

**INSTITUTUL DE TEHNICĂ AGRICOLĂ „MECAGRO”**

Cu titlu de manuscris  
C.Z.U.: 631.3;620.952

**CEREMPEI VALERIAN**

**TEHNOLOGIA ȘI MIJLOACELE TEHNICE DE PRODUCERE  
ȘI UTILIZARE A BIOCOMBUSTIBILILOR ÎN BAZA  
ALCOOLILOR MONOATOMICI**

**255.01. TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE ÎN AGRICULTURĂ ȘI  
DEZVOLTAREA RURALĂ**

**Teză de doctor habilitat în tehnică**

**Consultant științific:**

**Hăbășescu Ion, doct.hab.  
tehn., membru cor. AȘM**

**Autor:**

**CHIȘINĂU, 2016**

**©Cerempei Valerian, 2016**

## LISTA ABREVIERILOR

AEBIOM	Asociația Europeană a Biomasei
ANRE	Agenția Națională pentru Reglementări în Energetică
APP	Arborele prizei de putere
BTG	Grup de Instruire în Afaceri
C	Consum de materiale
COM	Cifra octanică după metoda Motor
COR	Cifra octanica după metoda Research
EBB	Organizația Europeană pentru Biodiesel
EBIO	Asociația Europeană pentru Bioetanol
EREC	Consiliul European al Energiei Regenerabile
EUBIA	Asociația Europeană a Industriei Biomasei
EUFORES	Forumul European pentru Sursele Regenerabile de Energie
GE	Gradul de extragere a sucului din tulpini
$g_e$	Consumul specific de combustibil
IEA	Agenția Internațională pentru Energie
m	Masa materialului
MAC	Motoare cu aprindere prin comprimare
MAI	Motoare cu ardere internă
MAS	Motoare cu aprindere prin scânteie
n	Turația
N	Puterea
ONU	Organizația Națiunilor Unite
OPEC	Organizația Țărilor Exportatoare de Petrol
P	Forța de presare
PIB	Produsul Intern Brut
PVR	Presiune de vapori Reid
Q	Productivitatea, debit
SECC	Sisteme electronice de comandă și control
SRE	Surse regenerabile de energie
V	Viteza liniară, volum
$\varphi$	Umiditatea relativă
$\tau$	Durata de timp
$\delta$	Eroarea absolută

## CUPRINS

LISTA ABREVIERILOR.....	3
ADNOTARE .....	7
АННОТАЦИЯ .....	8
ANNOTATION .....	9
INTRODUCERE .....	10
1. STADIUL ACTUAL CU PRIVIRE LA PRODUCȚIA ȘI UTILIZAREA BIOCOMBUSTIBILILOR PENTRU ALIMENTAREA MOTOARELOR CU APRINDERE PRIN SCĂNTEIE .....	20
1.1. Tendințe în dezvoltarea sectorului energetic al economiei mondiale și naționale .....	20
1.1.1. Situația energetică în economia mondială.....	20
1.1.2. Asigurarea Republicii Moldova cu resurse energetice .....	21
1.1.3. Actualitatea utilizării resurselor regenerabile de energie.....	23
1.2. Producția și utilizarea alcoolilor monoatomici în scopuri energetice .....	26
1.2.1. Biomasa- sursă importantă pentru obținerea biocombustibililor lichizi.....	26
1.2.2. Proprietățile fizico-chimice și de exploatare ale alcoolilor monoatomici .....	27
1.2.3. Situația și perspective privind folosirea alcoolilor monoatomici în energetică .....	31
1.2.4. Sorgul zaharat-materie primă pentru producerea alcoolilor monoatomici .....	37
1.3. Tehnologii de recoltare și procesare a sorgului zaharat .....	41
1.3.1. Recoltarea sorgului zaharat.....	41
1.3.2. Procesarea sorgului zaharat .....	46
1.4. Metode și mijloace pentru prepararea amestecurilor combustibile lichide .....	49
1.5. Concluzii la capitolul 1 și direcții actuale de aprofundare a cercetărilor .....	62
2. METODICA GENERALĂ DE CERCETARE, ECHIPAMENT, MATERIALE, METODE DE PREPARARE ȘI DE ANALIZĂ .....	64
2.1. Metodologia generală .....	64
2.2. Metodica cercetării, utilaje și instalații de laborator folosite la argumentarea tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat în scopuri energetice .....	67
2.2.1. Combina de recoltat sorg zaharat .....	67
2.2.2. Linia tehnologică pentru procesarea tulpinilor sorgului zaharat .....	68
2.3. Metodica și instalații experimentale pentru cercetarea utilajelor de dozare-amestecare a componentelor biocombustibililor lichizi.....	71
2.4. Ridicarea caracteristicilor de stand ale motoarelor alimentate cu biocombustibili .....	74
2.5. Încercările de exploatare ale motoarelor alimentate cu biocombustibili.....	75
2.6. Estimarea proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale combustibililor și a mijloacelor elaborate .....	77

2.7.	Concluzii la capitolul 2 .....	79
3.	ARGUMENTAREA TEHNOLOGIEI ȘI MIJLOACELOR TEHNICE PENTRU RECOLTAREA ȘI PROCESAREA SORGULUI ZAHARAT .....	80
3.1.	Cerințe inițiale pentru executarea operațiilor de bază .....	80
3.2.	Argumentarea tehnologiei de recoltare și procesare a sorgului zaharat.....	81
3.3.	Argumentarea parametrilor constructivi ai combinei.....	84
3.3.1.	Aparatul de tăiere al vindroverului .....	84
3.3.1.1.	Argumentarea schemei constructive a vindroverului.....	84
3.3.1.2.	Modelul fizic al procesului de tăiere și deplasare a masei vegetale .....	88
3.3.2.	Argumentarea teoretică a parametrilor constructivi și cinematici ai vindroverului.....	90
3.3.2.1.	Organul de tăiere a tulpinilor.....	90
3.3.2.2.	Organul de antrenare și evacuare a tulpinilor .....	93
3.4.	Argumentarea parametrilor de bază ai preseii pentru stoarcerea sucului.....	106
3.4.1.	Schema constructivă a utilajului .....	106
3.4.2.	Argumentarea teoretică a parametrilor constructivi și cinematici ai utilajului .....	112
3.4.3.	Argumentarea experimentală a parametrilor preseii .....	118
3.5.	Concluzii la capitolul 3 .....	124
4.	ARGUMENTAREA METODELOR ȘI UTILAJELOR PENTRU DOZAREA ȘI AMESTECAREA COMPONENTELOR BIOCOMBUSTIBILILOR LICHIZI.....	126
4.1.	Analiza parametrilor hidrodinamici.....	126
4.2.	Cercetări cu privire la argumentarea parametrilor instalației cu dozator –malaxor .....	128
4.2.1.	Construcția instalației “Biomixt” .....	128
4.2.2.	Argumentarea teoretică a parametrilor instalației “Biomixt” .....	130
4.3.	Cercetări cu privire la argumentarea parametrilor instalației cu curgere a lichidului la suprapresiune „Biomixt-Pres” .....	134
4.4.	Metode și instalația pentru deshidratarea etanolului .....	144
4.5.	Concluzii la capitolul 4 .....	146
5.	ARGUMENTAREA COMPOZIȚIEI AMESTECURILOR ALCOOLILOR MONOATOMICI CU BENZINĂ ..	148
5.1.	Obiectivele investigațiilor.....	148
5.2.	Studiul și argumentarea teoretică a compoziției biocombustibililor în baza proceselor de ardere	149
5.2.1.	Teorii referitoare la procesele de ardere a biocombustibililor lichizi .....	149
5.2.2.	Procese de ardere a biocombustibililor lichizi în condiții reale de combustie.....	152
5.3.	Cercetarea experimentală a biocombustibililor cu alcooli monoatomici .....	158
5.3.1.	Generalități cu privire la studiul experimental al biocombustibililor lichizi.....	158

5.3.2.	Cercetarea capacității de distilare a amestecurilor combustibile cu etanol.....	159
5.3.3.	Presiunea vaporilor .....	168
5.3.4.	Cifra octanică.....	169
5.3.5.	Proprietățile corozive ale biocombustibililor lichizi .....	170
5.3.6.	Comportarea la temperaturi joase.....	171
5.3.7.	Densitatea și viscozitatea biocombustibilior.....	172
5.4.	Cercetări experimentale cu privire la performanțele MAS alimentate cu biocombustibili ..	173
5.4.1.	Generalități, obiective și program de cercetări.....	173
5.4.2.	Analiza rezultatelor cercetărilor de stand .....	175
5.4.2.1.	Studiul caracteristicilor de viteză .....	175
5.4.2.2.	Studiul caracteristicilor de reglaj.....	187
5.4.3.	Componența gazelor de eșapament .....	193
5.5.	Concluzii la capitolul 5 .....	195
6.	VALORIFICAREA REZULTATELOR OBȚINUTE LA PRODUCEREA ȘI UTILIZAREA BIOCOMBUSTIBILILOR CU ALCOOLI MONOATOMICI. EFECTE ECONOMICE.....	199
6.1.	Rezultatele încercărilor de exploatare .....	199
6.1.1.	Rezultatele încercărilor de exploatare a combinei de recoltat sorg zaharat .....	199
6.1.2.	Rezultatele încercărilor liniei tehnologice pentru stoarcerea sucului de sorg zaharat.	202
6.1.3.	Încercarea motoarelor alimentate cu amestecuri din alcooli monoatomici cu benzină 205	
6.2.	Justificarea tehnico-economică a elaborărilor .....	209
6.3.	Concluzii la capitolul 6 .....	215
	CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI .....	218
	BIBLIOGRAFIE .....	223

## ADNOTARE

Autor – Cerempei Valerian. Titlul - Tehnologia și mijloacele tehnice de producere și utilizare a biocombustibililor în baza alcoolilor monoatomici. Teză de doctor habilitat în tehnică, Chișinău, 2016. Lucrarea este compusă din introducere, 6 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 217 titluri, 89 anexe, 224 pagini (până la bibliografie), 84 figuri, 29 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 99 lucrări științifice.

**Cuvinte cheie:** Tehnologie, Mijloace tehnice, Recoltare, Procesare, Sorg zaharat, Etanol, Butanol, Dozare, Ecobenzină, Motoare cu aprindere prin scânteie.

**Domeniul de studiu** – tehnică. **Scopul tezei** 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. **Obiectivele tezei:** analiza stadiului actual privind producerea și utilizarea alcoolilor monoatomici pentru alimentarea MAS; elaborarea tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat; argumentarea tehnico-experimentală a constituției ecobenzinelor; cercetarea calității mijloacelor tehnice elaborate și a motoarelor alimentate cu biocombustibili; estimarea efectelor economice și elaborarea recomandărilor practice.

**Noutatea și originalitatea științifică constă în:** elaborarea unor modele fizice și matematice originale, care descriu adecvat funcționarea vindroverelor de tip rotor, a preselor cu valțuri, instalațiilor de dozare a componentelor biocombustibililor lichizi și a MAS alimentate cu amestecuri alcool monoatomic-benzină; argumentarea experimentală a compoziției biocombustibililor care asigură condiții optime de combustie; soluții tehnice noi referitoare la recoltarea și procesarea sorgului zaharat, prepararea amestecurilor combustibile care sunt protejate cu 21 brevete de invenție.

**Semnificația teoretică** constă în elaborarea metodologiei de cercetare complexă referitoare la: valorificarea potențialului energetic de biomasă în baza modelelor fizice și matematice; descrierea funcționării organelor de lucru în timpul recoltării și procesării masei vegetale folosite pentru stoarcerea sucului crud, a dozării componentelor lichide ale amestecurilor alcool-benzină și a combustiei acestora în MAS.

**Valoarea aplicativă** este identificată de: soluții tehnice argumentate științific și utilizate în procesul elaborării, confecționării, încercării mostrelor experimentale ale combinei de recoltat și a liniei tehnologice de procesat sorg zaharat și ale instalațiilor de preparare a biocombustibililor lichizi; o monografie, prescripții tehnice, trei standarde de firmă și multiple recomandări practice elaborate în baza datelor din această lucrare.

## АННОТАЦИЯ

Автор – Черемпей Валериан Алексеевич. Название – Технология и технические средства для производства и применения биотоплив на основе одноатомных спиртов. Диссертация на соискание ученой степени доктора habilitation технических наук, Кишинэу, 2016 г. Работа состоит из введения, 6 глав, общих выводов и рекомендаций, 217 источников литературы, 89 приложений, 224 страниц (до литературы), 84 фигур, 29 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 99 научных работах.

**Ключевые слова:** Технология, Технические средства, Уборка, Переработка, Сахарное сорго, Этанол, Бутанол, Дозирование, Экобензин, Двигатели с воспламенением от искры ДВИ.

**Область исследования** – техника. **Цель диссертации** – комплексное и эффективное освоение энергетического потенциала, полученного из биомассы, путем разработки технологии и технических средств для производства и применения биотоплив на основе одноатомных спиртов. **Задачи диссертации:** анализ текущего состояния в области производства и применения одноатомных спиртов для питания ДВИ; разработка технологии и технических средств для уборки и переработки сахарного сорго; технико-экспериментальное обоснование состава смесей одноатомных спиртов с бензином; исследование в лабораторных и эксплуатационных условиях качества разработанных технических средств и двигателей, питаемых биотопливами; оценка экономического эффекта и разработка практических рекомендаций по освоению полученных результатов.

**Новизна и научная оригинальность** состоит в: разработке новых оригинальных физико-математических моделей, адекватно описывающих работу жаток роторного типа, вальцевых прессов, установок для дозирования компонентов жидких биотоплив и ДВИ, питаемых смесями одноатомных спиртов с бензином, обосновании состава биотоплив, обеспечивающего оптимальные условия их сгорания; новых технических решениях, относящихся к уборке и переработке сахарного сорго, приготовлению топливных смесей и защищенных 21 патентами на изобретение.

**Теоретическая значимость** состоит в разработке методологии комплексного исследования в областях: освоение энергетического потенциала биомассы на основе физико-математических моделей; описание работы рабочих органов при уборке и переработке растительной массы, используемой для получения суслу; дозирование жидких компонентов смесей спиртов с бензином и их сгорание в ДВИ.

**Прикладная ценность** обеспечена: научно обоснованными техническими решениями, использованными при разработке, изготовлении, испытаниях опытных образцов комбайна для уборки и технологической линии для переработки сахарного сорго, установок для приготовления жидких биотоплив; 1 монографией, техническими условиями, 3 стандартами фирмы и множеством практических рекомендаций, разработанных на основании данных из настоящей работы.



## ANNOTATION

Author – Cerempei Valerian. Title – Technology and technical means of production and using of biofuels based on monohydric alcohols. Thesis of PhD in technique, Chisinau, 2016. The work consists of introduction, 6 chapters, conclusions and recommendations, bibliography of 217 titles, annexes 89, 224 pages (up to bibliography), figures 84, 29 tables. The results obtained are published in 99 scientific works.

**Keywords:** Technology, Technical means, Harvesting, Processing, Sweet sorghum, Ethanol, Butanol, Dosage, Eco-gasoline, Spark ignition engines.

**Field of study** – technique. **The thesis purpose** is comprehensive and efficient exploitation of biomass energy potential by developing technology and technical means of production and using of biofuels based on monatomic alcohols. **Thesis objectives:** analysis of the current state according to the production and using monatomic alcohols to supply SI engines; technology development and technical means for harvesting and processing of the sweet sorghum; technical-experimental argument of eco-gasoline constitution; quality research of elaborated technical means and engines powered by biofuels; estimating the economical effects and development the practical recommendations.

**Scientific novelty and originality consists of:** developing of some original mathematical and physical models, which adequately describe the function of vindrover of rotor type, the roller presses, installations of dosage of liquid biofuels components and MAS fueled with monatomic alcohol petrol mixtures; experimental argumentation of biofuels composition that ensures the optimal condition of the burning of the fuel; new technical solutions for harvesting and processing of sweet sorghum, preparation of fueled mixtures that are protected with 21 Patents.

Theoretical value consist in methodology developing of complex research referring to: exploitation of biomass energy potential based on physical and mathematical models; description the officials working bodies during harvesting and processing the vegetable mass used for juice squeezing, the dosing liquid components of alcohol-gasoline mixtures and their combustion in SI engines.

The practical value is identified: scientifically and technical solutions used in the design and used in the elaboration process, manufacture, testing the experimental samples of combine harvester and technological lines of process the sweet sorghum and facilities for the preparation of the liquid biofuels; a monography, technical prescription, three company standards and developed practical recommendations based on the data from this work.

## INTRODUCERE

**Actualitatea și importanța problemei abordate.** 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 găsirii 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 [18,31,32]. 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.

Unul din 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 [12]. Totodată, mijloacele de transport împreună cu alte mijloace energetice (centralele electrotermice, obiecte industriale etc.) emană anual în atmosferă cca. 6 mlrd. tone de CO<sub>2</sub>. Conform estimărilor specialiștilor, în ultimii 100 de ani conținutul de CO<sub>2</sub> în atmosferă a crescut cu 30 % [29].

Amploarea și gravitatea proceselor poluante este tot mai acută și reprezintă o amenințare serioasă pentru planeta noastră, prezintă un factor de risc pentru dezvoltarea durabilă a societății și chiar pentru existența omenirii în viitorul nu prea îndepărtat. O mare parte din poluanții din atmosferă sunt rezultatul folosirii combustibililor 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. Conform estimărilor specialiștilor din domeniu, dacă producția va rămâne la nivelul ultimilor ani, atunci

rezervele acumulate de petrol ar ajunge pentru cca. 40 ... 50 ani[21, 22].Cca. 40 % din rezerva totală de petrol se află în Venezuela și Arabia Saudită, urmate de Canada, Iran, Irak, Kuwait, Emiratele Unite și Rusia [217 p.3]. De aceea, trebuie căutate noi metode de înlocuire a combustibililor fosili cu cei regenerabili.

Realizarea eficientă a acestui obiectiv este posibilă în baza alcoolilor (metanolului, etanolului, butanolului) care conțin o grupă monovalentă cu oxigen: - OH. În literatura de specialitate compușii menționați au diferite denumiri: în engleză – monohydric Alcohols (alcooli monohidrici), în germana – einwertigere Alkohole (alcooli monovalenți), în franceză – monoalcooli (monoalcooli), în română – alcooli monohidroxicici, în rusă – одноатомные спирты (alcooli monoatomici). Deoarece noi efectuăm cercetări cu utilizarea alcoolilor pe parcursul mai mult de 20 ani, începând cu literatura în limba rusă, în prezenta lucrare este folosit termen „alcooli monoatomici”.

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 putea fi alimentat cu benzină, etanol sau cu amestecul acestora [52,65]. 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 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 ale alcoolilor monoatomici și ale amestecurilor combustibile metanol-benzină, etanol-benzină. Cercetătorii din SUA (Lowus S.O., Devote R.S. [44], Maiorella B.I. [57], Turon M. [60], Brusstar Matthew, Bakenhus Marco [62], Iulian R., Rodney T.I. [189]), Brasilia (Carlos Coelho de Carvalho Neto [41], Goldemberg I. Teixeira Coelho, Mario Nastari, Lucon O. [ 58 ], Lanzer T., O.F. von Meien, Yamamoto C.I. [173]), Germania (Schaffrath M. [45,46]) 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 alcoolilor monoatomici la alimentarea MAS a 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 CH și CO în gazele de eșapament la motoarele alimentate cu amestecuri din alcooli monoatomici și benzină este mai mică ca la motoarele alimentate cu benzină datorită măririi eficienței de combustie a biocombustibililor.

Cercetările ulterioare efectuate în fosta URSS (Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е. [37,48]), Rusia (Макаров В.В., Петрыкин А.А. [40]), Ucraina (Михненко Е., Олійничук С. [71]), Uzbekistan (Сайдахмедов С.И. [38], Лебедев О.В., Мусурманов Р.К. [39]), China (Lu Xingcai, Hou Yuchun, Zu Linlin [42], Gao Jian, Iang Deming [43]) și, în special, în România (Manea Gh., Georgescu M. [47], Apostolache N., Sfințeanu D. [190], Borta V.M., Segal B. [191], Anghelache I. [192]) au confirmat rezultatele obținute de cercetătorii din SUA, Brazilia, Germania. Adăugător a fost studiată activitatea corosivă a alcoolilor monoatomici, care necesită înlocuirea unor materiale din sistemul de alimentare MAS, camera de ardere rămânând neschimbată. Totodată autorii [44, 72] au demonstrat ineficiența utilizării practice a metanolului pentru combustie în motor din cauza valorilor înalte ale activității corosive 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[58,71,89], 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 [49,59,67,210]. De aceea cercetătorii din România (Goian M., Antohe I. [78]), Italia (Giuliano Grassi, Pietro Moncada, Henri Zibetta [89]), Republica Moldova (Moraru Gh. [76]) 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 alcooli monoatomici, 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.

În baza celor expuse se evidențiază următoarele argumente cu privire la ***Actualitatea și importanța temei abordate:***

- Pentru valorificarea potențialului energetic al sorgului zaharat este necesar să se actualizeze tehnologiile și să se elaboreze complexul de mijloace tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat pretate la condițiile Republicii Moldova.

- Informația tehnico-științifică existentă în sursele de specialitate accesibile privind schemele constructive și calculul parametrilor tehnico-economici ai mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat, dozarea-amestecarea componentelor biocombustibilului, precum și privind optimizarea constituției amestecurilor alcool monoatomic-benzină, și influența acesteia asupra caracteristicilor de funcționare a MAI poartă un caracter fragmentar, în multe cazuri chiar contradictoriu. Prin urmare este suficient de argumentată actualitatea cercetării științifice a subiectelor menționate și elaborarea în baza datelor obținute a complexului de mijloace tehnice pentru realizarea întregului itinerar tehnologic de obținere și utilizare a alcoolilor monoatomici din sorg zaharat în calitate de combustibili la alimentarea MAI.

- Facilitățile aduse producătorilor de sorg zaharat și producătorilor de biocombustibili lichizi, specialiștilor din centrele de cercetare și proiectare, din instituțiile de învățământ superior și colegii de profil viza-vi de aplicarea rezultatelor din teza de doctorat în activitatea practică a acestora.

- Posibilitatea extinderii ariei de utilizare în alte domenii ale economiei naționale (industria chimică, sectorul alimentar, sectorul furajer etc.), atât a sorgului zaharat propriu zis, cât și a complexului de mijloace tehnice folosite la realizarea procesului tehnologic de recoltare, procesare și condiționare a alcoolilor monoatomici obținuți din sorg zaharat.

**Scopul tezei** 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.*

În calitate de **obiect al cercetărilor** au servit tehnologia de recoltare a sorgului zaharat și mijloacele tehnice pentru realizarea următoarelor verigi tehnologice: recoltarea și procesarea sorgului zaharat; stoarcerea sucului crud; dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor cu conținut de alcooli monoatomici, încercarea unor proprietăți de exploatare a biocombustibililor lichizi. De asemenea, în calitate de obiect al cercetărilor au servit amestecurile combustibile alcool monoatomic-benzină și motoarele cu aprindere prin scânteie alimentate cu aceste amestecuri.

**Subiectul cercetărilor** se referă la studierea și estimarea cantitativă și calitativă a obiectelor cercetării pentru a aduce un plus de cunoaștere în domeniul vizat prin eficientizarea folosirii alcoolilor monoatomici la alimentarea MAI, perfecționarea metodelor și utilajelor de obținere a biocombustibililor lichizi cu conținut de etanol și butanol.

Pentru realizarea scopului propus în teza au fost stabilite **următoarele obiective:**

1. Evidențierea tendințelor de dezvoltare a sectorului energetic pe plan mondial și național, analiza soluțiilor tehnologice și tehnice cu privire la valorificarea potențialului de biomasă existent în Republica Moldova.

2. Argumentarea tehnologiilor și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat, pentru dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor lichizi.

3. Studiul și argumentarea compoziției amestecurilor combustibile cu alcoolii monoatomici.

4. Crearea unor baze de date experimentale și de încercări de exploatare referitoare la caracteristicile, proprietățile și valorificarea elaborărilor concepute în lucrare.

5. Structurarea unor concluzii finale și identificarea unor noi direcții de cercetare.

**Rezultate principial noi pentru știință și practică care au determinat soluționarea unei probleme științifice, aplicative, de importanță majoră** cu privire la asigurarea securității energetice a Republicii Moldova prin extinderea și realizarea de noi interpretări științifice referitoare la performanțele biocombustibililor lichizi în baza alcoolilor monoatomici. Printre rezultatele originale obținute în prezenta teză de doctorat se regăsesc următoarele:

1. S-a elaborat modelul fizic care descrie adecvat și amplu procesul de tăiere și deplasare a masei vegetale în vindroverele de tip rotor;

2. S-au argumentat teoretic și s-au confirmat experimental parametrii constructivi și cinematici ai organelor de tăiere, antrenare și evacuare a tulpinilor din vindroverul combinei de recoltat plante cu tulpini groase; ai utilajului pentru stoarcerea mecanică a sucului crud din aceleași tulpini și ai instalațiilor pentru dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor lichizi;

3. S-a determinat compoziția optimă a combustibililor constituiți din alcoolii monoatomici, inclusiv cei produși din sorg zaharat, în amestec cu benzină cu compoziție nemodificată și cifra octanică redusă, care asigură motorului cu aprindere prin scânteie performanțe similare celor obținute cu benzina cu cifra octanică înaltă (COR95);

4. S-au elaborat modelele fizic și matematic ale procesului de combustie în MAS a amestecului etanol-benzină, care permit efectuarea analizei ample parametrice întru stabilirea condițiilor de funcționare eficientă a motorului alimentat cu biocombustibil în funcție de compoziția acestuia, regimul de exploatare MAS și cerințele actelor normative în vigoare;

5. Inovația tehnologiei și a mijloacelor tehnice elaborate este confirmată de 21 brevete de invenție.

**Problema științifică importantă soluționată** în teza de doctorat se referă la studierea tehnico-științifică a proceselor de obținere și valorificare a potențialului de biomasă disponibil în Republica Moldova în scopuri energetice prin elaborarea tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea – procesarea sorgului zaharat și utilizarea alcoolilor monoatomici (etanolului și butanolului) în amestec cu benzină în calitate de combustibil al MAS.

