

CZU 662.754

PRODUCEREA ȘI UTILIZAREA BIOCOMBUSTIBILILOR ÎN BAZA ALCOOLILOR MONOATOMICI

*Valerian CEREMPEI**Institutul de Tehnică Agricolă "Mecagro", Republica Moldova*

Abstract. The aim of the research is comprehensive and efficient valorization of biomass energy potential by developing the technology and technical means of production and use of biofuels based on monatomic alcohols. The accomplishment of this purpose required to achieve the following objectives: analysis of the current state; development of technology and technical means for sweet sorghum harvest and processing; technical-experimental argumentation of eco-gasoline composition; researching the quality of developed technical means and engines fuelled with biofuels; estimating the economic effects and development of practical recommendations. As a result of performed investigations there were obtained monatomic alcohols mixtures (ethanol, butanol) with gasoline of low octane number, which insure technical, economic, ecologic and social efficiency of their production and use.

Key words: Biofuel; Sweet sorghum; Technology; Eco-gasoline; Ethanol.

Rezumat. Scopul cercetării este valorificarea complexă și eficientă a potențialului energetic provenit din biomasă prin elaborarea tehnologiei și mijloacelor tehnice de producere și utilizare a biocombustibililor în baza alcoolilor monoatomici. Realizarea scopului propus a necesitat soluționarea următoarelor obiective: analiza stadiului actual, elaborarea tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat; argumentarea tehnico-experimentală a compoziției ecobenzinelor; cercetarea calității mijloacelor tehnice elaborate și a motoarelor alimentate cu biocombustibili; estimarea efectelor economice și elaborarea recomandărilor practice. Drept rezultat al lucrărilor efectuate sunt obținute amestecuri ale alcoolilor monoatomici (etanolului, butanolului) cu benzina cu cifra octanică redusă, care asigură eficiența tehnico-economică, ecologică și socială în producția și utilizarea lor.

Cuvinte-cheie: Biocombustibil; Sorg zaharat; Tehnologie; Ecobenzină; Etanol.

INTRODUCERE

Resursele regenerabile de energie reprezintă una dintre variantele sigure de înlocuire a combustibililor fosili în lume, inclusiv în Republica Moldova. Conform angajamentelor asumate, către anul 2020 se estimează o creștere a nivelului de energie regenerabilă de până la 20% din totalul energiei folosite la nivel european (Rezoluția Parlamentului European 2009; Duca, Gh. 2010). În anul 2004, Parlamentul Republicii Moldova a adoptat ca direcție strategică pentru activitatea de cercetare-dezvoltare eficientizarea complexului energetic și asigurarea securității energetice, inclusiv prin folosirea surselor regenerabile.

Deși resursele regenerabile de energie (solară, eoliană, a biomasei etc.) sunt folosite din momentul existenței vieții umane pe Pământ, volumul și randamentul folosirii acestora în ultimii 100–150 de ani cedează semnificativ în favoarea combustibililor fosili. Principala cauză a acestei cedări este cunoașterea insuficientă a multor aspecte ce țin de valorificarea resurselor regenerabile de energie.

Cei mai mari consumatori de resurse energetice sunt mijloacele tehnice dotate cu motoare cu ardere internă (MAI), care consumă actualmente cca 35% din volumul total al resurselor energetice primare utilizate (Cerempei, V. 2014). În același timp, mijloacele de transport, împreună cu alte mijloace energetice (centralele electrotermice, obiectele industriale etc.), emană anual în atmosferă cca 6 mlrd. tone de CO₂. Conform estimărilor specialiștilor, în ultimii 100 de ani conținutul de CO₂ în atmosferă a crescut cu 30% (Hăbășescu, I. et al. 2014). Amploarea și gravitatea proceselor poluante este tot mai acută și reprezintă o amenințare serioasă pentru planeta noastră. O mare parte din poluanții din atmosferă sunt rezultatul combustibililor folosiți la alimentarea motoarelor cu ardere internă.

Actualmente, majoritatea motoarelor cu ardere internă sunt alimentate cu benzină și motorină, care se disting prin performanțe înalte, dar și costuri pe măsură. Prețurile la produsele petroliere sunt în permanentă creștere și sunt greu de controlat. La aceasta se mai adaugă și scăderea rezervelor de petrol, precum și faptul că cele mai mari rezerve de petrol se află în zone geopolitice sensibile. De aceea trebuie căutate în permanență metode de înlocuire a combustibililor fosili cu cei regenerabili.

Utilizarea unor alcooli monoatomici pentru alimentarea motoarelor cu ardere internă devine o practică tot mai răspândită în diferite țări. Astfel, folosirea etanolului la alimentarea autovehiculelor a fost înregistrată în anul 1908, când firma Ford (SUA) a început să producă automobile (model T) care

puteau fi alimentate cu benzină, etanol sau cu amestecul acestora. Astăzi cei mai mari producători de etanol sunt Brazilia și SUA. Aceste țări produc împreună peste 85% din etanolul de pe piața mondială.

Producția etanolului în scop energetic a fost asimilată pe larg în anii 70 ai secolului trecut. În această perioadă atenția cercetătorilor a fost focusată, în mod prioritar, spre studiul proprietăților de exploatare a alcoolilor monoatomici și a amestecurilor combustibile metanol-benzină, etanol-benzină. Cercetătorii din SUA (Lowus, S.O., Devote, R.S. 1976; Turon, M. 1998; LoRusso, J.A., Tabaczynski, R.J. 1976), Brazilia (de Carvalho Neto, Carlos Coelho, Schulte, D.O. et al.; Goldemberg, I., Teixeira, C. et al. 2004; Lanzer, T., von Meien, O.F., Yamamoto, C.I. 2005), Germania (Schaffrath, M. 1975) au studiat performanțele motoarelor alimentate cu biocombustibili: capacitățile de pornire, parametrii energetici și economici, compoziția chimică a gazelor de eșapament etc.

Experiența acumulată cu privire la folosirea alcoolilor monoatomici la alimentarea MAI a demonstrat posibilități reale de utilizare a biocombustibililor. Folosirea acestora în proporții de 15–20% în amestec cu benzină prezintă, practic, aceleași performanțe energetice și economice (puterea motorului, consum specific al combustibilului) ca în cazul alimentării cu benzină curată. Totodată, datorită măririi eficienței de ardere a biocombustibilului, concentrația de CO₂ și CO în gazele de eșapament la motoarele alimentate cu amestecuri din alcoolii monoatomici și benzină este mai mică decât la motoarele alimentate doar cu benzină.

