



INDICII DE PERFORMANȚĂ A MOTORULUI CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE ALIMENTAT CU AMESTEC ETANOL-BENZINĂ

Ion T. Hăbășescu, Valerian A. Cerempei, Mihail I. Esir

Institutul de Cercetări pentru Mecanizarea și Electrificarea Agriculturii „Mecagro”, MD-2068, or. Chișinău, bd. Miron Costin, 7, tel/fax (37322) 49-21-31, e-mail: icmea_mecagro@yahoo.com

Dumitru D. Novorojdin

Universitatea Agrară de Stat, facultatea de Ingineria Agrară și Transport Auto, MD-2049, or. Chișinău, str. Mircești, 44, tel. (37322) 43-23-48.

Rezumat - În lucrare sunt prezentate rezultatele cercetărilor motorului ZMZ-53 alimentat cu amestecuri etanol-benzină în diferite proporții.

Rezultatele obținute demonstrează că valorile parametrilor energetici (moment de torsiune, puterea) și de economicitate (consumul orar și specific al combustibilului) la motor alimentat cu amestec depind în marea măsură de calitatea etanolului (componența chimică), concentrația lui în amestec și condiții de lucru al motorului.

Măsurarea concentrației substanțelor nocive în gazele de eșapament a demonstrat că utilizarea etanolului permite să reducă concentrația CO, iar concentrația CH se majorează.

Аннотация – В работе представлены результаты исследований двигателя ЗМЗ-53, питаемого смесями этанол-бензин в различных пропорциях.

Полученные результаты демонстрируют, что значения параметров энергетических (крутящий момент, мощность) и экономических (расход топлива часовой и удельный) у двигателя, питаемого смесью, в большой мере зависят от качества этанола (химического состава), его концентрации в смеси и условий работы двигателя.

Измерение концентрации вредных веществ в выхлопных газах показало, что использование этанола позволяет уменьшить концентрацию CO, в то время как концентрация CH повышается.

Din cauza epuizării în creștere a rezervelor surselor energetice fosile tot mai actuală devine necesitatea elaborării și producerii surselor de energie regenerabilă [1]. Pentru alimentarea motoarelor cu ardere internă MAI autorii [2,3,4] recomandă de utilizat etanol. În lucrarea [5] sânt prezentate rezultate cercetărilor teoretice și experimentale prelabile care demonstrează avantaje alimentării MAI cu amestec etanol-benzină.

Însă datelor obținute nu este destul pentru utilizarea pe scară largă a etanolului la alimentarea MAI. De aceea **scopul** cercetărilor noastre este:

Determinarea componenței optimale și stabile în timp a biocombustibilului (amestecului combustibilului de origine vegetală cu combustibil de origine petrolieră) care asigură la nivel înalt randamentul de funcționare, fiabilitatea și durabilitatea motorului de ardere internă, reducând cheltuielile specifice de exploatare a acestuia și influența negativă a substanțelor nocive în gaze produse de ardere.

Obiective:

- Alegerea și pregătirea combustibililor pentru cercetări;
- Aprecierea de laborator a proprietăților fizico-chimice și de exploatare a combustibililor;
- Studiarea pe stand a parametrilor de lucru și ecologici a motorului alimentat cu combustibilii selectați pentru cercetări;
- Alegerea variantelor optime de utilizare a biocombustibilului.

Obiectele cercetărilor

1. Combustibil petrolier:
Benzină A-76 (bază pentru amestec cu etanol);
2. Combustibili de origine vegetală: etanol obținut din sorg zaharat; etanol din fracții frunte, coadă din industria de vinificație;
3. Combustibili fabricați în baza amestecurilor benzinei A-76 cu etanoluri obținute din sorg zaharat și fracții frunte, coadă din industria de vinificație cu adaosuri a etanolului în benzină de la 10% până la 50%.

Măsurările parametrilor fizico-chimici și de exploatare a combustibililor, concentrației substanțelor nocive în gazele de eșapament au fost efectuate conform metodicilor standard.

Pe stand a fost încercat motor cu aprindere prin scânteie MAS ZMZ-53. Încercările au fost efectuate pe stand MPB-100 cu mașina electrică de curent continuu, funcționând în regim de generator în timpul frânării MAS.

Caracteristica de viteză a MAS a fost obținută conform GOST 14846-81 cu graduri de solicitare parțiale $\lambda = P_i / P_e = 25, 40, 55, 70, 85\%$ și total $\lambda = P_i / P_e = 100\%$.

Rezultatele cercetărilor

Studierea în laborator proprietăților fizico-chimice și de exploatare a combustibililor a demonstrat (tab.1,2) că densitatea benzinei A-76 (728 kg/m^3) se află în limita admisibilă conform GOST 2084-87 ($725-750 \text{ kg/m}^3$).

Etanol fabricat din fracții frunte-coadă industriei de vinificație are densitate mai înaltă (806 kg/m^3), iar amestecuri benzinei cu etanol au valorile densității intermediare: de la $733-734 \text{ kg/m}^3$ (concentrația etanolului 10%) până la $763-764 \text{ kg/m}^3$ (concentrația etanolului 50%).

Eficacitatea utilizării combustibilului depinde de componența fracțională a lui. Conform datelor [6] în benzină majoritatea moleculelor conține de la 6 până la 10 atomi de carbon, de aceea așa lichid nu poate să aibă o temperatură fixă de fierbere. Începutul și sfârșitul fierberii a benzinei A-76 se află în diapazonul de temperaturi de $43-177^\circ\text{C}$, care intră în diapazonul admisibil de GOST 2084-87 ($34-195^\circ\text{C}$).

Începutul și încheierea fierberii a etanolului pur se află în diapazonul mult mai îngust a temperaturilor ($76-95^\circ\text{C}$, tab 2). Ultimul fapt mărturisește despre componența mai omogenă a moleculelor carbohidrizilor în spirt.

Valorile temperaturilor a începutului și sfârșitului fierberii a amestecurilor benzină-etanol se schimbă de la $42-47^\circ\text{C}$ (începutul fierberii) până la $174-157^\circ\text{C}$ (încheierea fierberii), tab 1,2.

La valorile de temperaturi mai joase de 95°C (încheierea fierberii a etanolului) amestecuri au viteză înaltă de evaporare (fig.1,2), iar la temperaturi mai înalte influența etanolului se reduce. Rezultatele similare au fost obținute cu amestecuri benzină-metanol [7].

Tabel 1 – Proprietăți fizico-chimice și de exploatare a combustibilelor (etanol S fabricat din sorg zaharat)

Denumirea indicilor	Benzină A-76		Concentrația etanolului în amestec, %				
	GOST 2084-87	Etalon	10	20	30	40	50
1. Densitatea Kg/m^3 (20°)	725-750	728	733	740	747	755	764

C)							
2. Componenta fracțională:							
începutul fierberii, °C	35(min)	43	43	43	43	43	44
10%	70(max)	58	51	52	54	56	59
50%	115(max)	95	78	71	72	74	76
90%	180(max)	159	158	150	152	145	87
încheierea fierberii °C	195(max)	177	174	167	170	165	166
% combustibilului	96	97	96,5	98	97	97	97
rămășiță în colbă, %	1,5	1,0	1,0	0,6	1,0	1,0	1,0
3. Conținutul gumelor reale, mg/100 ml	10(max)	11,16	27,68	34,88	43,2	49,2	58,64
4. Conținutul apei	LIPSEȘTE						
5. Culoare	galben	galben deschis	galben aprins	galben aprins	galben aprins	galben	galben deschis

Tabel 2 – Proprietăți fizico-chimice și de exploatare a combustibililor (etanol V fabricat din fracții frunte-coadă industriei de vinificație)

Denumirea indicilor	Benzină A-76 (etalon)	Concentrația etanolului în amestec, %					
		100	10	20	30	40	50
1. Densitatea Kg/m ³ (20 ⁰ C)	728	806	734	740	747	756	763
2. Componenta fracțională:							
începutul fierberii, °C	43	76	42	45	47	45	47
10%	58	77	50	54	55	55	60
50%	95	78	73	72	72	73	75
90%	159	83	154	154	148	140	90
încheierea fierberii °C	177	95	173	173	170	163	157
% combustibilului	97	99,5	97	97,5	98	98	98
rămășiță în colbă, %	1,0	0,1	1,0	0,8	0,6	0,6	0,6
3. Conținutul gumelor reale, mg/100 ml	11,16	62,24	25,0	28,8	32,0	40,8	47,32
4. Conținutul apei	LIPSEȘTE						
5. Culoare	galben deschis	galben palid	galben aprins	galben aprins	galben aprins	galben deschis	galben deschis

* Măsurările au fost efectuate de inginer Todosoi O.