**Importanța teoretică** este asigurată prin:

1. Stabilirea dependenței dintre parametrii agrotehnici ai tulpinilor recoltate și parametrii constructivi și cinematici ai tamburilor de antrenare, dispozitivului de expulzare a tulpinilor tăiate, precum și determinarea pozițiilor divizorilor laterali și a celui central ai vindroverului;

2. Determinarea dependenței gradului de stoarcere a sucului crud, productivității presării mecanice, consumului specific de energie funcție de condițiile de lucru în presă (diametrul și jocul dintre valțuri, turația acestora, grosimea inițială a materialului presat);

3. Elaborarea metodelor de dozare-amestecare continuă a componentelor biocombustibilului, bazate pe principiul curgerii lichidului prin orificiu sau conducta calibrată la suprapresiuni;

4. Argumentarea condițiilor optime de combustie a amestecurilor formate din alcooli monoatomici și benzină (conținutul de alcool, temperatura și volumul camerei de ardere), care asigură randament sporit al motorului și reducerea concentrației substanțelor toxice în gazele de eșapament.

**Valoarea aplicativă a lucrării.** În baza unui studiu sintetic și cercetării teoretice și experimentale, încercărilor de laborator și de exploatare se constată că valoarea aplicativă a prezentei lucrări este asigurată de:

1. Elaborarea tehnologiei și mijloacelor tehnice de producere și utilizare a biocombustibililor cu alcooli monoatomici (combina de recoltat sorgzaharat, linia tehnologică de stoarcere mecanică a sucului din tulpini de sorg zaharat, instalația de dozare-amestecare a componentelor biocombustibililor lichizi) cu caracteristici funcționale superioare și pretate la condițiile de exploatare a Republicii Moldova.

2. Concretizarea și sistematizarea recomandărilor privind exploatarea mijloacelor tehnice elaborate și utilizarea amestecurilor combustibile etanol-benzină, butanol-benzină la alimentarea MAS (sunt elaborate și aprobate îndrumare de exploatare a combinei, preseii, instalațiilor de dozare-amestecare și prescripțiile tehnice PT MD 75-03001224-031:2007, standarde de firmă SF

03001224-031: 2012 „Amestecuri combustibile etanol-benzină pentru motoare cu aprindere prin scânteie. Ecobenzine”, SF 65-03001224-034:2008 „Combina de recoltat sorg zaharat”, SF 65-03001224-035:2008 „Presă cu tăvălugi”.

3. Elaborarea și perfecționarea metodelor și instalațiilor de studiere experimentală a proprietăților tulpinilor sub acțiunea forțelor de comprimare, agresivității corosive a combustibililor, inclusiv a alcoolilor monoatomici, asupra diferitor elemente constructive ale motorului.

4. Folosirea rezultatelor obținute în realizarea procesului de pregătire și perfecționare a cadrelor în domeniile: *Inginerie agrară; Producția și utilizarea energiei din biomasă*.

**Diseminarea și aprobarea rezultatelor cercetărilor.** Rezultatele obținute în prezenta lucrare au fost raportate și aprobate la ședințele Consiliilor Științifice ale Institutului „Mecagro” (anii 2004 - 2015); Consiliilor Științifice în cadrul Programelor de Stat „Elaborarea tehnologiei de producere și utilizare a surselor energetice renovabile în baza materiei prime și deșeurilor agricole” (anii 2004÷2008), „Valorificarea resurselor regenerabile de energie în condițiile Republicii Moldova și elaborarea satelitului moldovenesc” (anii 2009÷2012); Consiliului Științific în cadrul proiectului internațional STCU 5398 „Elaborarea și utilizarea compozițiilor optime de amestecuri biocombustibile în baza modelării fizico-chimice”; la Conferințe Internaționale „Utilizarea surselor renovabile de energie și instalațiile energeticii netradiționale” (Chișinău, AȘM-MEC, 1995), „Energetica Moldovei -2007, 2012” (AȘM, IE, Chișinău), Conferințele Științifico-Practice Internaționale dedicate acad. Iu. Petrov (UASM, Chișinău, 2006, 2011); Simpozioanele Științifice Internaționale organizate cu ocazia aniversării de 75,80 ani ai UASM (Chișinău, 2008, 2013); Conferința Internațională „Transferul de tehnologii în agricultură și industria alimentară” (Chișinău, AȘM, 2005); Simpozioane Internaționale „Lecturi AGEPI” (Chișinău, 2004, 2005, 2006); Seminarul Internațional „Colaborarea în domeniul elaborării tehnologiilor bioenergetice” (Chișinău, Secretariatul Cartei Energetice UE, AȘM, 10÷11.05.2007); la a V Asamblăea Generală UEAA a Academiiilor de Științe Agricole și Silvici din Uniunea Europeană „Renewable Energy Resources, Production and Technologies” (Letonia, Riga, 28÷31.05.2008); Conferința „Cercetarea și inovarea în parteneriat cu mediul de afaceri” (Chișinău, AȘM, IEFS, 10.11.2011); Conferința Științifică Internațională „Edificarea societății durabile” (AȘM, Chișinău, 27÷29.10.2011); Conferința Internațională „Rolul culturilor leguminoase și furajere în agricultura Republicii Moldova” (AȘM, ICC, Bălți, 17÷18.06.2010); Conferințe Internaționale „Renewable Wood and Plant Resources: Chemistry, Technology, Pharmacology, Medicine” (Sanct-Petersburg, Rusia, 21÷24.06.2011), „Energy and Climate Change” (Greece, Athens, 13÷14.10.2011); Simpoziul Internațional „The environment and industry” (Romania, București, 16÷18.11.2011);



Expoziții Internaționale „Infinvent -2009, 2011, 2013, 2015”; „Moldagroteh – 2004, 2015”, Euroinvent- 2010, 2015, Inova – 2014, 2015 (Medalii de aur, Diplome).

**Publicații la tema tezei.** Rezultatele activității de cercetare-inovare au fost publicate în 99 lucrări științifice, inclusiv o monografie colectivă, 15 articole în reviste de circulație internațională și națională, 27 articole în culegeri internaționale și 12 în culegeri naționale, 21 brevete de invenție, trei standarde și o prescripție tehnică, 9 teze la manifestări științifice și materiale informative, dintre care publicate ca singur autor 5 articole științifice de sinteză și 3 capitole în monografia colectivă.

**Sumarul compartimentelor tezei.** În vederea realizării obiectivelor formulate, teza de doctorat a fost structurată în șase capitole, adnotarea în limbile română, engleză și rusă, introducere, lista abrevierilor, referințe bibliografice în număr de 217 titluri, 89 anexe. Numărul de pagini al textului de bază este de 225 (până la bibliografie), conținând 84 figuri și 29 tabele.

**Capitolul 1** oferă o sinteză a stadiului actual, trecând în revistă realizările și contradicțiile cu privire la utilizarea biocombustibililor pentru alimentarea MAS. Aplicabilitatea tezei fiind în domeniul automobilelor, capitolul continuă cu o analiză a datelor existente privind producția și utilizarea alcoolilor monoatomici în scopuri energetice (proprietățile fizico-chimice și de exploatare ale alcoolilor; materia primă utilizată pentru producția acestora; particularitățile morfologice, tehnologii de recoltare și procesare a sorgului zaharat; metode de preparare a amestecurilor combustibile cu alcoolii monoatomici). Capitolul se încheie cu o analiză critică și o constatare a insuficienței de date privind producerea și utilizarea biocombustibililor în baza alcoolilor monoatomici, care necesită efectuarea cercetărilor mai profunde și complexe pentru a asigura eficiența și competitivitatea biocombustibililor. În baza acestor constatări au fost formulate concluziile și direcțiile actuale de aprofundare a cercetărilor în domeniul vizat.

**În cadrul capitolului 2** se prezintă algoritmul efectuării cercetărilor experimentale și încercărilor de laborator și de exploatare. Sunt formulate obiectivele cercetărilor și încercărilor, sunt descrise construcția și principiul de funcționare a combinei de recoltat sorg zaharat, a liniei tehnologice pentru procesarea tulpinilor sorgului zaharat, instalațiilor pentru prepararea și studierea proprietăților amestecurilor combustibile, standurilor folosite în testarea utilajelor elaborate, amestecurilor de combustibil și a MAS.

Un volum semnificativ este dedicat descrierii metodelor de estimare a proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale combustibililor; de evaluare a mărimilor fizice, principiilor de programare a experimentelor.

**În capitolul 3** se realizează argumentarea tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat, sunt specificate operațiile tehnologice pentru recoltarea-

procesarea sorgului zaharat, precum și cerințele de executare a acestora. În acest capitol sunt tratate în detaliu aspecte privind argumentarea tehnologiilor de recoltare și procesare a sorgului zaharat și a parametrilor constructivi ai combinei, ai preseii pentru stoarcerea sucului, precum și aspectele teoretice ale parametrilor constructivi și cinematici ai vindroverului.

**Capitolul 4** prezintă argumentarea metodelor și utilajelor pentru dozarea-amestecarea componentelor biocombustibilului și instalațiilor de deshidratare a etanolului. Ținând cont de recomandările studiului de fezabilitate și rezultatele analizei parametrilor hidrodinamici au fost elaborate două metode și utilajele pentru dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor lichizi. Sunt argumentați teoretic și confirmat experimental parametrii constructivi și hidraulici, care asigură dozarea componentelor în instalații elaborate cu erorile relative mai mici de 0,2 - 0,5%.

**Capitolul 5** este consacrat argumentării teoretice și experimentale a compoziției amestecurilor alcoolilor monoatomici (etanolului, butanolului) cu benzină. Sunt studiate concomitent pentru elemente constituente (alcooli, benzină) și amestecurile lor proprietățile fizico-chimice și de exploatare: distilarea, presiunea vaporilor, cifra octanică, agresivitatea corosivă, densitatea, viscozitatea, stabilitatea fizică, comportarea la temperaturi joase.

În baza cercetărilor de stand au fost ridicate caracteristicile de viteză și de reglare ale MAS alimentate cu amestecuri duble și triple ale etanolului, butanolului cu benzină. A fost estimată componența gazelor de eșapament. Sunt confirmate rezultatele cercetărilor teoretice și experimentale privind compoziția optimă a biocombustibililor (fracția volumetrică a alcoolilor – 15 - 25%) și condițiile de funcționare a motorului, care determină valorile eficiente ale parametrilor energetici (momentului de torsiune, puterii), economici (consumului orar și specific al combustibilului), ecologici (ratelor de evacuare ale substanțelor nocive).

Este demonstrat, că datorită majorării amplitudinii de ardere a biocombustibililor performanțele MAS sunt identice celor caracteristice MAS alimentate cu benzină cu cifra octanică înaltă, iar concentrația substanțelor nocive rezultate de la arderea biocombustibililor se reduce în raport cu cele degajate de motoarele alimentate cu benzină.

**În Capitolul 6** sunt prezentate rezultatele activității de valorificare a cunoștințelor obținute (încercărilor de exploatare ale tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea-procesarea sorgului zaharat, ale motoarelor alimentate cu amestecuri E20 (20% vol. etanol - 80% vol. benzină) și B20 (20% vol. butanol - 80% vol. benzină)). Rezultatele încercărilor, efectuate împreună cu specialiștii Stației de Stat pentru Încercarea Mașinilor, confirmă funcționalitatea și eficiența elaborărilor realizate în cadrul prezentei teze.

Tot în capitolul 6, în temeiul argumentării tehnico-economice, se justifică oportunitatea utilizării tehnologiei și mijloacelor tehnice elaborate la recoltarea-procesarea sorgului zaharat, dozarea-amestecarea componentelor biocombustibilului; precum și compozițiilor propuse de biocombustibili pentru alimentarea MAS.

La finalul textului de bază al tezei sunt prezentate **concluzii** și **recomandări generale** privind utilizarea rezultatelor obținute.

În încheiere doresc să adresez mulțumiri consultantului științific, membrului corespondent al AȘM **Ion Hăbășescu** pentru aportul personal în realizarea acestei lucrări și îndrumarea în activitatea mea tehnico-științifică și profesională.

# **1. STADIUL ACTUAL CU PRIVIRE LA PRODUCȚIA ȘI UTILIZAREA BIOCOMBUSTIBILILOR PENTRU ALIMENTAREA MOTOARELOR CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE**

## **1.1. Tendințe în dezvoltarea sectorului energetic al economiei mondiale și naționale**

### **1.1.1. Situația energetică în economia mondială**

Industria energetică este unul din pilonii dezvoltării societății umane, asigurând cu energie toate sectoarele din economie și din sfera socială. *Consumul de energie* a fost și rămâne mereu în creștere. În anul 2014 valoarea totală a consumului de energie, la nivel mondial, a constituit 550 Exajouli, cu o pondere de cca 80% a combustibililor fosili [1]. Factorii principali care generează majorarea consumului de energie sunt: creșterea continuă a populației Terrei, dezvoltarea în ritm accelerat a industriei și transportului, creșterea masivă a condițiilor de trai, cerințe tot mai pretențioase față de confortul din locuințe, iluminat etc.

Conform datelor statistice, în anul 1950, populația globului pământesc era de 2,5 miliarde, în anul 1999 de 5,98 miliarde, iar în anul 2015 populația Terrei este estimată la 7,3 miliarde. Se preconizează ca populația globală să crească la 8,1 miliarde până în anul 2025, ajungând la 8,9÷9,55 miliarde în 2050 [2-7].

Concomitent cu creșterea numărului populației a sporit și consumul total de energie. Dacă pe parcursul ultimilor 50 de ani populația planetei s-a dublat, consumul energiei a crescut de 4 ori. Totodată, în perioada menționată a crescut de 3 ori volumul de producție al cerealelor, indicii dezvoltării economice s-au majorat de 5 ori [9÷12].

Dinamica menționată mărturisește despre sporirea populației umane și creșterea concomitentă a bunăstării materiale a societății umane, care sunt posibile doar prin creșterea securității energetice și majorarea consumului integral și diversificarea tipurilor de energie utilizate [12÷15].

În această situație, principalele obiective ale politicilor energetice mondiale sunt: dezvoltarea surselor regenerabile de energie; asigurarea securității energetice a fiecărei țări în funcție de condițiile specifice și a întregului sistem mondial; dezvoltarea tehnologiilor energetice viabile în contextul dezvoltării durabile; protejarea mediului înconjurător.

Astăzi, la nivel mondial, nu există o recomandare unică privind cel mai bun mixt de aprovizionare cu surse energetice. Fiecare țară are condițiile sale specifice și trebuie să găsească soluții optime bazate pe împrejurările speciale existente la moment și de perspectivă, inclusiv valorificarea potențialului energetic local.

### 1.1.2. Asigurarea Republicii Moldova cu resurse energetice

Situația din sectorul energetic al Republicii Moldova demonstrează, că cei mai mari consumatori de resurse energetice sunt sectorul rezidențial, adică populația, cu o cotă de consum de cca. 40%, urmat de transport cu o cotă de cca. 29 %, industrie– cca. 12%. În perioada 2010-2013 se înregistrează o cotă destul de modestă a consumului de energie în agricultură și silvicultură (cca 3 %).

Tabelul 1.1. Dinamica consumului final de energie în Republica Moldova pentru anii 2010 -2013 [15]

Oferta și consumul	2010		2011		2012		2013		Media	
	TJ	%	TJ	%	TJ	%	TJ	%	TJ	%
<b>Consum final</b>	<b>83797</b>	<b>100</b>	<b>86677</b>	<b>100</b>	<b>83661</b>	<b>100</b>	<b>86347</b>	<b>100</b>	<b>85120,5</b>	<b>100</b>
<i>inclusiv:</i>										
<b>Industrie</b>	<b>9642</b>	<b>11,51</b>	<b>9955</b>	<b>11,49</b>	<b>10167</b>	<b>12,15</b>	<b>10692</b>	<b>12,38</b>	<b>10114</b>	<b>11,88</b>
<b>Transport</b>	<b>24887</b>	<b>29,70</b>	<b>26564</b>	<b>30,65</b>	<b>23552</b>	<b>28,15</b>	<b>24526</b>	<b>28,40</b>	<b>24882,25</b>	<b>29,23</b>
<b>Alte domenii de activitate</b>	<b>47998</b>	<b>57,28</b>	<b>48943</b>	<b>56,47</b>	<b>48077</b>	<b>57,47</b>	<b>49320</b>	<b>57,12</b>	<b>48584,5</b>	<b>57,08</b>
<i>inclusiv</i>										
sectorul rezidențial (populație)	33850	40,40	33850	39,05	34987	41,82	35875	41,55	34640,5	40,70
agricultură silvicultură	2973	3,55	2905	3,35	2521	3,01	2700	3,13	2774,75	3,26
<b>Consumuri în scopuri neenergetice</b>	<b>1270</b>	<b>1,52</b>	<b>1215</b>	<b>1,40</b>	<b>1865</b>	<b>2,23</b>	<b>1809</b>	<b>2,10</b>	<b>1539,75</b>	<b>1,81</b>

Costul resurselor energetice importate constituie 20-25% din costul total al importului pe țară [16] ce echivalează cu 13-18% din PIB (tab.1.1).

Tabelul 1.2. Resursele energetice interne și importate (Terajouli) [15]

Denumirea surselor	Anii de referință									
	2000	2002	2004	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
<b>Surse interne</b>	<b>3021</b>	<b>3872</b>	<b>3563</b>	<b>3853</b>	<b>3709</b>	<b>4633</b>	<b>4342</b>	<b>4886</b>	<b>5143</b>	<b>11833</b>
<i>inclusiv:</i>										
combustibili lichizi	-	-	347	296	672	1098	1296	1288	1252	404
gaze naturale	-	-	8	5	4	5	3	2	4	4
combustibili solizi (biocombustibili)	2464	2728	2995	3276	2913	3233	2758	3321	3765	11257
energie hidroelectrică	557	1144	213	276	120	297	285	275	122	168
<b>Import</b>	<b>74376</b>	<b>74786</b>	<b>87882</b>	<b>90448</b>	<b>88767</b>	<b>88163</b>	<b>86884</b>	<b>90184</b>	<b>85636</b>	<b>87338</b>
<i>inclusiv:</i>										
combustibili lichizi	17398	20361	25569	25327	27041	27968	27947	31062	28382	29788
gaze naturale	37203	40929	45408	50328	46523	44319	43295	42536	40693	39071
combustibili solizi (cărbune)	2758	4078	4796	4411	4641	5218	4725	5265	4759	6486
energie electrică	17017	9418	12109	10382	10562	10658	10917	11321	11802	11993

Totodată, se urmărește un trend brusc ascendent al prețurilor la toate tipurile de surse energetice. Această situație se complică și de faptul că țara noastră importă cca. 95% din sursele energetice consumate. Cu toate acestea, la ziua de astăzi, noi folosim destul de irațional potențialul energetic local, aportul căruia constituie doar 3,9÷11,9% din mixtul energetic consumat (tab.1.2).

Principala sursă de combustibili produși în țară o constituie lemnele de foc și, în ultimii ani, biocombustibilii solizi în formă de brichete și pelete. În structura resurselor energetice importate, cota cea mai mare revine gazelor naturale (50 – 52%), urmate de combustibilii lichizi (25 – 30%), energia electrică (cca. 22%) și combustibilii solizi în formă de cărbune (3 – 5 %).

Totodată, dacă importul de gaze naturale, practic, se află la același nivel, atunci importul de combustibili lichizi este în permanentă creștere. Astfel, în anul 2013, în raport cu anul 2000, importul de motorină a crescut de 2,26 ori, iar cel de benzină - de 1,34 ori (vezi tab. 1.3.).

Tabelul 1.3. Dinamica importului de produse petroliere în Republica Moldova, mii tone [15]

	2000	2001	2003	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2013
Motorină	201	221	298	333	326	357	373	419	445	455
Benzină auto	121	131	203	216	193	205	210	195	210	162

La cele menționate se mai adaugă și creșterea drastică a prețurilor la toate tipurile de combustibili fosili importați în Republica Moldova, la care se sumează și instabilitatea siguranței importului de resurse energetice necesare pentru funcționarea în regim normal a economiei naționale.

Astfel, pe parcursul a ultimilor 14 ani (2000-2014) prețurile la motorină s-au majorat de 4,5 ori, la cărbune – de 4,6 ori, la benzină de – 3,5 ori și la gaze naturale – de 5,5 ori (vezi tab. 1.4). Evident că creșterea continuă a prețurilor la resursele energetice au un impact și asupra consumului acestora în economia națională (industrie, transport și alte sectoare). În comparație cu unele țări din fosta URSS și Europa, consumul resurselor energetice în Republica Moldova este mai mic, iar după consumul de energie electrică în anul 2013 RM ocupă ultimul loc între țările fostei URSS. În raport cu Japonia și SUA, în Moldova consumul anual de energie revenit la un locuitor, este mai mic, de 9,6 și respectiv de 12,9 ori. Prin urmare, dezvoltarea firească a economiei din RM cu sporirea PIB-ului, precum și creșterea calității vieții populației necesită majorarea consumului absolut al energiei, lucru care justifică căutări de noi resurse energetice.

Tabelul 1.4. Dinamica creșterii prețurilor la combustibilii fosili importați în Republica Moldova [15,16]

Tip combustibil	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2014	2014 față de 2000, ori
Cărbune, \$/t	29,52	27,12	37,1	50,0	57,31	68,75	136	4,6
Gaze naturale, \$/1000 m <sup>3</sup>	68,99	71,04	64,21	66,2	68,48	120,0	380	5,5
Motorină, \$/t	51,09	49,82	65,45	101,07	161,77	184,58	229,9	4,5
Benzină, \$/t	287,21	222,63	253,22	374,84	518,87	624,3	1010	3,5

Analiza datelor statistice demonstrează că asigurarea securității energetice a țării și eficientizarea utilizării energiei în toate sectoarele economiei naționale, creșterea PIB-ului, majorarea competitivității produselor autohtone pe piața mondială nu pot fi realizate fără reducerea importului de surse energetice. Astfel, căutarea unor noi căi de obținere a energiei, bazată pe resursele autohtone, devine o prioritate vitală pentru existența și dezvoltarea în continuare a țării noastre.

### 1.1.3. Actualitatea utilizării resurselor regenerabile de energie

Dezvoltarea societății umane și progresul tehnic înregistrat în ultimele două secole se bazează pe utilizarea masivă a combustibililor fosili (cărbune, petrol, gaz) ca sursă energetică. Puterea calorică înaltă a acestor combustibili, precum și posibilitatea de stocare și utilizare după necesitate, au determinat prioritatea lor față de alți combustibili o perioadă destul de îndelungată.

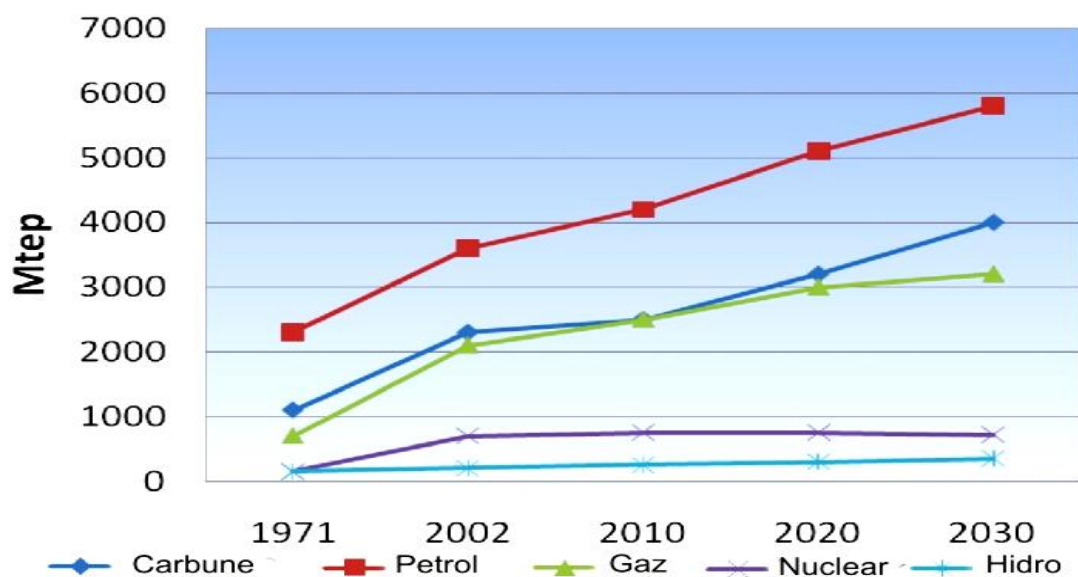


Figura 1.1. Consumul și necesitățile mondiale de resurse energetice primare

Conform prognozelor [1,17÷20], necesitățile economiei mondiale de resurse energetice către anul 2050 vor crește de 2-3 ori comparativ cu anul 2002 (fig.1.1). Datele prezentate

demonstrează o creștere a consumului energetic bazat, preponderent, pe combustibilii fosili (petrol, cărbune și gaz).