Cercetările ulterioare efectuate în fosta URSS (Smal', F.V., Arsenov, E.E. 1979), Rusia (Makarov, V.V. et al. 2005), Ucraina (Mihnenko, E., Olijničuk, S. 2004), Uzbekistan (Sajdahmedov, S.I. 2005), China (Gao, J., Iang, D., Huang, Z. 2007) și, în special, în România (Manea, Gh., Georgescu, M. 1992; Apostolache, N., Sfințeanu, D. 1989; Borta, V.M., Segal, B. 1988) au confirmat rezultatele obținute de cercetătorii din SUA, Brazilia și, Germania. A fost studiată de asemenea activitatea corozivă a alcoolilor monoatomici, care necesită înlocuirea unor materiale din sistemul de alimentare MAIS, camera de ardere rămânând neschimbată. Totodată a fost demonstrată ineficiența utilizării practice a metanolului pentru combustie în motor din cauza valorilor înalte ale activității corozive și ale concentrației de substanțe nocive în gaze de eșapament. Metanolul se recomandă a fi folosit pentru obținerea esterilor care îmbunătățesc proprietățile benzinei.

Utilizarea masivă a etanolului a provocat creșterea prețului la zahăr și la porumb (Goldemberg, I., Teixeira, C. et al. 2004; Lanzer, T. et al. 2005), generând 2 probleme: a) asigurarea cu materie primă a procesului de producție a etanolului; b) producerea automobilelor dotate cu motoare hibride.

Cercetările au stabilit că prețul etanolului poate fi estimat la cel mai scăzut nivel în cazul producerii acestuia din trestia de zahăr și sorg zaharat (Borta, V.M., Segal, B. 1988). De aceea cercetătorii din România (Goian, M., Antohe, I. 1991), Italia (Giuliano, G., Pietro Moncada P.C., Zibetta, H. 1992), Republica Moldova (Moraru, Gh. 2000) au studiat posibilitatea cultivării, recoltării și procesării sorgului zaharat, care este mai potrivit pentru condițiile pedoclimatice din Europa de Sud. Rezultatele prealabile obținute demonstrează eficiența cultivării sorgului zaharat pentru producția alcoolilor, dar există un șir de factori de ordin tehnic, economic și de mediu care influențează producția de sorg zaharat și care necesită o abordare argumentată științific și studii ulterioare.

Pentru valorificarea potențialului existent sunt necesare tehnologii și mijloace tehnice eficiente de recoltare și procesare a sorgului zaharat specifice condițiilor Republicii Moldova, metode și mijloace de preparare a amestecurilor combustibile. Informația din literatura de specialitate privind subiectele menționate nu este suficientă pentru a face o argumentare plauzibilă referitoare la posibilitatea și eficiența producerii etanolului în condițiile Republicii Moldova, iar informația disponibilă adesea poartă un caracter fragmentar și contradictoriu. Se impune astfel necesitatea unor cercetări complexe privind optimizarea compoziției biocombustibililor formați în amestec cu alcoolii monoatomici, argumentarea tehnologiilor și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat, pentru dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor lichizi, crearea unor baze de date experimentale și de încercări de exploatare referitoare la caracteristicile, proprietățile elaborărilor concepute în lucrare și valorificarea acestora.

Scopul lucrării constă în valorificarea complexă și eficientă a potențialului energetic al biomasei prin elaborarea tehnologiei și a mijloacelor tehnice de producere și utilizare a biocombustibililor în baza alcoolilor monoatomici.

MATERIAL ȘI METODĂ

Pentru recoltarea sorgului zaharat a fost elaborată o combină (fig. 1), care permite obținerea fragmentelor de tulpini cu lungimea 150-200 mm, separate de frunze și panicule, ultimele fiind acumulate în remorcă, aparte. Cercetările procesului de stoarcere a sucului din tulpinile sorgului zaharat au fost efectuate pe macheta preseii cu 3 valțuri (fig. 2 a), iar încercările de exploatare – pe linia tehnologică (fig. 2 b,c).

Încercările de exploatare a combinei și a liniei de presare au fost efectuate în comun cu specialiștii Stației de Stat pentru Încercarea Mașinilor, conform cerințelor documentației tehnice în vigoare. Cercetările și încercările metodei de preparare a amestecurilor combustibile au fost efectuate pe instalații care asigură curgerea lichidului prin orificii calibrate sub influența suprapresiunii cu o valoare constantă (Fig. 3).

Caracteristicile de stand au fost obținute la catedrele de specialitate ale Universității Agrare de Stat din Moldova și Universității Tehnice a Moldovei pentru motoarele ZMZ 53 și din seria VAZ (VAZ 2101, VAZ 2103, VAZ 2106). Caracteristicile motoarelor au fost obținute pe standul MPB 100 și M 2812-4 (producător – firma VSETIN, Cehia), obținute în conformitate cu GOST 14846, cu solicitare parțială a motorului testat $I = P/P_e = 25,40,55,70,85\%$ și cu solicitare totală $I = P/P_e = 100\%$.

În procesul măsurărilor emisiilor gazelor de eșapament s-au determinat concentrația oxidului de carbon (CO) și hidrocarburilor (CH). Gazele emise au fost măsurate în conformitate cu GOST 17.2.2.03, folosindu-se gazoanalizatorul GIAM 29 și cromatograful HP 589011 (SUA).

Încercările de exploatare au fost efectuate pe motoare VAZ 2103, instalate pe automobile IJ 2717 și alimentate cu benzină Premium-95, ecobenzina E20 (amestec de 20% etanol în benzină), ecobenzina B20 (amestec de 20% butanol în benzină).



Figura 1. Combina de recoltat sorg zaharat elaborată în cadrul Institutului „Mecagro”

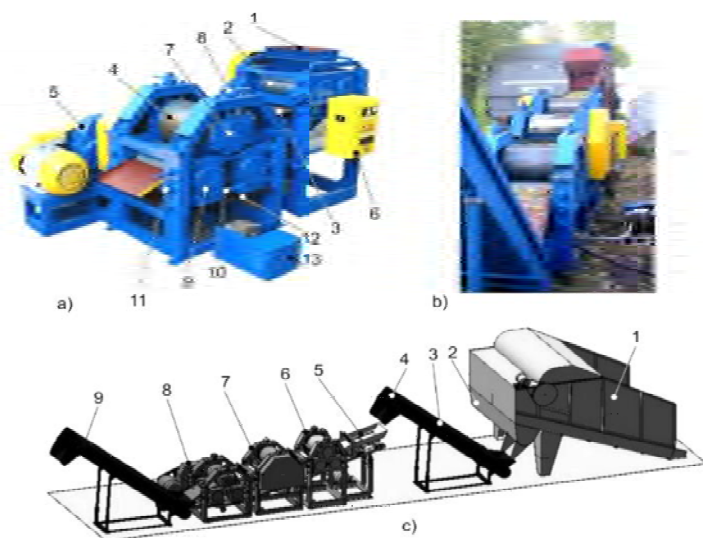


Figura 2. Utilaje ITA „Mecagro” pentru procesarea sorgului zaharat: a - macheta preseii; b, c - linia tehnologică