Concentrația gumelor reale în benzină A-76 depășește cu 1,16 mg/100ml nivel admisibil (10 mg/100 ml) de GOST 2084-87 (tabel 1). Etanol conține 62,24 mg/100 ml de gume reale, iar amestecuri benzină-etanol conțin gume reale în cantități de la 25-27 mg/100 ml (10% de etanol în amestec) până la 47,3-58,6 mg/100 ml (50% de etanol în amestec), tab. 1,2.

Concentrații majorate de gume reale sânt una din cauze necesității cercetărilor de stand și exploatare a motoarelor alimentate cu amestecuri etanol-benzină.

Caracteristica de viteză a motorului cu aprindere prin scânteie MAS este principala caracteristică [8], care reflectă dependența momentului de torsiune, puterii efective, consumului orar și specific al combustibilului de turațiile arborelui cotit.

La sarcina parțială a motorului $P_i/P_e=25\%$ puterea maximală (20-26 kW) a motorului este obținută la turații 1500 min^{-1} (fig.3). În cazul alimentării MAS cu amestecuri 3S, 4S (respectiv 30%, 40% de etanol) maximum puterii se obține la 2000 min^{-1} .

În cazul majorării gradului de solicitare a motorului maximum puterii se deplasează în regiunea turațiilor mai mari: $P_i/P_e=40\%$ - n (P_{\max})= $1500-2000 \text{ min}^{-1}$ (fig.4); $P_i/P_e=55\%, 70\%, 85\%$ - n (P_{\max})= $2000-2500 \text{ min}^{-1}$, (fig.5,6,7); $P_i/P_e=100\%$ - n (P_{\max})= $2500-3000 \text{ min}^{-1}$ (fig.8).

Deplasarea maximumului puterii motorului în regiunea turațiilor mari la deschiderea clapetei obturatorului se explică în primul rând prin majorarea suprafeței active a difuzorului carburatorului. În acest caz pentru menținerea raportului optimal dintre aer și combustibil este necesar de majorat debitului fluxului de aer, ce se înfăptuiește prin ridicarea turațiilor arborelui cotit.

La deschiderea clapetei 100% (caracteristica de viteză totală, fig.8) la MAS alimentat cu benzină maximum puterii este obținut la 3000 min^{-1} , ce corespunde caracteristicii tehnice motorului ZMZ-53. Iar în cazul alimentării lui cu amestecuri benzină-etanol maximum puterii și respectiv condiții optimale de lucru a motorului se obțin la turații mai mici: $2500-3000 \text{ min}^{-1}$ (fig.8,9).

La sarcina totală (fig.8) se observă micșorarea turațiilor n (P_{\max}) dacă concentrația etanolului în amestec crește de la 0% până la 30-40%. Majorarea concentrației etanolului până la 50% a dus la scăderea puterii motorului și turațiilor n (P_{\max}). Precum a fost menționat [5], toate acestea se întâmplă, probabil, de aceea că etanol în compoziția sa masică conține 35% de O_2 (benzina conține 0,4% O_2), care la concentrațiile etanolului 10-30% în amestec, $P_i/P_e=85-100\%$ permite la ardere în motor nu numai de micșorat turații optimale dar și de obținut puterea mai mare cu 10-20% în comparație cu MAS alimentat cu benzină pură (fig.5,6,7,8). Acest fenomen este și mai mult interesant, luând în considerație că căldura inferioară de ardere a etanolului (26,8 MJ/kg) este de 1,62 ori mai mică în raport cu benzină (43,53 MJ/kg).

Așadar, în anumite condiții amestecul etanol-benzină asigură puterea mai înaltă a motorului decât benzină pură datorită, probabil, în primul rând concentrației majorate a oxigenului și gradului de ardere a combustibilului mai amplu.

Pentru $P_i/P_e=25-40\%$ și $P_i/P_e=100\%$, $n = 2500-3000 \text{ min}^{-1}$ (fig. 8) condițiile de formare a amestecului de lucru cu aer nu sunt optimale pentru benzină-etanol: în comparație cu benzină puterea motorului scade cu 12-22%. Probabil că aceasta se întâmplă din cauza densității mai înalte a etanolului și surplusului de O_2 în camera de ardere.

Analiza consumului specific al combustibilului demonstrează că majorarea gradului de solicitare a motorului de la 25% până la 100% deplasează valoarea minimă g_e în limitele relativ înguste: $1500-2000 \text{ min}^{-1}$ (fig. 10).

Conform datelor [9] la majorarea turațiilor arborelui cotit viteza fluxului în difuzorul carburatorului, starea termică a camerei de ardere a motorului se schimbă într-așa mod că îmbunătățesc formarea amestecului de lucru a combustibilului cu aer, totodată coeficientul excesului de aer α trebuie să fie în creștere în limite admisibile. Probabil că pentru gradul de solicitare $P_i/P_e=25\%$ raportul optimal dintre componenții procesului de ardere se obține la 1500 min^{-1} , schimbarea gradului de solicitare până la 100% este cauza deplasării maximumului puterii până la turații 2500 min^{-1} în cazul alimentării motorului cu amestecuri benzină-etanol.

Așadar, pentru MAS alimentat cu amestecuri benzină-etanol regim de lucru optimal care asigură puterea înaltă și consumul specific mic este: $n=2000-2500 \text{ min}^{-1}$, $P_i/P_e = 55-100\%$. Utilizarea amestecului permite apropierea turațiilor care asigură puterea P_e maximală și consumul specific g_e minimal.

Alegerea componenței și concentrației optimale a amestecului se efectuează în baza analizei dependenței P_e , $g_e = f(C \text{ etanolului})$, fig.11-14. Analiza acestor dependențe evidențiază următoarele:

- etanol obținut din sorg zaharat în amestec cu benzină (cu concentrația etanolului până la 30%) asigură motorului parametrii energetici și economici mai bune decât etanol fabricat din fracții frunte-coadă din vinificație.
- La gradul de solicitare a motorului înalt ($> 40\%$) și concentrația etanolului 10-20% în amestec se obțin parametrii energetici (P_e) și economici (g_e) egali sau mai buni decât la utilizarea benzinei.

Rezultatele măsurărilor componenței chimice a gazelor de eșapament (tab.3) demonstrează că în comparație cu benzina curată în amestecuri etanol-benzină concentrația CO se reduce cu 1,5-3,4 ori la $P_i/P_e=40\%$ și cu 1,05-2,16 ori la $P_i/P_e=85\%$, concentrația CH în gazele de eșapament produse de la arderea amestecurilor este mai înaltă decât în gaze de la arderea benzinei.

Este necesar de menționat că bioxid de carbon este dăunător într-o măsură mai mare pentru mediul înconjurător în comparație cu carbohidri. Se observă evident tendința de micșorare concentrației CO și nu atât de evident –de majorare concentrației CH concomitent cu creșterea concentrației etanolului în amestec.