Conform datelor Comisiei Europene [21,22], rezervele de carburanți fosili sunt în permanentă scădere și, dacă rata lor de consum va fi egală cu cea actuală, se vor epuiza în decurs de 40-150 de ani (tab. 1.5). Aceste pronosticuri nu iau în considerare rezervele existente de gaz de șist, care sunt repartizate pe toate continentele, însă procesul de extracție al acestui gaz, după tehnologiile existente la ziua de astăzi, este destul de dăunător pentru mediu, pentru sănătatea oamenilor și pentru biodiversitate.

Tabelul 1.5. Rezerve de resurse de energie neregenerabile[21,22]

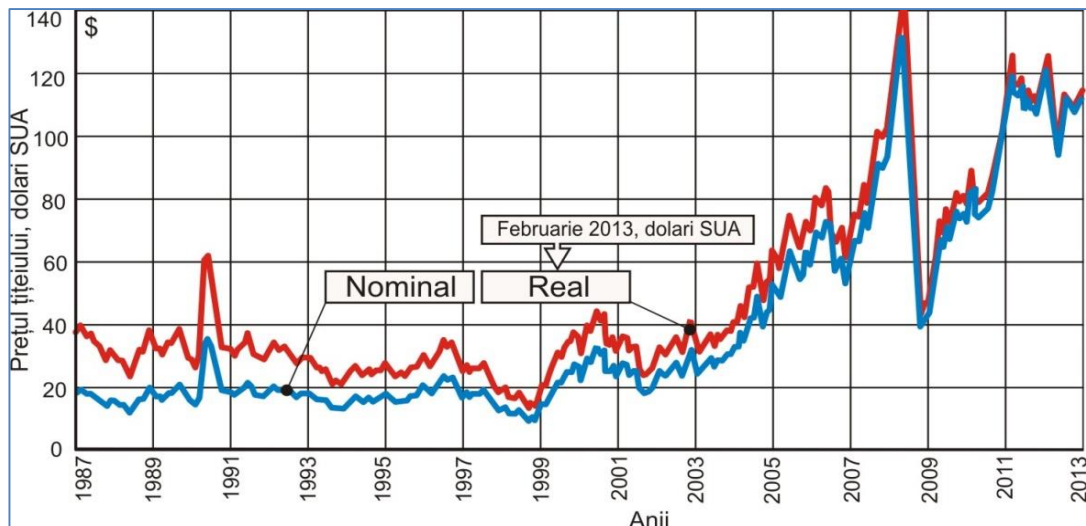
<b>Resurse</b>	<b>Rezerve economic explorabile, <i>Gtep</i></b>	<b>Producția mondială, <i>Gtep/an</i></b>	<b>Rezerve, <i>ani</i></b>
Petrol	140,4	3,45	40,6
Gaz natural	134	2,1	66
Cărbune*	984211	2,1	157
Uraniu**	40->2000	0,35	60->2500***

\* milioane tone; \*\* în funcție de tehnologia utilizată; \*\*\* pornind de la un consum de 0,65 Gtep.

Resursele globale de petrol, de asemenea, sunt în permanentă scădere și sunt amplasate neuniform pe Terra. Conform datelor Agenției Internaționale pentru Energie (*EIA International Energy Statistics Analysis Outlook*) cele mai mari rezerve de petrol se află în Venezuela și Arabia Saudită. Rezervele acestor țări constituie aproximativ 40% din rezerva totală de petrol a lumii. Totodată China și India, cu cota de 36% din populația Terrei, dispun de doar 2,8% din rezervele de petrol.

Utilizarea industrială a țițeiului a început în anii 60 sec. 19. Pe tot parcursul de timp ce s-a scurs, prețul petrolului s-a modificat permanent în funcție de mai mulți factori de ordin tehnic, economic și politic. Astfel, prețul la petrol în perioada anilor 1987-2013, s-a majorat de 3-3,5 ori (fig.1.2.), atingând apogeul de 140 \$ SUA/baril în lunile iunie-iulie 2008, în pofida majorării volumului de producere în această perioadă [24, 25]. Evident, că odată cu creșterea prețului la petrol au crescut și prețurile la produsele petroliere.





**Figura 1.2. Dinamica prețurilor la țiței pe piața internațională [24,25]**

Odată cu creșterea masivă a consumului de combustibili, aceștia au generat și generează un șir de probleme de ordin social, economic, politic și, ce este extrem de important, de mediu.

Cel mai important factor care contribuie la poluarea mediului îl reprezintă arderea combustibililor fosili. La arderea acestor combustibili se elimină un șir de gaze cu efect de seră, gaze toxice, particule și oxizi de sulf și de azot, care reacționează cu vaporii de apă din atmosferă creând ploile acide. Un alt tip de poluanți care se răspândesc, de regulă, prin evaporare îl constituie compușii organici.

Emisiile legate de arderea combustibililor fosili produc daune colosale. De exemplu, prejudiciile cauzate de ploile acide, rezultate de la emisia unei tone de  $\text{SO}_2$  sau  $\text{NO}_x$ , constituie cca. 6 mii de euro [26, 27].

Această situație stimulează aplicarea unor metode de micșorare a emisiilor poluante. Se folosesc tehnologii de producere a combustibilului care permit o oarecare micșorare a elementelor dăunătoare mediului, de asemenea, se perfecționează sistemele de purificare a produselor arderii. Aceste tehnologii sunt foarte costisitoare și pot asigura reducerea parțială a emisiilor de  $\text{SO}_2$  și  $\text{NO}_x$  sub formă de praf și zgură, dar nu și a celor de  $\text{CO}_2$ .

Emisiile de  $\text{CO}_2$ , provenite de la utilizarea combustibililor fosili în industrie, sectorul transporturilor și sfera socială totalizează anual, la scară mondială, cca 6 miliarde tone. Volumul emisiilor de  $\text{CO}_2$  este direct proporțional cu consumul combustibililor fosili. Cele mai mari emisii de poluanți se înregistrează în SUA, China și o parte din țările Comunității Europene.

După prognozele existente [28,29], concentrația de  $\text{CO}_2$  în atmosferă ar putea să se dubleze dacă rata emisiilor actuale se va menține la nivelul secolului XXI. În acest caz, temperatura medie

pe suprafața Terrei ar putea să crească simțitor ce ar provoca consecințe dramatice (topirea intensă a ghețarilor, ridicarea nivelului apelor, schimbarea climei).

În scopul stopării dezastrului ecologic provocat de emisiile masive de CO<sub>2</sub> în atmosferă, la Conferința ONU (1999) a fost semnat Protocolul de la Kyoto, la care a aderat și Republica Moldova în anul 2003. Acest document, important pentru protecția mediului, prevede un șir de măsuri privind reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub>, printre care:

- stabilirea cotelor-program de emisie pentru fiecare țară;
- modificarea și modernizarea tehnologiilor de generare a energiei electrice și termice cu folosirea mai eficientă a sistemelor de cogenerare;
- folosirea masivă a resurselor de energie nepoluante, alternative celor fosile.

Așadar, înlocuirea carburanților fosili cu resurse energetice alternative trebuie să aibă drept scop soluționarea problemelor economice, precum și a celor ecologice. Conform estimărilor [32 ... 35], din categoria resurselor energetice alternative și regenerabile, în Republica Moldova, au perspectivă de utilizare: energia solară, hidroelectrică, eoliană și cea provenită din biomasă. Dintre aceste tipuri de energie biomasa are perspectivele cele mai bune de implementare și dezvoltare.

## **1.2. Producția și utilizarea alcoolilor monoatomici în scopuri energetice**

### **1.2.1. Biomasă- sursă importantă pentru obținerea biocombustibililor lichizi**

Biomasă, din punct de vedere al aplicării în energetică, reprezintă partea biodegradabilă a tuturor bioresurselor generate de către lumea vegetală prin fotosinteză. Conform Legii energiei regenerabile (nr. 160-XVI din 12.07.2007), *biomasă este „fracțiune biodegradabilă a produselor, deșeurilor și reziduurilor din agricultură, silvicultură sau sectoarele industriale conexe, inclusiv cea a materiilor vegetale și animale, precum și a deșeurilor industriale și urbane”*.

Biomasă reprezintă una din cele mai de perspectivă surse de energie renovabilă, utilizată de către omenire de-a lungul secolelor, asigurând pe vremuri (sec.16-17), 75%-80% din consumul total de energie. Cu toate că potențialul energetic mondial de biomasă constituie cca 1400EJ sau aproximativ de 5 ori mai mare decât consumul anual de combustibili fosili (300EJ), folosirea acesteia este destul de limitată (cca. 1250 mil. tep ce constituie doar 11-15% din tot consumul de energie primară în lume) [1, 13, 17].

Din volumul total de biomasă provenită din activitățile agrosilvice și industriale, biomasa provenită din culturi energetice are cele mai bune perspective de a fi valorificată, pentru obținerea biocombustibililor lichizi. Anume aceste surse au fost identificate în studiile sale de către academicienii Gh. Duca și Ion Hăbășescu, dr. G. Moraru, prof. univ. V. Arion, Gr. Marian ca surse de primă importanță pentru condițiile Republicii Moldova [32÷35, 76, 217].

Conform Legii nr.160 din 12.07.2007 a energiei regenerabile și Regulamentului cu privire la biocombustibilii solizi, aprobat de către Guvernul Republicii Moldova în anul 2013 se preconizează mărirea volumului de energie provenită din surse regenerabile la cuantumul de 20% - până în anul 2020.

În anul 2020, volumul amestecului bioetanol-benzină și volumul amestecului biodiesel-motorină vor constitui, fiecare, câte 20% din volumul benzinei și motorinei comercializate. Obiectivele stipulate pentru economia națională din RM coincid cu tendința dezvoltării economiei mondiale.

### **1.2.2. Proprietățile fizico-chimice și de exploatare ale alcoolilor monoatomici**

Majoritatea absolută a mijloacelor tehnice autopropulsate, utilizate în economia mondială și națională, cu excepția celor cu acționare electrică, sunt dotate cu motoare cu ardere internă (MAI). Pentru asigurarea funcționării MAI, în Moldova anual sunt importate peste 200 mii t de benzină și 350 mii t de motorină, cu un cost de peste 340 mil. dolari SUA, ce constituie 55% din costul surselor energetice importate sau 8% din PIB-ul țării [15, 16]. Înlocuirea benzinei și motorinei cu biocombustibilii de origine autohtonă permite soluționarea problemelor economice, ecologice, politice și sociale prin: majorarea securității energetice a țării; reducerea emisiilor gazelor cu efect de seră; crearea unor locuri noi de muncă în economia națională; majorarea rentabilității întreprinderilor autohtone, inclusiv a celor mici și mijlocii.

Motoarele cu ardere internă sunt cu aprindere prin scânteie (MAS) (alimentate cu benzină) și prin comprimare (MAC) (alimentate cu motorină). Este bine cunoscut [38-48] că benzina poate fi înlocuită cu alcoolii monoatomici (metanol, etanol, butanol), care pot fi obținuți prin: sinteza materiei prime chimice; fermentarea glucidelor sau amidonului provenite din plante (biocombustibili de prima generație); prelucrarea masei lignocelulozice (biocombustibili de generația a doua).

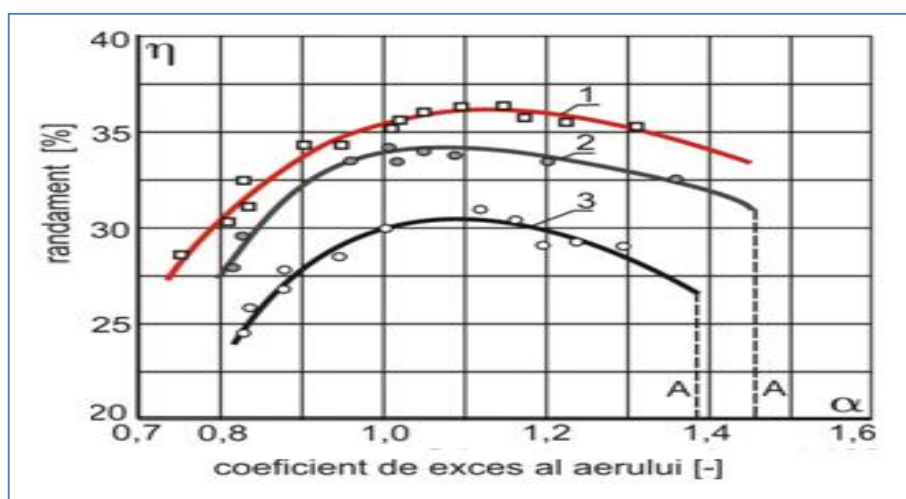
Alcoolii monoatomici obținuți din materia primă de origine chimică și vegetală, în general, au aceleași proprietăți care depind doar de componența și structura moleculelor (tab.1.6).

Din cauza prezenței oxigenului, alcoolii monoatomici au puterea calorifică de 1,2...2,2 ori mai mică decât benzina. Însă acest dezavantaj este compensat de randamentul mai mare al arderii alcoolilor și de rezistența mai mare la detonare. Conform [37÷39], alcoolul asigură motorului un randament efectiv mai înalt în raport cu benzina în tot diapazonul de lucru (fig.1.3). Mai mult ca atât, alcoolul permite lărgirea diapazonului de lucru: coeficientul de exces al aerului  $\alpha=0,75...1,45$  la alcool față de 0,83...1,35 la benzină.

Tabelul 1.6. Proprietățile fizico-chimice și de exploatare ale combustibililor

Proprietate	Combustibili				
	Motorină	Benzină	Metanol	Etanol	Butanol
Concentrația, kg/kg combustibil:					
C	0,87	0,855	0,375	0,522	0,649
H	0,126	0,145	0,125	0,13	0,135
O	0,004	-	0,50	0,348	0,216
Masă moleculară, g/mol	180...200	110...120	32	46	74
Cantitatea de aer la ardere, kg/kg comb.	14,0	14,57	6,3	8,83	11,2
Putere calorifică inf., MJ/kg	41,9	42,5	19,5	26,8	36,0
Energia specifică, MJ/kg aer	3,0	2,9	3,1	3,0	3,2
Viscozitate 20°C, mm <sup>2</sup> /s	3...6	0,4...0,8	0,64	1,52	3,64
Cifra octanică: Research COR, Motor COM		90...98	136	129	96 N
		80...87	104	102	78
Presiune de vapori, kPa		50		23	3,7
Căldură de vaporizare, MJ/kg		0,36	1,2	0,92	0,43

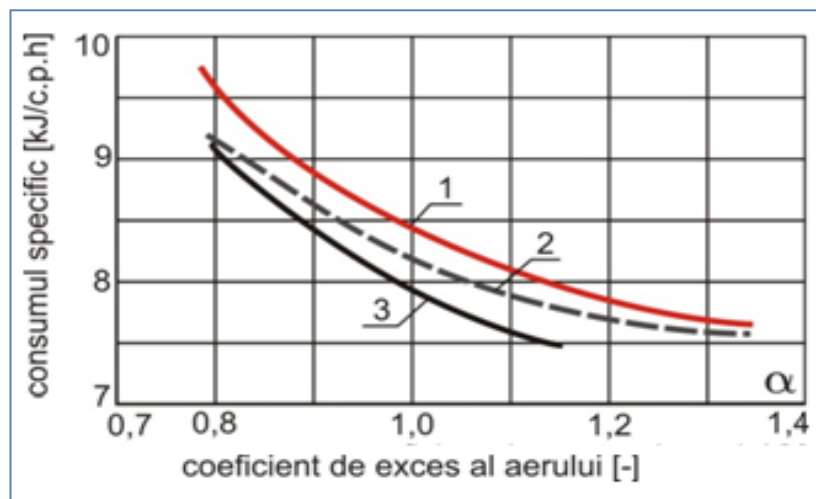
Avantajele alcoolului se manifestă, cel mai evident, cu creșterea gradului de comprimare: la  $\varepsilon = 14$  randamentul efectiv ( $\eta_e$ ) atinge 37% (în cazul benzinei  $\eta_e = 31\%$ ). Datorită majorării  $\eta_e$  scade consumul specific de energie (fig.1.4). Factorii menționați și gradul mai ridicat de umplere a cilindrului permite o creștere esențială (până la 15%) a puterii motorului alimentat cu alcool [37]. Simultan crește valoarea medie a presiunii efective, care se majorează proporțional, prezentând un avantaj esențial pentru MAI.



**Figura 1.3. Dependenta randamentului efectiv al motorului de regimul de lucru la alimentarea cu: 1 – metanol,  $\varepsilon=14$ ; 2 – metanol,  $\varepsilon=9,7$ ; 3 – benzină,  $\varepsilon=9,7$ ; A – limita de funcționare stabilă a motorului [37]**

Cercetările [41-43], realizate mai târziu în cadrul programului CPR 88/053 cu suportul guvernului Chinei și organizației FAO, au confirmat, în fond, rezultatele [37,44÷48] și au

demonstrat că gradientul maxim de creștere a cifrei octanice a amestecului etanol-benzină se înregistrează la concentrația etanolului 5...20%. În cadrul cercetărilor [41], realizate pe automobile Hongxing, au fost efectuate unele modificări ale sistemului de alimentare cu amestec, însă parametrii camerei de ardere, inclusiv gradul de comprimare  $\varepsilon$ , au rămas neschimbate. Drept rezultat, la alimentarea cu amestec etanol-benzină și benzină, puterea motorului nu s-a schimbat, iar consumul mediu de combustibil mixt la 100 km de parcurs a sporit cu 8,16%.



**Figura 1.4. Consumul specific funcție de coeficientul de exces aer: 1 – izooctan; 2 – etanol; 3 – metanol**

Este important că gradul de uzură al motorului (determinat prin cantitatea fierului detașat de pe suprafețele îmbinate și acumulat în uleiul din carterul motorului) a fost de 1,3 ori mai mic în cazul utilizării amestecului etanol-benzină (tab.1.7). În ambele cazuri viscozitatea cinematică și alcalinitatea uleiului de motor au avut, practic, aceleași valori. Concentrația elementelor poluante  $\text{NO}_x$  și CH în gazele de eșapament la motorul alimentat cu combustibil mixt s-a dovedit a fi mai redus și corespunde normativelor Chinei.

Autorii [37,44] au determinat că alimentarea motorului cu alcooli reduce emisia de  $\text{NO}_x$  și CH (fig.1.5). Datorită valorilor reduse ale temperaturii de ardere la alcooli se elimină o cantitate de  $\text{NO}_x$  esențial mai mică. Scade și emisia CO, CH în baza majorării randamentului de ardere a alcoolilor [37,44÷50]. În condiții identice utilizarea metanolului majorează de cca 2 ori emisia aldehydelor cu gazele de eșapament, care poate fi redusă prin mărirea gradului de comprimare  $\varepsilon$ .

Tabelul 1.7. Uzura motoarelor alimentate cu benzină și cu amestec etanol-benzină[41]

Nr. exp.	Parcurs, km		Conținutul de fier în uleiul de motor la utilizarea			
			amestecului		benzinei	
	Amestec	Benzină	Total, ppm	ppm/1000km	Total, ppm	ppm/1000km
1	4400	7700	58	13,18	223	28,96
2	4400	4300	55	12,50	215	50,00
3	5000	4700	35	7,00	115	24,47
4	4600	4100	122	26,52	169	41,2
5	4600	4600	224	48,70	143	31,09
6	4300	5300	190	44,19	129	24,34
7	4500	-	121	26,89	-	-
8	4700	-	125	26,60	-	-
<b>Media</b>	-	-	<b>116,25</b>	<b>25,70</b>	<b>165,67</b>	<b>33,35</b>

Deși butanolul are componența chimică și proprietățile mai apropiate de cele ale benzinei, totuși în literatura de specialitate, există un volum foarte modest de date privind utilizarea butanolului pentru combustie în MAS.

În anul 2008 firmele internaționale British Petroleum și Du Pont au anunțat rezultatele testării unui amestec butanol-benzină cu mai mult de 16% butanol [51÷53]. Rezultatele obținute au fost identice amestecurilor metanol-benzină și etanol-benzină.

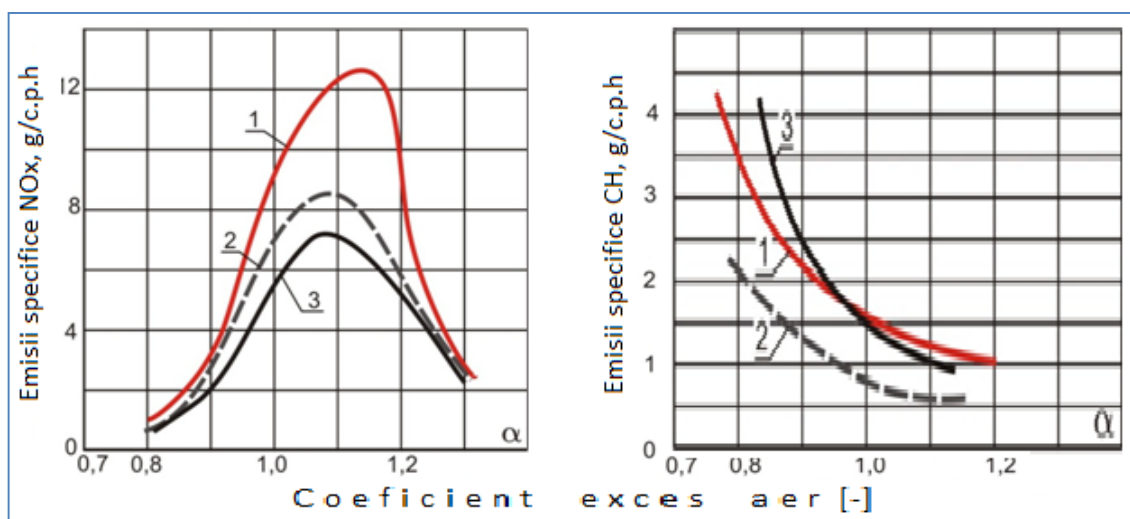


Figura 1.5. Emisia substanțelor poluante funcție de regimul de lucru al motoarelor alimentate cu: 1 – izooctan; 2 – etanol; 3 – metanol[37]

Puterea calorică inferioară a alcoolilor monoatomici (26,5...36 MJ/kg) este mai mică ca cea a benzinei (42,5...43,0 MJ/kg). Totodată, datorită prezenței oxigenului în molecula alcoolilor, la ardere, alcoolii folosesc o cantitate mai mică de aer: coeficientul stoichiometric  $K$  al alcoolilor este egal cu 6,5...11,2, iar al benzinei – 14,57 (tab.1.6). Prin urmare, energia specifică ( $Q_{sp} = Q_i/K$ ) la

arderea alcoolilor are valori cu 3,4 ... 10,3% mai înalte în raport cu benzina. Aceasta vorbește despre aceea că utilizarea alcoolilor nu necesită schimbarea camerei de ardere și permite majorarea până la 10% a puterii motorului în cazul respectării condițiilor specifice. În cazul utilizării alcoolilor puri sau a unor amestecuri cu conținut mai mare de alcool, crește debitul combustibilului și apare necesitatea modificării sistemului de alimentare a motorului.

Așadar, deoarece proprietățile fizico-chimice ale alcoolilor puri se deosebesc esențial de proprietățile benzinei, alcoolii nu pot servi în calitate de substituenți totali ai benzinei fără modificarea construcției MAS.

Presiunea de vapori Reid (PVR) a alcoolilor (12...32 kPa) (tab.1.6) este mai mică, decât a benzinei (<70 kPa), iar căldura latentă de vaporizare a alcoolilor (0,43...1,2 MJ/kg) este mai mare, decât a benzinei (0,36 MJ/kg). Aceste circumstanțe îngreunează pornirea motorului alimentat cu alcoolii, mai ales în perioada rece. Conform [47,54], adăugarea alcoolilor în benzină majorează căldura de vaporizare a amestecului proporțional cu conținutul aditivilor.

Alcoolii  $C_nH_{2n+1}OH$ , având în componența lor gruparea puternic polară  $OH^-$ , au proprietăți deosebite de cele ale hidrocarburilor petrolieri. Este evident că această diferență este cea mai mare în cazul metanolului și cea mai mică la butanol (tab.1.6). În unele cazuri, diferența proprietăților componentelor creează în amestec efecte pozitive (majorarea cifrei octanice, a energiei specifice, a vitezei și randamentului procesului de ardere, diminuarea cantității substanțelor nocive în gazele de eșapament etc.), însă are și neajunsuri, printre care se regăsesc următoarele:

- instabilitatea fazelor combustibilului mixt în cazul majorării concentrației apei, funcție de temperatura lichidului, precum și de raportul alcool/benzină;
- acțiunea corozivă asupra unor materiale cu care contactează;
- toxicitate sporită (din cauza toxicității înalte metanolul este acceptat în benzină cu fracția până la 3%).

Sunt cunoscute metode de diminuare a carențelor menționate prin utilizarea aditivilor, modificarea sistemului de alimentare a motorului etc. [40,41,47,54].

### **1.2.3. Situația și perspective privind folosirea alcoolilor monoatomici în energetică**

Practica mondială demonstrează că **metanolul**, în virtutea proprietăților sale deosebite, este mai eficient de esterificat și utilizat în amestec cu benzină formând următoarele produse: metil-terț-butil-eterul MTBE ( $CH_3-O-C_4H_9$ ), metil-terț-amil-eterul TAME ( $C_5H_{11}-O-CH_3$ ). Prețul înalt al esterilor permite utilizarea lor numai pentru ridicarea cifrei octanice a benzinei.

