

PRODUCEREA ȘI UTILIZAREA BIOCOMBUSTIBILILOR ÎN BAZA MONOHIDROXIZILOR: TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE

Valerian Cerempei, dr. în științe tehnice

Institutul de Tehnică Agricolă "Mecagro", Republica Moldova

INTRODUCERE

Una din cele mai actuale probleme cu care se confruntă societatea umană la etapa actuală este problema energetică. Creșterea populației, dezvoltarea rapidă a industriei și cerințelor sferei sociale, epuizarea în ritm accelerat a resurselor de combustibili fosili, împreună cu procesul de încălzire globală cauzat de creșterea emisiilor de gaze cu efect de seră au motivat impulsivitatea cercetărilor în direcția gășirii altor resurse de energie de tip regenerabil.

Resursele regenerabile de energie reprezintă una din variantele sigure de înlocuire a combustibililor fosili în lume, inclusiv și în Republica *Moldova*. După angajamentele asumate se estimează să se ajungă, către anul 2020, la o cantitate de 20% energie regenerabilă din totalul energiei folosite la nivel european [1, 2, 3]. Parlamentul RM a adoptat în 2004 ca direcție strategică pentru activitatea de cercetare-dezvoltare "*Eficientizarea complexului energetic și asigurarea securității energetice, inclusiv prin folosirea surselor renovabile*".

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 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 [4]. Totodată, mijloacele de transport împreună cu alte mijloace energetice (centralele electrotactice, obiecte 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 % [5]. 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 folosirii

combustibililor folosiți la alimentarea motoarelor cu ardere internă.

Astăzi majoritatea motoarelor cu ardere internă sunt alimentate cu benzină și motorină care posedă performanțe și costuri relativ înalte. Însă 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 noi metode de înlocuire a combustibililor fosili cu cei regenerabili.

Utilizarea unor monohidroxizi 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 putea fi alimentat cu benzină, etanol sau cu amestecul acestora. Astăzi cele mai mari producătoare de etanol sunt Brazilia și SUA. Aceste țări împreună produc peste 85 % din etanolul de pe piața mondială.

Producția etanolului în scopul energetic a fost asimilată pe larg în anii 70 ai secolului trecut. În această perioadă atenția cercetătorilor a fost focalizată, în mod prioritar, spre studiul proprietăților de exploatare ale monohidroxizilor și ale amestecurilor combustibile metanol-benzină, etanol-benzină. Cercetătorii din SUA (Lowus S.O., Devote R.S. [6], Turon M. [7], Iulian R., Rodney T.I. [8]), Brazilia (Carlos Coelho de Carvalho Neto [9], Goldemberg I. Teixeira Coelho, Mario Nastari, Lucon O. [10], Lanzer T., O. F. von Meien, Yamamoto C.I. [11]), Germania (Schaffrath M. [12]) au studiat performanțele motoarelor alimentate cu biocombustibili: capacitățile de pornire, parametrii energetici și economici, compoziția chimică a gazelor de eșapament.

Experiența acumulată cu privire la folosirea monohidroxizilor la alimentarea MAS au demonstrat posibilități reale de utilizare a biocombustibililor. Folosirea acestora în proporții de 15...20% în amestec cu benzină, practic, prezintă aceleași performanțe energetice și economice (puterea motorului, consum specific al combustibilului), ca în cazul alimentării cu benzină

curată. Totodată concentrația de CO₂ și CO în gazele de eșapament la motoarele alimentate cu amestecuri din monohidroxizi și benzină este mai mică ca la motoarele alimentate cu benzină datorită măririi eficienței de ardere a biocombustibilului.

Cercetările ulterioare efectuate în fosta URSS (Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е. [13]), Rusia (Макаров В.В., Петрыкин А.А. [14]), Ucraina (Михненко Е., Олійничук С. [15]), Uzbekistan (Сайдахмедов С.И. [16]), China (Gao Jian, Iang Deming [17]) și, în special, în România (Manea Gh., Georgescu M. [18], Apostolache N., Sfințeanu D. [19], Borta V.M., Segal B. [20]) au confirmat rezultatele obținute de cercetătorii din SUA, Brazilia, Germania. Adăugător a fost studiată activitatea corozivă a monohidroxizilor, care necesită înlocuirea unor materiale din sistemul de alimentare MAS, camera de ardere rămânând neschimbată. Totodată a fost demonstrată ineficiența utilizării practice a metanolului pentru



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

combustie în motor din cauza valorilor înalte ale activității corozive și ale concentrației de substanțe nocive în gaze de eșapament. Este recomandat de folosit metanol pentru obținerea esterilor, care îmbunătățesc proprietățile benzinei.

Utilizarea masivă a etanolului a provocat creșterea prețului la zahăr și la porumb [10, 15], generând 2 probleme: a) asigurarea cu materie primă a procesului de producție a etanolului; b) producția automobilelor, dotate cu motoare hibride.

Este stabilit faptul, că cel mai mic preț al etanolului este în cazul producerii acestuia din trestia de zahăr și sorg zaharat [21, 22]. De aceea, cercetătorii din România (Goian M., Antohe I. [23]), Italia (Giuliano Grassi, Pietro Moncada,

Henri Zibetta [24]), Republica Moldova (Moraru Gh. [25]) 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, însă sorgul zaharat are multe părți specifice, dependente de un șir de factori de ordin tehnic, economic și de mediu, factori care necesită o abordare argumentată științific și care trebuie studiate în continuare.