Proprietățile fizico-chimice ale combustibililor au fost determinate în conformitate cu documentele normative acceptate în Republica Moldova. Mai mulți parametri ai motoarelor și mijloacelor tehnice testate au fost estimați cu test-controller-ul *Q.brixx gate* (firma Gantner, Austria), care este dotat cu modulele de măsurare *Q.brixx A 106* și *Q.brixx A107* (fig. 4). Test-controller-ul măsoară și înregistrează pe calculator un șir de mărimi fizice (mecanice, electrice, termice etc.).

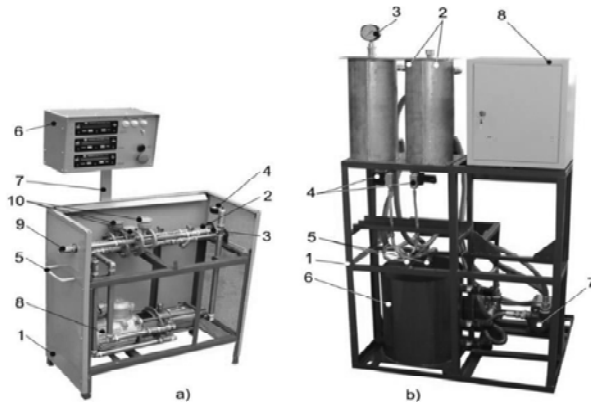


Figura 3. Vederea generală a instalațiilor „Biomixt” (a) și „Biomixt-Pres” (b)



Figura 4. Test-controller-ul Q.Brixx gate cu module de măsurare

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Analiza efectuată a permis stabilirea itinerarului tehnologic rațional de recoltare a sorgului zaharat, concretizarea principalelor operații realizate de către combină. Printre aceste operații se specifică următoarele: tăierea și fragmentarea plantei, separarea tulpinilor de frunze și panicule, încărcarea lor în mijloace de transport pentru livrarea ulterioară la locul de prelucrare (fig. 5).

Tehnologia propusă de către cercetătorii I. Hăbășescu, V. Cerempei, N. Balaban, V. Raicov, Iu. Molotcov (2008) se deosebește de tehnologiile descrise de către Gh. Moraru și M. Goian prin utilizarea combinelor specializate și separarea tulpinilor de panicule și frunze nemijlocit în procesul recoltării. Totodată, tehnologia propusă diferă de tehnologiile utilizate la recoltarea trestiei de zahăr (Klețkin M., Randy Powell ș.a.) prin colectarea paniculelor și frunzelor.

Recoltarea masei vegetale. Analiza efectuată a făcut posibilă alegerea pentru recoltarea plantelor cu tulpini groase a vindroverului cu piese de lucru rotative, cu axa verticală. Pentru acest tip de vindrover a fost elaborat un model fizic al procesului de tăiere și deplasare a masei vegetale, de asemenea au fost argumentați parametrii constructivi și cinematici (Cerempei, V. 2014).

Pentru tăiere ireproșabilă și antrenare sigură cu consum redus de energie este necesar ca tulpina, până a intra în contact cu suprafața de lucru a dintelui de antrenare, să fie tăiată și introdusă complet în spațiul de antrenare a discului (fig. 6). Din momentul contactului vârfului dintelui din tambur cu tulpina, corelația dintre viteza combină (V_{com}) și viteza unghiulară a tamburului (w_{am}) trebuie să

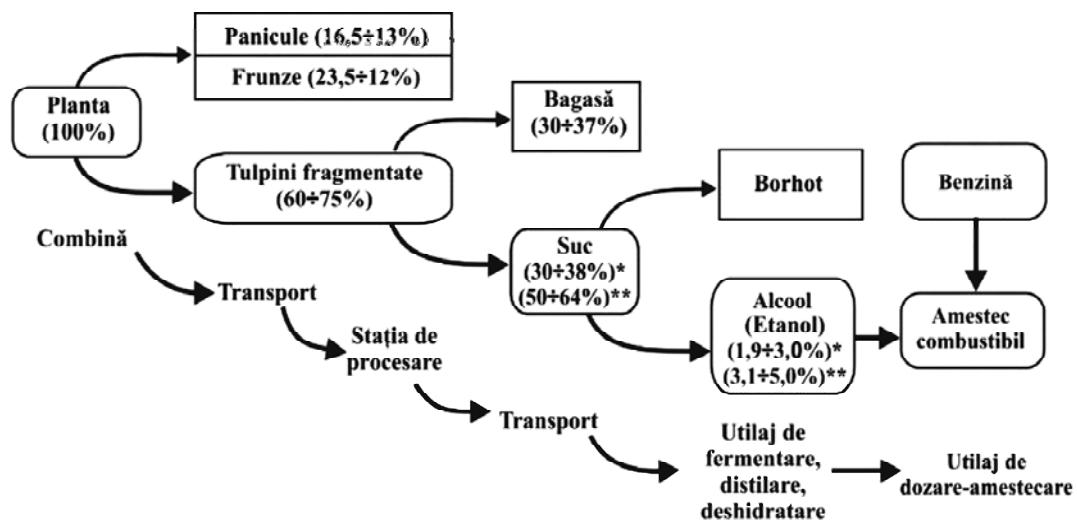


Figura 5. Schema-bloc a tehnologiei propuse pentru recoltarea și prelucrarea sorgului zaharat (cantitățile de material sunt indicate în % mas.): *presare mecanică; ** presare mecanică + imbibiție (difuzie)

corespundă următoarei condiții: tulpina, înainte de a fi atinsă de peretele următorului dinte, trebuie să intre în interiorul spațiului de antrenare la distanță egală sau mai mare decât diametrul acesteia (fig. 6). În acest caz, distanța parcursă de combină va putea fi calculată astfel:

$$S = \hat{i} + d, \quad (1)$$

unde \hat{i} este încovoierea tulpinii; d – diametrul tulpinii.

Pentru parcurgerea distanței S este necesară durata de timp conform următoarei relații:

$$t = \frac{S}{V_{com}} = \frac{\hat{i} + d}{V_{com}}. \quad (2)$$

În aceeași perioadă de timp, tamburul se va roti cu unghiul ($q - a$) (Fig. 6):

$$q - a = \frac{2p}{z} - \arctg \frac{r}{R - r}, \quad (3)$$

unde z este numărul de dinți ai tamburului; r – raza tulpinii; R – raza tamburului.