**Butanolul** are proprietăți foarte apropiate cu cele ale benzinei (tab.1.6), lucru care-i oferă un șir de avantaje cum ar fi:

- Putere calorică relativ înaltă (NCV = 36 MJ/kg), ce permite alimentarea motoarelor existente cu amestecuri cu conținut mai mare de butanol;
- Posibilitatea de distribuire a combustibilului prin infrastructura existentă datorită capacității reduse de stratificare a amestecului butanol-benzină în prezența apei;
- Acțiune corozivă redusă;
- Căldura latentă de vaporizare a butanolului (0,43 MJ/kg) este aproape de cea a benzinei (0,36 MJ/kg) și asigură pornirea motorului la temperaturi mai joase decât metanolul sau etanolul.

Dintre dezavantajele care limitează folosirea butanolului la formarea biocombustibililor lichizi se marchează următoarele:

- Viscositatea butanolului (3,64 mm<sup>2</sup>/s) este aproape egală cu cea a motorinei (3...6 mm<sup>2</sup>/s), de 2,4 ori mai mare în raport cu viscositatea etanolului (1,52 mm<sup>2</sup>/s) și de 4,6...9 ori ca a benzinei (0,4...0,8 mm<sup>2</sup>/s). Viscositatea ridicată poate crea probleme în procesul de alimentare cu combustibil;
- Procesele tehnologice de producere a butanolului, la momentul actual, sunt bazate pe oxisinteza din propilenă la 130...150°C și 20...35 MPa.

Volumul anual de producție a butanolului de către cel mai mare producător (SUA) constituie cca 1,39 mld litri sau 0,37 mld U.S. galoane (pentru comparație tot în SUA în a. 2007 au fost produse 6,5 mld U.S. galoane de bioetanol) [53,55].

Din cauza procesului tehnologic de sinteză chimică complicat, costul de producție al butanolului obținut este mai înalt decât al combustibililor petrolieri. Prin urmare, butanolul se folosește numai ca diluant.

Până în anii 50 ai secolului XX, în practica mondială au fost utilizate procese tehnologice de fermentare a biomasei (glucidelor, amidonului) cu bacterii *Clostridium acetobutylicum*, în baza cărora se obțineau acetonă, butanol, etanol și alte produse secundare (procese ABE). Din considerente economice, procesele menționate au fost înlocuite cu procese chimice.

Din cauza scumpirii țițeiului este tot mai actuală obținerea butanolului din biomasă. Specialiștii unor centre științifice din SUA (Universitățile din Illinois, Ogaio etc.), ai unor firme transnaționale (BP, Du Pont, Environmental Energy) [18,34,36,51,52] efectuează cercetări pentru elaborarea unui proces eficient de fermentare a butanolului din biomasă, inclusiv din celuloză, ale cărei rezerve pe Tera sunt foarte mari.

Deși procesele de fermentare a butanolului și etanolului sunt identice, la momentul actual există o diferență esențială între costurile acestora. Diferența este cauzată de imperfecțiunea

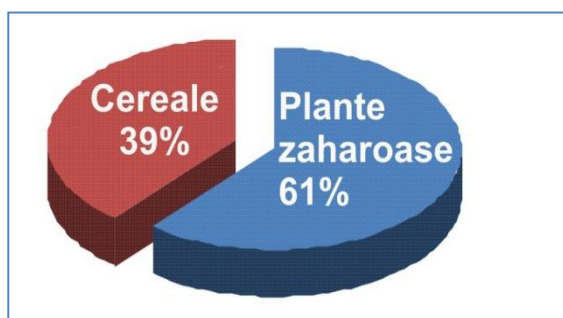


procesului de fermentare a butanolului și randamentului mic al produsului finit (din cantitatea inițială a biomasei se obțin până la 25% de butanol sau peste 60% de etanol). Astăzi principala problemă în fermentarea butanolului este reprimarea (înăbușirea) activității microorganismelor de către însuși butanolul obținut [52].

Luând în considerare proprietățile fizico-chimice ale butanolului și necesitatea înlocuirii combustibililor fosili cu biocombustibili, eforturile specialiștilor din domeniu sunt îndreptate spre elaborarea unor procese competitive de fermentare a butanolului. Este necesar să se menționeze că, la ziua de astăzi lipsesc date concrete și ample privind utilizarea butanolului în alimentarea motoarelor. Această situație justifică pe deplin realizarea unui complex de cercetări, printre care mai importante sunt:

- Evaluarea proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale butanolului și amestecurilor acestuia cu benzină și ecobenzină (amestec etanol-benzină);
- Studierea caracteristicilor energetice, economice, ecologice ale MAS alimentate cu combustibili care conțin butanol;
- Aprecierea capacității de lucru a motoarelor alimentate cu biocombustibili.

Din alcoolii monoatomici cel mai mult se folosește în calitate de combustibil **etanolul** (alcoolul etilic  $C_2H_5OH$ ), care este un produs obținut din plante bogate în glucide și amidon (sfecla de zahăr, trestia de zahăr, sorgul zaharat, melasă, grâul, orzul, secara, porumbul etc.) printr-un proces de fermentare. În calitate de materie primă la producerea bioetanolului 61% o constituie plantele bogate în glucide [17÷22,56÷58] (fig.1.6).



*Figura 1.6. Ponderea materiei prime la producerea bioetanolului [56]*

În ultimii 10-15 ani s-a înregistrat o majorare esențială a utilizării etanolului ca combustibil alternativ pentru transportul auto. Acest fenomen se datorează unor avantaje ale etanolului ca combustibil, și anume:

- reduce emisiile gazelor cu efect de seră cu 35-45% și mai mult;
- sunt disponibile cantități mari de materie primă pentru producerea etanolului;
- prețul de cost al etanolului, în multe cazuri, este mai mic ca al combustibililor fosili.

În topul țărilor producătoare de bioetanol, pe primele locuri se situează Statele Unite ale Americii și Brazilia, care au produs în anii 2004 -2006 cca. 25,4 miliarde U.S. galoane sau 70 la sută din producția mondială [56÷58], iar în anul 2014 această producție în SUA și Brazilia a constituit 80% [56÷59] din cele 24,4 miliarde U.S. galoane produse în lume (tab. 1.8).

Tabelul 1.8. Topul celor mai mari producători de etanol din lume, mlrd. U.S. galoane [69]

Nr. crt.	State/Regiuni	2007	2014
1,	SUA	6,5	13,3
2.	Brazilia	5,0	6,19
3,	UE	0,65	1,45
4,	China	0,5	0,64
5.	Canada	0,21	0,51
6,	Tailanda	0,08	0,31
7.	India	0,05	0,16
8.	Alte țări	0,19	0,87
<b>Total</b>		<b>13,1</b>	<b>24,4</b>

Industria de bioetanol din Brazilia se dezvoltă performant de 30 de ani, are un program durabil de producere a acestui biocombustibil din trestia de zahăr, ale cărei plantații acoperă 3,6 milioane hectare de teren, ce constituie 1% din terenurile arabile din această țară [59,60], cu o productivitate de până la 5500 litri de etanol la ha în comparație cu productivitatea de 3000 litri etanol de pe aceeași suprafață de porumb în SUA.

În anul 2014 Brazilia a produs 6,19 miliarde U.S. galoane de etanol, care constituie 25,4% din producția mondială a bioetanolului [59,61]. În Brazilia nu mai există vehicule care să circule cu benzina pură. În anul 1977 guvernul acestei țări a adoptat o hotărâre care prevede obligatoriu utilizarea amestecului de 20% etanol și 80% benzină. Astăzi în Brazilia 3 milioane de vehicule circulă pe bioetanol (100%) și 6 milioane – pe amestec etanol-benzină, care conține 20...25% de etanol [59, 61].

Statele Unite ale Americii reprezintă cel mai mare producător și utilizator al etanolului ca biocombustibil. Utilizarea etanolului pentru alimentarea transportului auto a fost înregistrată în anul 1908, când au fost proiectate și produse mașinile de marca Ford (model T), care aveau capacitatea de utilizare în calitate de combustibil a benzinei, etanolului sau amestecului acestora [56,57].

Astăzi cele mai multe mașini în SUA se alimentează cu amestec care conține 10% etanol și 90% benzină. Asigură distribuirea amestecului etanol-benzină 1900 de stații deja deschise [62,63]. Producătorii de motoare pentru vehiculele de marca Ford, Chrysler, GMS au prevăzut în construcția acestora posibilitatea întrebunțării amestecului combustibil (85% benzină și 15% etanol) [64,65].

Sursa principală de producere a bioetanolului în SUA este porumbul, care este mai puțin profitabil decât trestia de zahăr [57,60,66].

Conform datelor multianuale din economia mondială [67,68] aproape jumătate din producția globală de etanol se obține din materie primă cu conținut ridicat de zahăr, în special din trestia de zahăr, urmează apoi culturile amidonoase, în special porumbul și grâul (tab.1.9).

Evident că alegerea culturilor pentru producerea etanolului depinde de mulți factori, inclusiv pedoclimaterici, sociali etc. Se poate constata că, pentru Republica Moldova, sorgul zaharat este o cultură de maximă perspectivă pentru obținerea etanolului.

Tabelul 1.9. Volumul de producție și costul etanolului provenit din diferite tipuri de materie primă [59]

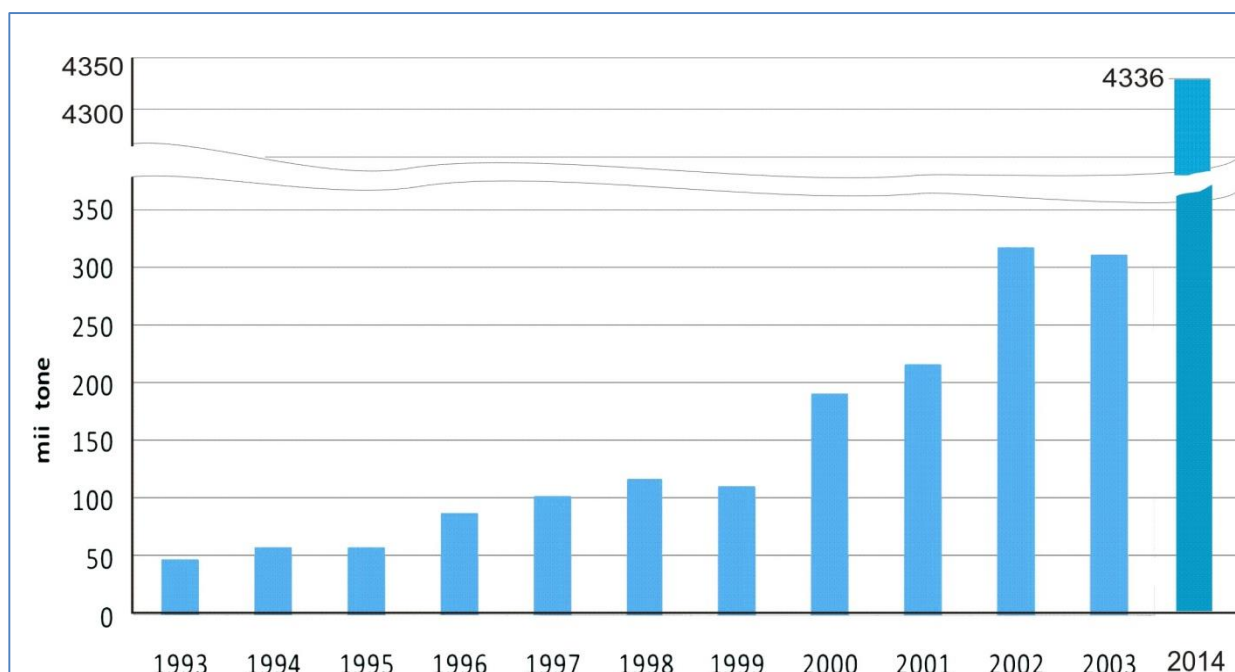
<b>Materia primă</b>	<b>Volumul de producție, t/ha</b>	<b>Costul,€ /m<sup>3</sup></b>	<b>Materia primă</b>	<b>Volumul de producție, t/ha</b>	<b>Costul,€ /m<sup>3</sup></b>
Sfecla de zahăr	2,5÷3,0	300-400	Grâu	0,5÷2,0	380÷400
Trestia de zahăr	3,5÷5,0	160-200	Cartof	1,2÷2,7	800÷900
Porumb	2,5÷3,0	250-400	Sorgul zaharat	3,0÷5,0	200÷300

Conform datelor Asociației Europene a Industriei din Biomasă (EUBIA), producerea industrială a etanolului ca biocombustibil în țările UE a început în anii 1990 (fig.1.7) [63].

În anul 2014 producerea bioetanolului, în țările UE, a constituit 4336 mii t = 1449 mil. U.S. galoane, înregistrând o creștere de 22 ori față de anul 2000. Cei mai mari producători de bioetanol în UE sunt Germania, Spania și Franța.

Pe piața europeană cererea de bioetanol este cu mult mai mare ca oferta. Conform datelor EBIO, în anul 2006, producerea bioetanolului în țările UE a constituit 90 la sută din consum, pe când în Germania - 70%, Spania - 60%. Cel mai mare consumator fiind Suedia, cu o acoperire de producție de 50% din consum [69,70]. Astfel, această țară este și cel mai mare utilizator de etanol ca biocombustibil. Din numărul total de 1695 de stații din UE de aprovizionare cu bioetanol-benzină 1200 sunt amplasate în Suedia [70].

În Europa principalele culturi pentru producerea bioetanolului sunt cerealele (grâul, secara, orzul) și sfecla de zahăr. În structura cheltuielilor de producție a bioetanolului din sfecla de zahăr și grâu, costul materiei prime constituie 55-80% din costul final (tab. 1.10).



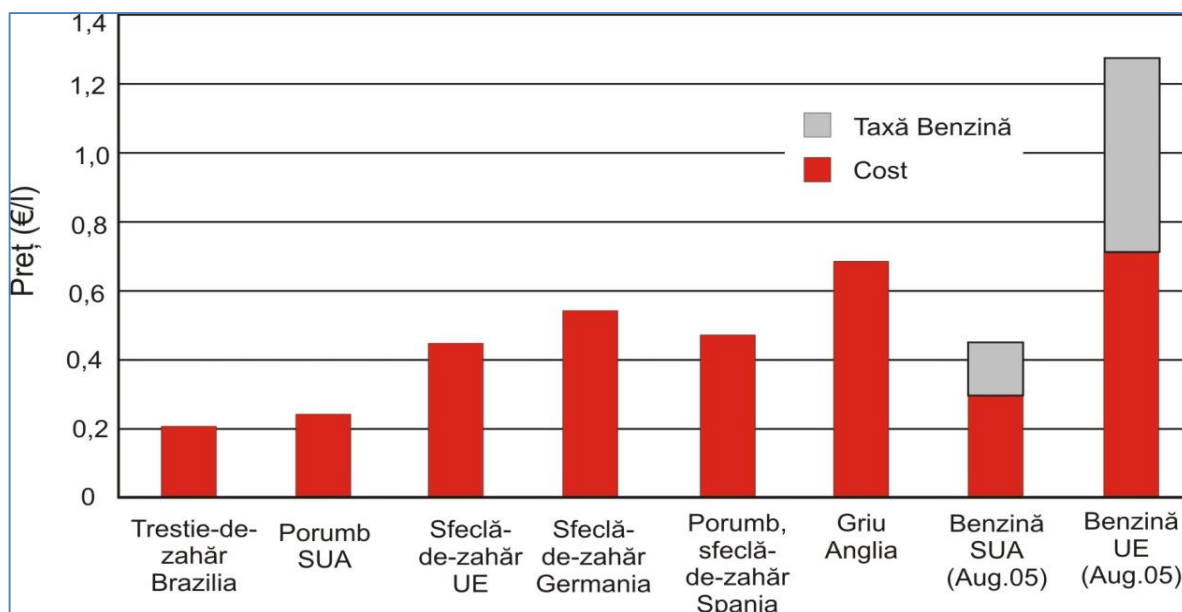
**Figura 1.7. Evoluția producției de bioetanol în UE (sursa: EUBIA)**

În funcție de materia primă, tehnologia de producere și prețurile la bioetanol variază de la o țară la alta (fig.1.8). În Brazilia prețul etanolului este 1 dolar/galon (3,785 l) față de 1,5 dolari/galon de benzină. Prețul etanolului produs din celelalte culturi este mai mic decât al benzinei și diferă de la 0,22 la 0,7 €/l.

**Tabelul 1.10. Costurile de producere a bioetanolului în UE (Sursă:EUBIA)**

	Etanol din grâu			Etanol din sfecla de zahăr		
	€/l	€/GJ	€/tep	€/l	€/GJ	€/tep
Materie primă	0.40	18.9	790	0.26	12.3	513
Beneficii rezultate din coproduse	0.15	7.1	296	0.03	1.4	59
Cost total al materiei prime	0.25	11.8	493	0.23	10.9	454
Cost de producție	0.28	13.3	553	0.22	10.4	434
Costuri de amestec cu benzină	0.05	2.4	99	0.05	2.4	99
Costuri de distribuție	0.01	0.5	20	0.1	4.7	197
<b>Cost total</b>	<b>0.59</b>	<b>27.9</b>	<b>1165</b>	<b>0.60</b>	<b>28.4</b>	<b>1184</b>

În prezent, activitatea de cercetare-dezvoltare în domeniul bioetanolului se concentrează pe utilizarea biomasei lignocelulozice: lemnul și reziduurile forestiere, culturile energetice (salcia, trestia chinezească, eucaliptul), reziduurile agricole (paie, tulpini de porumb, sorg și bagasă), deșeurile municipale. Pentru producerea unei tone de etanol sunt necesare 3-4 tone de material lemnos uscat sau ierbos [71÷73].



**Figura 1.8. Prețul bioetanolului în diferite țări (Sursa: Herera, 2006 with information from imprimatur Capital)**

Conform afirmațiilor specialiștilor [63,74,75], un potențial semnificativ de bioetanol în Europa este asigurat de sorgul zaharat.

Republica Moldova nu are experiență de utilizare a etanolului ca biocombustibil. Există doar unele încercări de producere și utilizare în transportului auto [34], cu toate că posibilitățile de producere a acestui combustibil lichid sunt mari, fără a afecta situația culturilor alimentare. Conform datelor [76], în prezent în republică sunt 877,6 mii ha (34% din suprafața terenurilor arabile) de terenuri erodate, din care 144 mii ha în zonele de centru și sud-puternic erodate. Aceste terenuri ar putea fi folosite pentru cultivarea sorgului zaharat, care ar asigura o recoltă de 14,4 mil. tone de biomasă, din care ar putea fi obținute 400 mii tone de bioetanol.

#### **1.2.4. Sorgul zaharat-materie primă pentru producerea alcoolilor monoatomici**

Toate speciile de sorg se împart în patru categorii [77÷80]: sorgul cerealier; sorgul zaharat; sorgul cultivat pentru furaje (iarba-de-Sudan) sau, conform altor clasificări, sorgul combinat (pentru cereale și zahăr); sorgul pentru împletituri și măhuri.

Sorgul asigură 16...19% din totalul consumului de cereale în lume, ocupând, după grâu, porumb, orez, locul patru în baza extinderii teritoriale a volumului de producție și utilizării. Importanța sorgului este în permanentă creștere datorită rezistenței deosebite la secetă, toleranței la condițiile pedoclimatice.

Datorită rezistenței la secetă și productivității înalte, chiar și pe soluri puțin fertile și erodate, sorgul a cunoscut o răspândire largă în cca. 100 de țări ale lumii de pe toate continentele lumii. Având o rădăcină puternică și proprietatea aparatului foliar de evaporare minimă, această

plantă consumă 211 litri de apă pentru formarea 1kg de substanță uscată, pe când lucerna – 858, ovăzul – 635, grâul – 505, sfecla – 495 și porumbul – 372 de litri.

La momentul actual, importanța economică a sorgului zaharat în economia mondială este mai mică decât a sorgului cerealier. Sorgul zaharat se cultivă pe suprafețe mari în SUA, Australia, țările din Asia etc. [80÷83]. Având în vedere necesitățile economiei mondiale de biocombustibili și capacitățile sorgului de a produce etanol, se poate prognoza majorarea volumelor de producere a acestei culturi.

Morfologia sorgului zaharat este asemănătoare cu cea a trestiei de zahăr, care asigură producția globală de zahăr pe piața mondială la cota de 55...60%. În Republica Moldova sorgul a obținut o răspândire mai largă începând cu anii 1980-1988. Selecționatorii Institutului de Cercetări Științifice pentru Porumb și Sorg au elaborat doi hibridi de sorg zaharat (Porumbeni-4 și Porumbeni-5) cu o productivitate a biomasei de 80-100 t/ha și cu un conținut de zahăr în suc din tulpini de 12-16% [76].

Productivitatea sorgului zaharat este destul de înaltă. De pe 1 ha pot fi obținute 40-60 t de suc, din care, după distilare, se obțin 3-5 t de bioetanol și 32-35 t de masă vegetală. Din masa vegetală, după o prelucrare corespunzătoare (hidroliză, fermentare), se poate obține suplimentar etanol, până la 6000 m<sup>3</sup> de gaz metan și cca 10 t de îngrășăminte organice. Din masa stoarsă (bagasă), rezultată de la prelucrarea sorgului zaharat, recoltat de pe 1 ha, se poate obține până la 12...15 t de pelete sau brichete. Astfel, potențialul energetic al 1 ha cultivat cu sorg zaharat constituie peste 300 mii MJ, ceea ce este echivalent cu 10 t de carburant convențional [76].

O altă particularitate importantă a sorgului zaharat este cea ecologică. S-a constatat, că în procesul de fotosinteză plantele de sorg zaharat pot absorbi până la 55 t de CO<sub>2</sub> la 1 ha, emanând, respectiv, 45-50 t de O<sub>2</sub> - de 2 ori mai mult decât de pe suprafața respectivă de păduri conifere, de 5-6 ori – de păduri foioase și de 6-7 ori mai mult decât de pe 1 ha de porumb [76,78÷80]. Având în vedere cele expuse, sorgul zaharat poate deveni pentru Republica Moldova o cultură strategică din punct de vedere energetic, ecologic și economic.

La cele expuse trebuie să adăugăm că sorgul zaharat are multe părți specifice, care necesită o abordare argumentată științific și care trebuie studiate în continuare luându-le în considerare atunci când se fac argumentări tehnico-economice referitoare la aplicarea acestuia. Totodată, precum demonstrează experiența specialiștilor din Republica Moldova [34,76], pentru valorificarea potențialului existent sunt necesare tehnologii și mijloace tehnice eficiente pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat specifice condițiilor Republicii Moldova.

**Sistematica și particularitățile morfologice ale sorgului zaharat.** Conform [76÷79], tulpina sorgului (fig. 1.9) în faza maturității are 6...20 de internoduri cu lungimea de 100...200

mm, protejate din exterior de un tegument solid și relativ subțire. Internodurile sunt pline în interior de țesut medular dezvoltat.

**Figura 1.9. Secvențe dintr-o plantație de sorg zaharat crescut în condițiile Republicii Moldova**



La sorgul zaharat, conform [84], hidrații de carbon se formează în frunze prin fotosinteză și se transportă prin tuburi perforate (floeme) în țesutul medular al tulpinii, care dispune de o capacitate sporită de înmagazinare a glucidelor (cca 75-80% din substanța uscată).

Glucidele din frunze sunt dizolvate în apă și se transportă în tulpină 24/24 de ore până la maturizarea plantei. Componenta aproximativă a tulpinilor de sorg (% mas.) este următoarea: apă– 65; monoglucide (glucoză, fructoză etc) – 3; oligoglucide (zaharoză) – 12; poliglucide (amidon-5; pectin, celuloză-8) – 13; albumine – 2,5; hidrați de carbon cu masa moleculară mare – 3; substanțe minerale – 1,2. Componenta tulpinilor este aproximativă, deoarece ea depinde, pe de o parte, de originea plantei și condițiile pedoclimatice, iar pe de altă parte, de faza de vegetație a plantei concrete. Cantitatea maximă a sucului constituie 80...85% din masa tulpinii. Conținutul de zahăr în suc variază în funcție de soi (hibrid) și condiții pedoclimatice, de la 8 până la 24%.

Tulpinile mature de sorg zaharat au o lungime de 1,5...4,5m, iar diametrul tulpinii la bază poate ajunge până la 40 mm. Sorgul are o capacitate înaltă de lăstărire, care înrăutățește condițiile de recoltare mecanizată și reduce gradul de extragere a sucului. În cazul unei densități mari a plantelor, diametrul tulpinilor este mic, cu grad redus de lăstărire și de rezistență la cădere și cu cotă specifică scăzută a sucului.

Densitatea optimă a plantelor de sorg (hibrid Porumbeni 4) la 1 ha este de 100...120 mii plante recoltabile pe terenuri neirigate și 150...180 mii – pe terenuri cu irigare [76], ce corespunde

recomandărilor [78]. Conform [78, 79], cea mai potrivită distanță dintre rânduri este de 50 cm, ce asigură spații de nutriție și luminozitate optime. Semănatul la distanțe între rânduri de minimum 70 cm facilitează mult utilizarea mijloacelor tehnice existente. Proprietățile fenologice și morfologice ale plantelor de sorg zaharat, obținute în condițiile din România și Republica Moldova sunt reflectate în lucrarea noastră publicată în anul 2009 [34].

Zaharurile sunt amplasate, în tulpina sorgului, neuniform. Conform datelor prezentate de către [78], este recomandată tăierea tulpinilor cât mai aproape de pământ, deoarece, conform autorilor, internodurile inferioare conțin cea mai mare cantitate de suc.