Totodată, pentru valorificarea potențialului existent sunt necesare tehnologii și mijloace tehnice eficiente pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat specifice condițiilor Republicii Moldova, metode și mijloace pentru prepararea amestecurilor combustibile. Informația din literatura de specialitate referitoare la subiectele menționate nu este suficientă pentru a face o argumentare referitor la posibilitatea și eficiența producerii etanolului în condițiile Republicii Moldova, adesea informația disponibilă poartă un caracter fragmentar și contradictoriu. Prin urmare este necesar de efectuat un complex de cercetări privind optimizarea constituției biocombustibililor formați în amestec cu monohidroxizi, efectuarea unui ciclu de cercetări pentru 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 și valorificarea elaborărilor concepute în lucrare.

MATERIALE ȘI METODE

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 ale combinei și 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).

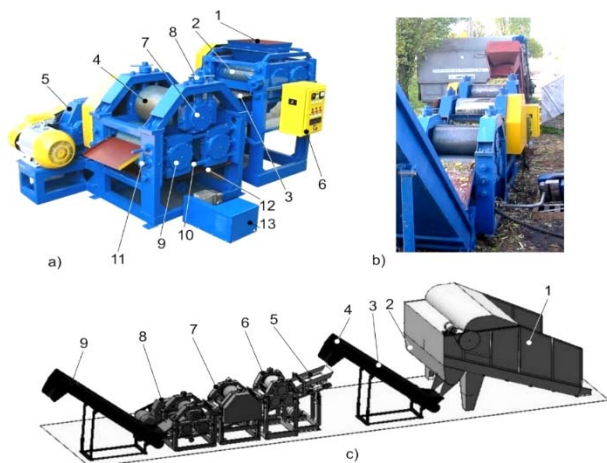


Figura 2. Utilaje ITA „Mecagro” pentru procesarea sorgului zaharat: a - macheta preseii; b, c - linia tehnologică

Caracteristicile de stand au fost ridicate la catedre „Transport auto” UASM și UTM 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). Caracteristicile au fost ridicate în conformitate cu GOST 14846 cu grade de solicitare parțială a motorului testat $\lambda = P_i/P_e = 25,40,55,70,85\%$ și cu solicitare totală $\lambda = P_i/P_e = 100\%$.



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

Caracteristicile de stand au fost ridicate la catedre „Transport auto” UASM și UTM 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). Caracteristicile au fost ridicate în conformitate cu GOST 14846 cu grade de solicitare parțială a

motorului testat $\lambda = P_i/P_e = 25,40,55,70,85\%$ și cu solicitare totală $\lambda = P_i/P_e = 100\%$.

În procesul măsurărilor emisiilor gazelor de eșapament s-au determinat concentrația oxidului **CO** și hidrocarburilor **CH**. Gazele emise au fost măsurate în conformitate cu GOST 17.2.2.03, folosind 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).

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

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. 4).

Tehnologia propusă de către noi [26] se deosebește de tehnologiile descrise de către Moraru Gh. și Goian M. [23, 25] 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 (Kleťkin 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 organele de lucru rotative cu axa verticală. Pentru acest tip al vindroverului a fost elaborat un model fizic al procesului de tăiere și deplasare a masei vegetale, precum și argumentați parametrii constructivi și cinematici [27].

Pentru **tăierea ireproșabilă și antrenarea sigură** cu consum redus de energie este necesar ca

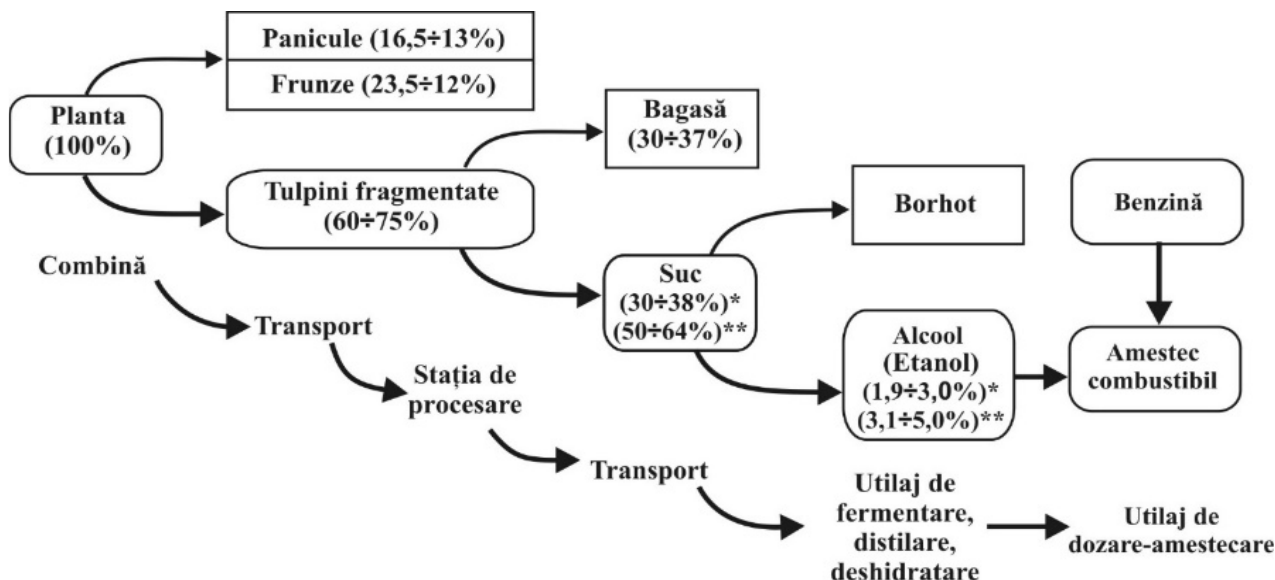


Figura 4. Bloc-schemă tehnologiei propuse pentru recoltarea și prelucrarea sorgului zaharat (cantitățile de material sunt indicate în % mas.): *presare mecanică; ** presare mecanică + imbibiție (difuzie).