În acest caz, perioada de timp necesară pentru antrenarea tulpinii va putea fi calculată astfel:

$$t = \frac{q - a}{\omega_{ant}} = \left(\frac{2p}{z} - \arctg \frac{r}{R - r} \right) / \omega_{ant} = \frac{\hat{i} + d}{V_{com}}. \quad (4)$$

Deoarece diametrul tulpinii (d) de porumb și de sorg este mult mai mic ca cel al tamburului ($D_{max} \gg 30 \dots 40 \text{ mm} < D_{min} \gg 550 \text{ mm}$), iar încovoierea tulpinilor plantelor menționate, în condițiile normale, se apropie de 0 ($\hat{i} \approx 0$), formulele (2) și (4) obțin o formă mai simplă:

$$t = \frac{2p}{zV_{ant}} \text{ sau } t = \frac{d}{V_{com}}. \quad (5)$$

Din relația 5 rezultă:

$$\frac{V_{com}}{zV_{ant}} = \frac{d}{2p} \text{ sau } z\omega_{ant} = \frac{2pV_{com}}{d}. \quad (6)$$

Pentru cazul general, când tulpina, în momentul inițierii tăierii, se află între dinții tamburului, raportul parametrilor constructivi și cinematici trebuie să corespundă situației descrise prin relația:

$$z\omega_{ant} \approx 2pV_{com} / d. \quad (7)$$

Imediat după tăierea tulpinii este necesar să se efectueze consecutiv următoarele operațiuni: evacuarea tulpinii din rând, deplasarea, reorientarea din poziția verticală în cea orizontală și antrenarea acesteia către valțurile ansamblului respectiv.

Pentru argumentarea teoretică a parametrilor vindroverului de asemenea au fost studiate și calculate: diapazonul de antrenare a tulpinilor în spațiul lateral al tamburului; condițiile, care asigură plenitudinea recoltării și evacuarea operativă a tulpinilor din rând; acțiunile forțelor în procesul de antrenare și evacuare a tulpinilor (Hăbășescu, I., Cerempei, V., Deleu, V. et al. 2009).

Procesarea tulpinilor. În baza analizei tehnologiilor și utilajelor existente, pentru extragerea sucului din tulpinile plantelor zaharose, a fost argumentată oportunitatea utilizării preselor cu valțuri pentru stoarcerea sucului din tulpinile sorgului zaharat și au fost motivați parametrii de bază ai preseii care ar asigura obținerea unor cantități mari de suc brut din sorg zaharat folosit pentru fabricarea alcoolilor monoatomici și a altor produse.

Productivitatea și gradul de extragere a lichidului la presarea materialului între valțuri. Volumul materialului care trece într-o unitate de timp printr-un joc dintre două valțuri (fig. 7), a căror viteză periferică este egală, considerând că patinarea lipsește, se determină prin relația:

$$V = b \cdot h \cdot v, \quad (8)$$

unde b este lungimea tăvălugului (lățimea zonei de presare), m; h – grosimea stratului antrenat între valțuri, m; v – viteza periferică a valțurilor, m/s.

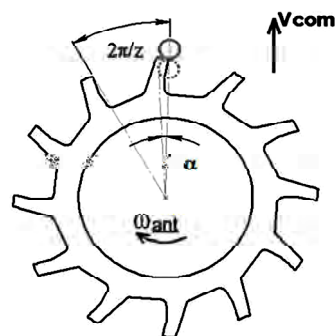


Figura 6. Schema antrenării și evacuării tulpinii din rând

Masa materialului prelucrat într-o unitate de timp (productivitatea) poate fi determinată știind masa în vrac (masa volumetrică) g_a materialului (kg/m^3):

$$Q_{mv} = Vg = bhng. \quad (9)$$

La trecerea materialului printre valțuri, stratul se comprimă de la grosimea h până la s (valoarea pasajului). Ca rezultat al procesului de comprimare are loc eliberarea lichidului din material și creșterea masei volumetrice a materialului stors (bagasei) g_b .

Gradul de extragere a lichidului poate fi determinat din relația:

$$GE = \frac{Q_{mv} - Q_b}{Q_{mv}} = \frac{Q_s}{Q_{mv}}, \quad (10)$$

unde Q_b , Q_s este masa materialului stors (bagasei) și a sucului extras, într-o unitate de timp, kg/s :

$$Q_b = V_b g_b = b s n v g_b. \quad (11)$$

Substituind Q_{mv} și Q_b din expresiile (9) și (11) în expresia (10) obținem:

$$GE = 1 - \frac{g_b s}{g h} = 1 - k \frac{s}{h} = 1 - k \frac{h - Dh}{h}, \quad (12)$$

unde $k = \frac{g_b}{g}$ este coeficientul de comprimare a masei vegetale.

În formula (12), numitorul (gh) reflectă starea materiei prime, iar numărătorul $g_b s$ – cea a materiei stoarse (bagasei).

Valoarea teoretică maximă a gradului de extragere GE_{max} este determinată de fracția sucului în tulpini f_s , de unde rezultă:

$$GE_{max} = f_s = 1 - \frac{g_b s}{g h} = 1 - \frac{g_b}{g} \times \frac{h - Dh}{h}. \quad (13)$$

Prin urmare $\frac{g_b s}{g h} = 1 - f_s = f_{su}$ și, respectiv:

$$\frac{s}{h} = f_{su} \frac{g}{g_b} = \frac{f_{su}}{k}, \quad (14)$$

unde f_s și f_{su} sunt fracțiile masice ale sucului și, respectiv, ale substanței uscate în tulpinile presate.

Pentru fiecare caz concret, valorile f_s și f_{su} se determină în condiții de laborator, iar după aceasta, utilizând formula (14), se calculează raportul s/h .

În baza formulei (13) calculăm subțierea grosimii stratului Dh , care permite antrenarea tulpinilor și extragerea sucului cu $GE @ f_s$, adică:

$$Dh = h - s = D(1 - \cos j) = h \frac{1 - \cos j}{\cos j} - f_{su} \frac{g}{g_b} \frac{h - Dh}{k}, \text{ de unde}$$

$$D = h \frac{1 - f_{su} \frac{g}{g_b}}{1 - \cos j} = h \frac{1 - f_{su}/k}{1 - \cos j}. \quad (15)$$

Așadar, calculând h după formulă (9) și măsurând valorile proprietăților fizice ale materialului presat (f_s , f_{su} , g , g_b , j), se determină diametrul valțurilor D și valoarea jocului s .