Cercetările colaboratorilor Institutului „Mecagro” și a Institutului Național pentru Viticultură și Vinificație au demonstrat că, în probele luate în studiu (hibrid Porumbeni 4), cea mai mare cantitate de zaharuri este în mijlocul tulpinii. Internodurile inferioare conțin zaharuri cu 15...20% mai puțin decât cele de mijloc, iar internodul superior cu paniculul, practic, nu conține zaharuri. Conform [79], internodul purtător al inflorescenței este bogat în săruri minerale, care înrăutățesc indicii de calitate ai sucului extras prin presare.

În contextul celor expuse, este necesar ca, înainte de extragerea sucului, să se înlăture de la tulpină internodul superior cu panicul. Înălțimea tăierii tulpinii în partea inferioară este dictată și de necesitatea asigurării funcționării dispozitivului de tăiere. În aceste condiții este necesară tăierea tulpinii la înălțimea de 100...200 mm de la suprafața solului. Astfel lungimea tulpinii pentru presare variază între 1,5...2,5 m.

La cele expuse este necesar să se aibă în vedere rezistența sporită a sorgului la secetă ce se datorează procesului limitat de transpirație a plantelor cauzat de stratul de ceară care acoperă tulpina și frunzele. La extragerea sucului ceara îi înrăutățește calitatea. Acest motiv, precum și conținutul redus de zaharide (3...7%) în frunze impun separarea frunzelor de tulpini pentru presare.

După cum s-a menționat, o creștere a rentabilității cultivării sorgului zaharat se poate obține prin utilizarea produselor secundare (internodurilor superioare cu panicule, frunzelor, bagasei). Cercetările specialiștilor Institutului pentru Zootehnie și Medicină Veterinară [34] au confirmat rezultatele publicațiilor [76÷79] în vederea raționalității utilizării produselor secundare pentru nutriția animalelor, în primul rând a ovinelor și bovinelor.

Moraru Gh. [76] și Goian M. [78], recomandă, pentru cultivarea sorgului zaharat, utilizarea complexului de mașini care se folosesc pentru cultivarea porumbului, inclusiv a combinelor pentru recoltarea acestuia la siloz. Însă, la recoltarea sorgului zaharat și a porumbului, scopurile nu coincid: în cazul sorgului este necesară, în primul rând, obținerea materiei prime pentru extracția sucului, iar în cazul porumbului – a materiei prime pentru siloz, care include fracțiile dispersate ale tulpinilor, frunzelor, paniculelor cu mărimea de 5...20 mm [85÷87].



Mărunțirea fracțiilor necesită consum mare de energie (3...4  $kW \cdot h$  pentru o tonă de masă verde [86, 87]), ce nu este rațional în cazul sorgului zaharat. Totodată, este o coincidență a scopurilor urmărite la recoltarea și prelucrarea sorgului și trestiei de zahăr, fiecare din aceste culturi având specificul său. Prin urmare, în tehnologiile de cultivare și utilizare a sorgului zaharat, procesele care se pretează cel mai greu la mecanizarea complexă sunt recoltarea și prelucrarea (procesarea) tulpinilor. Prin urmare sunt necesare cercetări ample care ar permite optimizarea acestor procese.

### **1.3. Tehnologii de recoltare și procesare a sorgului zaharat**

#### **1.3.1. Recoltarea sorgului zaharat**

Deoarece morfologia sorgului zaharat, practic, coincide cu cea a trestiei de zahăr, tehnologiile de recoltare și procesare a acestora sunt identice. Ele includ următoarele operații tehnologice [76÷80, 88]:

- înlăturarea de la tulpină a paniculelor cu internodul superior și a frunzelor;
- tăierea tulpinii la internodul inferior;
- tocarea tulpinii în fragmente de o anumită lungime;
- încărcarea și transportarea tulpinilor fragmentate, paniculelor, frunzelor la locul de prelucrare sau depozitare;
- extragerea sucului crud (mustului) din fragmentele tulpinilor;
- transportarea sucului la întreprinderile de producere a etanolului sau a produselor alimentare secundare;
- procesarea și depozitarea bagasei.

În prezent sunt folosite două metode de recoltare a trestiei de zahăr: manuală și mecanizată.

Recoltarea mecanizată poate fi realizată direct, prin tăierea și încărcarea plantelor în mijlocul de transport sau separat prin tăierea plantelor și lăsarea lor pe sol, adunarea și încărcarea ulterioară în mijlocul de transport. Mai indicată este recoltarea directă, deoarece ea permite evacuarea plantelor pentru procesare imediat după tăiere, evitându-se inițierea proceselor biochimice nedorite. Recoltarea directă are și alte avantaje cum sunt reducerea cheltuielilor de muncă și materiale; minimizarea acțiunii mijloacelor tehnice asupra solului.

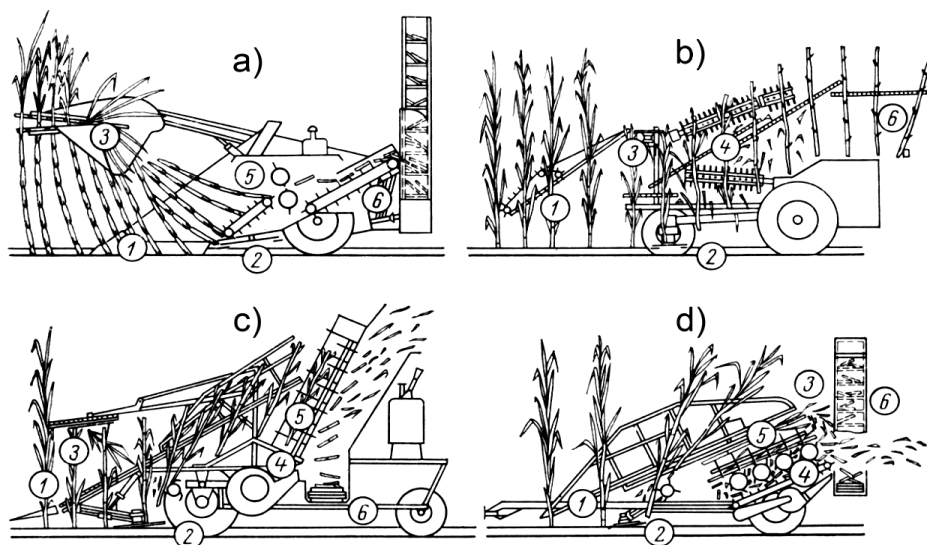
În ghidurile de proiectare a tehnicii agricole, de exemplu [88], se evidențiază patru scheme ale combinelor de recoltare a trestiei de zahăr(fig. 1.10) și anume:

- a) tăierea paniculelor, tulpinilor cu frunze în prealabil arse, fragmentarea și încărcarea tulpinilor;

b) tăierea paniculelor, tulpinilor, defolierea mecanică a tulpinilor, încărcarea tulpinilor întregi în mijlocul de transport sau, în caz de necesitate, descărcarea pe suprafața solului;

c) tăierea paniculelor, tulpinilor, fragmentarea simultană a tulpinilor întregi, separarea frunzelor prin metoda aerodinamică, încărcarea fragmentelor de tulpini în mijlocul de transport;

d) tăierea tulpinilor, fragmentarea simultană a tulpinilor întregi cu înlăturarea paniculelor, separarea frunzelor prin metoda aerodinamică, încărcarea fragmentelor de tulpini în mijlocul de transport.



**Figura 1.10. Scheme tehnologice ale combinelor de recoltat trestia de zahăr (sorg zaharat)[88]: 1 – dispozitive de recepție; 2,3 – aparate de tăiere; 4 – aparat de defoliere; 5 – aparat de mărunțire a tulpinilor; 6 – transportor.**

În ultimul timp sunt elaborate construcții noi de combine pentru recoltarea trestiei de zahăr care pot fi folosite și la recoltarea sorgului zaharat (fig. 1.11). Aceste combine, practic, execută aceleași operații care sunt specifice sorgului zaharat. Din acest motiv, acestea adesea se pretează pentru recoltarea sorgului zaharat. Adaptarea constructivă a combinelor pentru realizarea calitativă a operațiilor tehnologice specifice recoltării sorgului zaharat este orientată spre asigurarea următoarelor cerințe: sporirea productivității și calității executării operațiilor tehnologice, mărirea gradului de fiabilitate, confortului personalului, reducerea consumului de energie.

Luând în considerare importanța multilaterală a sorgului zaharat, Uniunea Europeană, prin programul *Commission's Biomass R&D Programme*, întreprinde măsuri de adaptarea tehnologiilor existente de recoltare și procesare a sorgului zaharat la condițiile specifice pentru Europa. Conform autorilor [89], măsurile menționate includ:

- adaptarea mijloacelor tehnice la morfologia diferitor plante;
- separarea paniculelor de tulpini;

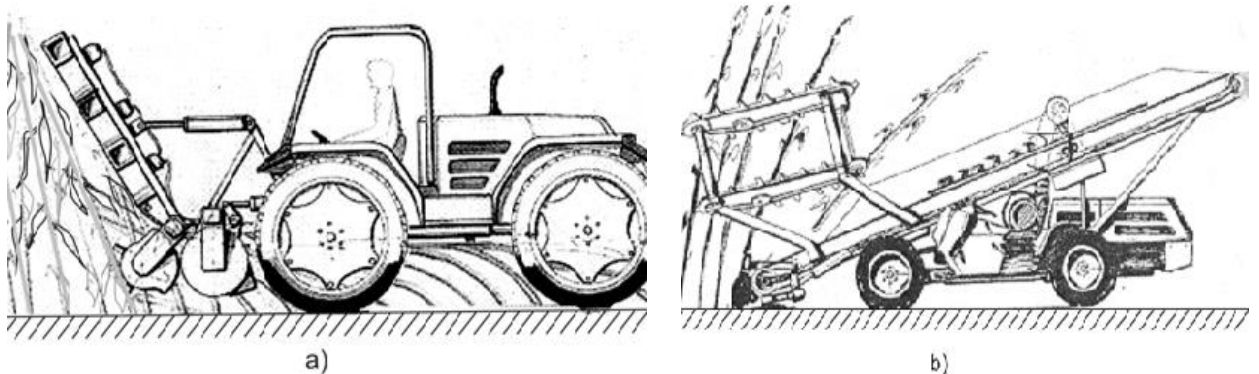
- evitarea fermentării zahărului în contact cu aerul;
- defolierea mecanică;
- recoltarea în termeni cât mai restrânși;
- reducerea costului transportării materiei prime.



**Figura 1.11. Combina modernă de recoltat sorg zaharat (trestia de zahăr)[producător- Case IH Austoft, Australia]**

Pentru realizarea obiectivelor propuse în programul european *Sweet Sorghum*, firma *Pasquali Machine Agricole* (Italia) a elaborat două variante constructive a combinei de recoltat sorg zaharat (fig. 1.12.).

Prima variantă a combinei (fig. 1.12 a) reprezintă o construcție care include un dispozitiv pentru ruperea și fărâmițarea frunzelor și paniculelor. Acest dispozitiv are în componența sa *tobe* – *rotoare* acționate de motoare hidraulice. Rotoarele sunt dotate cu palete, care execută concomitent funcții de ventilator și cuțite. După înlăturarea și mărunțirea frunzelor și paniculelor, tulpinile sunt tăiate la internodurile inferioare și așezate pe sol.

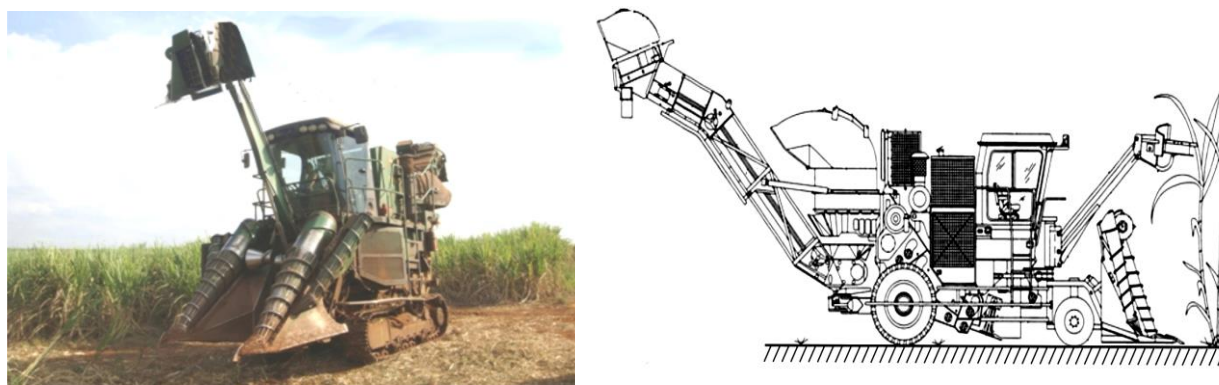


**Figura 1.12. Combina de recoltat sorg zaharat (firma Pasquali Machine Agricole)**

Varianta a doua a combinei *Pasquali* (fig 1.12b) este autopropulsată, conține aparate de orientare și tăiere a tulpinilor și frunzelor și de evacuarea acestora în mijlocul de transport. Ambele variante ale combinelor Pasquali, după felul de organizare a lucrului, se încadrează în schema tehnologică din fig. 1.10.b.

Firma Claas (Germania) a elaborat și produce combina pentru recoltarea sorgului zaharat *Claas CC1400* (fig.1.13 a, b). Combina este dotată cu următoarele mecanisme principale: *dispozitiv rotativ de tăiere a paniculelor; elevator activ de tulpini; vindrover cu cuțite-disc; aparate de mărunțire a tulpinilor și de separare aerodinamică a frunzelor de tulpini; transportor pentru tulpinile fragmentate.* Schema funcțional-constructivă a combinei Claas CC 1400, este aproape de scheme din figuri 1.10. c, d.

După metoda de agregare, combinele sunt purtate, tractate, autopropulsate. Toate schemele tehnologice analizate (fig. 1.10 - 1.13) nu prevăd acumularea paniculelor și frunzelor, acestea fiind utilizate pentru fertilizarea solului.



**Figura 1.13. Combina de recoltat sorg zaharat (firma CLAAS, Germania)**

Făcând o analiză a schemelor tehnologice prezentate în figura 1.10 referitor la pretarea acestora pentru recoltarea sorgului zaharat, se evidențiază următoarele puncte slabe:

- Schema a). La momentul actual nu poate fi utilizată, deoarece arderea frunzelor reduce randamentul și calitatea sucului și este interzisă de legislația ecologică.

- Schema b). Cu toate că prin obținerea tulpinilor întregi, combina consumă puțină energie, însă este problematică încărcarea mecanizată a acestora în mijloace de transport și în utilajul de procesare. De asemenea, sunt necesare volumuri mai mare la transportarea și stocarea acestora în stoguri pentru prelucrarea ulterioară. Tehnologia cere mari cheltuieli, inclusiv de manoperă, mai ales la temperaturi negative. Recoltarea tulpinilor întregi reclamă utilizarea unor aparate de defoliere de o construcție complicată.

- Schemele *c* și *d*) prezintă o variantă de compromis prin posibilitatea de fragmentarea tulpinilor de o anumită lungime, ce face posibilă separarea frunzelor de tulpini prin metoda relativ simplă (aerodinamică) și încărcarea mecanizată a fragmentelor de tulpini. Coinciderea direcției axei de rotație a aparatului de fragmentare cu cea a axelor tulpinilor face posibilă tăierea lor în fragmente de o lungime fixă la evacuarea fragmentelor din zona tăierii cu un consum scăzut de energie. Acest lucru face posibilă separarea succesivă a frunzelor de tulpini în fluxul de aer. Însă schemele tehnologice descrise presupun dotarea combinelor cu aparate complicate de alimentare și fragmentare, necesare pentru orientarea corectă a tulpinilor din momentul tăierii lor de la rădăcină până la fragmentare.

Autorii [78, 79] nu descriu construcția combinei de recoltat sorg zaharat, însă menționează că „tulpinile sunt aduse de la târlă cu mijloace de transport adecvate, sunt descărcate în stație, și în funcție de scopul urmărit, sunt preparate direct sau în prealabil defoliate sau decapitate de panicule, urmând ca operația de mărunțire a tulpinilor, adică prepararea în vederea stoarcerii, să aibă loc ulterior”.

Goian M. și coautorii [78] nu exclud și posibilitatea mărunțirii tulpinilor în fragmente cu lungimi de cca 6...10 cm până la transportarea lor.

Propunerea omului de știință în domeniul ameliorării și producerii de semințe a culturilor de sorg, dr. în agricultură (1990) Moraru Gheorghe [76] privind utilizarea pentru recoltarea sorgului zaharat a combinelor destinate recoltării culturilor furajere pentru siloz, din punct de vedere organizatoric, nu este greu de realizat. Însă aceste posedă un șir de particularități specifice care limitează sau chiar face imposibilă folosirea acestora la recoltarea sorgului zaharat. Printre aceste mai evidente sunt următoarele:

a) combinele menționate nu pot executa tăierea și înlăturarea paniculelor și a frunzelor, motiv pentru care aceste părți, împreună cu fracțiile tulpinilor, sunt transportate la locul de prelucrare și, după extragerea sucului, la locul de utilizare finală (fermă zootehnică, bioreactor etc.). Prin urmare, cresc cheltuielile de transport (cota specifică a frunzelor și paniculelor cu 25...40% din recolta totală a fitomasei) și, respectiv, de extracție a sucului, iar randamentul și calitatea sucului se micșorează.

b) Obținerea unor fracții relativ mici necesită, după cum s-a mai menționat și anterior, un consum mare de energie.

A doua tehnologie propusă de către dr. Moraru G., care presupune executarea simultană a operațiilor de recoltare a sorgului zaharat și de extragere a sucului pe câmp [76], deși este promițătoare are, la momentul actual, neajunsuri serioase:

a) consum ridicat de materiale pentru confecționarea presei (o presă cu productivitatea de 7,5...8 tone de masă verde pe oră cântărește cca 21 tone [78, 79]);

b) drept consecință a neajunsului precedent – un consum mare de energie pentru propulsarea agregatului și tasarea solului;

c) imposibilitatea de a exercita, cu exactitatea necesară, a controlului operativ al procesului de extragere a sucului;

d) diferența mare dintre productivitatea specifică a agregatului de recoltare a sorgului și presă.

Probabil, la procesul de recoltare și presare concomitentă a sorgului zaharat se poate reveni în baza perfecționării esențiale a tehnologiilor și mijloacelor tehnice respective.

În baza analizei schemelor tehnologice existente și propuse pentru combinele de recoltat sorg zaharat se pot formula următoarele concluzii:

- pentru extragerea rentabilă a unui suc de calitate superioară este necesar ca până la presarea tulpinilor să se înlăture paniculele și frunzele;

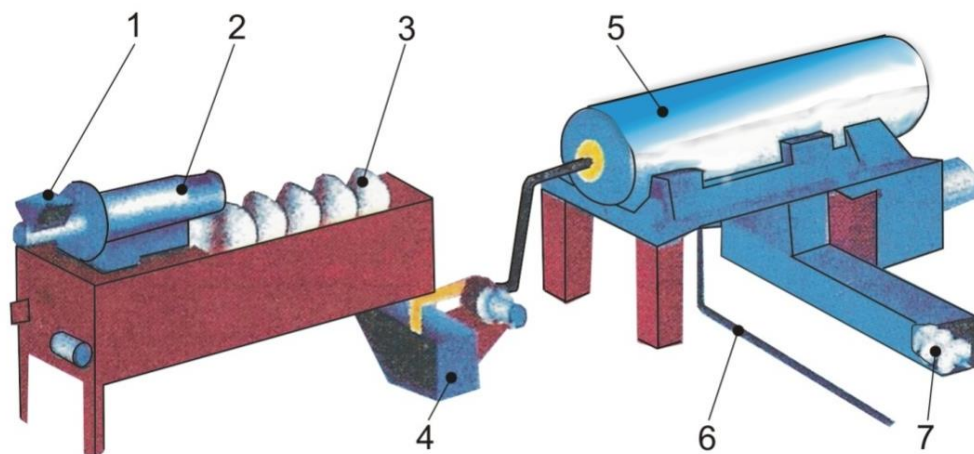
- procesarea mecanizată a tulpinilor poate fi realizată, dacă acestea vor fi tocate în fragmente de o anumită lungime;

- părțile componente de bază ale combinei sunt: agregatul pentru tăierea și evacuarea paniculelor; vindroverul (secerătoarea) cu dispozitiv de recepție și aparatul de tăiere a tulpinilor; aparatul de alimentare; ansamblul de tocare (fragmentare) a tulpinilor; sistemul aerodinamic pentru separarea și evacuarea frunzelor; transportorul pentru încărcarea tulpinilor tocate în mijloace de transport.

### **1.3.2. Procesarea sorgului zaharat**

Extragerea sucului din tulpinile sorgului zaharat (trestiei de zahăr) se efectuează la prese dotate cu valțuri, acesta fiind principiul de bază. Autorii [78] menționează că “s-a încercat stoarcerea tulpinilor de sorg cu o presă de struguri (teasc), dar fără nici un rezultat”. În Republica Moldova au fost încercări de a utiliza presa elicoidală pentru extragerea sucului [76]. Însă, o astfel de presă necesită o mărunțire fină a tulpinilor, care a fost executată la dispergator (DHC–2, Volgari). Tehnologia a permis obținerea unui grad de extragere a sucului de circa 50% din masa verde inițială cu consum sporit de energie.

Firma Rapanelli Fioravante, Italia [89] de asemenea, propune, pentru extragerea sucului, mărunțirea fină a tulpinilor până la obținerea unei mase omogene, care se prelucrează ulterior într-un separator-tobă centrifugal (fig. 1.14).



**Figura 1.14. Schema utilajului pentru extragerea sucului din sorg zaharat (firma Rapanelli Fioravante):**

Schemele propuse de autorii [76, 89] au neajunsuri identice:

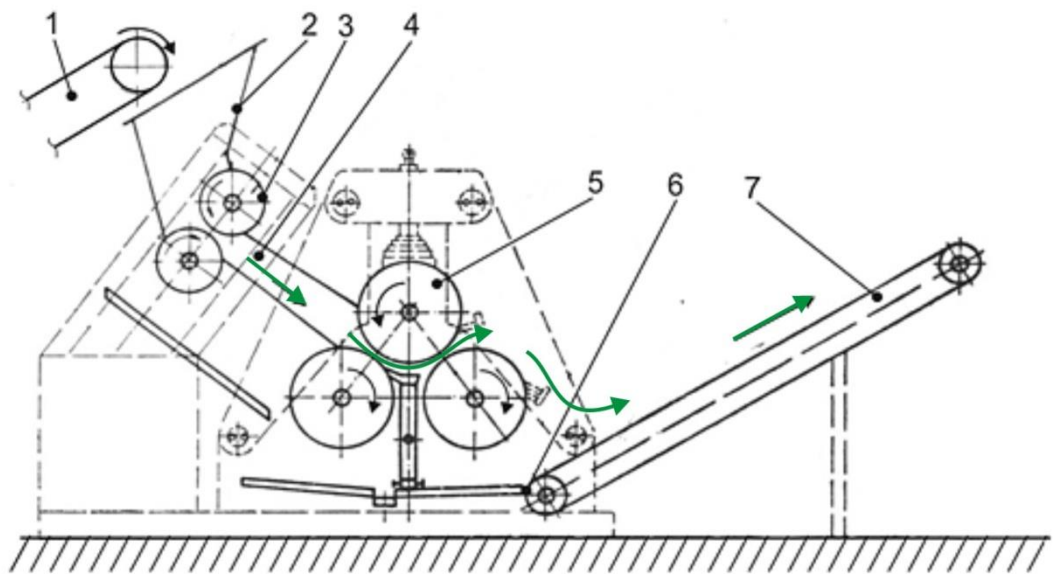
- consum specific de energie majorat;
- probabilitatea mare de înfundare cu bagasă a utilajelor de extragere.

Alegerea schemei tehnologice pentru extracția sucului din sorgul zaharat, în marea măsură, depinde de destinația produsului obținut și de capacitățile tehnico-economice ale producătorilor.

Cercetările de specialitate demonstrează că, în toate schemele tehnologice practicate la momentul actual, elementul cheie constituie presa cu valțuri (fig. 1.15). Pentru procesarea cantităților relativ mici de materie primă sunt utilizate prese cu 2 valțuri (1 pasaj de stoarcere), iar în cazul cantităților mari – prese cu 3 valțuri (2 pasaje).

La momentul actual, pentru procesarea cantităților mari de sorg sunt practicate două metode de extracție: a) prin presare; b) prin presare+difuzie [78, 79, 90]. În ambele cazuri materia primă recoltată este curățită de frunze și panicule, tocată în fragmente cu o lungime de 3 – 10 cm. Operațiile de pregătire a materiei prime, efectuate la linia tehnologică de procesare a sorgului zaharat, depind de schema recoltării acestuia ( fig. 1.10).

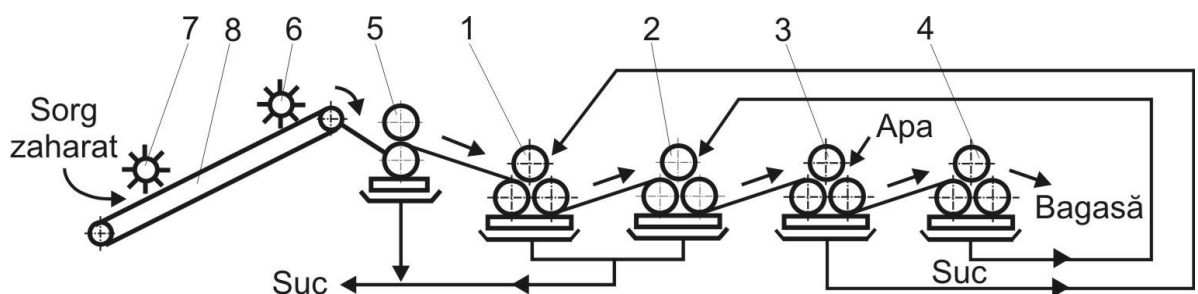
Materia primă pregătită este ridicată cu ajutorul transportorului înclinat 1 (fig. 1. 15) în buncărul de alimentare 2 al zdrobitorului 3, din care masa mărunțită, prin canal 4, nimereste în presă 5 cu trei valțuri. În pasajele presei dintre valțurile rotative sucul este stors din tulpinile tocate, acumulându-se în bazinul 6, de unde este pompat pentru stocare și procesare în scopuri alimentare (zahar, suc concentrat etc.), tehnice (alcooli monoatomici).