tulpina, până a intra în contact cu suprafața de lucru a dintelui de antrenare, să fie tăiată și introdusă complet în spațiul de antrenare al discului (fig. 5). Din momentul contactului vârfului dintelui din tambur cu tulpina, corelația dintre viteza combinei V_{com} și viteza unghiulară a tamburului ω_{ant} trebuie să corespundă următoarei condiții: tulpina,

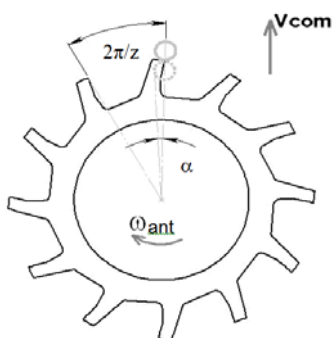


Figura 5. Schema antrenării și evacuării tulpinii din rând.

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. 5). În acest caz combina va parcurge distanța:

$$S = \hat{i} + d, \tag{1}$$

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

Pentru parcurgerea distanței S este necesară durata de timp:

$$\tau = \frac{S}{V_{com}} = \frac{\hat{i} + d}{V_{com}}. \tag{2}$$

În aceeași perioadă de timp, tamburul se va roti cu unghiul $(\theta - \alpha)$ (fig. 6):

$$\theta - \alpha = \frac{2\pi}{z} - \arctg \frac{r}{R - r}, \tag{3}$$

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

Atunci perioada de timp necesară pentru antrenarea tulpinii va fi:

$$\tau = \frac{\theta - \alpha}{\omega_{ant}} = \left(\frac{2\pi}{z} - \arctg \frac{r}{R - r} \right) / \omega_{ant} = \frac{\hat{i} + d}{V_{com}} \tag{4}$$

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

$$\tau = \frac{2\pi}{z\omega_{ant}} \text{ sau } \tau = \frac{d}{V_{com}} \tag{5}$$

Din relația 5 rezultă:

$$\frac{V_{com}}{z\omega_{ant}} = \frac{d}{2\pi} \text{ sau } z\omega_{ant} = \frac{2\pi V_{com}}{d}. \tag{6}$$

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

$$z\omega_{ant} \leq 2\pi V_{com} / d \tag{7}$$

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 valțurii 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; condiții, care asigură plenitudinea recoltării și evacuarea operativă a tulpinilor din rând; acțiunile forțelor în procesul de antrenare și evacuare a tulpinilor [27, 28].

Procesarea tulpinilor. În baza analizei tehnologiilor și utilajelor existente, pentru extragerea sucului din tulpinile plantelor zaharoase, a fost argumentată oportunitatea utilizării preselor

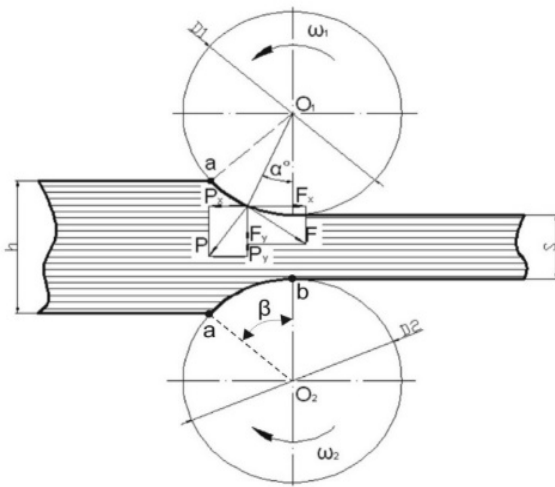


Figura 6. Schema aplicării forțelor asupra materialului presat.

cu valțuri pentru stoarcerea sucului din tulpinile sorgului zaharat și au fost motivați parametri de bază ai preseii care ar asigura obținerea unor cantități mari de suc brut din sorg zaharat folosit pentru obținerea monohidroxizilor 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 pasaj dintre doi valțuri (fig. 6), a căror viteză periferică este egală și considerând că patinarea lipsește, se determină din 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.