De asemenea a fost motivată teoretic și puterea consumată la presarea materialului.

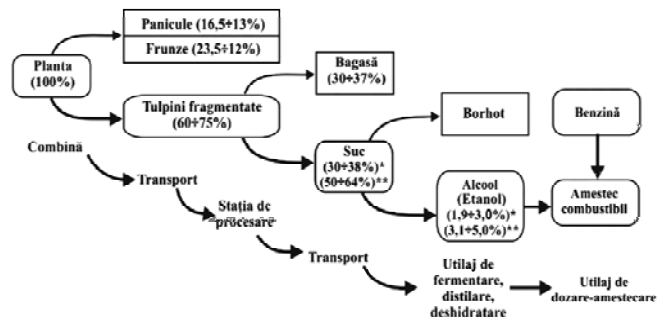


Figura 7. Schema aplicării forțelor asupra materialului presat

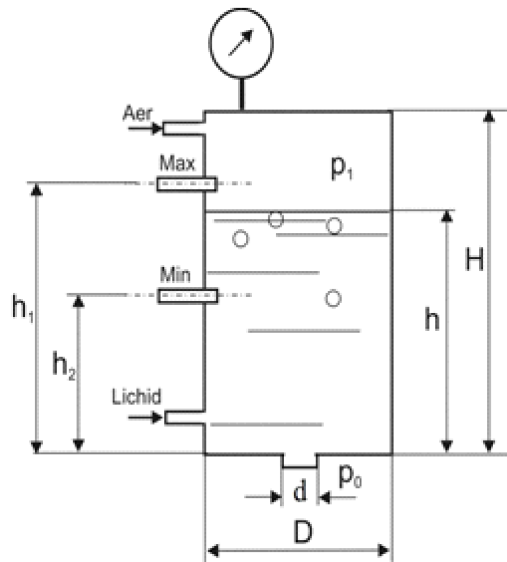


Figura 8. Schema dozatorului cu acțiune continuă combinată de menținere a suprapresiunii

În baza recomandărilor teoretice au fost calculate valorile parametrilor tehnologici și constructivi ai presei cu valțuri, care ulterior au fost optimizate folosind planul B₃. Cu ajutorul modelelor matematice au fost determinate regimurile optime de presare: jocul inițial dintre valțuri 5÷7 mm, turația valțurilor 10÷11 min⁻¹, forța de presare – maximum posibilă (150kN).

Producția biocombustibilului. Având în vedere că biocombustibilii se produc în diferite condiții, producția acestora se caracterizează atât prin productivitate diferită, cât și prin compoziția amestecului, precizia de dozare etc. Pentru a face față acestei situații, principiul de funcționare a instalației elaborate se bazează pe fenomenul curgerii lichidului prin orificiu sub influența suprapresiunii (fig. 8). Simplitatea constructivă și gabaritele mici completate de precizia înaltă și diapazonul larg de dozare îi atribuie acesteia competitivitate în comparație cu alte instalații de acest tip.

Pentru metoda propusă a fost elaborată formula care permite determinarea erorii de dozare a componentelor lichizi:

$$d = \frac{Q - Q_r}{Q} \times 100\% = \frac{\dot{e} - \dot{e}_r}{\dot{e}} \cdot \sqrt{1 + \frac{Dh}{h + \frac{Dp}{r g}} \frac{\dot{u}}{\dot{u}_r}} \times 100\% \quad (16)$$

unde Q și Q_r reprezintă debitele de curgere, cel nominal și, respectiv, cel real (pentru Dp , S și m constante); h – înălțimea coloanei de lichid la intrare în orificiul de evacuare, m; Dh , Dr – abateri de la valorile date ale înălțimii coloanei (m) și presiunii (Pa) lichidului; r – densitatea lichidului dozat, kg/m³; g – accelerația căderii libere.

Pentru realizarea condițiilor descrise este necesar ca debitul Q de curgere prin orificiul calibrat cu secțiunea S să se afle în diapazonul $Q \pm DQ$, unde DQ reprezintă eroarea debitului de curgere. La rândul său, DQ este determinată de suma erorilor care apar la menținerea suprapresiunii Dr și a nivelului Dh . Gradul cu care Dr și Dh influențează DQ poate fi stabilit din analiza formulei (16), având

în vedere că $d = \frac{DQ}{Q} \times 100\%$, de unde rezultă că eroarea de dozare d se micșorează odată cu creșterea

Dr . Deci $\lim_{Dr \rightarrow \infty} d = 0$.

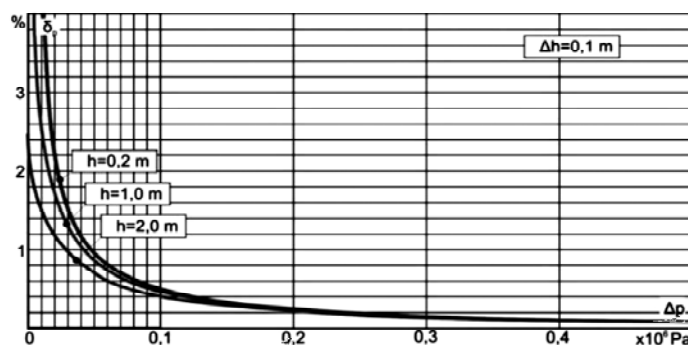


Figura 9. Eroarea de dozare d în funcție de suprapresiunea Dp din rezervorul de lucru pentru diferite înălțimi ale coloanei de lichid

Din graficul alăturat (fig. 9) rezultă că pentru $Dr > 0,2 \times 10^6$ Pa, înălțimea inițială a coloanei de lichid h nu influențează, practic, eroarea. Așadar putem afirma că odată cu mărirea căderii presiunii, dependența $d=f(Dh)$ devine mai mică și când $Dr \rightarrow \infty$, eroarea de dozare nu depinde de mărimea Dh . Putem constata că pentru r_1 cu valori mari eroarea de dozare d depinde numai de erorile de menținere a presiunii date în rezervorul de lucru.