Cu creșterea concentrației etanolului se majorează și concentrația oxigenului în amestec, care stimulează arderea completă a combustibilului și respectiv reducerea concentrației CO.

Probabil că etanol conține în comparație cu benzina o cotă specifică mai mare de carbohidri care greu se oxidează, adică ard la temperaturi înalte. Totuși concentrația CH în gazele de eșapament studiate este mult inferioară normelor admisibile.

Tabel 3 - Rezultatele măsurărilor gazelor de eșapament la motorul cu aprindere prin scânteie

Regimul de lucru	CO, % de volum	CH, ppm
combustibil – benzină curată		
$P_i/P_e=40\%$	1.94	167
$P_i/P_e=85\%$	2.27	119
combustibil – benzină amestecată cu 10% de alcool etilic		
$P_i/P_e=40\%$	0.82	263
$P_i/P_e=85\%$	2.19	190
combustibil – benzină amestecată cu 20% de alcool etilic		
$P_i/P_e=40\%$	1.25	475
$P_i/P_e=85\%$	2.86	219
combustibil – benzină amestecată cu 30% de alcool etilic		
$P_i/P_e=40\%$	1.23	429
$P_i/P_e=85\%$	1.86	329
combustibil – benzină amestecată cu 40% de alcool etilic		
$P_i/P_e=40\%$	0.63	239
$P_i/P_e=85\%$	1.05	541
combustibil – benzină amestecată cu 50% de alcool etilic		
$P_i/P_e=40\%$	0.57	307
$P_i/P_e=85\%$	1.23	405

Note: 1. $P_i/P_e=\lambda$ - gradul de solicitare a motorului

2. Norma admisibilă conform ГOCT-17.2.2.03-87 pentru CO=3.5%, CH=3000 ppm.

3. Măsurările au fost efectuate de specialiștii laboratorului ecologic central Copacinski Gh., Grăguțan I., Conțedailova O.

Concluzii și propuneri

1. Cercetările efectuate au demonstrat posibilitatea tehnică de utilizare etanolului obținut din sorg zaharat și fracții frunte-coadă industriei de vinificație în amestec cu benzină pentru alimentarea motorului cu aprindere prin scânteie.

2. Etanol din sorg zaharat în amestec cu benzină a permis obținerea rezultatelor mai performante decât etanol din fracții frunte-coadă.
3. Regimuri optimale de funcționare a motorului ZMZ -53 ($\epsilon=7,2$) sunt:
concentrația etanolului $c=10-20\%$; turații arborelui cotit $n=2000-2500 \text{ min}^{-1}$;
gradul de solicitare a motorului $\lambda=50\%-100\%$.
Aceste regimuri asigură funcționarea stabilă a motorului, parametrii economici (g_e) și energetici (Pe) înalți, reducând concentrația în gazele de eșapament a bioxidului de carbon.
4. Pentru aprecierea durabilității și fiabilității funcționării motorului alimentat cu amestec etanol-benzină, precizarea parametrilor economici și energetici este necesar de efectuat testările MAS în condiții de exploatare.

Bibliografie

1. Hăbășescu I., Cerempei V., Deleu V. Energia din biomasă: starea și perspective de utilizare. Informație expres INEI: Chișinău, 2004 – 9 p.
2. Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е. Перспективные топлива для автомобилей. М., Транспорт:1979-151 с.
3. Михненко Е.А., Олейничук С.Т., Биоэтанол: современное состояние и протресирование технологии Тезисы международной конференции «Энергия из биомассы», Киев, 20...22.09.2004 . с.251...252
4. Халл А., Голубков И., Маранджева Т. Альтернативное топливо для стандартного двигателя с воспламенением от искры. Идем:-с 298-300.
5. Hăbășescu I., Novorojdin D., Golomoz A., Cerempei V. Potențialul utilizării combustibililor de origine vegetală pentru transportul auto. Chișinău, Informație expres INEI: 2004-12 p.
6. Итинская Н.И Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. М. Колос, 1974-352 с.
7. Graham E.E. Metanol from natural gas engine fuel. Chem. Div. Sci. and Ind. Res. Rept., N2215, 1976,120 p.
8. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. М. Колос,1984-335 с.
9. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. М. Высшая школа, 1980-350 с.

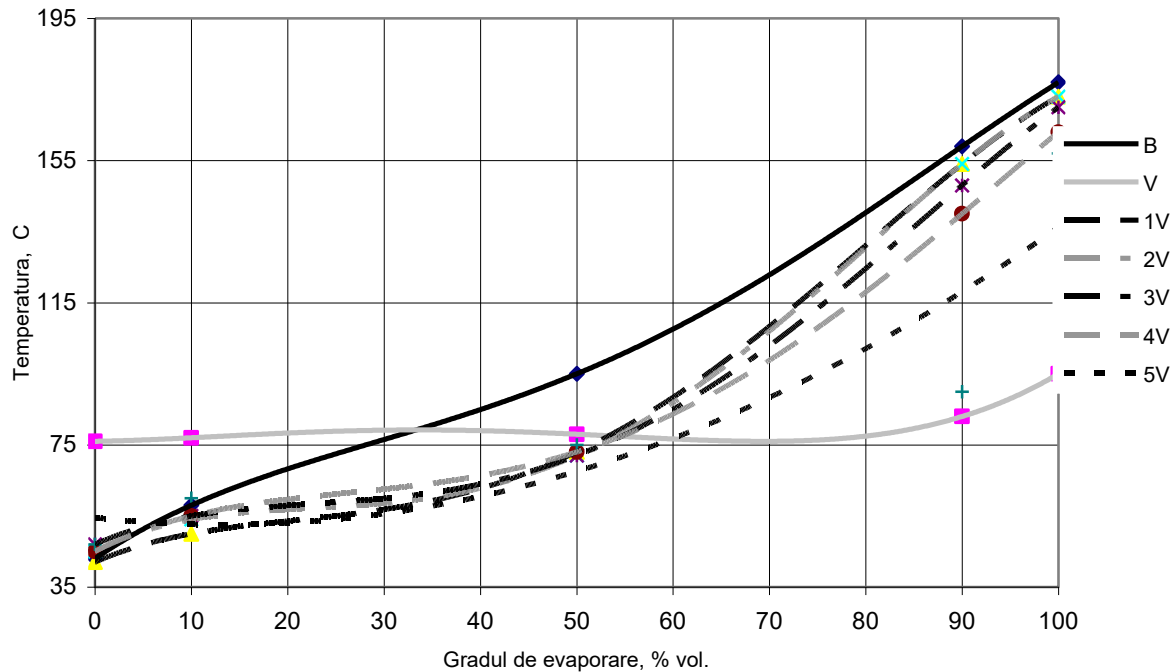


Fig.1. Modificarea componenței fracționale a combustibilului în baza benzinei A-76 (B) cu adaosul etanolului (V) din fracții frunte-coada (1V...5V-amestec cu concentrația etanolului V respectiv 10..50%)