**Figura 1.15. Structura de principiu a utilajului cu valțuri pentru extragerea sucului [78, 79]**

Masa rămasă după stoarcerea sucului (bagasa) la fel este evacuată din zona de presare cu transportorul 7, fiind utilizată pentru producerea combustibililor solizi și gazoși, pentru fertilizarea solului, nutriția animalelor.

În scopul majorării gradului de extragere a sucului, numărul utilajelor (morilor) cu valțuri în linia tehnologică poate atinge la 5-7 unități. În același scop, la fabricile de zahăr, este folosit procesul de imbibiție, care constă în clătirea masei mărunțite de tulpini cu suc subțiat sau cu apă. Pentru aceasta, la penultima moară 3 ( fig. 1.16), este pompată apă fierbinte de cca. 60°C în amestec cu amoniac. După stoarcerea masei vegetale, din zona valțurilor, suc de sorg subțiat cu apa amoniacală este direcționat la prima moară 1. Sucul obținut la ultima moară 4 este livrat la a doua moară 2.



**Figura 1.16. Schema liniei tehnologice pentru stoarcerea sucului din trestia de zahăr [90]:  
1,2,3,4 - prese cu valțuri; 5 - concasor; 6 - tocător; 7 - valț nivelator; 8 - transportor**

Datorită schemei inversate de stoarcere a sucului (fig. 1.16), la începutul liniei de presare, sucul obținut este puțin diluat și direcționat pentru procesare ulterioară. Gradul de stoarcere crește datorită diminuării interstițiului dintre valțuri (respectiv majorării forței de presare); utilizării



numărului mai mare de pasaje cu valuri și mării cantității de apă pentru imbibitie. Însă aceste măsuri duc spre scăderea calității sucului și majorarea cheltuielilor. Conform [90], tehnologia stoarcerii sucului cu inversarea fluxului permite obținerea a 92-94% de zaharoză. Cota sucului obținut constituie 100-115% din masa tulpinilor (în dependență de cantitatea apei).

Pentru extragerea mai bună a sucului, în linia tehnologică după concasor și prima moară, este montat un difuzor cu funcționare continuă, din care produsul obținut (zeama de difuzie) se transmite pentru procesare ulterioară, iar tocătura epuizată – la moara următoarea [78, 90]. Difuzia sucului permite reducerea consumului de energie electrică și majorarea gradului de extracție a zahărului (până la 97%). Însă, în acest caz, crește complexitatea procesului tehnologic. Prin urmare, procesul de presare și difuzie a zahărului este folosit la întreprinderi specializate cu productivitate mare, pe când procesele numai de presare – la întreprinderi de productivitate medie și mică.

Este necesar să se menționeze că, după extragerea sucului, rămâne masa vegetală stoarsă (bagasa), care conține cca 50% de substanța uscată (preponderent celuloză). Precum demonstrează studiile [34, 91] eficiența cultivării și procesării culturilor energetice depinde de modul de utilizare nu doar a produsului de bază (zahărului), dar și a celui secundar (bagasei). Ultima, după cum a fost menționat anterior, poate fi utilizată în scopuri tehnice (hârtie, viscoză, furfurool etc.), energetice (pelete, brichete, biogaz), furajere, precum și în calitate de fertilizant al solului.

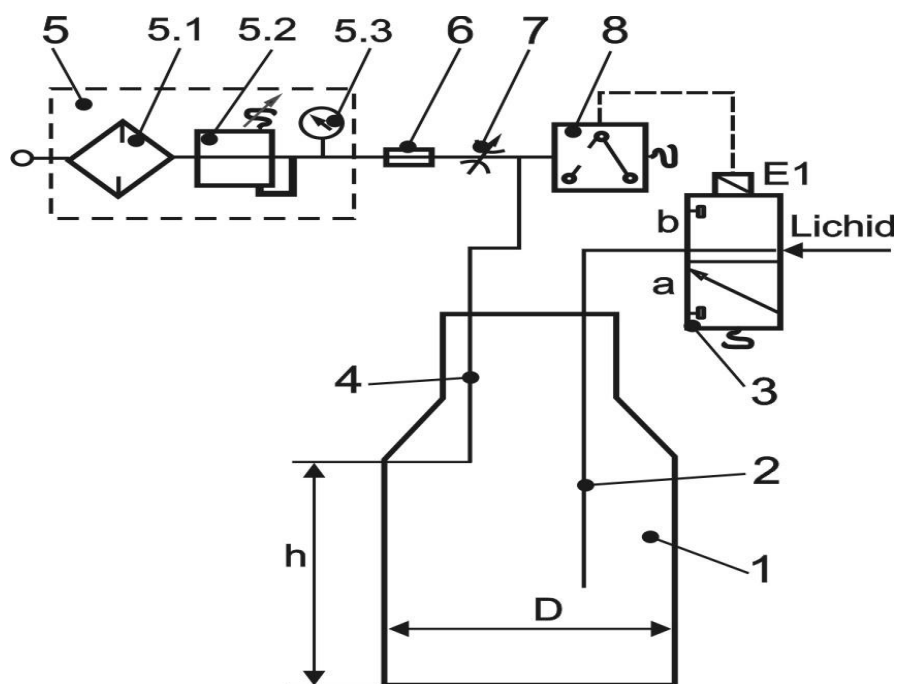
#### **1.4. Metode și mijloace pentru prepararea amestecurilor combustibile lichide**

Una din cele mai importante operații ale proceselor tehnologice de producere a biocombustibililor este dozarea și amestecare lor, care se realizează prin metoda discretă sau continuă. În primul caz, amestecul se obține în porții cu volumul sau masa dată, în cel de-al doilea caz, se creează fluxuri continue de ingrediente ale amestecului cu debite stabilite de curgere care, în timpul mișcării, se amestecă, formând un flux sumar cu raportul dat al componentelor.

Dozatoarele cu acțiune discretă pot fi divizate în următoarele grupe: a) după nivel, b) după volum, c) după greutate [92].

**Dozarea după nivel** se folosește, în general, pentru umplerea unor recipiente. Conform [93] în recipientul 1 (fig.1.17) prin conducta de pompare 2 și distribuitorul pneumatic 3 este furnizat lichidul dozat. Nivelul lui, în recipient 1, crește și, după un interval de timp  $\tau_1$  nivelul lichidului atinge marginea inferioară a conductei cu aer sub presiune 4. Capătul superior al acestei conducte este conectat la magistrala pneumatică, prin care droselul reglabil 7 furnizează aer comprimat cu presiunea  $P$ . Magistrala pneumatică este conectată la modulul de preparare a aerului 5 care constă dintr-un filtru de aer 5.1, supapa de reglare a presiunii aerului în dispozitiv 5.2 și

manometrul 5.3. Blocul 6 distribuie aerul comprimat nelubrifiat, iar droselul reglabil 7 reglează debitul aerului în dispozitiv. În continuare, magistrala este conectată la releul de presiune 8, care controlează presiunea în dispozitiv și, în caz de mărire, acționează electromagnetul E1 al distribuitorului pneumatic 3 cu două poziții (a, b). Magistrala pneumatică este conectată la controlerul de amplificare 7. Când marginea inferioară a conductei 4 este deschisă, aerul din magistrală circulă liber prin conductă și presiunea în magistrală este joasă.

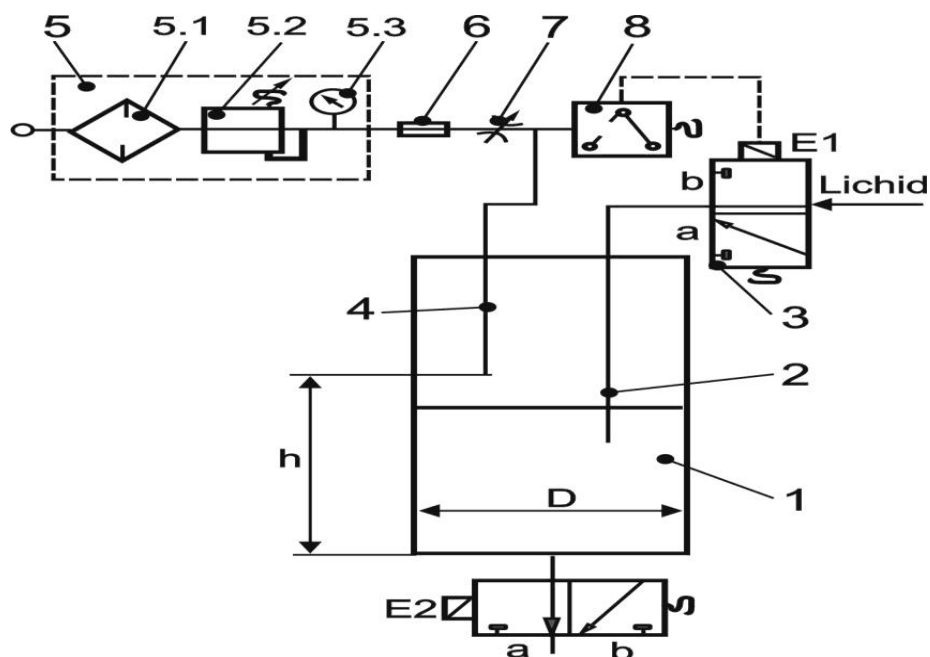


**Figura 1.17. Dispozitiv pentru dozarea lichidului după nivel**

Când lichidul ajunge la marginea de jos a conductei 4, presiunea în magistrală crește brusc. Această creștere este fixată de releul de presiune care în continuare acționează electromagnetul E1 și schimbă poziția distribuitorului 3 din a în b. Aceasta poziție a distribuitorului 3 sisteză furnizarea lichidului, iar doza dată este obținută.

Eroarea de fixare a nivelului  $h$  al lichidului la dozatoarele analizate este destul de mică (mai mică de 0,5%) însă, la dozarea volumului de lichid necesar, precizia măsurării depinde integral de proprietățile și configurația recipientului de schimb, ce limitează brusc domeniul de aplicare a dozatoarelor de acest tip.

Dacă în dozator (fig. 1.17) recipientul va fi transmis în rezervor permanent și va fi prevăzută curgerea unei doze măsurate din el, vom obține un dozator de volum, domeniul de utilizare al cărui este mult mai vast. În asemenea dozator (fig. 1.18) în partea inferioară este instalat un robinet de evacuare 9.

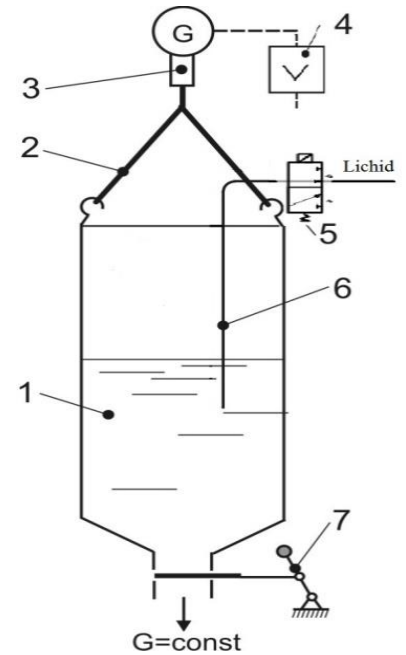


**Figura 1.18. Dispozitiv pentru dozarea lichidelor după volum**

Principala deosebire a **dozatoarelor de volum** este universalitatea acestuia, putând fi folosit în cele mai diverse procese tehnologice, cu asigurarea stabilă a parametrilor geometrici ai rezervorului de lucru. Eroarea de dozare a acestui tip de dozatoare este aceeași, ca și la dozatoarele de nivel (0,5%) și este determinată, în general, de precizia menținerii înălțimii date  $h$  la care se instalează conducta 4, precum și de sensibilitatea releului de presiune 8. Trebuie, însă, de ținut cont de faptul, că în primul caz se asigură menținerea numai a nivelului dat, iar în cel de-al doilea caz – a întregului volum. Constructiv dispozitivul pentru dozarea lichidului după volum (fig.1.18) este analogic celui prezentat în figura 1.17.

În cazul, în care este necesară dozarea lichidelor cu viscozitate mare (uleiuri concentrate, bitum etc.), este mai eficientă utilizarea **dozatoarelor de greutate**. Rezervorul de lucru 1 (fig. 1.19) este suspendat, cu ajutorul cablurilor 2, de senzorul de greutate 3, care formează semnalul despre greutatea rezervorului 1 împreună cu lichidul dozat [94]. Greutatea rezervorului, după ajustarea respectivă a traductorului de greutate 4 se egalează cu zero, adică semnalul de ieșire al traductorului 4 se stabilește proporțional cu greutatea netă a lichidului dozat. Pompa furnizează lichidul dozat prin distribuitorul pneumatic 5 în rezervorul de lucru, controlând permanent greutatea lichidului. Când greutatea va deveni egală cu cea dată, traductorul 4 schimbă poziția distribuitorului 5 și furnizarea lichidului se sistează. Doza măsurată în acest mod se evacuează prin clapeta 7.

Secțiunea de trecere a dispozitivelor de evacuare ale dozatorului de greutate este de multe ori mai mare decât secțiunea conductei 6, ce permite evacuarea rapidă a lichidelor vâscoase din rezervorul de lucru și respectiv reducerea duratei ciclului de lucru al dozatorului. Dozatoarele de greutate pot fi utilizate atât pentru dozarea lichidelor, cât și pentru formarea dozelor de materiale pulverulente. Din acest motiv, dozatoarele se utilizează pe larg la producerea materialelor de construcție și nutrețurilor combinate.



**Figura 1.19. Dispozitiv pentru dozarea lichidelor după greutate**

Esența proceselor care au loc în dozatoare poate fi explicată cu ajutorul ciclogramelor de funcționare. Pentru dozatoarele de nivel (fig.1.20a) durata  $\tau_1$  de atingere a nivelului dat  $h_{max}$  în recipient determină productivitatea lui, care este egală cu:

$$Q = f\left(\frac{dv}{ds}\right) = \frac{h_{max}}{\tau_1}, \quad (1.1)$$

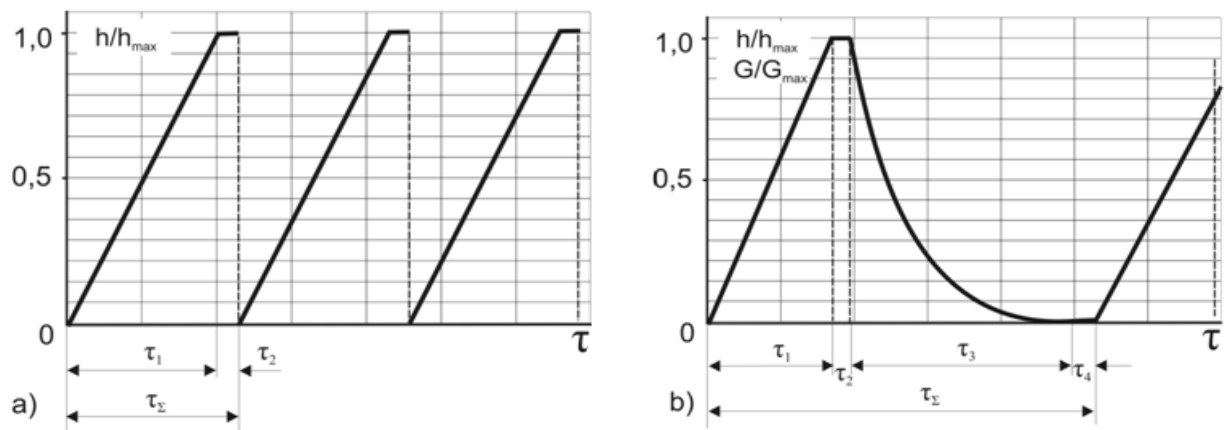
unde  $\frac{dv}{ds}$  este indicatorul, care caracterizează modificarea volumului lichidului la schimbarea secțiunii recipientului umplut după înălțime.

Intervalul de timp  $\tau_2$  caracterizează durata de timp, necesară pentru pregătirea dozatorului pentru eliberarea dozelor următoare. Durata de timp  $\tau_2$ , necesară pentru schimbarea recipientului, în caz general, este determinată de capacitatea dozei. La rândul său,  $\tau_2$  influențează durata totală a ciclului de lucru al dozatorului  $\tau_{\Sigma}$ .

În cazul umplerii recipientului de formă cilindrică cu diametrul  $D$ , obținem:

$$Q = \frac{h_{max}}{\tau_1} = \frac{4Qp}{\pi D^2}, \quad (1.2)$$

unde  $Qp$  reprezintă debitul de pompare a lichidului în recipient. Așadar, pentru dozatorul de nivel productivitatea  $Q$  se măsoară în  $m/s$ .



**Figura 1.20. Ciclograma de funcționare a dozatoarelor de acțiune discretă: a) dozare după nivel; b) dozare după volum și după greutate**

În cazul dozării după volum, ciclul de lucru al dozatorului se schimbă (fig. 1.20b). Ca și la funcționarea dozatorului după nivel, umplerea rezervorului cu lichidul dozat are loc în intervalul de timp  $\tau_1$ . La această etapă se formează volumul dat  $V$ , care pentru rezervorul de lucru de formă arbitrară este egal cu:

$$V = \int_0^{h_{\max}} dS dh, \quad (1.3)$$

unde  $dS$  reprezintă suprafața secțiunii rezervorului de lucru;  $dh$  – înălțimea lichidului în rezervor.

Pentru rezervoare de formă cilindrică cu diametrul  $D$  volumul dozei va fi egal cu:

$$V = \frac{h_{\max} \pi D^2}{4}. \quad (1.4)$$

În intervalul de timp  $\tau_2$  dozatorul trece din regimul de umplere în regimul de evacuare a dozei. Mărimea  $\tau_2$  depinde de viteza de funcționare a sistemului de comandă al dozatorului și de inerția elementelor executoare. De obicei, valoarea  $\tau_2$  este cu mult mai mică decât  $\tau_1$ . Durata  $\tau_3$  de scurgere a lichidului din rezervorul de lucru de formă arbitrară, în caz general, se exprimă prin formula:

$$\tau_3 = \frac{1}{\mu s \sqrt{2g}} \int_0^{h_{\max}} \frac{S_h dh}{\sqrt{h}}, \quad (1.5)$$

unde  $\mu$  este coeficientul debitului;  $s$  – secțiunea orificiului de scurgere;  $g$  – accelerația căderii libere;  $S_h$  – secțiunea rezervorului de lucru;  $h$  – înălțimea curentă a lichidului în rezervorul de lucru.

Când suprafața  $S$  a secțiunii transversale a rezervorului de lucru este constantă după înălțime ( $S_h = \text{const}$ ), formula 1.5 obține următoarea formă:

$$\tau_3 = \frac{2S_h \cdot h_{\max}}{\mu s \sqrt{2gh_{\max}}} \quad (1.6)$$

În formula 1.6 numărătorul este egal cu valoarea dublă a volumului dat al lichidului în rezervorul de lucru (formulele 1.3, 1.4), iar numitorul – cu debitul de scurgere a lichidului prin orificiul cu secțiunea  $s$ , menținând înălțimea coloanei de lichid la nivelul  $h_{\max}$  [95, 96]. În așa mod, durata  $\tau_3$  de scurgere liberă completă a lichidului din rezervorul de lucru este de două ori mai mare decât durata scurgerii aceluiași volum  $V$  de lichid la înălțimea neschimbată  $h = h_{\max}$  [97]. Adică, presiunea  $p$ , creată la intrarea în orificiul de scurgere, influențează semnificativ durata de timp  $\tau_3$  necesară pentru scurgerea volumului dat de lichid din rezervorul de lucru al dozatorului.

Intervalul de timp  $\tau_4$ , de asemenea, ca și în cazul dozatorului de nivel, servește pentru evacuarea dozei măsurate și pregătirea dozatorului pentru un ciclu nou de lucru. Durata  $\tau_4$  poate varia în limitele foarte largi în funcție de specificul producției (fig. 1.20b).

Ciclul de funcționare a dozatorului de greutate este analogic cu cel descris anterior (fig. 1.20b). Diferența constă doar în aceea, că în timpul funcționării lui nu se controlează înălțimea coloanei  $h$ , ci greutatea  $G$  lichidului dozat sau a materialului pulverulent (făină, cereale, ciment etc.).

Așadar, dozatoarele cu acțiune discretă asigură o precizie înaltă de dozare a componentelor, însă din cauza executării consecutive a fazelor tehnologice (dozare, curgere, schimbarea ambalajului, resetarea sistemului electronic etc.) acestea dispun de o productivitate specifică redusă. Prin urmare dozatoarele cu acțiune discretă au găsit o aplicare largă în procesele tehnologice, legate de producția cu bucata, de exemplu, la prepararea medicamentelor și vopselelor, la ambalarea băuturilor și uleiurilor.

În procesele tehnologice de producere a biocombustibililor în condiții industriale, la momentul actual, este mai eficient de utilizat dozatoare cu acțiune continuă. Totodată, pentru asigurarea dozării precise, aceste dozatoare necesită mijloace tehnice performante, inclusiv sisteme electronice de comandă și control.

Procesele tehnologice în flux (continue) au o perspectivă mai mare la producerea biocombustibililor datorită coeficientului înalt de utilizare a utilajului și posibilității de automatizare, practic, integrală a operațiunilor principale și auxiliare.

În calitate de dozator de acțiune continuă poate fi utilizată **pompa peristaltică (cu furtun)**. Principiul de funcționare al acesteia este bazat pe proprietățile furtunului, confecționat din material

elastic, de a se deforma și de a-și restabili forma inițială de mai multe ori. Productivitatea acestui tip de pompe-dozatoare depinde de diametrul furtunului și de turația rotorului. Este important faptul, că numai furtunul pompei contactează cu lichidul pompat, ce permite excluderea impurificării reciproce a lichidului și pompei [98, 99].

Pompa peristaltică ELRO – XP [100], produsă de compania germană Crane Process Flow Technologies, are următoarele caracteristici: debitul-46m<sup>3</sup>/h, presiunea-13 bar, înălțimea de absorbție-9.5m (fig. 1.21).



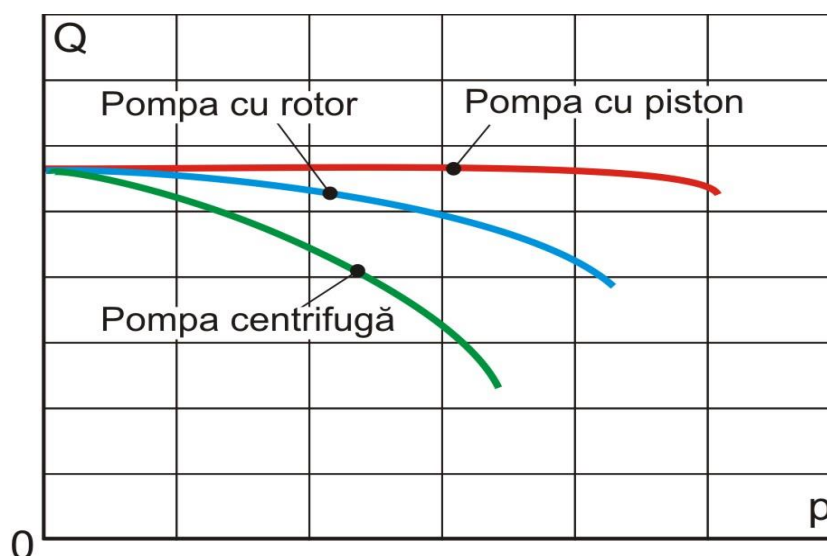
*Figura 1.21. Vederea generală a pompei peristaltice*

Datorită stabilității înalte a productivității pompelor peristaltice, ele pot fi utilizate în procesele tehnologice continue cu productivitate mică și mijlocie, în particular, în producția chimică și farmaceutică. Pe lângă avantajele, pompele peristaltice au și unele neajunsuri, la care pot fi atribuite: productivitate specifică joasă, proprietăți fizico-mecanice restrânse ale furtunilor; limitarea temperaturii lichidelor pompate (până la 90°C); cost înalt al furtunilor, rezistente la lichide agresive; căderea semnificativă a productivității în timpul lucrului cu medii vâscoase; pulsarea debitului la ieșire din pompă.

În calitate de dozatoare pot fi utilizate și alte tipuri de pompe: centrifugale, cu rotor, cu piston, cu diafragmă (membrană), cu roți dințate [101-109].

Caracteristica principală a pompelor - dependența productivității  $Q$  de presiunea  $P$  a lichidului la ieșire din pompă - este prezentată în fig. 1.22.

După cum urmează din curba  $Q=f(P)$  pentru **pompa centrifugală**, la valori înalte ale presiunii debitul se reduce brusc ca urmare a pierderii volumului de lichid prin rotorul pompei. De aceea, este oportună utilizarea pompelor centrifugale pentru pomparea volumelor mari de lichide cu viscozitatea mică la presiune joasă, având posibilitatea de ajustare a debitului numai cu ajutorul supapelor de reglare. Pompele centrifugale sunt puțin utilizate pentru dozarea lichidelor, în deosebi în cazul cerințelor mari față de precizia dozării.