Tabelul 1. Proprietățile fizico-chimice și de exploatare ale amestecurilor combustibile cu alcooli monoatomici

Denumirea caracteristicilor	Caracteristicile combustibililor						
	Benzină N-80 (real obținut/normă SM 226)	Butanol (N-butan)	Butanol 10%+ Benzină 90%	Butanol 20%+ Benzină 80%	Etanol FEA 20%+ Benzină 80%	Etanol FEA	E 20 (Etanol 20%+ Benzină 80%) 80%+ Butanol 20%
Distilare:							
- temperatura inițială de distilare, °C	42>35*	110	43	40	40	76	43
- temperatura distilării, °C pentru:							
10% vol.	55/<75*	113	55	52	48	77	53
50% vol.	85/<120*	116	87	89	67	78	84
90% vol.	154/<190*	116	154	147	145	83	120
- punct final de distilare, °C	194/<215*	116	194	192	192	95	193
- reziduu, % vol.	1,3 / <2*	1,0	1,2	1,2	1,2	0,1	1,4
- reziduu +pierderi, % vol	2,5 / <4*	2,0	2,5	2,0	2,0	0,5	2,0
Cifra octanică COM	75,5	86,5	77,3	78,8	84,9	91*	84,6
Densitate (20°C), kg/m ³	728/<775*	797	733	739	745	806/790*	750
Viscozitate cinematică (20°C), mm ² /s	0,57	3,64	0,65	0,73	0,69	1,52	0,91
Punct de tulburare (de fierbere/congelare)*, °C	< -60 (35/-215)*	<-60(107/-108)*	< -55	< -55	< -55	(78,3/-114,5)*	< -55
Presiune de vapori, kPa	54,3/<80*	4	50,9	47,5	58,7	23*	50,9
Indice de neutralizare, mg KOH/100cm ³	0,12/<3*	0,56	0,14	0,16	0,18		0,20
Gume actuale, mg/100cm ³	1,4/<5*	0,8	1,2	0,9	1,05		0,7

Legendă: * Conform normativelor sau datelor informative; Etanol FEA – fracția etero-aldehidă a etanolului

Argumentarea compoziției biocombustibilului. Studiul teoretic al procesului de combustie în MAI demonstrează că acesta depinde de mulți factori, principalii dintre care sunt calculați pentru amestecuri cu diferite fracții ale etanolului. Realizarea studiilor teoretice a permis să fie determinate condiții pentru arderea performantă a biocombustibilului în motor: raportul dintre fracțiile alcoolului (până la 25-30% vol.) și ale benzinei, parametrii constructivi ai camerei de ardere, ai sistemului de alimentare, regimul termic al motorului.

Pentru valorificarea eficientă a potențialului energetic al amestecurilor alcool-benzină au fost cercetate proprietățile fizico-chimice și de exploatare ale acestora (tab. 1), ținând cont de condițiile argumentate teoretic.

Studiul proprietăților amestecurilor de alcooli monoatomici cu benzină a permis efectuarea etapei a doua de studiu a compoziției acestora și a condițiilor de combustie. La etapa a treia s-au efectuat cercetări de stand ale motoarelor alimentate cu ecobenzine.

După cum a demonstrat studiul teoretic, dependența parametrilor motorului (P_e , g_e) de concentrația etanolului în amestec cu benzină la diferite sarcini l și turații n ale arborelui cotit prezintă un interes

Tabelul 2. Nivelul factorilor de influență în planul de cercetare Box-Behnken 3³

Factorii	Valori naturale				Nivelul valorilor codate		
	Niveluri			Interval de variație	inferior	de bază	superior
	inferior	de bază	superior				
X_1 – fracția etanolului în amestec C_e , % vol.	0	20	40	20	-1	0	+1
X_2 – sarcina motorului P/P_e , %	40	70	100	30	-1	0	+1
X_3 – turațiile arborelui cotit n , min ⁻¹	2000	2500	3000	500	-1	0	+1

deosebit. Cercetările au fost realizate conform planului de gradul doi, cu trei factori la trei niveluri B_3 (tab. 2). În calitate de funcție de răspuns au servit puterea motorului $P_e (y_1)$ și consumul specific de combustibil $g_e (y_2)$. Cercetările au fost realizate la temperaturi constante ale agentului termic din sistemul de răcire al motorului (70-80°C) și al mediului din laborator (20±2°C).

În rezultatul prelucrării datelor experimentale au fost obținute următoarele modele regresionale multifactoriale:

$$P_e = 11,84 + 0,35X_1 + 0,42X_2 - 0,021X_3 - 0,006X_1^2 - 0,0046X_2^2 + 0,00019X_2X_3 + 0,000004X_3^2, \quad (17)$$

$$g_e = -343,3 - 1,96X_1 - 1,44X_2 + 0,6X_3 + 0,07X_1^2 + 0,025X_2^2 - 0,001X_2X_3 - 0,0001X_3^2. \quad (18)$$

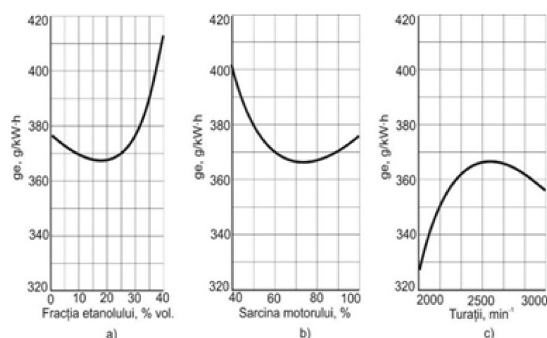


Figura 10. Efectele medii ale fracției etanolului, coeficientului de sarcină P_i/P_e și turației arborelui cotit n asupra consumului specific al motorului VAZ 2103: a) $i = 70\%$, $n = 2500 \text{ min}^{-1}$; b) $C_e = 20\% \text{ vol.}$, $n = 2500 \text{ min}^{-1}$; c) $C_e = 20\% \text{ vol.}$, $P_i/P_e = 70\%$

În baza acestor modele de regresie, pentru puterea și pentru consumul specific al motorului VAZ 2103 (fig. 10), prin metoda optimizării prin compromis, se pot recomanda următoarele caracteristici: conținut de etanol în ecobenzină $C_e = 15 \div 25\% \text{ vol.}$, coeficientul de sarcină $P_i/P_e = 70 \div 90\%$, turațiile arborelui cotit $n = 2500 \div 3000 \text{ min}^{-1}$. Este important să reținem că majorarea puterii și reducerea consumului specific de combustibil al motorului VAZ 2103 implică mărirea concomitentă a sarcinii $P_i / P_e (X_2)$ și a turațiilor arborelui cotit (X_3).

Cercetările efectuate pe un alt stand (M2812-4, Cehia) demonstrează că creșterea turației arborelui cotit până la 4000 și adăugarea butanolului în amestecurile binare B10, B20, B30 (butanol – 10-30% vol., respectiv, benzina Normală 80 – restul) și triple E16 B16 (etanol – 16% vol., butanol – 16% vol., benzina Normală 80 – restul) nu schimbă, practic, nimic în

esența fenomenelor de funcționare a motorului.