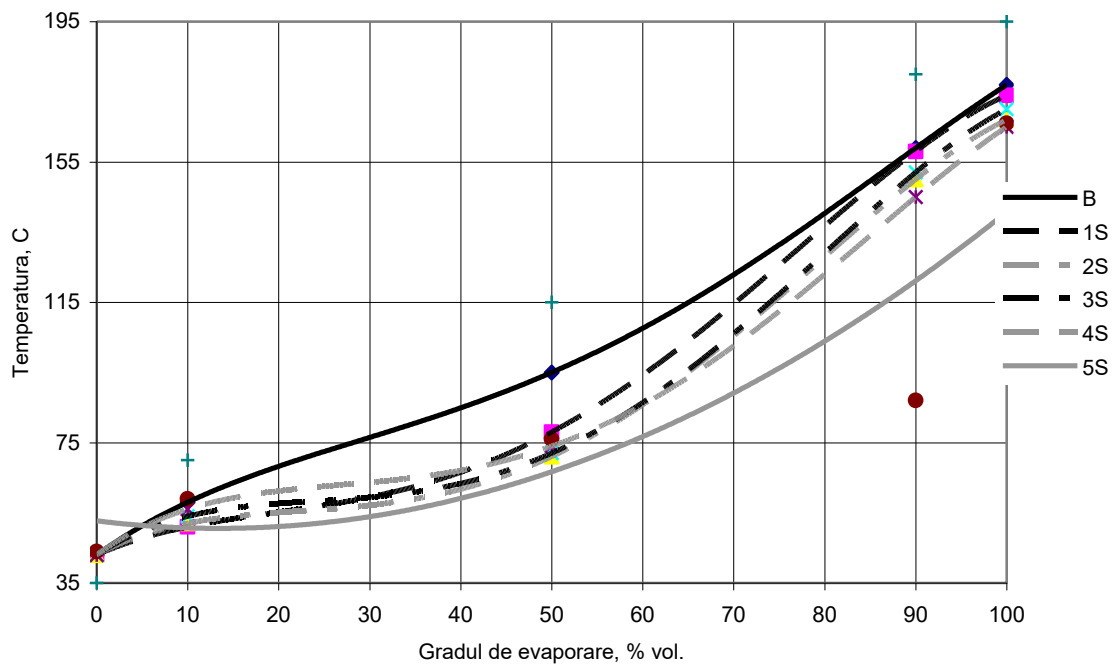


Fig.2. Modificarea componenței fracționale a combustibilului în baza benzinei A-76 (B) cu adaosul etanolului (S) din sorg zaharat (1S...5S-amestec cu concentrația etanolului S respectiv 10..50%)

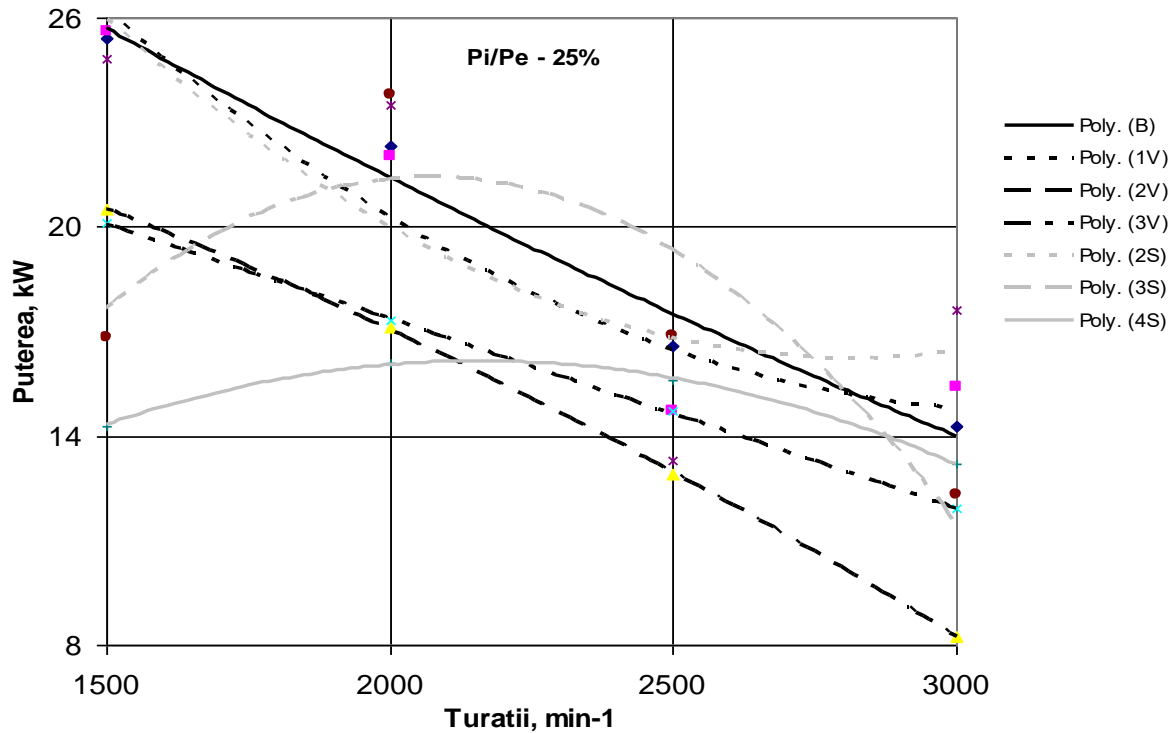


Fig.3. Dependența puterii motorului de turațiile arborelui cotit
($P_i / P_e = \lambda$ – gradul de solicitare a MAI)

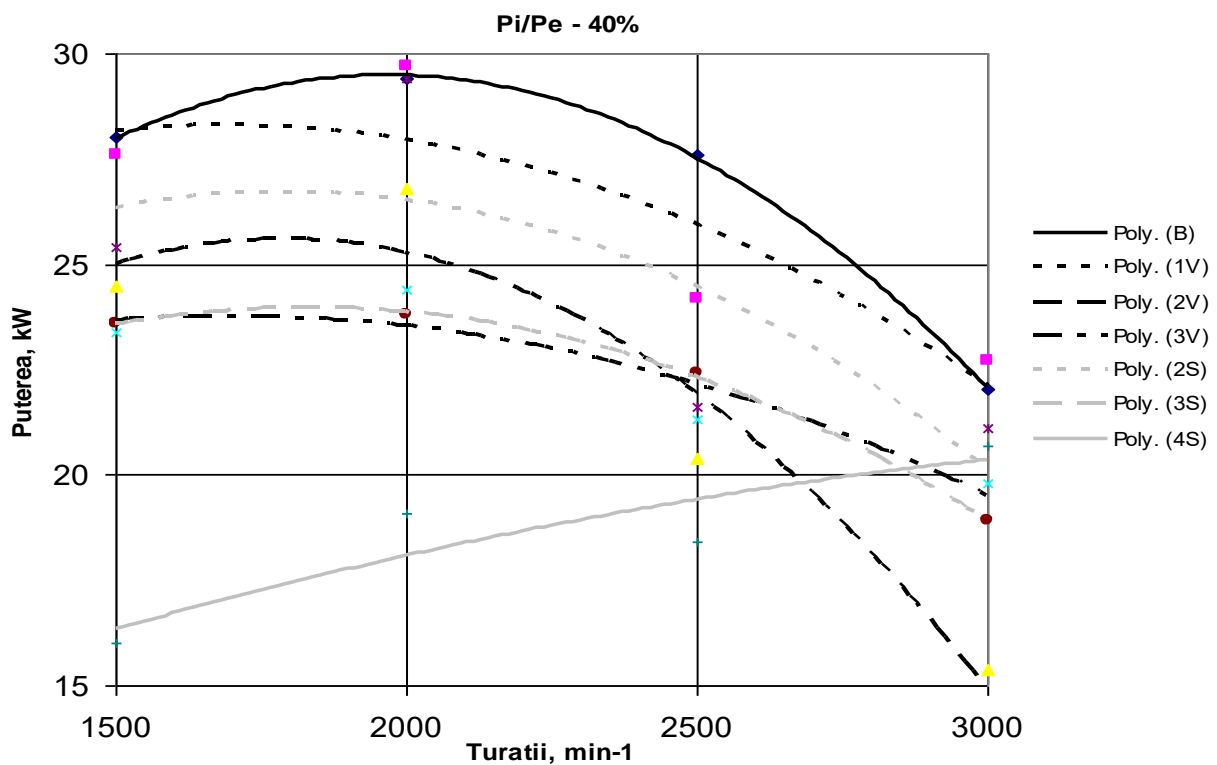


Fig.4. Dependența puterii motorului de turațiile arborelui cotit
($P_i / P_e = \lambda$ – gradul de solicitare a MAI)

