5]. Vasilescu, C.A. ș.a. (1972) – *Correlations between*

4. CONCLUZII

Metoda, descrisă și exemplificată mai sus, pentru evaluarea performanțelor energetice ale combustibililor alternativi folosiți la alimentarea motoarelor Diesel este un instrument util în investigațiile ce vizează alimentarea alternativă.

Astfel, în plan practic, tratarea statistică a comportărilor motorului permite o precizie mai bună în determinarea diferențelor nete de performanță prezentate de un motor alimentat cu variante diferite de combustibil.

În plan științific, compararea câmpurilor de evoluție ale mărimilor urmărite poate stimula, în cazul unor zone de suprapunere a acestora, emiterea de ipoteze privind particularitățile ale proceselor de autoaprindere și ardere a combustibilului în ciclul motor.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Apostolescu, N., Taraza, D. (1979) – *Bazele cercetării experimentale a mașinilor termice*, Editura didactică și pedagogică, București;
- [2]. Aramă, C., Grünwald, B. (1966) – *Motoare cu ardere internă. Procese și caracteristici*, Editura Tehnică, București;
- [3]. Grünwald, B. (1980) – *Teoria, construcția și calculul motoarelor cu ardere internă pentru autovehicule rutiere*, Editura Didactică și Pedagogică, București;
- [4]. Heywood, J. B. (1999) – *Bazele motoarelor cu ardere internă*, The Chartered Mechanical Engineer, London;
- [5]. Vasilescu, C.A. ș.a. (1972) – *Corelațiile dintre*

liquid fuel and internal combustion engine, Academy Publishing House, Bucharest.

combustibilul lichid și motorul cu ardere internă, Editura Academiei, București.