Analiza gazelor de eșapament la motoarele de tip VAZ ($\epsilon = 8,5$) demonstrează că în cazul alimentării motorului cu benzină pură Premium-95 concentrația CO nu depășește normele admisibile, însă concentrația hidrocarburilor CH depășește aceste norme (tab. 3). Alimentarea motorului cu amestec etanol-benzină Normală 80 (20% : 80% vol.) permite încadrarea concentrației CO și CH în limitele admisibile conform GOST 17.2.2.03, stabilite pentru motoare cu 4 cilindri. Diminuarea concentrației CO în gazele de eșapament ale motorului alimentat cu amestec etanol-benzină, după parcursul a 32 km și 64 km, este cauzată, probabil, de creșterea temperaturii motorului și arderea mai completă a carbonului.

Tabelul 3. Componența gazelor de eșapament la motoarele VAZ-2103

Nr. crt.	Marcă automobil, (nr. de înregistrare)	Tipul combustibilului	Distanța parcursă în timpul încercărilor, km	Concentrația substanțelor nocive la turații, min^{-1}			
				CO, % vol.		CH, ppm	
				900	3000	900	3000
1	IJ-2717 (CIK-390)	Benzină Premium 95	0	0,33	1,68	1344	1957
2	IJ-2717 (CHV-927)	Amestec E20	0	2,22	2,05	361	525
3	IJ-2717 (CHV-927)	Amestec E20	32	0,69	0,23	671	246
4	IJ-2717 (CHV-927)	Amestec E20	64	0,23	0,25	990	446
5	Norme admisibile, GOST 17.2.2.03			3,5	2,0	1200	600

Valorificarea rezultatelor obținute. În cadrul încercărilor de exploatare s-a demonstrat că combina de recoltat sorg zaharat (fig. 1) elaborată la Institutul de Tehnică Agricolă “Mecagro” satisface cerințele agrotehnice. Combina asigură tăierea și mărunțirea calitativă a tulpinilor cu lungimea fragmentelor în limitele $l_f = 150 \div 200 \text{ mm}$. În procesul încercărilor, linia tehnologică pentru procesarea sorgului zaharat (fig. 2) a avut o productivitate de până la 9 t/h, cu gradul de extragere de până la 45%.

Încercările de exploatare a motoarelor au fost efectuate în două etape (Cerempei, V. 2011). În prima etapă, încercările s-au efectuat pe 3 automobile marca IJ 2717, dotate cu motor de tip VAZ

2103. În rezultatul încercărilor de exploatare s-a constatat că automobilul de control a consumat 4678 litri de benzină Premium 95, la o distanță parcursă de 37724 km, consumul mediu de exploatare constituind 12,4 l/100 km. Automobilele experimentale au consumat, în mediu, 4311 litri ecobenzină E20, la o distanță medie parcursă egală cu 32786 km (consumul mediu de exploatare – 13,15 l/100 km). Astfel, consumul mediu de exploatare al automobilelor experimentale este cu 6% mai mare în raport cu consumul automobilului de control.

În a doua etapă, automobilul martor a fost alimentat cu un amestec de 20% butanol în benzină (ecobenzină B20). Automobilul testat a parcurs distanța de 12870 km, consumând 1583 litri (consumul mediu de exploatare – 12,3 l/100 km).

Estimările tehnico-economice ale elaborărilor realizate au arătat că costul de producție al bioetanolului, obținut conform tehnologiei propuse de către noi, variază de la 0,47 până la 0,64 \$/l, fiind de 1,04÷1,4 ori mai mic ca cel al etanolului obținut din porumb. Totodată s-a demonstrat că costul de producție al ecobenzinei E20 este de 9,5÷10 lei/l, fiind cu 9÷13% mai mic în raport cu cel al benzinei Premium 95, care are aproximativ aceeași cifră octanică (COR 95). Înlocuirea benzinei Regular 90, 92, Premium 95 cu ecobenzina E20 ar asigura un efect economic de 14,64 mil. \$/an. Efectul economic calculat de la implementarea instalațiilor Biomixt pentru prepararea amestecurilor combustibile constituie 380 mii lei/an (26,6 mii \$/an). Implementarea tehnologiei și mijloacelor tehnice elaborate în prezenta lucrare asigură efectul economic comun calculat cu valoarea până la 20 mil. \$/an.

CONCLUZII

1. Rezultatele obținute demonstrează oportunitatea și eficiența folosirii amestecurilor de alcooli monoatomici cu benzină pentru alimentarea MAI. Rezultatele cercetărilor au fost folosite la fondarea bazei integrale pentru soluționarea complexă a problemelor ce țin de studii de marketing, cercetare, proiectare și implementare în Republica Moldova.

2. Sunt formulate recomandări și documente normative privind proiectarea și exploatarea combinei de recoltat și a preseii de procesat sorg zaharat, a utilajului de dozare–amestecare a componentelor biocombustibililor lichizi și privind exploatarea MAI alimentate cu ecobenzine. Au fost efectuate studii economice privind costurile masei verzi de sorg zaharat, sucului crud și a etanolului.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. APOSTOLACHE, N., SFINȚEANU, D. (1989). Automobilul cu combustibili neconvenționali. București: Tehnica. 125 p.
2. BORTA, V.M., SEGAL, B. (1988). Alcoolul etilic, carburant. București: Tehnica. 156 p.
3. de CARVALHO NETO, Carlos Coelho, SCHULTE, D.O., BALDELLI, C., YAPPOLI, P., GARETH, Ellis et. al. (2002). Program CPR/88/053. Chine, Shenian. 145 p.
4. CEREMPEI, V. (2011). Exploatarea motoarelor alimentate cu amestecuri alcool monoatomic-benzină. In: *Lucrări științifice, Univ. Agrară de Stat din Moldova*. Vol. 28: Realizări și perspective în mentenanța utilajului agricol și a autovehiculelor, pp. 29-34. ISBN 978-9975-64-218-7.
5. CEREMPEI, V. (2014). Theoretical argumentation of parameters of a windrover stems driving and evacuating working part. In: *INMATEH – Agricultural Engineering*, vol. 43, nr 2, pp. 61-72. ISSN 2068-2239.
6. CEREMPEI, V. (2014). Theoretical argumentation on the choice of values for the parameters of the press designed to squeeze out the juice from plants stems. In: *INMATEH – Agricultural Engineering*, vol. 44, no. 3, pp. 69-79. ISSN 2068-2239.
7. CEREMPEI, V., POVAR, I., PINTILIE, B. (2011). Proprietățile fizico-chimice ale amestecurilor combustibile alcool monoatomic-benzina. In: *The environment and industry: book of proceedings of the intern. symp.*, Bucharest, vol. 1, pp. 247-254.
8. DIRECTION general for Energy (DG XVIII). (1996). Energy in Europe. European Energy to 2020. A scenario approach. Special ISSUE- Spring. 35 p.
9. DIRECTIVA 1996/62/EC din 27 sept. 1996 privind evaluarea și gestionarea aerului înconjurător. In: *Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 296 din 21.11.1996*, pp. 55-63.
10. DUCA, Gh. (2010). Propunerile Academiei de Științe a Moldovei privind eficientizarea sectorului energetic. In: *Akadosmos*, nr. 1(16), pp. 34-42. ISSN 1857-0461.
11. GAO, J., IANG, D., HUANG, Z. (2007). Comparative analysis of ethanol-gasoline blends and gasoline. In: *J. Fuel*, vol. 86, nr. 10-11, pp. 1645-1650. ISSN 0016-2361.