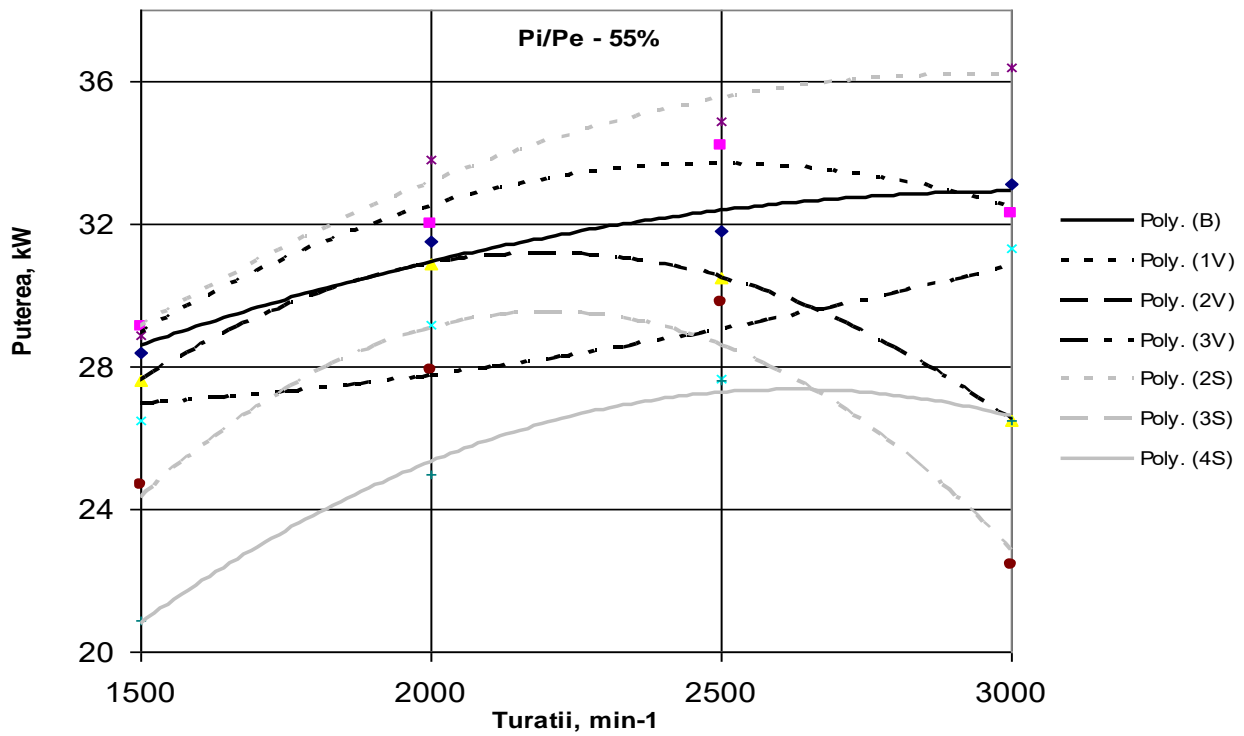


Fig.5. Dependenta puterii motorului de turatiile arborelui cotit
($P_i / P_e = \lambda$ – gradul de solicitare a MAI)

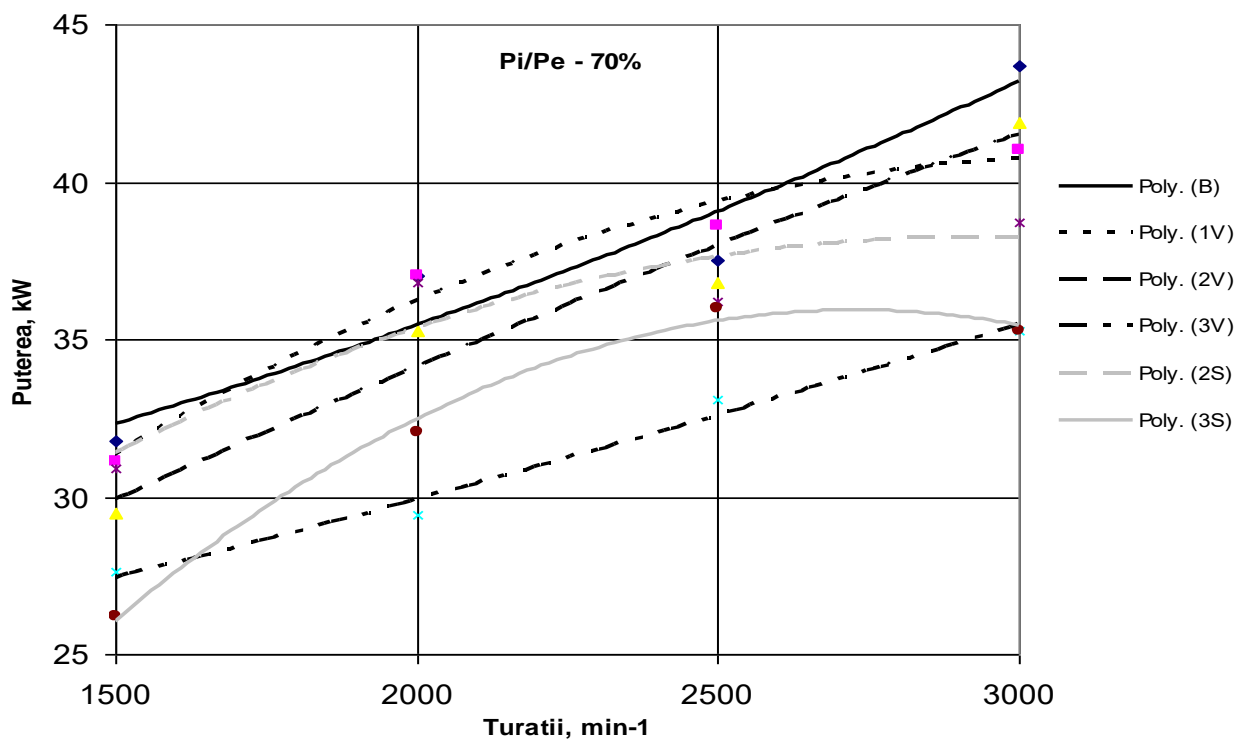


Fig.6. Dependenta puterii motorului de turatiile arborelui cotit
($P_i / P_e = \lambda$ – gradul de solicitare a MAI)