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

$$Q_{mv} = V \gamma = bhv\gamma. \quad (9)$$

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) γ_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 :

$$Q_b = V_b \cdot \gamma_b = b \cdot s \cdot v \cdot \gamma_b. \quad (11)$$

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

$$GE = 1 - \frac{\gamma_b \cdot s}{\gamma \cdot h} = 1 - k \frac{s}{h} = 1 - k \frac{h - \Delta h}{h}, \quad (12)$$

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

În formula (12) numitorul ($\gamma \cdot h$) reflectă starea materiei prime, iar numărătorul $\gamma_b \cdot s$ - 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:

$$GE_{max} = f_s = 1 - \frac{\gamma_b \cdot s}{\gamma \cdot h} = 1 - \frac{\gamma_b}{\gamma} \cdot \frac{h - \Delta h}{h}. \quad (13)$$

Prin urmare $\frac{\gamma_b \cdot s}{\gamma \cdot h} = 1 - f_s = f_{su}$ și respectiv:

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

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

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

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

$$\Delta h = h - s = D(1 - \cos\varphi) = h(1 - f_{su} \cdot \frac{V}{\gamma_b})$$

de unde:

$$D = h \frac{1 - f_{su} \gamma / \gamma_b}{1 - \cos \varphi} = h \frac{1 - f_{su} / k}{1 - \cos \varphi} \quad (15)$$

Așadar, calculând h după formulă (9) și măsurând valorile proprietăților fizice ale materialului presat ($f_s, f_{su}, \gamma, \gamma_b, \varphi$), se determină diametrul valțurilor D și jocul s .

De asemenea, a fost motivată teoretic și puterea consumată la presarea materialului [29].

În baza recomandărilor teoretice au fost calculate valorile parametrilor tehnologici și constructivi ai preseii cu valțuri, care ulterior au fost optimizate folosind plan B_3 . Utilizând modelele matematice au fost determinate regimuri optime de presare: jocul inițial dintre valțuri $5 \div 7$ mm, turația valțurilor $10 \div 11 \text{ min}^{-1}$, forța de presare - maximum posibilă (150kN) [30].

Producția biocombustibilului. Deoarece biocombustibilii se produc în diferite condiții, respectiv și 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.7). Totodată, simplitatea

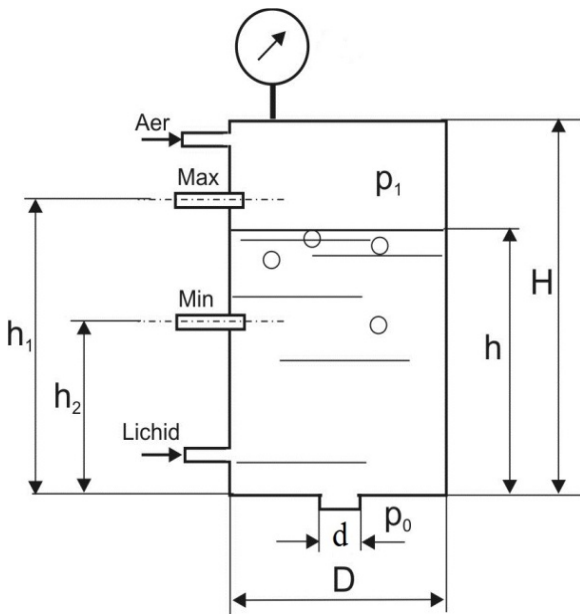


Figura 7. Schema dozatorului cu acțiune continuă combinată de menținere a suprapresiunii.

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 [31] a fost elaborată formula care permite determinarea erorii de dozare a componentelor lichide :

$$\delta = \frac{Q - Q_r}{Q} \cdot 100\% = \left[1 - \sqrt{1 + \frac{\Delta h}{h + \frac{\Delta p}{\rho g}}} \right] \cdot 100\% \quad (16)$$

unde Q și Q_r reprezintă debitele de curgere, respectiv cel nominal și cel real (pentru $\Delta p, S$ și μ constante); h - înălțimea coloanei de lichid la intrare în orificiul de evacuare, m; $\Delta h, \Delta p$ - abateri de la valori date ale înălțimii coloanei (m) și presiunii (p_a) a lichidului; ρ - densitatea lichidului dozat, kg/m^3 ; 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 $Q \pm \Delta Q$, unde ΔQ reprezintă eroarea debitului de curgere. La rândul său, ΔQ este determinat de suma erorilor care apar la menținerea suprapresiunii Δp și a nivelului Δh . Gradul cu care Δp și Δh influențează ΔQ poate fi stabilit din analiza formulei 16, având

$$\text{în vedere, că } \delta = \frac{\Delta Q}{Q} \cdot 100\% \text{ și din care urmează}$$

că eroarea de dozare δ se micșorează odată cu creșterea Δp . Deci, $\lim_{p_1 \rightarrow \infty} \delta = 0$.

Din grafic (fig. 8) rezultă că, pentru $\Delta p > 0,2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$, înălțimea inițială a coloanei de lichid h , practic, nu influențează eroarea. Așadar, putem afirma, că odată cu mărirea căderii presiunii, dependența $\delta = f(\Delta h)$ devine mai mica și când $\Delta p \rightarrow \infty$

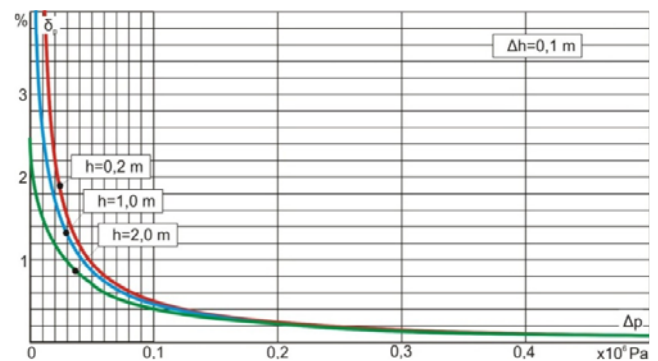


Figura 8. Eroarea de dozare δ funcție de suprapresiunea Δp din rezervorul de lucru pentru diferite înălțimi ale coloanei de lichid.

eroarea de dozare nu depinde de mărimea Δh . De aici rezultă că pentru p_1 cu valori mari, eroarea de dozare δ depinde numai de erorile de menținere a presiunii date în rezervorul de lucru.