**Figura 1.22. Dependentele debitului de presiune a lichidului pentru diferite tipuri de pompe**

**Pompa cu rotor** se deosebește de pompa centrifugală, în primul rând, prin metoda de deplasare a volumului fixat de lichid, care se formează datorită rotației complete a fiecărui segment cu arc al rotorului. Cu toate acestea, ca și în cazul pompei centrifugale, în pompa cu rotor la fel poate să aibă loc pierderi de lichid între segmentele pompei și carcasa ei (la valori mai înalte ale presiunii), ceea ce duce la micșorarea debitului (fig.1.22). Pompele cu rotor, de asemenea, sunt puțin utilizate în calitate de dispozitive de dozare continuă. Acestea, spre deosebire de pompele centrifugale, sunt utilizate, în general, pentru pomparea lichidelor cu viscozitate înaltă.

Cele mai potrivite pentru dozare continuă a lichidelor sunt **pompele cu piston**. În pompa cu piston (plonjor) organul de lucru este pistonul, care efectuează mișcări rectilinii-alternative. Există pompe cu un piston și cu mai multe pistoane [105, 106].

Unul din dezavantajele pompelor cu piston, ca și al altor pompe de volum, este pulsarea presiunii lichidului la ieșire din pompă. Pulsarea poate fi redusă, amplasând câteva pistoane în rând și unindu-le cu un arbore, astfel, încât ciclurile lor de lucru să fie deplasate unul față de altul după fază la unghiuri egale. O altă metodă de micșorare a pulsării este utilizarea schemei diferențiale de conectare a pompei, în care pomparea lichidului se efectuează nu numai în timpul mișcării tur a pistonului, dar și în timpul mișcării retur. La pompele de acțiune dublă coeficientul



de pulsare este mai jos, iar randamentul mai înalt decât la pompele de acțiune simplă. Pentru diminuarea pulsației se aplică hidroacumulatoare, care în momentul de presiune maximă acumulează energie, iar în momentul căderii presiunii – o cedează.

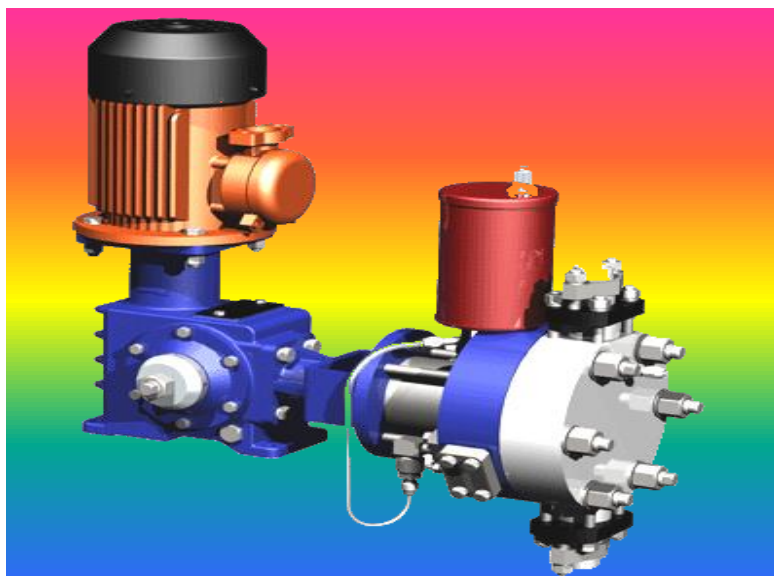
Productivitatea pompelor-doatoare cu piston se ajustează în limite relativ mici prin schimbarea deplasării pistonului și turațiilor motorului electric de acționare. Pompele de acest tip au o productivitate relativ mică (sute de litri pe oră) la presiunea de sute de bar [106, 109].

Contactul direct al părților metalice mobile cu lichidele dozate constituie încă un neajuns al pompelor cu piston. Acest neajuns poate fi parțial înlăturat, utilizând o membrană intermediară de divizare sau silfon. Cu lichidul transportat contactează doar membrana, care poate fi confecționată din material rezistent la mediul dat, de exemplu, din teflon. Acest tip de pompe se numesc **pompe cu membrană și piston** [101, 102].

Pompa de tipul NDG (pompa cu dozator ermetic) produsă de firma „Talnah” (Rusia) este completată cu membrană de teflon, care are o rezistență chimică sporită la diferiți reactivi. Pompa (fig.1.23) este capabilă să pompeze lichide cu viscozitatea de la  $3,5 \cdot 10^{-7}$  până la  $8 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s (de la 0,0035 până la 8 St), cu densitatea maximă de 2000 kg/m<sup>3</sup>, cu indicatorul pH 0...14 și temperatura de la 258 până la 373 K (de la - 15°C până la + 100°C) [106].

În pompele-doatoare cu membrană absorbția și evacuarea lichidului din camera de lucru a capului dozator se datorează oscilației forțate ale membranei, care este unul din pereții camerei. Ca și în cazul pompelor-doatoare cu piston, camera de lucru a pompei cu membrană este echipată cu supape pe sectoarele de absorbție și de pompare. Oscilațiile membranei pot fi create prin acționare mecanică, electromagnetică, electromecanică și pneumatică.

Cele mai răspândite sunt mecanismele de acționare electromagnetice (solenoid), la care mișcarea oscilatorie se transmite la membrană prin intermediul unei tije, care se mișcă în câmpul electromagnetic al solenoidului. Deoarece puterea acestui mecanism de acționare nu este prea mare, pompele-doatoare solenoid cu membrană se aplică, de obicei, pentru valori joase ale presiunii – acolo, unde nu se cere presiune mare și productivitate înaltă. În cele mai frecvente cazuri acestea sunt aparate compacte, cu productivitatea maximă de până la 50 l/h (0,83 l/min), iar presiunea – până la 20 bar(2MPa). Ajustarea volumului de dozare la aceste tipuri de pompe se efectuează prin schimbarea amplitudinii și frecvenței de mișcare a tijeii pistonului [106]. De menționat, că datorită asemănării principiilor de funcționare, pompele cu piston și cele cu membrană au caracteristici analogice  $Q=f(p)$  (fig.1.22).



*Figura 1.23. Pompă cu membrană și piston de tip NDG*

În ultimul timp o largă răspândire au obținut pompele dozatoare multicanal (etajate), la care de la un motor electric funcționează câteva capuri dozatoare, care pot fi pompe cu piston sau pompe cu membrană. Pompa dozatoare cu patru canale, fabricată de firma internațională Hydra Cell (fig.1.24) dispune de două capuri dozatoare, fiecare dintre care dozează concomitent două componente în proporție de 2:1, având un singur mecanism de acționare. Doza fiecărui canal poate fi ajustată suplimentar cu ajutorul aparatelor de reglare a debitului, ce nu prezintă dificultăți [107].



*Figura 1.24. Pompă dozatoare cu patru canale*

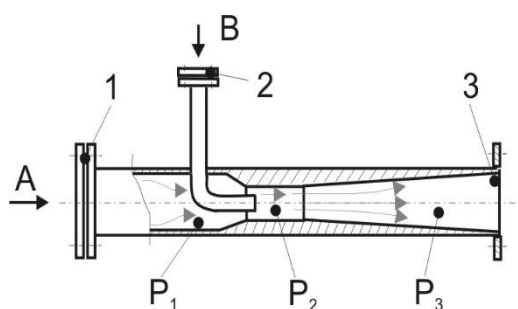
Pompele dozatoare multicanal pot asigura o exactitate mai înaltă de dozare, au consumul specific de material și costul mai mic comparativ cu pompele cu piston sau cu membrană cu un canal în cazul dozării concomitente a câtorva componente. Cu toate acestea toate pompele menționate au același principiu de funcționareși, prin urmare, avantaje și dezavantaje similare.

Domeniul de aplicare a pompelor dozatoare cu **roți dințate** a devenit industria petrolieră, alimentară și chimică. Principalul avantaj al pompelor dozatoare de acest tip este posibilitatea pompării lichidelor cu temperatură înaltă. Dezavantajul pompelor dozatoare cu roți dințate–contactul direct al lichidului dozat cu elementele de construcție a pompei.

Pentru prepararea amestecurilor biocombustibile nu se cere pomparea componentelor amestecului la temperaturi înalte, de aceea, în acest scop, nu este oportună utilizarea pompelor cu roți dințate, mai ales, dacă ținem cont de faptul, că unele componente ale amestecurilor combustibile au un grad înalt de activitate corosivă.

Pentru dozarea continuă și amestecarea câtorva lichide se utilizează dozatoare cu tubul Venturi [110]. La baza principiului de funcționare al acestui tip de dozatoare se află efectul de ejecție sau de jet, care constă în reducerea presiunii în fluxul de lichid sau de gaz într-un sector îngustat de țevă.

Dozatorul (fig.1.25) constă din niplul 1 de furnizare a lichidului principal (ejectabil) în tubul Venturi, secțiunea interioară a cărui este executată cu îngustare, niplul 2 de furnizare a lichidului ejectat, care se încheie în zona de îngustare, și difuzorul 3 [111, 112].



*Figura 1.25. Dispozitiv pentru dozarea continuă și amestecul a două lichide cu tub Venturi*

Fluxul de lichid principal (ejectabil) se pompează cu pompa prin niplul 1 în partea cilindrică a tubului Venturi, unde se formează presiunea hidrostatică  $p_1$  [113]. Când lichidul de bază traversează locul de îngustare, viteza de curgere crește, iar presiunea scade conform legii lui Bernulli [114, 115]. Adică, presiunea  $p_2$  devine mai mică decât  $p_1$  și cu cât este mai mare viteza de curgere a lichidului în locul de îngustare, cu atât presiunea  $p_2$  devine mai mică. Datorită acestui fapt are loc absorbția lichidului ejectabil prin niplul 2 și două lichide se amestecă în zona de îngustare, iar apoi nimeresc în difuzor 3, unde presiunea  $p_3$  devine iarăși înaltă (comparativ cu  $p_2$ ) și amestecul obținut se transmite pentru procesare ulterioară sau depozitare.

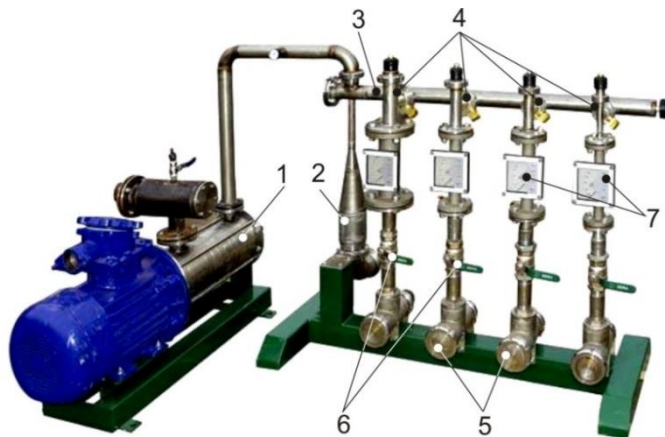
Raportul componentelor amestecului la ieșire din tubul Venturi se caracterizează prin coeficientul de ejecție [114]:

$$u = \frac{Q_2}{Q_1}, \quad (1.7)$$

unde  $Q_1$ ,  $Q_2$  reprezintă, respectiv, debitul lichidului de bază și celui ejectabil.

Metodici de calculare a ejectoarelor și particularitățile lor de funcționare sunt descrise amănunțit în literatura de specialitate [114-118]. De menționat, că în unele cazuri în zona de îngustare a tubului Venturi poate apare fenomenul de cavitație, adică de schimbare a stării de agregare a lichidului prin transformarea lichidului în abur cu eliberarea gazelor dizolvate. Asemenea procese apar în cazul, când presiunea absolută  $P_2$  atinge valori egale cu presiunea aburilor saturați ai lichidului la temperatura dată sau cu presiunea la care începe eliberarea gazelor dizolvate. La pătrunderea lichidului în difuzor cavitația dispăre. Din punctul de vedere al obținerii unui amestec omogen, cavitația poate fi considerată drept factor pozitiv, însă cavitațiile provoacă erodarea și uzura rapidă a dozatorului în zona de apariție a cavitațiilor [119].

Primele instalații pentru prepararea amestecurilor combustibile în flux prin dozare cu eiecție, în fosta Uniune Sovietică, au fost elaborate de către specialiștii de la întreprinderea Ucrbudmaș din or. Poltava, Ucraina [116, 120]. Instalația cu ejector (fig.1.26) este alcătuită din următoarele părți componente: pompa centrifugală 1, care furnizează componentul de bază al amestecului; ejectorul 2, legat prin orificiu cu colectorul 3; duzele ajustabile 4, prin care componentele adăugate ale amestecului se transmit prin filtrele 5, robinetele de închidere 6 și dispozitivele de evidență 7 [116].



*Figura 1.26. Instalația USB-18 pentru prepararea amestecurilor combustibile*

Lucrul instalației demarează odată cu furnizarea, de către pompa centrifugală 1, a componentei principale în ejectorul 2 cu o presiune mai mare de 0,7 MPa. Datorită acestui fapt, în orificiul ejectorului 2, se creează o presiune redusă, care se transmite în colectorul 3. Din cauza vidului creat are loc furnizarea dozată (eiecția) a suplimentelor și aditivilor în componenta de bază prin duzele ajustabile 4. Dispozitivele de evidență 7 controlează debitele componentelor adăugate și, în caz de necesitate, le corectează prin modificarea diametrului de trecere a duzelor 4. Lichidul

amestecat parțial în orificiul și difuzorul ejectorului 2 pătrunde în malaxor (în fig. 1.26 nu este arătat), unde este dispersat fin, trecând prin capul cu ultrasunet.

Principalele avantaje ale instalației descrise sunt: compactibilitate, productivitate înaltă și posibilitatea de automatizare integrală a procesului tehnologic. Însă este cunoscut [121], că metoda de dozare continuă cu ejecție are un randament mic (cca 35%), iar conform [122], randamentul instalației este și mai jos (12...25%). De aceea, consumul specific de energie la prepararea amestecului combustibil prin metoda cu ejecție este destul de mare (până la 0,8 kWh/m<sup>3</sup>) [116]. Pentru aceste instalații, practic, este imposibil controlul direct și ajustarea productivității duzelor de furnizare a adausurilor și aditivilor. Controlul se realizează doar în baza aparatajelor de măsurat, ce poate duce la erori inadmisibile de menținere a raportului componentelor amestecului. În acest caz coeficientul de ejecție  $u = \frac{Q_2}{Q_1}$  și, respectiv, precizia dozării componentelor depinde, în mare măsură, de valorile debitului  $Q$  și a presiunii  $p$ , care se creează la curgerea componentului de bază prin tubul Venturi. Acest lucru complică controlul mersului procesului și ajustarea dispozitivelor de dozare.

La cele expuse se poate concluziona că analiza metodelor de dozare a lichidelor demonstrează, că cea mai mare perspectivă pentru prepararea biocombustibililor o are dozarea prin metoda continuă, care are o productivitate specifică mare și cheltuieli specifice de producție mici. Dozarea continuă, pentru asigurarea funcționării durabile și calității necesare de amestecarea componentelor combustibile, totuși, necesită sisteme electronice de comandă și control (SECC) performante.

Pentru realizarea metodei continue de dozare a lichidelor se utilizează o gamă largă de dispozitive. Pompele peristaltice, cu piston, cu membrană, cu membrană și piston asigură o precizie de dozare relativ înaltă, însă, la deplasarea lichidului în acestea sunt inevitabile pulsații de presiune, ce influențează negativ funcționarea normală a sistemelor de comandă și control.

Pentru lichidarea pulsațiilor se utilizează dispozitive suplimentare (dempfere), care reduc indicatorii economici ai utilajului tehnologic. Pompele centrifugale și cele cu rotor, precum și instalațiile cu ejecție sunt lipsite de acest neajuns, însă precizia lor de dozare este, ca regulă, mai joasă.

Pentru amestecurile de combustibil, este important să se mențină în limitele stabilite raportului cantitativ al componentelor ( $Q_1:Q_2:Q_3...:Q_i = const.$ ), și nu cantitatea fiecărei din ele ( $Q_1, Q_2, Q_3, ..., Q_i \neq const$ ). Utilizarea pompelor autonome pentru dozarea fiecărui component va duce, inevitabil, la erori mai mari în componența amestecului, deoarece fiecare pompă posedă erori

specifice ei însăși. Sumarea erorilor tuturor pompelor rezultă abateri inadmisibile în raportul componentelor amestecului combustibil.

Instalațiile multicanal (etajate) existente (cu piston, cu piston-membrană) asigură precizia de dozare necesară, dar în ele sunt prezente pulsații de presiune, iar productivitatea lor este limitată. De asemenea, masă specifică este mare.

Astfel se poate concluziona că, având în vedere cele expuse în acest subcapitol, este necesar să se elaboreze metode și instalații noi pentru prepararea amestecurilor combustibile cu dozare multicanal, completate într-un singur bloc, dirijate de un algoritm comun și de la o sursă unitară de energie. Aceste instalații trebuie să asigure un raport stabil al componentelor amestecului, inclusiv și în condițiile existenței factorilor perturbatori semnificativi de origine exterioară.

### **1.5. Concluzii la capitolul 1 și direcții actuale de aprofundare a cercetărilor**

Sintetizând datele din literatura de specialitate, rezultatele experimentelor preventive, realizate cu participarea autorului [34, 130, 151, 159], precum și experiența practicii din producție pe plan mondial și național referitor la tema abordată în teza de doctorat se pot trage următoarele concluzii:

1. Tendințele și evenimentele din ultima perioadă fac ca, odată cu creșterea populației și dezvoltarea rapidă a industriei și cerințelor sferei sociale, consumul absolut de energie să sporească în ritm accelerat. În prezent, toate statele lumii, inclusiv și Republica Moldova, își orientează eforturile spre valorificarea sistemelor regenerabile a energiei prin care pot fi asigurate necesitățile de energie fără a afecta ecosistemul planetei. 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. Realizarea acestui obiectiv impune sporirea intensității energetice a surselor regenerabile. Pentru condițiile Republicii Moldova cel mai mare potențial în producerea energiei regenerabile îl deține biomasa. De aceea, este necesară cunoașterea tehnologiilor și mijloacelor de valorificare a acesteia, proprietățile ei și efectele tehnico-economice de la utilizare.

2. S-a demonstrat că, la momentul actual, pe piața surselor energetice cei mai solicitați sunt biocombustibili lichizi (amestecuri etanol + benzină, esteri ai acizilor grași + motorină). Alcoolii monoatomici  $C_nH_{2n+1}OH$ , având în componența lor gruparea puternic polară  $OH^-$ , au proprietăți deosebite de cele ale hidrocarburilor petrolieri. Diferența proprietăților alcoolilor și benzinei creează în amestec efectele pozitive (majorarea cifrei octanice, a energiei specifice, a vitezei și randamentului procesului de ardere, diminuarea cantității substanțelor nocive în gazele de eșapament etc.), însă are și neajunsuri (instabilitatea fazelor combustibilului mixt în cazul majorării concentrației apei; acțiunea corozivă asupra unor materiale cu care contactează). Informația din

literatura de specialitate nu este centralizată, pentru a se putea face o comparație a proprietăților biocombustibililor formați în baza alcoolilor monoatomici, adesea poartă un caracter fragmentar și contradictoriu. Prin urmare este necesar de efectuat un complex de cercetări privind optimizarea constituției biocombustibililor formați în amestec cu alcooli monoatomici.

3. În baza unei analize critice a potențialului alcoolilor monoatomici s-a demonstrat că metanolul în amestec cu benzină poate fi folosit după esterificare, iar etanolul și butanolul - fără modificarea compoziției. Pentru producția alcoolilor monoatomici, în calitate de materia primă, predomină plantele bogate în glucide (61%). Printre acestea lideri sunt trestia de zahăr și sorgul zaharat. Conform estimărilor experților străini și autohtoni, sorgul zaharat poate deveni pentru economia mondială o cultură strategică din punct de vedere energetic, ecologic, economic. În baza studiului particularităților morfologice ale plantelor, tehnologiilor existente de cultivare și procesare a sorgului zaharat este stabilit, că procesele care se prestează cel mai greu la mecanizarea complexă sunt recoltarea și prelucrarea (procesarea) tulpinilor de sorg zaharat, dozarea-amestecarea componentelor combustibililor lichizi. Din datele existente rezultă că nu există o coeziune în ceea ce privește argumentarea acestor procedee. Din această cauză, toate aceste neclarități și neajunsuri trebuie studiate și analizate din punct de vedere științific, tehnic și economic.

4. S-a demonstrat necesitatea elaborării unor tehnologii noi, eficiente de producere și utilizare a biocombustibililor lichizi, bazate pe materia primă autohtonă cu folosirea unor utilaje specifice condițiilor Republicii Moldova. Soluționarea acestei probleme de importanță strategică reclamă, înainte de toate, realizarea unui complex de lucrări de cercetare-inovare referitoare la itinerarul tehnologic și performanțele utilajelor folosite pentru realizarea tehnologiilor respective.

Reieșind din cele menționate cercetările în această lucrare vor fi orientate spre următoarele direcții:

1. Argumentarea tehnologiilor și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat.
2. Argumentarea metodelor și utilajelor pentru dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor lichizi.
3. Studiul și argumentarea compoziției amestecurilor combustibile cu alcooli monoatomici.
4. Crearea unor baze de date experimentale și de încercări de exploatare referitoare la caracteristicile, proprietățile și valorificarea elaborărilor concepute în lucrare.
5. Structurarea unor concluzii finale și identificarea unor noi direcții de cercetare.

## 2. METODICA GENERALĂ DE CERCETARE, ECHIPAMENT, MATERIALE, METODE DE PREPARARE ȘI DE ANALIZĂ

### 2.1. Metodologia generală

Reieșind din rezultatele documentării prealabile și obiectivele formulate în capitolul 1, au fost fixate *obiectele cercetării*, în calitate de ce au servit: tehnologia și mijloacele tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat în scopuri energetice; biocombustibili lichizi obținuți în baza alcoolilor monoatomici din sorg zaharat. *Subiectul cercetărilor* a fost structurat în direcția elaborării suportului teoretic și optimizării sistemului de asigurare a calității obiectelor luate în studiu.

Pe parcursul cercetărilor au fost identificate punctele tari și punctele slabe ale sistemelor tehnologice complexe de obținere a biocombustibililor pe bază de alcooli monoatomici, începând cu recoltarea, procesarea și valorificarea sorgului zaharat. În baza acestei analize au fost structurate obiectivele cercetării pentru realizarea cărora s-a programat un ciclu de cercetări cu elaborarea metodicilor respective și organizarea laboratorului de încercări experimentale.

Ciclul de cercetări s-a realizat prin modelarea experimentală, identificarea populației de interes, selectarea factorilor de influență și a celor de răspuns. O atenție sporită s-a acordat validării tuturor modelelor de cercetare, inclusiv și prin încercările de exploatare a obiectelor luate în studiu. Cercetările experimentale și cele de exploatare au fost organizate în așa fel ca să excludă erorile și totodată să reproducă condițiile reale de funcționare a obiectelor cercetate. Pentru aceasta au fost folosite mijloace de măsurat atestate, etalonate și calibrate conform cerințelor standardelor în vigoare. În toate cazurile s-a asigurat incertitudinea de măsurare prin luarea în considerare a tuturor factorilor de influență a preciziei de măsurare.

Studiul din teza de doctorat a inclus cinci etape distincte:

*Prima etapă* a fost dedicată pregătirii studiului prin construirea unui concept de cercetare, elaborarea protocolului de studiu, efectuarea unei analize bibliografic a obiectelor și elaborarea, pe această bază, a postulatelor teoretice prin elaborarea unei metodici de calcul și modelare fizică a parametrilor constructivi și funcționali ai obiectelor cercetate.

În *etapa a doua* s-au realizat cercetări teoretice și experimentale în direcția argumentării tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat. Pentru aceasta s-au analizat cerințele existente față de efectuarea operațiilor de bază la recoltarea sorgului zaharat și s-au argumentat parametrii constructivi ai diferitor agregate din componența combinei de recoltat sorg zaharat.



Evoluția sistemului de management al calității, în etapa a doua, s-a asigurat printr-un set de experimente chemate să argumenteze parametrii calitativi ai vindroverului și ai presei de stoarcere a sucului din tulpini de sorg zaharat.

În *etapa a treia* cercetările teoretice și experimentale au fost structurate în direcția asigurării nivelului de calitate a metodelor și utilajelor pentru dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor lichizi formați cu adaos de alcooli monoatomici obținuți din sorg zaharat.

*Etapa a patra* a cercetărilor a fost dedicată studiului și argumentării conținutului de alcooli monoatomici în benzină reieșind din specificul proceselor de ardere a biocombustibililor lichizi, din capacitățile de distilare, presiunea vaporilor, cifra octanică, proprietățile corozive, comportarea la temperaturi joase etc.

Un loc aparte în faza a patra de cercetări revine studierii caracteristicilor de performanță ale motoarelor cu ardere internă alimentate cu biocombustibili lichizi pe bază de alcooli monoatomici obținuți din sorg zaharat.

*Etapa a cincea* se ocupă de asigurarea nivelului de calitate, în faza de exploatare, a utilajelor elaborate și de verificare a considerațiilor teoretice și de proiectare înaintate în capitolele respective ale tezei de doctorat.

Alcoolii monoatomici, folosiți în studiul nostru, au fost obținuți din tulpini de sorg zaharat cu concentrație zahăr (10 ÷ 16% mas.) și cu cea mai înaltă pondere în masa verde totală (tab.2.1).