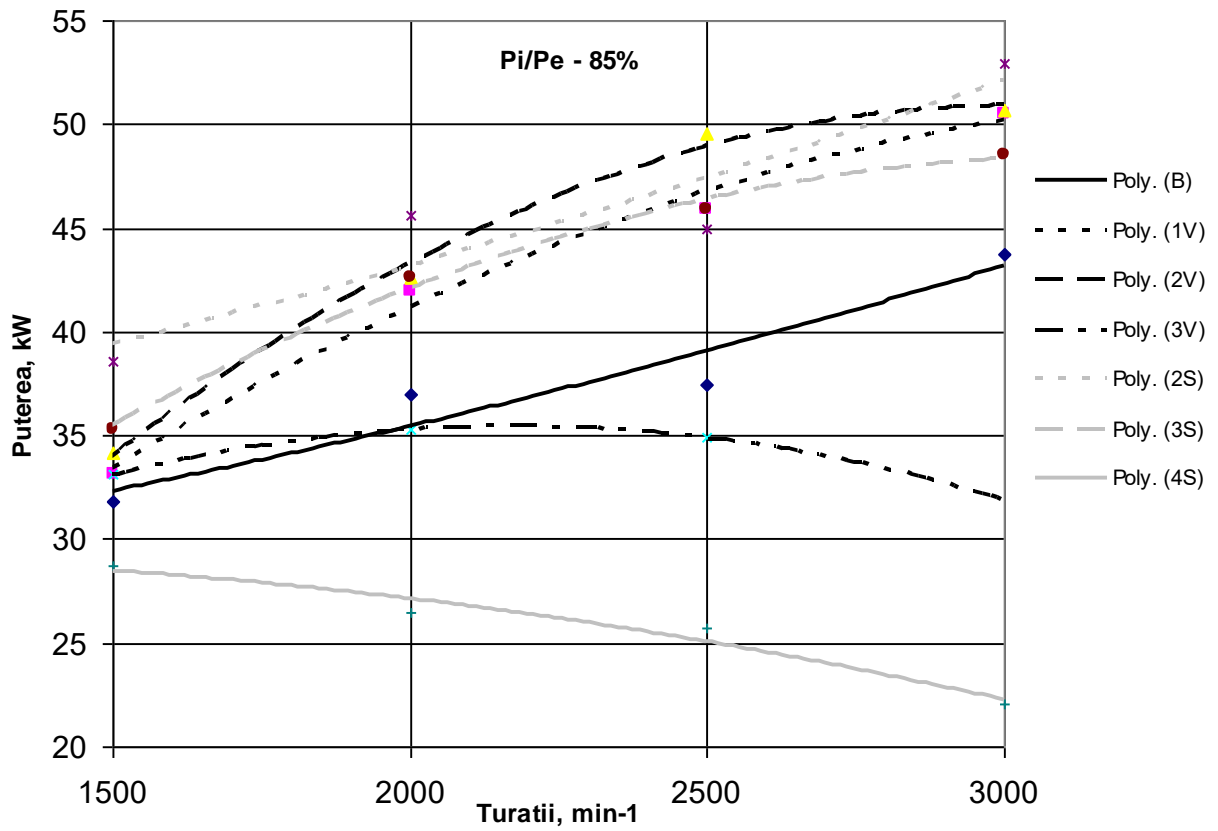
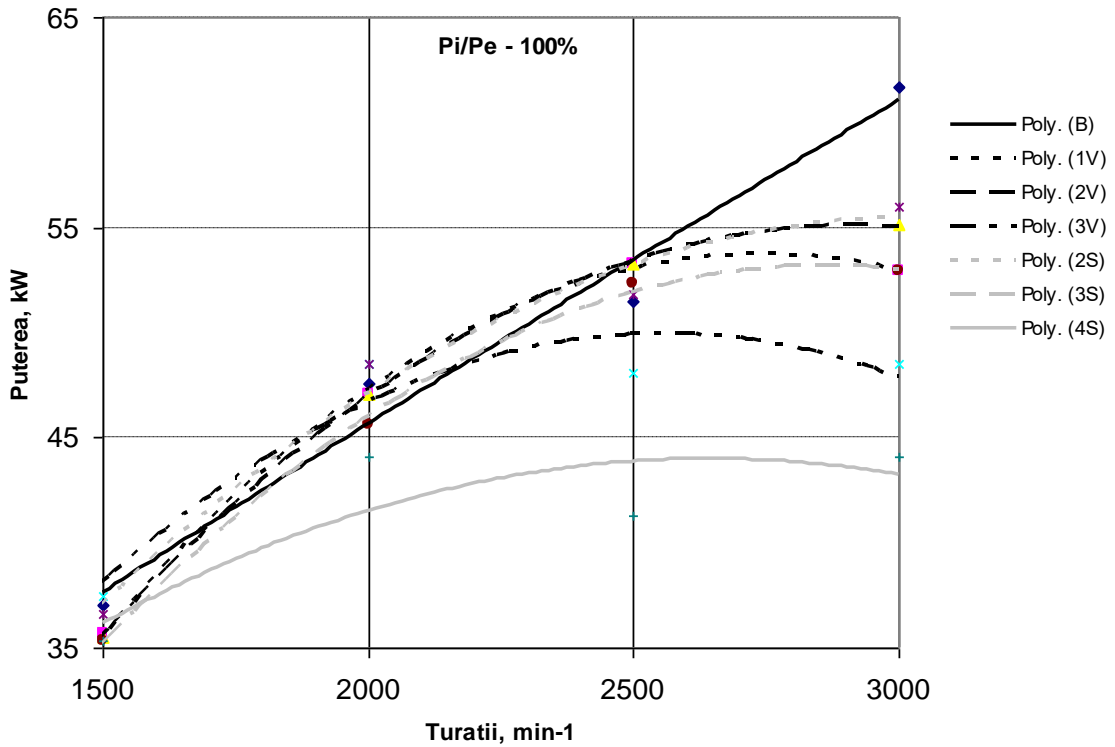


Fig.7. Dependența puterii motorului de turațiile arborelui cotit
($P_i / P_e = \lambda$ – gradul de solicitare a MAI)

Fig.8.



Dependența puterii motorului de turațiile arborelui cotit
($P_i / P_e = \lambda$ – gradul de solicitare a MAI)

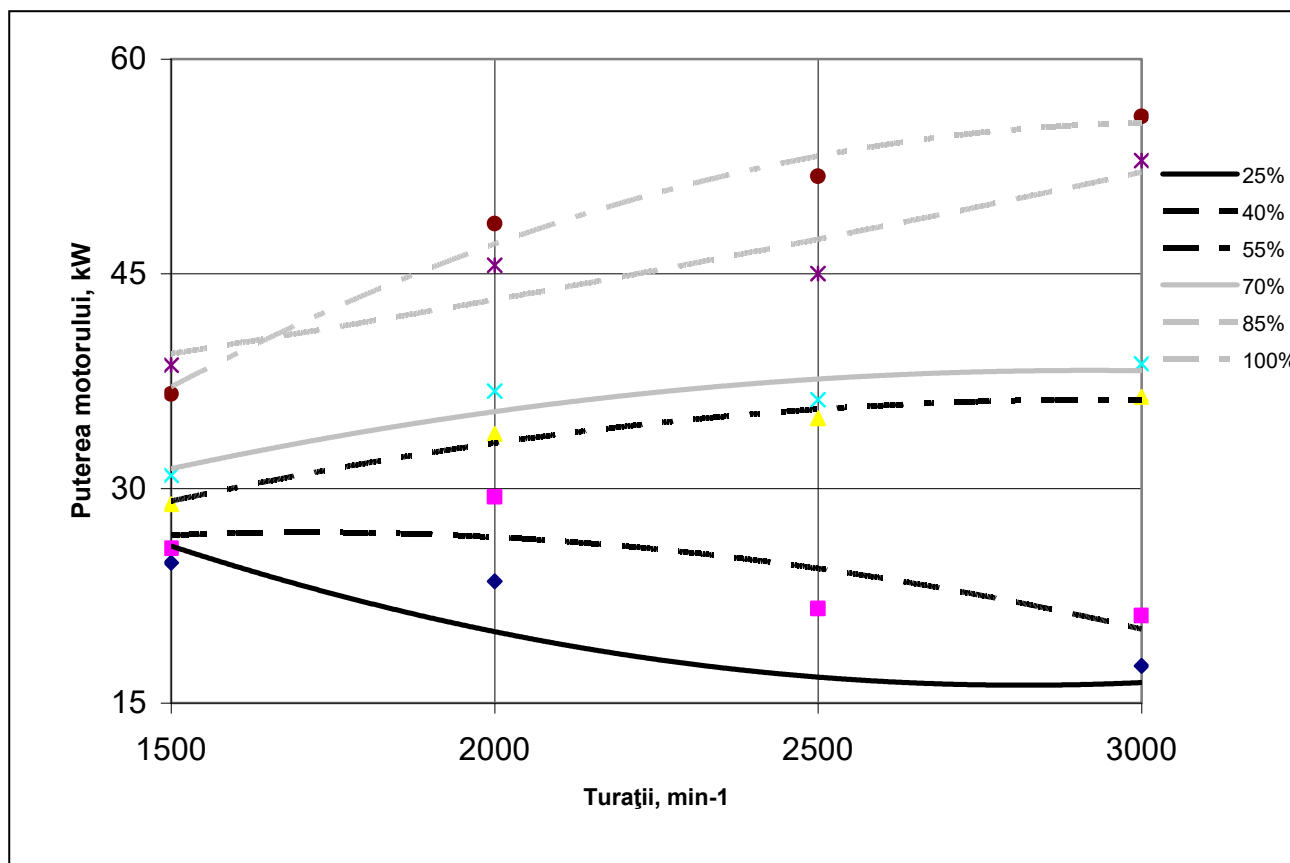


Fig.9. Dependența puterii motorului alimentat cu amestec benzina-etanol din sorg zaharat(20%) de turații arborelui cotit