Argumentarea compoziției biocombustibilului. Studiul teoretic al procesului de combustie în MAS 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 a benzinei, parametrii constructivi ai camerei de ardere, sistemului de alimentare și 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 alcool monoatomic-benzină [32] a permis de efectuat etapa a doua de argumentare a compoziției acestora și a condițiilor de combustie (etapa 1 – studii teoretice). Drept etapa a treia au servit cercetări de stand ale motoarelor alimentate cu ecobenzine [33].

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

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

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%) + 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.

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

Factorii	Valori naturale				Niveluri 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_i/P_e , %	40	70	100	30	-1	0	+1
X_3 – turațiile arborelui cotit n , min^{-1}	2000	2500	3000	500	-1	0	+1

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:

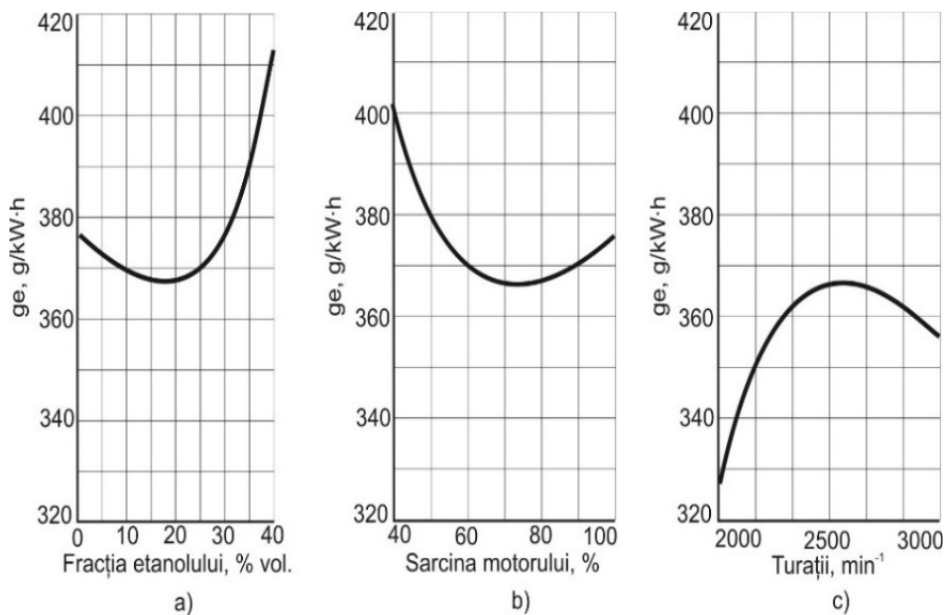


Figura 9. Efectele medii ale fracției etanolului, coeficientului de sarcină P_i/P_e și turației arborelui cotit n asupra consumului specific al motorului VAZ 2103: a) $\lambda = 70\%$, $n = 2500 min^{-1}$; b) $C_e = 20\% vol.$, $n = 2500 min^{-1}$; c) $C_e = 20\% vol.$, $P_i/P_e = 70\%$.

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

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

Reieșind din ambele modele de regresie – pentru puterea și consumul specific al motorului VAZ 2103 (fig. 9), prin metoda optimizării prin compromis, se pot recomanda următoarele caracteristici: conținut etanol în ecobenzină $C_e = 15 \div 25$ % vol., coeficientul de sarcină $P_i / P_e = 70 \div 90$

%, turațiile arborelui cotit $n = 2500 \div 3000 min^{-1}$. Totodată, este important să reținem că majorarea puterii și reducerea consumului specific de combustibil al motorului VAZ 2103, implică, cere mărirea concomitentă a sarcinii P_i / P_e (X_2) și turațiilor arborelui cotit (X_3).

Cercetările efectuate, în continuare, pe un alt stand (M2812-4, Cehia) demonstrează că creșterea turației arborelui cotit până la $4000 min^{-1}$ și adăugarea butanolului în amestecurile binare B10, B20, B30 (butanol-10, 20, 30% vol., respectiv, benzina Normală 80-restul) și triple E16 B16 (etanol – 16% vol., butanol – 16% vol., benzina Normală 80-restul), practic, nu schimbă 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 admisi-bile, 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 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	Parcurs 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

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

1. Analiza critică a stadiului actual al lucrărilor de cercetare-dezvoltare demonstrează necesitatea valorificării complexe a potențialului energetic al biomasei cu intensitatea energetică sporită (monohidroxizilor), care permite reducerea consumului de combustibili fosili și soluționarea problemelor economice, ecologice și sociale. La momentul actual din monohidroxizi cea mai mare pondere în asigurare cu energie a motoarelor cu ardere internă are etanolul obținut prin fermentare din biomasă, care conține glucide sau amidon. Din această biomasă poate fi obținut și butanol, care datorită proprietăților sale are perspective largi de utilizare. Este evidențiat potențialul energetic și economic înalt al sorgului zaharat în producția monohidroxizilor.