12. GIULIANO G., PIETRO MONCADAP.C., ZIBETTA, H. (1992). Promising industrial energy crop: Sweet Sorghum, Commission of the European Communities. 73 p.
13. GOIAN, M. et al. (1991). Sorgul zaharat. Timișoara. 178 p.
14. GOLDEMBERG, I., TEIXEIRA, C., MARIO, N., LUCON, O. (2004). Ethanol learning curve-the Brazilian experience. In: J. Biomass and Bioenergy, vol. 26, nr. 3, pp. 301-304. ISSN 0961-9534.
15. HĂBĂȘESCU, I., CEREMPEI, V., DELEU, V. ș.a. (2009). Energia din Biomasă: tehnologii și mijloace tehnice. Chișinău: Bons Offices. ISBN 978-9975-80-301-4. 368 p.
16. HĂBĂȘESCU, I., CEREMPEI, V., BALABAN, N. (2014). Experimental argumentation of press parameters for squeezing juice. In: INMATEH – Agricultural Engineering, vol. 44, no. 3, pp. 79-87. ISSN 2068-2239.
17. HĂBĂȘESCU, I., CEREMPEI, V., BALABAN, N., RAICOV, V., MOLOTCOV, Iu. (2008). Contribution to the Research, Production and Utilization of Liquid Biofuels in the Republic of Moldova. In: Renewable Energy Resources, Production and Technologies: proceedings of the 5th UEAA General Assembly and the Associated Workshop, Riga, Latvia, 28-31 May, pp. 103-109. ISBN 978-9984-808-31-4.
18. HĂBĂȘESCU, I., CEREMPEI, V., MOLOTCOV, Iu. (2014). Instalație și procedeu de dozare continuă a lichidului: Brevet MD de scurtă durată nr. 765. Cerere depusă: 09.09.2013. In: BOPI, nr. 4.
19. HĂBĂȘESCU, I., CEREMPEI, V., ESIR, M., NOVOROJDIN, D. (2005). Indicii de performanță a motorului cu aprindere prin scînteie alimentat cu amestec etanol-benzină. In: Energetica Moldovei-2005: materiale conf. intern., 21-24 sept., Chișinău, pp. 672-684. ISBN 9975-62-145-7.
20. LANZER, T., VON MEIEN, O.F., YAMAMOTO, C.I. (2005). A predictive thermodynamic model for the Brazilian gasoline. In: Fuel, vol. 84, pp. 1099-1104. ISSN 0016-2361.
21. LoRUSSO, J.A., TABACZYNSKI, R.J. (1976). Combustion and emission characteristics of methanol, methanol-water and gasoline-methanol blends in a spark ignition engine. In: Proceedings of the 11th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Sept. 12-17, pp. 122-132. Disponibil: <https://trid.trb.org/view.aspx?id=52360>.
22. LOWUS, S.O., DEVOTE, R.S. (1976). Exhaust emission from a single cilinder engine fueled with gasoline, methanol and ethanol. In: Combustion Science and Technology, nr. 12, pp. 177-182. 1563-521X.
23. MANEA, Gh., GEORGESCU, M. (1992). Metanolul – combustibil neconvențional. București: Tehnica. 84 p.
24. MAKAROV, V.V. i dr. (2005). Spirty kak dobavki k benzina. V: Avtomobil'naâ promyŝlenost', № 8, s. 24-26. ISSN 0005-2337.
25. MIHNENKO, E., OLIJNICUK, S. (2004). Bioetanol: Sovremennoe sostoânie i progressivnye tehnologii. V: Énergiâ iz biomassy: materialy mezhdunar. konf. Kiev. n. 251-252.
26. MIRZOEV, V., PU\IK, E. (2010). Benzin i étanol – mirovye perspektivy. 18 n. [accesat: 17.10.2016]. Disponibil: www.infobio.ru/analytics/417.html
27. MORARU, G.A. (2000). Perspektivy ispol'zovaniâ sahnarogo sorgo dlâ obespeçeniâ žiznedeâtel'nosti çeloveka. In: Agricultura Moldovei, nr. 1, pp. 16-19. ISSN 0582-5229.
28. REZOLUȚIA Parlamentului European din 4 februarie 2009, "2050: Viitorul începe azi – recomandări privind viitoarea politică integrată a UE în domeniul schimbărilor climatice" (2008/2105(INI)), pct. 55.
29. SAJDAHMEDOV, S.I. (2005). Étanol kak oktanopovyŝaúŝaâ dobavka k benzina. V: Uzb. Himiçeskij žurnal, № 3, s. 48-51.
30. SCHAFFRATH, M. (1975). Alternativkraftstoff and nenartige Autriebssystem fur Kraftfahrzeuge. In: MTZ, vol. 36, nr. 6, pp.181-186.
31. SCHMITZ, N., HENKE, I. (2007). Bioetanol als Kraftstoff. In: J. Fortschr. Landwirtschaft, nr. 5, pp. 64-65.
32. SELECTED Energy Indicators for 2004. In: Key World Energy Statistics 2006, pp. 48-57 [accesat: 17.12.2016]. Disponibil: <http://www.env-edu.gr/Documents/Key%20World%20Energy%20Statistics%202006.pdf>
33. SMAL', F.V., ARSENOV, E.E. (1979). Perspektivnye topliva dlâ avtomobilej. Moskva: Transport. 152 c.
34. TURON, M. (1998). Ethanol as Fuel: An Environmental and Economic Analysis [accesat: 17.12.2016]. Disponibil: <http://www.turon.com/papers/ethanol.htm>

Data prezentării articolului: 13.05.2016

Data prezentării articolului: 15.07.2016