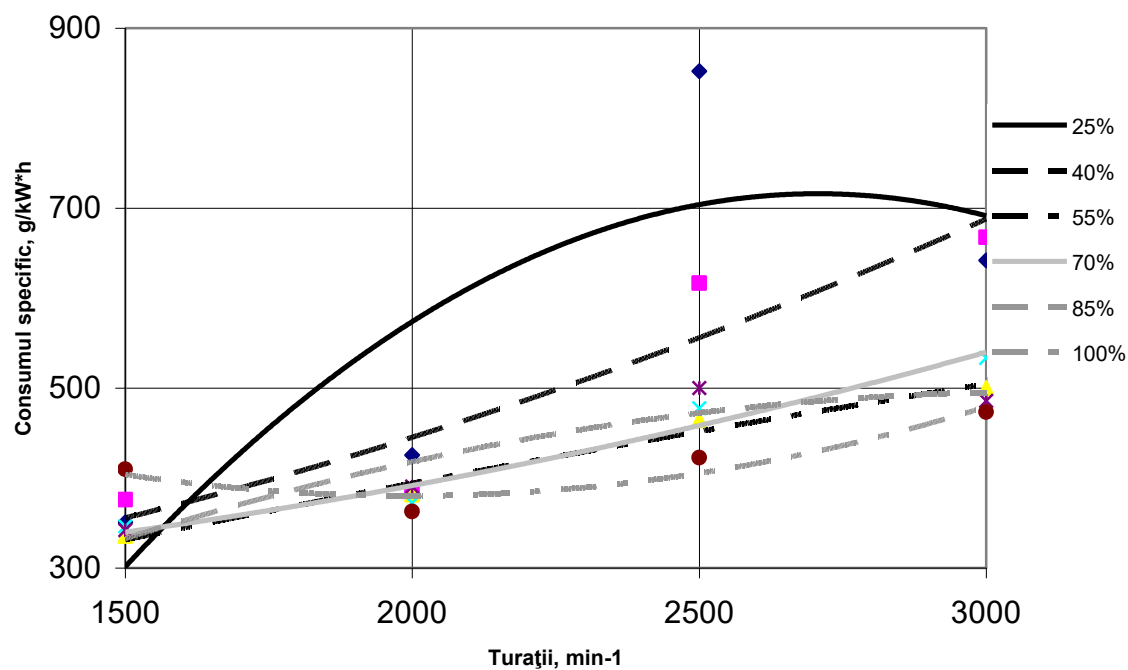


Fig.10. Dependența consumului specific motorului alimentat cu amestec benzina-etanol din sorg zaharat(20%) de turații arborelui cotit

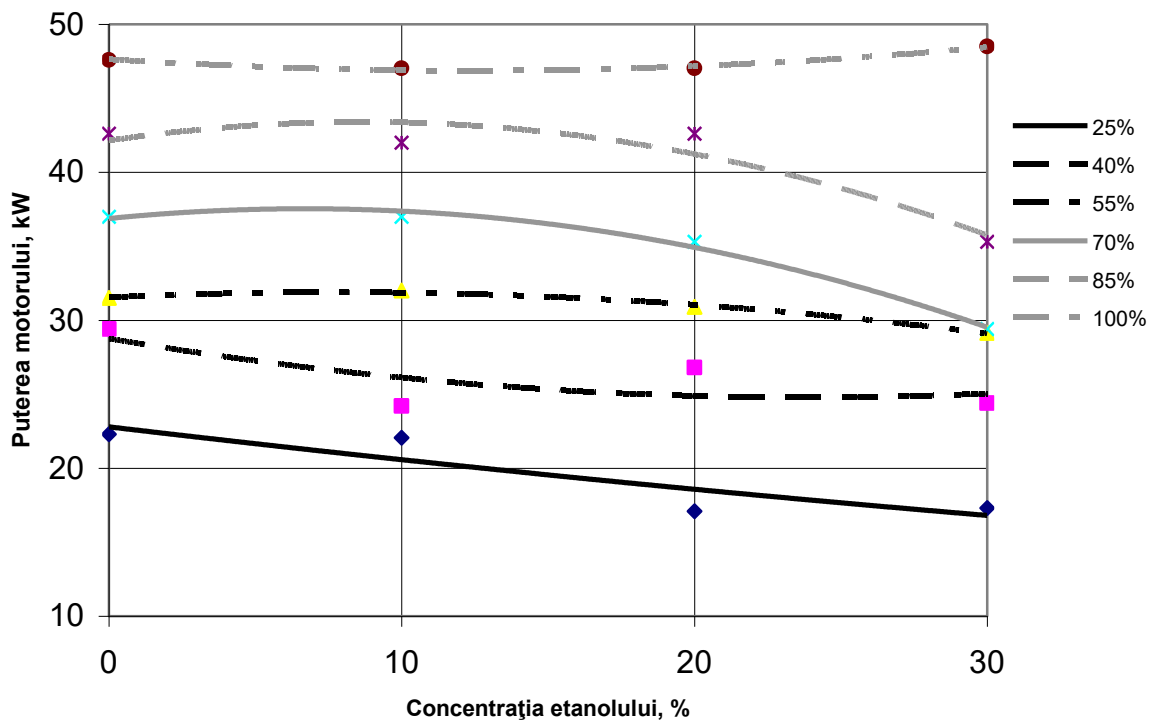


Fig.11. Dependența puterii motorului de concentrația etanolului obținut din fracții frunte-coada din vinificație ($n=2000 \text{ min}^{-1}$)