2. Valorificarea potențialului energetic al sorgului zaharat necesită elaborarea a unei combine cu productivitatea 13÷22 t/h, agregată de tractor cu puterea motorului N 58kW și adaptată la condițiile Republicii Moldova. Este propus modelul fizic al procesului de tăiere, antrenare și deplasare a masei vegetale în vindrover cu organe de lucru rotative, care reflectă interacțiunea acestor organe în dinamică și permite argumentarea teoretică a parametrilor vindroverului, asigurând condiții de tăiere calitativă, antrenare sigură și evacuare operativă a tulpinilor din rând în vindrover. S-a stabilit dependența dintre parametrii agrotehnici (diametrul, numărul *m* al tulpinilor la 1 metru liniar în rând), parametrii constructivi (numărul de dinți *z* ai tamburului de antrenare) și cinematici (viteza combinei *V_{com}*, viteza de rotație a tamburului *ω_{ant}*), s-a stabilit poziția optimă a divizorilor

laterali și a celui central în raport cu tamburul de antrenare.

3. Pentru asigurarea procesului tehnologic de procesare a sorgului sunt argumentate: productivitatea stației de stoarcere a sucului (10 tone de tulpini/oră) și componentele principale ale stației (buncărul recipient de tulpini, mecanismele de încărcare și dozare a materiei prime, prese cu valțuri pentru stoarcerea sucului, transportorul pentru evacuarea bagasei, sisteme pentru acumularea sucului și încărcarea lui în mijloace de transport). Este propusă metoda determinării numărului de mijloace de transport, necesare pentru aducerea materiei prime de la combină și evacuarea sucului.

4. Este elaborată o metodă de dozare-amestecare a componentelor combustibilului, care se bazează pe amestecarea în flux a acestora, care sunt pompate cu suprapresiuni dirijate ($\Delta p=0,2\div 0,5\text{Mpa}$), prin conducte separate cu orificii calibrate. În baza acestor constatări au fost concepute, elaborate, proiectate și confecționate două tipuri de instalații pentru prepararea și amestecarea biocombustibililor lichizi „Biomixt” și „Biomixt-Pres” care se deosebesc prin eroare minimă la dozarea componentelor ($\delta < 0,2\%$), printr-un grad de fiabilitate mai înalt, simplitate și universalitate constructivă sporită în raport cu cele analogice existente pe piață.

5. Pierderile de căldură la alimentarea motoarelor cu amestecuri din etanol și benzină pot fi reduse în comparație cu cele rezultate de la arderea benzinei, ce conduce la creșterea randamentului termic al motorului și la micșorarea conținutului de toxice în gazele de eșapament. Sunt estimate în complex proprietățile fizico-chimice și

de exploatare ale combustibililor (benzinei, etanolului, butanolului, amestecurilor lor): caracteristicile de distilare, presiunea vaporilor, cifrele octanice, proprietățile corosive, cantitatea gumelor actuale, punctul de tulburare, stabilitatea fazelor, densitatea, viscozitatea cinematică. Este stabilit, că proprietățile amestecurilor alcool monoatomic-benzină (fracția alcoolilor până la 50% vol.) depind în mod complex de proprietățile și concentrația componentelor, iar pe de altă parte, de interacțiunea moleculelor, care generează efectele sinergice.

6. Cercetările de stand au demonstrat posibilitatea și eficiența producerii amestecurilor alcool-benzină (ecobenzinelor) cu folosirea benzinelor cu componența nemodificată (cifra octanică redusă, COM 76...78). Adaosul de până la 30% de alcool monoatomic în astfel de benzină asigură motorului performanțe identice celor înregistrate la alimentarea MAS cu benzină cu cifra octanică înaltă. În cazul alimentării cu ecobenzine, motorul este mai receptiv la deschiderea clapetei obturatorului la turații înalte ale arborelui cotit ($n = 3000 \text{ min}^{-1}$) datorită condițiilor mai bune de injecție, dispersare a combustibilului în fluxul de aer și de ardere a amestecului de lucru în camera cilindrului.

7. Sunt stabilite pentru motoare cu diferite graduri de comprimare ($\epsilon = 6,7; 8,5$)

valorile optime ale regimurilor de funcționare: fracția alcoolului în ecobenzină, %vol.-10÷20; turațiile arborelui cotit, min^{-1} - 2000÷2500, respectiv 2500÷3000; sarcina motorului $P_i / P_e \geq 50\%$. Aceste regimuri asigură motoarelor o funcționare stabilă, parametrii energetici (P_e) și economici (g_e) la nivel eficient, reducând concentrația în gazele de eșapament a oxidului de carbon CO și hidrocarburilor CH. Concentrația substanțelor nocive în gazele de eșapament depinde și de alți parametri de lucru ai motorului (coeficientul de exces al aerului, unghiul de avans la aprindere, temperatura).

8. S-a constatat că caracteristicile de reglare a MAS, alimentat cu benzină și ecobenzine, cu schimbarea componenței combustibilului și unghiului de avans la aprindere au tendințe identice. Alimentarea motorului cu benzină Premium -95 și ecobenzină E20 asigură la regimuri optime, practic, aceleași valori ale puterii P_e și consumului specific g_e . În ambele cazuri puterea maximă P_e^{\max} se obține la aceleași valori ale consumului orar G_h , iar atingerea consumului specific minim g_e^{\min} necesită

pentru ecobenzină valori mai înalte cu 0...12% ale consumului orar G_h . Motorul alimentat cu ecobenzină este mai sensibil la schimbarea componenței amestecului de ardere și temperaturii lichidului de răcire: devierea componenței de la G_h^{optim} și temperaturii de la t^{optim} reduce eficiența motorului în cazul alimentării cu ecobenzină într-o măsură mai mare decât cu benzină.

9. Sunt obținute ecuațiile de regresie care adecvat descriu influența interstițiului inițial dintre valțuri, a forței de presare și a turației valțurilor asupra gradului de stoarcere (extragere) a sucului crud, productivității procesului și puterii consumate, de asemenea, au fost obținute ecuații de regresie cu privire la influența fracției volumice a etanolului, sarcinii motorului, turațiilor arborelui cotit asupra puterii MAS și consumului specific de combustibil.

10. În baza încercărilor de exploatare s-a demonstrat că mijloacele tehnice elaborate (combina de recoltat și stația de stors suc) sunt funcționale și îndeplinesc integral toate operațiile tehnologice planificate în etapa de proiectare la parametri programați și corespund cerințelor normative privind siguranța în funcționare și ergonomicitatea construcției. Astfel, combina elaborată și fabricată în baza cercetărilor noastre asigură calitatea necesară a tulpinilor fracționate cu productivitatea orară de $0,59 \div 0,78 \text{ ha}$ (timp de bază) fiind agregată de un tractor cu puterea

motorului P 58kW, iar linia pentru stoarcerea sucului de sorg zaharat, asigură executarea tuturor operațiilor tehnologice în condiții optime, având o productivitate până la 10t/h cu gradul de extragere a sucului crud $GE = 45 \div 55\%$.

11. Încercările de exploatare a automobilelor alimentate cu diferiți combustibili au confirmat ipotezele înaintate anterior referitor la posibilitatea și eficiența utilizării amestecurilor etanol-benzină, butanol-benzină pentru alimentarea MAS exploatare în condițiile Republicii Moldova. S-a demonstrat că pentru obținerea amestecurilor menționate este eficientă utilizarea benzinelor ieftine nemodificate, a căror cifră octanică este cea mai mică (COM 76...78). De asemenea, s-a constatat că atât conținutul de microelemente (zinc, calciu, fier), cât și proprietățile uleiurilor din motoarele alimentate cu ecobenzine au fost identice cu cele din motoarele alimentate cu benzină estimate la schimbul de ulei.

12. Estimările tehnico-economice ale elaborărilor realizate au arătat că procesul tehnologic de cultivare și recoltare a sorgului zaharat, permite producția tulpinilor la un cost de producție de la 180 până la 270 lei/t. Costul de producție al produsului de bază (sucului) variază în limitele 243 ... 428 lei/t,

iar al produsului secundar (bagasei) - 100 ... 200 lei/t, asigurând un efect economic de la implementarea liniei tehnologice propuse în sumă de 860,3 mii lei/an (60,3 mii \$/an). Analizele previzionale au arătat că, pentru asigurarea necesităților Republicii Moldova cu ecobenzină E20 (182 mii m³/an) sunt necesare 467 mii t de suc de sorg zaharat anual. Pentru obținerea acestei cantități de suc sunt necesare 62 ... 100 linii de extragere a sucului, implementarea cărora ar asigura un efect economic anual în sumă de până la **6 mil. \$**.

13. 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 va 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 asigură efectul economic comun calculat cu valoarea până **20mil.\$/an**.

Bibliografie

1. *Direction general for Energy (DG XVIII). Energy in Europe. European Energy to 2020. A scenario approach. Special ISSUE- Spring 1996. 35 p.*
2. *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.*
3. **Duca Gh.** Propunerile Academiei de Științe a Moldovei privind eficientizarea sectorului energetic. În: Akademos, Chișinău, nr. 1 (16), 2010. p.34÷42. ISSN 1857-0461.
4. *Key World Energy Statistics (PDF). International Energy Agency. 2006. <http://www.eia.org/textsbase/ppdf/free/2006/key2006.pdf>. Retrieved on 2007-04-03. pp. 48-57.*
5. *Directiva 1996/62/EC din 27 septembrie 1996 privind evaluarea și gestionarea aerului înconjurător. În: Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 296 din 21.11.1996, p.55-63.*
6. **Lowus S. O., Devote R.S.** Exhaust emission from a single cilinder engine fueled with gasoline,

methanol and ethanol. In: Combustion Science and Technology, 1976, Nr. 12, p. 177-182.

7. **Turon M.** *Ethanol as Fuel: An Environmental and Economic Analysis, U.C. Berkley, Chemical Engineering. 1998. p. 325÷343.*

8. **Iulian R., Rodney T.I.** *Combustion and emission characteristics of methanol, methanol – water and gasolin-methanol blends in a spark ignition engine. In: 11 th Intersoc. Energy Convers. Eng. Conf. 1976, 1, p. 122...132.*

9. **Carlos Coelho de Carvalho Neto, D. O. Schulte, Carlo Baldelli, P. Yappoli, Gareth Ellis et. all.** *Program CPR/88/053, Chine, Shenian, 2002. 145 p.*

10. **Goldemberg I., Teixeira C., Mario N., Lucon O.** *Ethanol learning curve-the Brazilian experience. In: J. Biomass and Bioenergy. 2004, 26, Nr. 3. p. 301÷304.*