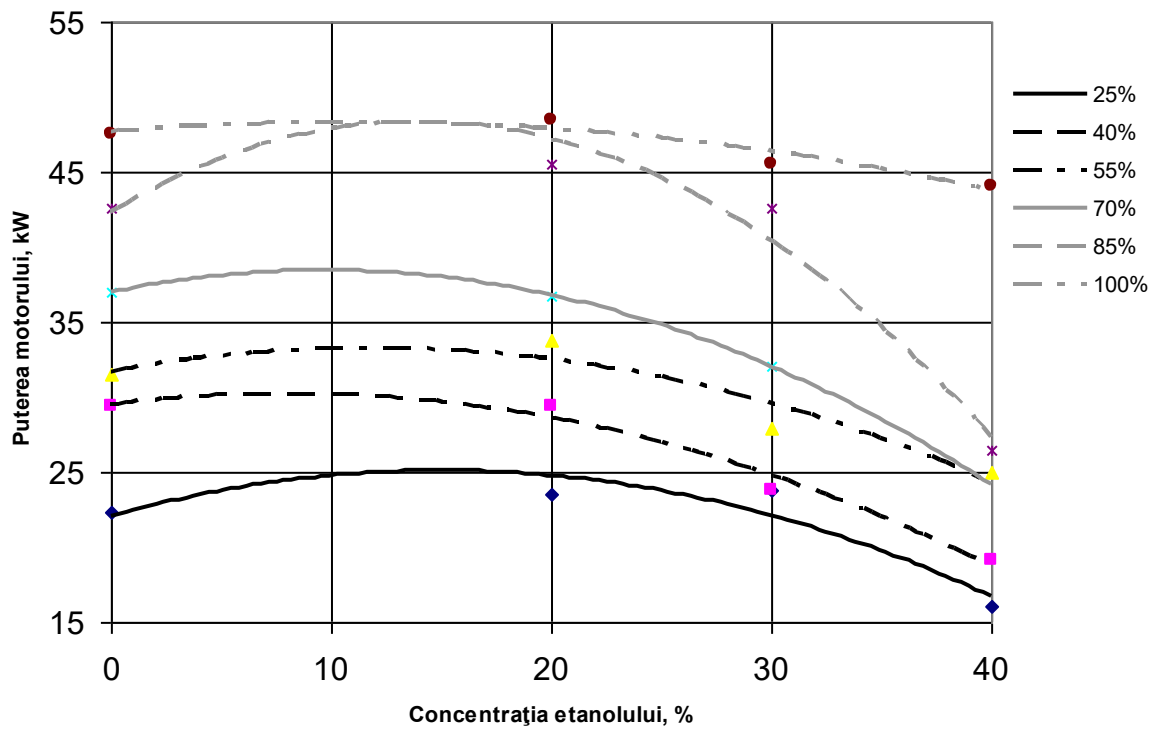


Fig.12. Dependența puterii motorului de concentrația etanolului obținut din sorg zaharat ($n=2000 \text{ min}^{-1}$)

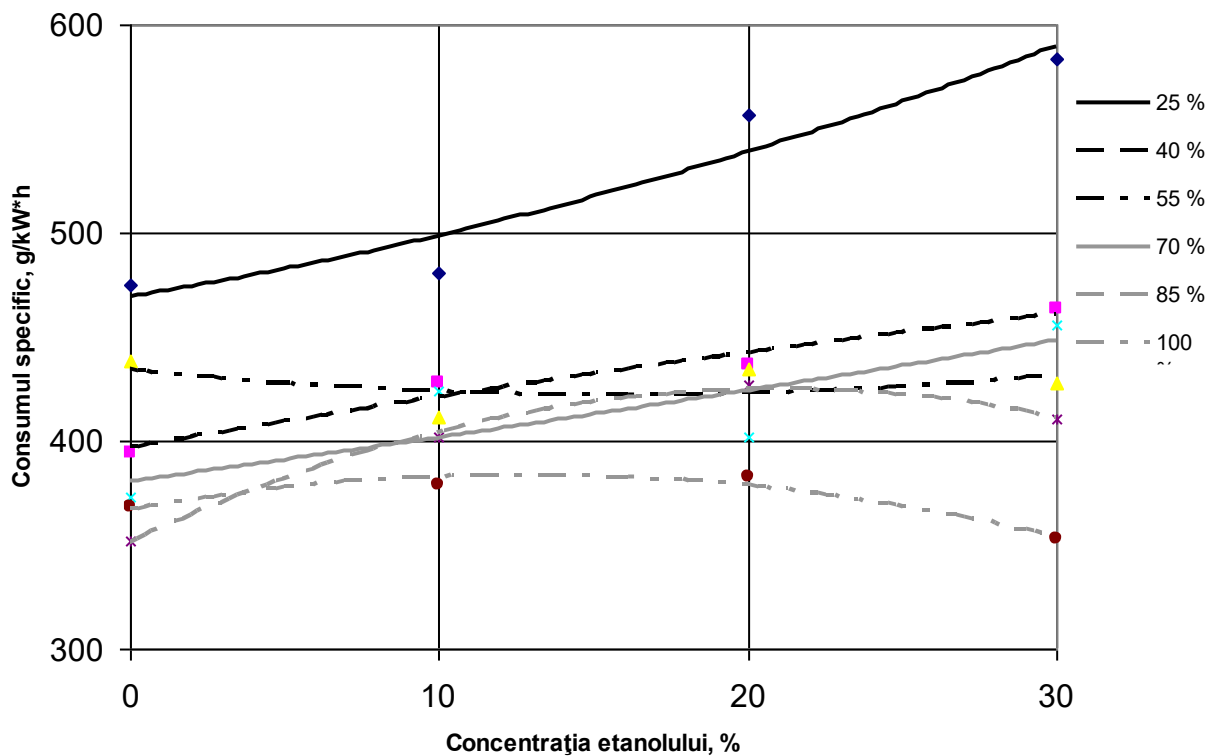


Fig.13. Dependența consumului specific de concentrația etanolului obținut din fracții frunte-coada din vinificație ($n=2000 \text{ min}^{-1}$)

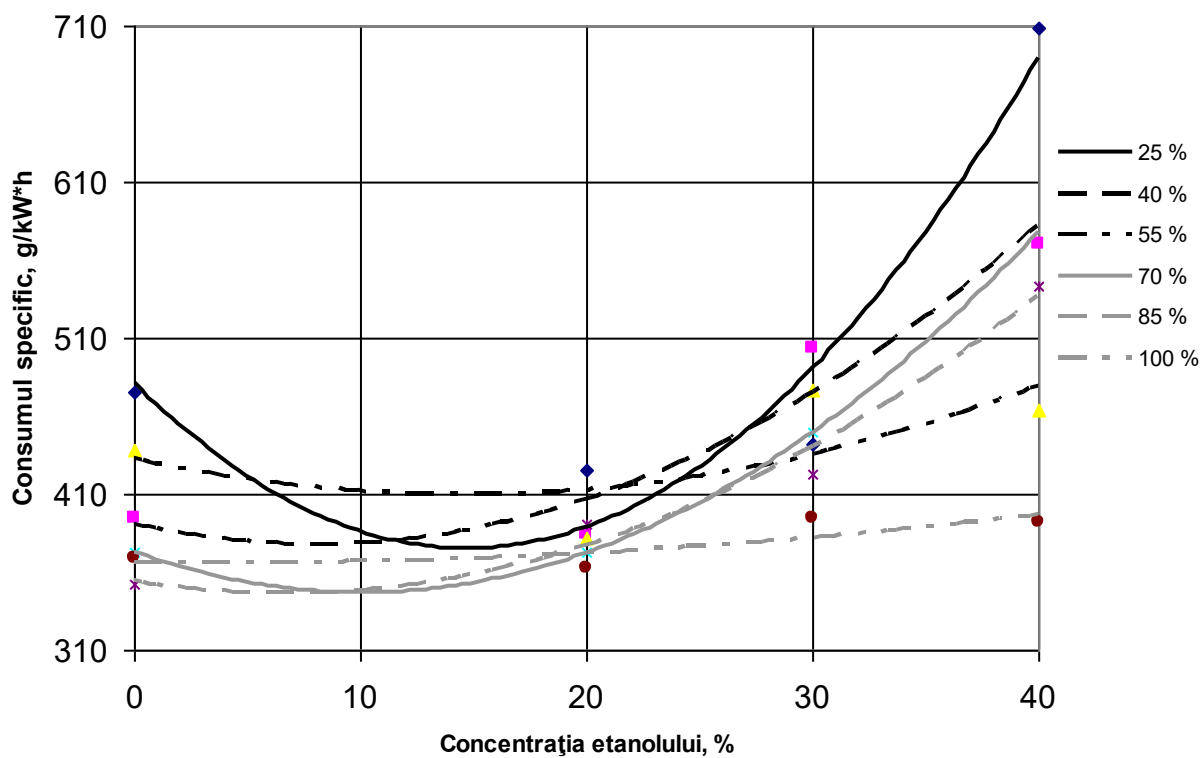


Fig.14. Dependența consumului specific de concentrația etanolului obținut din sorg zaharat ($n=2000 \text{ min}^{-1}$)