11. **Lanzer T., O.F. von Meien, Yamamoto C.I.** *A predictive thermodynamic model for the Brazilian gasoline. In: Fuel, Nr 84, 2005, pp. 1099...1104.*

12. **Schaffrath M.** *Alternativkraftstoff and nenartige Autriebssystem fur Kraftfahrzeuge. In: MTZ, 1975, V. 36, N6, p.181-186.*

13. **Smal' F.V., Arsenov E.E.** *Perspektivnye topliva dlya avtomobilej. Moskva: Transport, 1979. 152 s.*

14. **Makarov V.V. i dr.** *Spirty kak dobavki k benzinam. V. Avtomobil'naya promzshlennost'. 2005, nr.8.*

15. **Mixnenko E., Olijnichuk S.** *Biatenol: sovremennoe sostoyanie i progressivnye texnologii. V: Materialy Mezhdunarodnoj konferencii „Energia iz biomassy”. Kiev. 2004, s. 251-252.*

16. **Sajdamedov S.I.** *Etanol kak oktanopovyshayushhaya dobavka k benzinam. V. Uzb.Ximich. zhurnal. 2005, nr. 3, s.48÷51.*

17. **Gao J., Iang D., Huang Z.** *Comparative analysis of ethanol-gasoline blends and gasoline. In: J. Fuel, 2007. 86, Nr. 10-11. p. 1645÷1650.*

18. **Manea Gh., Georgescu M.** *Metanolul-combustibil neconvențional. București: Tehnica, 1992. 84 p.*

19. **Apostolache N., Sfințeanu D.** *Automobilul cu combustibili neconvenționali. București: Tehnica, 1989, 125 p.*

20. **Borta V.M., Segal B.** *Alcoolul etilic, carburant. București: Tehnica, 1988, 156 p.*

21. **Schmitz N., Henke I.** *Bioetanol als Kraftstoff. In: J. Fortschr. Landwirtschaft. 2007, Nr.5, p.64÷65.*

22. **Mirzoev V., Pushhik E.** *Benzin i etanol – mirovye perspektivy. 26.09.2010. 18 c. [www. Infobio.ru/analytics/417.html](http://www.infobio.ru/analytics/417.html)*

23. **Goian M. ș.a.** *Sorgul zaharat. Timișoara: USAB. 1991. 178 p.*

24. **Giuliano G., Pietro Moncada P.C., Henri Zibetta.** Promising industrial energy crop: Sweet Sorghum, Commission of the European Communities, 1992. 73 p.
25. **Moraru G.A.** Perspektivy ispol'zovaniya saxarnogo sorgo dlya obespecheniya zhiznedeyatel'nosti cheloveka. În: *Agricultura Moldovei*, nr. 1, 2000. p.16-19.
26. **Hăbășescu I., Cerempei V., Balaban N., Raicov V., Molotcov Iu.** Contribution to the Research, Production and Utilization of Liquid Biofuels in the Republic of Moldova. În: *Proceedings of the 5th UEAA General Assembly*. Riga, Latvia, 2008. p. 103...109. ISBN 978-9984-808-31-4.
27. **Cerempei V.** Theoretical argumentation of parameters of a windrover stems driving and evacuating working part. In: *INMATEH – Agricultural Engineering*, vol. 43, no.2, 2014, Bucharest. p. 61 ÷72, ISSN 2068-2239, ISSN 2068-4215.
28. **Hăbășescu I., Cerempei V., Deleu V. ș.a.** *Energia din Biomasă: tehnologii și mijloace tehnice*. Chișinău: Bons Offices, 2009. ISBN 978-9975-80-301-4, 368 p.
29. **Cerempei V.** Theoretical argumentation on the choise 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, 2014, Bucharest.p. 69÷79, ISSN 2068-2239, ISSN 2068-4215.
30. **Hăbășescu I., Cerempei V., Balaban N.** Experimental argumentation of press parameters for squeezing juice. In: *INMATEH – Agricultural Engineering*, vol. 44, no.3, 2014, Bucharest. p. 79÷87. ISSN 2068-2239, ISSN 2068-4215.
31. **Hăbășescu I., Cerempei V., Molotcov Iu.** Instalație și procedeu de dozare continuă a lichidului. Brevet de invenție de scurtă durată, 765 Y, MD, G 01 F 13/00, G 01 F 15/02. BOPI nr 4/2014.
32. **Cerempei V., Povar I., Pintilie B.** Proprietățile fizico-chimice ale amestecurilor combustibile alcool monoatomic-benzină. In: *Book of proceedings of the international symposium “The environment and industry”*, v.1, Bucharest, 2011, p. 247-254.
33. **Hăbășescu I., Cerempei V., Esir M., Novorojdin D.** Indicii de performanță a motorului cu aprindere prin scînteie alimentat cu amestec etanol-benzină. În: *Materiale conferinței internaționale „Energetica Moldovei-2005”*, Chișinău: AȘM, 2005. p.672÷684. ISBN 9975-62-145-7.
34. **Cerempei V.** Exploatarea motoarelor alimentate cu amestecuri alcool monoatomic-benzină. În: *Mat. conferinței Științifico-Practice Internaționale „Realizări și perspective în mentenanța utilajului agricol și a autovehiculelor ”*, Chișinău: UASM, 2011, p.29-35.