Tabelul 2.1 Componenta morfologică a plantelor de sorg zaharat la recoltare (faza de lapteceară), % mas. [34]

<i>Părțile morfologice ale plantei</i>	<i>Cota în masa verde totală</i>	<i>Cota în părțile plantei</i>		<i>Cantitatea de zahăr în suc</i>
		<i>Substanța uscată</i>	<i>Suc crud</i>	
Tulpini	72 - 76	23 - 24	77 - 76	10 - 16
Frunze	17 - 19	31 - 34	69 - 66	2,3 - 3,0
Panicule	7 - 9	38 - 39	62 - 61	3,0 - 3,2

În faza previzională întocmirii procesului tehnologic de recoltare a sorgului zaharat au fost efectuate următoarele activități:

- Selectarea hibridilor de sorg zaharat – Institutul „Porumbeni”, în continuare Institutul de Protecția Plantelor și Agricultură Ecologică al AȘM;

- Elaborarea recomandărilor agrotehnice privind cultivarea sorgului zaharat – Institutul de Pedologie și Agrochimie „N. Dimo”;
- Elaborarea tehnologiei și mijloacelor tehnice de recoltare și procesare a sorgului zaharat- Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro”;
- Elaborarea tehnologiei de producere a etanolului în scopuri energetice – Institutul Național al Viei și Vinului (actualmente Institutul de Horticultură); Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro”;
- Studierea proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale amestecurilor alcool monoatomic-benzină, elaborarea utilajelor de producție a amestecurilor combustibile și recomandărilor privind utilizarea eficientă a combustibililor pentru alimentarea MAS – Institutul „Mecagro”;
- Elaborarea compozițiilor optime ale amestecurilor de biocombustibili în baza modelării fizico-chimice – Institutul „Mecagro”, Institutul de Chimie al AȘM;
- Utilizarea în zootehnie a produselor secundare provenite de la procesarea sorgului zaharat – Institutul de Biotehnologii în Medicină Veterinară și Zootehnie;
- Estimarea eficienței economice de producție și utilizare a biocombustibililor - Institutul „Mecagro”, Institutul Național de Cercetări Economice al AȘM;
- Elaborarea cadrului juridic privind condițiile de producere și comercializare a biocombustibililor lichizi – ITA „Mecagro”.

Așadar, scopul, obiectivele și rezultatele prezentei teze sunt partea componentă a ciclului întreg de lucrări, realizate în RM în cadrul Programelor de Stat „*Elaborarea tehnologiei de producere și utilizare a surselor energetice renovabile în baza materiei prime și deșeurilor agricole*” (2004 ÷ 2008, conduc. – membru cor. AȘM I. Hăbășescu), „*Valorificarea resurselor regenerabile de energie în condițiile Republicii Moldova și elaborarea satelitului moldovenesc*” (2009-2012, conduc. – acad. I. Bostan), precum și în cadrul proiectului internațional AȘM – STCU „*Elaborarea și utilizarea compozițiilor optime ale amestecurilor de biocombustibili în baza modelării fizico-chimice*” (2011 ÷ 2012, conduc.- d. h. ș. t. I. Povar, dr. V.Cerempei).

Metodologia executării lucrărilor în cadrul prezentei teze este descrisă în punctele următoare și în Anexele respective (tab.A4.1,A4.2,A4.5). Datele obținute au fost prelucrate, utilizând diferite programe standarde la calculator cu ajutorul facilităților ale programelor de bază STATGRAPHICS, MATHLAB.

Pentru toate mijloacele tehnice elaborate, cercetate și încercate a fost pregătită documentația normativ-tehnică (îndrumare de exploatare, standarde de firmă).

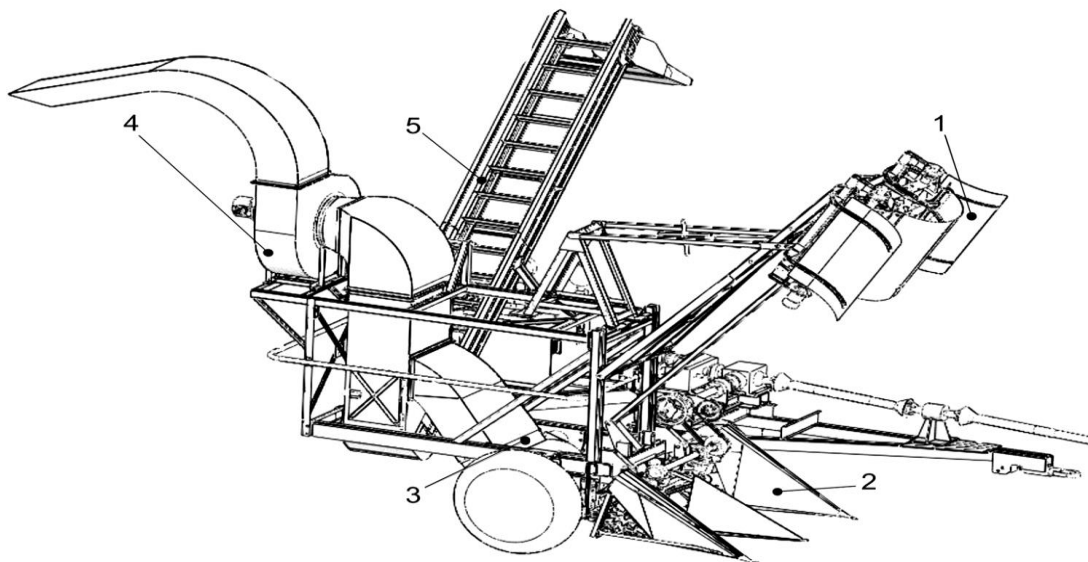
## 2.2. Metodica cercetării, utilaje și instalații de laborator folosite la argumentarea tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea și procesarea sorgului zaharat în scopuri energetice

### 2.2.1. Combina de recoltat sorg zaharat

În cadrul acestei etape s-a urmărit realizarea unui set de încercări experimentale pentru determinarea și optimizarea parametrilor tehnico-economici de funcționare a combinei de recoltat sorgul zaharat.

Pentru a readuce, în condiții de laborator, procesele reale realizate de către utilajele luate în studiu, cercetările au fost structurate în conformitate cu următorul algoritm:

1. Argumentarea tehnologiei de recoltare și procesare a sorgului zaharat;
2. Argumentarea parametrilor constructivi și funcționali ai combinei de recoltat sorg zaharat prin optimizarea aparatului de tăiat și mărunțire a paniculelor, argumentarea schemei constructive și a parametrilor de bază ai vindroverului și aparatelor de alimentare și mărunțire a tulpinilor;
3. Optimizarea parametrilor agrotehnici, energetici, economici și de funcționare a utilajelor elaborate.



**Figura 2.1. Combina de recoltat sorg zaharat elaborată și proiectată în cadrul Institutului „Mecagro,,**

Cercetările au fost realizate pe combina de recoltat sorg zaharat, elaborată la Institutul „Mecagro” (fig. 2.1.) [34, 129] și destinată recoltării sorgului zaharat cu obținerea fragmentelor de tulpini cu lungimea 150 -200 mm, separate de frunze și panicule. Combina constă din ansamblu

1 pentru tăierea și mărunțirea paniculelor, vindrover 2 de tip rotor cu axa verticală de rotație, valțuri de alimentare și aparatul 3 de mărunțire cu toba cilindrică, ventilator 4 pentru separarea frunzelor de tulpini fragmentate, transportor 5 cu lanț și raclete pentru evacuarea fragmentelor de tulpini în mijloace de transport.

Pentru realizarea obiectivelor a fost verificată corespunderea componenței combinei cerințelor documentației tehnice (conform OST 10.2.1-97), determinați indicatorii agrotehnici (STO AIST 23.6-2006), tehnologici de exploatare (GOST 24055, GOST 24057), energetici (STO AIST 2.2-2006), de destinație (OST 10.2.1 – 97, GOST 26025), de fiabilitate (STO AIST 2.8-2002, GOST 27782), de securitate și ergonomici (GOST 12.2.111, GOST 12.12.003, GOST 12.4.026).

Coeficienții care reflectă calitatea recoltării sorgului zaharat au fost calculate cu următoarele relații matematice:

- Coeficientul de curățire a tulpinilor fragmentate de frunze

$$K_{ac} = \frac{m_c}{m_{trans}}, \quad (2.1)$$

unde  $m_c$  este masa tulpinilor curățite în probă la ieșire din transportor, kg;  $m_{trans}$  – masa probei luate la ieșire din transportor, kg;

- Coeficientul pătrunderii fragmentelor de tulpini în frunze

$$K_p = \frac{m_{ft}}{m_{sep}}, \quad (2.2)$$

unde  $m_{ft}$  reprezintă masa fragmentelor de tulpini în probă, kg;  $m_{sep}$  - masa probei luate la ieșire din camera de separație, kg;

- Coeficientul de strivire a fragmentelor de tulpini

$$K_s = \frac{m_s}{m_c}, \quad (2.3)$$

unde  $m_s$  este masa tulpinilor strivite în probă la ieșire din transportor, kg.

Încercările de exploatare au fost efectuate în comun cu specialiștii Stației de Stat pentru Încercarea Mașinilor pe plantațiile sorgului zaharat la Institutul de Biotehnologii în Medicină Veterinară și Zootehnie (s. Maximovca, r-l Anenii Noi), ulterior – pe plantațiile Institutului de Protecția Plantelor și Agricultură Ecologică al AȘM.

## **2.2.2. Linia tehnologică pentru procesarea tulpinilor sorgului zaharat**

În cadrul acestei etape au fost realizate următoarele obiective:

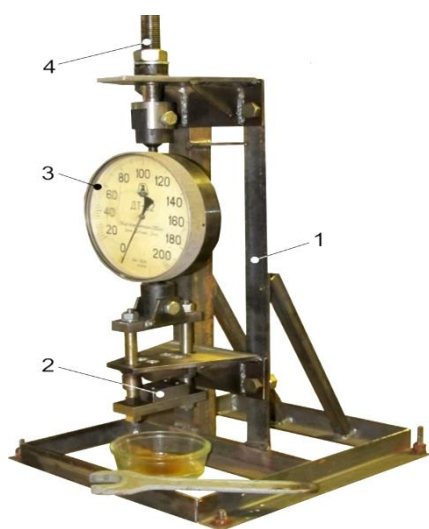
- studierea deformării tulpinilor sorgului zaharat sub acțiunea forțelor aplicate;

- cercetarea și optimizarea parametrilor constructivi și cinematici ai liniei tehnologice pentru procesarea tulpinilor de sorg zaharat;

- încercarea în condiții reale de exploatare a liniei tehnologice pentru procesarea tulpinilor sorgului zaharat.

În calitate de obiecte ale cercetării au fost folosite tulpini de sorg zaharat, presa cu valțuri pentru stoarcerea sucului din tulpinile sorgului; utilaje pentru depozitarea, transportarea, strivirea, dozarea materiei prime; separatorul aerodinamic al frunzelor de tulpini.

Pentru studierea deformării tulpinilor a fost elaborată o instalație experimentală care constă din cadrul 1, camera de presare 2, dinamometrul 3, mecanismul cu șurub 4 pentru încărcarea tulpinilor (fig.2.2).



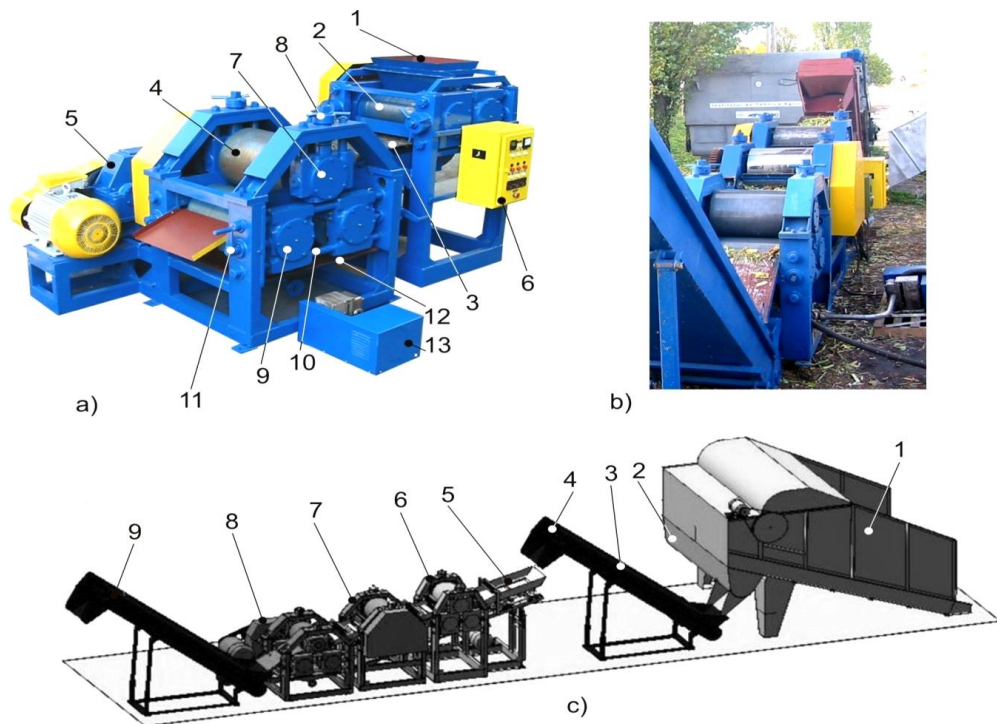
*Figura 2.2. Vederea generală a instalației pentru măsurarea deformării tulpinilor*

Forța aplicată a fost măsurată cu ajutorul dinamometrului de tip DT-02 cu diapazonul de măsurare 0-2 kN, 0-5 kN, dimensiunile s-au măsurat cu un șubler cu cadran digital, precizia 0,01 mm. Starea tăieturii a fost apreciată vizual și cu ajutorul unui microscop biologic de tip BIM 136B.

Cercetarea și încercarea utilajului pentru stoarcerea sucului s-au realizat pe macheta preseii cu 3 valțuri (fig.2.3, a), iar încercările de exploatare-pe linia tehnologică pentru procesarea sorgului zaharat, care include 3 blocuri de presare (fig.2.3, b, c).

Macheta utilajului pentru stoarcerea sucului (fig.2.3, a) include buncărul recipient 1, blocul 2 cu două valțuri de alimentare și strivire a tulpinilor, transportorul 3, blocul de presare 4 cu trei valțuri, mecanismul de acționare 5, sistemul de dirijare 6.

În blocul de presare 4 valțul superior este amplasat pe două lagăre 7, fiecare din acestea fiind instalat pe două tije verticale de ghidare. Pe partea superioară a lagărelor 7 acționează arc-discurile, strângerea cărora este reglată cu piulițele 8. Fiecare din valțurile de jos sunt instalate pe două lagăre 9, montate mobil pe tijele orizontale de ghidare 10. Reglarea interstițiului dintre valțuri se obține prin deplasarea valțurilor inferioare pe ghidaje cu ajutorul mecanismelor cu șurub 11.



**Figura 2.3. Utilaje ITA „Mecagro” pentru procesarea sorgului zaharat: a - macheta presei; b,c - linia tehnologică**

Reglarea turațiilor valțurilor de presare se efectuează prin schimbarea raportului de transmisie și a frecvenței curentului electric cu ajutorul unui invertor de curent. Sucul stors se acumulează în recipientul 12, de unde este evacuat cu pompa 13.

Linia tehnologică pentru stoarcerea sucului din sorg zaharat are în componența sa (fig.2.3, b, c) agregatul 1 ( $V = 15 \text{ m}^3$ ) pentru recepția și distribuirea materiei prime, transportorul-melc 2, transportorul de alimentare cu raclete 3, separatorul aerodinamic 4, dozatorul vibrant 5, presele 6, 7, 8 fiecare dintre care este dotată cu câte trei valâuri pentru stoarcerea sucului, transportorul 9 pentru evacuarea bagasei în mijloace de transport.

În cadrul experimentelor au fost determinate gradul de extragere a sucului  $GE$ , productivitatea  $Q$ , consumul specific de energie  $C_e$  funcție de forța de presare  $P$ , interstițiul dintre valțuri  $s$ , viteza de rotație a valțurilor  $V$ , gradul de încărcare a presei  $G_i$ , modalitatea de înaintare a tulpinilor fragmentate în pasajele de stoarcere (longitudinală, transversală, mixtă).

Gradul de stoarcere a sucului a fost determinat după formula:

$$GE = \frac{m_s}{m_v} \cdot 100\% = \frac{m_v - m_b}{m_v} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

unde  $m_v$  este cantitatea de masă verde, kg;  $m_s$  - masa sucului, kg;  $m_b$  - masa bagasei (tulpinilor stoarse), kg.

Productivitatea presei a fost calculată cu formula:

$$Q = \frac{m_v}{\tau} (kg/s) = 3,6 \frac{m_v}{\tau} (t/h), \quad (2.5)$$

unde  $\tau$  este durata presării, s.

Consumul specific de energie:

$$C_e = \frac{E}{m_v} (kWh/kg) = \frac{E \cdot 1000}{m_v} (kWh/t), \quad (2.6)$$

unde  $E$  reprezintă consumul de energie, kW·h.

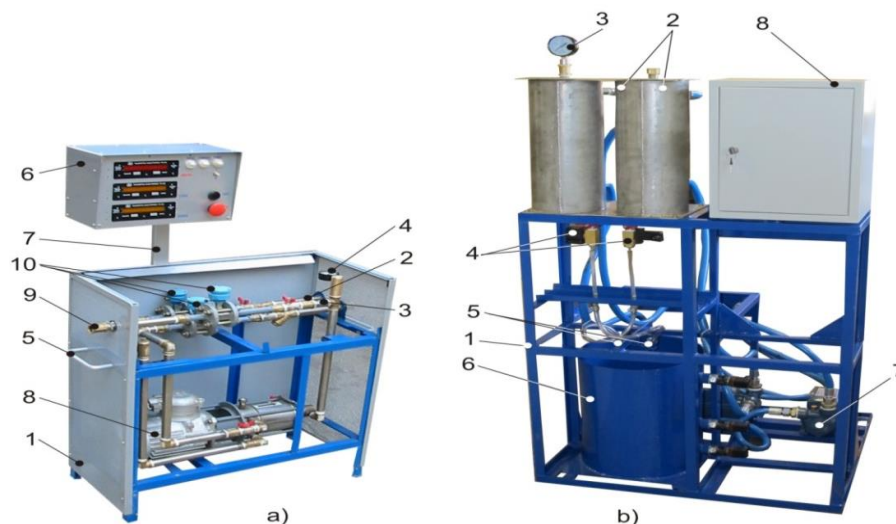
Forța de presare  $P$  a fost determinată după valoarea deformării arc – discurilor etalonate (calibrate) anterior. Interstițiul dintre valțuri s-a estimat cu ajutorul calibrelor de interstițiu (spioni). Masa probelor s-a determinat prin cântărire la balanța electronică Alex, Kern cu eroarea  $\pm 1\%$ . Puterea și energia consumate au fost determinate cu invertorul EI – S9001 și blocul de măsurare K505, durata de timp - cu cronometrul de tip SOP pr-2a-2-010.

### **2.3. Metodica și instalații experimentale pentru cercetarea utilajelor de dozare-amestecare a componentelor biocombustibililor lichizi**

În cadrul acestei etape au fost efectuate următoarele activități:

1. Conceperea, elaborarea și proiectarea instalației pentru dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor lichizi;
2. Verificarea conformității parametrilor funcționali ai instalației prezentate pentru încercări celor stabiliți în faza de proiectare;
3. Evaluarea parametrilor tehnico-economici de dozare a componentelor amestecului și stabilirea dependenței debitului de curgere funcție de presiunea în recipientul de lucru al dozatorului și rezistența hidraulică a canalului de evacuare;
4. Estimarea erorilor de dozare posibile rezultate din calculul teoretic și compararea acestora cu cele reale;
5. Testarea procedeeilor de reglaj a raportului dintre componentele amestecului combustibil.

Cercetările au fost realizate pe instalațiile pentru dozarea și amestecarea componentelor biocombustibililor „Biomixt” și Biomixt –Pres”, elaborate cu participarea autorului în cadrul ITA „Mecagro” [34, 128](fig.2.4).



**Figura 2.4. Vederea generală a instalațiilor „Biomixt” (a) și „Biomixt-Pres”(b)**

Instalația „Biomixt” este compusă din corpul 1, pompa malaxor 8 conectată la conductele de alimentare 2, 3 și de ieșire 9. Toate conductele sunt dotate cu traductoare de debit 10. Instalația este comandată și operată de la pupitrul 6. Presiunea de lucru a fluxului de produs finit este controlată de manometrul 4.

Instalația „Biomixt-Pres” are următoarele părți componente: cadrul 1, rezervoarele de lucru ale dozatoarelor 2 pentru componentele biocombustibilului, manometrul 3, valvele electromagnetice 4, duzele 5 ale dispozitivului de amestecare, recipientul 6 de acumulare și pompa 7 de evacuare a amestecului, panoul de comandă 8.

Verificarea conformității instalației elaborate s-a efectuat prin compararea cerințelor inițiale de proiectare a instalației cu parametrii reali ai instalației, determinați prin examinare vizuală și măsurări.

Capacitatea generală de funcționare a instalației s-a evaluat în baza încercărilor bune funcționări a tuturor elementelor componente. Astfel a fost determinată buna funcționare a următoarelor elemente:

- etanșeitățile și caracterul lin de funcționare a robinetelor cu bilă;
- etanșeitățile tuturor îmbinărilor conductelor;
- funcționarea supapelor electromagnetice;
- funcționarea pompelor și a compresorului.
- siguranța funcționării sistemului de comandă și control.

Pentru determinarea siguranței în funcționare robinetele de reglare ale canalelor de evacuare se poziționează arbitrar, apoi se pornește instalația. La atingerea presiunii stabilite în recipiente trebuie să se deschidă supapele electromagnetice ale canalelor de evacuare și să se



formeze un jet stabil a ambelor lichide în recipientul de acumulare. Experimentul trebuie să fie continuat cel puțin 20 minute.

În calitate de componente pentru dozare la etapă inițială s-a folosit apa.

Pentru evaluarea *preciziei de dozare a componentelor* instalația a lucrat continuu cel puțin 10 min. Acest lucru a asigurat stabilizarea regimurilor de funcționare a tuturor sistemelor componente. Robinetul de reglare din canalul de scurgere a componentei de bază se deschide integral ( $Q_A = \max$ ), iar robinetul canalului de evacuare a componentei B pentru fiecare experiment se poziționează astfel ca să asigure următoarele rapoarte ale constituenților amestecului:

$$Q_B/Q_A = 10/90; 20/80; 30/70; 40/60; 50/50.$$

Veridicitatea măsurării debitului de curgere a fiecărui canal s-a asigurat prin folosirea măsurătoarelor de combustibil calibrate și prin repetarea măsurărilor de 10 ori.

Debitul de curgere s-a determinat în următorul mod. Cu ajutorul cronometrului se măsoară durata de timp necesară pentru umplerea recipientului până la linia de marcaj și se calculează debitul de curgere  $Q$  (l/min) pentru fiecare canal cu următoarea relație:

$$Q = \frac{60 \cdot V}{\tau}, \text{ unde } Q \text{ este debitul de curgere, l/min; } V - \text{ volumul recipientului de măsurare, l; } \tau - \text{ durata de umplere a recipientului de măsurare, s.}$$

În conformitate cu rezultatele încercărilor se determină valoarea medie a debitului de curgere

$$Q_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (2.7)$$

unde  $Q_i$  este rezultatul măsurării  $i$  a debitului de curgere, l/min;  $n$  – numărul de experimente efectuate.

În continuare se calculează abaterea  $\Delta_i$  pentru fiecare măsurare a  $Q_i$  de la  $Q_m$ , ținând cont de semn. În continuare se determină eroarea absolută de dozare pentru fiecare debit măsurat de curgere:

$$\delta_i = \frac{\Delta_i}{Q_m} \cdot 100, \%. \quad (2.8)$$

Evaluarea reproductibilității debitelor stabilite de curgere se efectuează, repetând unul dintre experimentele descrise anterior timp de 3 ÷ 4 zile, fără schimbarea poziției robinetului reglator. În acest caz, pentru fiecare serie de experimente, se calculează  $Q_m$ , media cărora se compară cu eroarea medie generală.

## 2.4. Ridicarea caracteristicilor de stand ale motoarelor alimentate cu biocombustibili

Cercetările experimentale au fost efectuate pe un motor ZMZ 53 și pe motoare din seria VAZ (VAZ 2101, VAZ 2103 și VAZ 2106).

Caracteristicile motoarelor au fost obținute pe standul MPB 100 (cu mașină electrică de curent continuu, care funcționează în regim de generator în timpul frânării) și pe standul M 2812 – 4 (producător – firma VSETIN, Cehia) (fig. 2.5.). Puterea motorului a fost consumată de o frână care permite obținerea unor momente rezistente variabile.

Instrumentarea motoarelor și calibrarea aparatelor de măsură, care intră în echiparea standului de probe, s-au realizat în faza premergătoare programului de încercări.

Caracteristicile de viteză ale motoarelor au fost ridicate în conformitate cu GOST 14846 cu grade de solicitare parțiale a motorului testat  $\lambda = P_i/P_e = 25, 40, 55, 70, 85\%$  și cu solicitare totală  $\lambda = P_i/P_e = 100\%$ .

Componența amestecului de ardere s-a apreciat prin coeficientul de exces al aerului  $\alpha = l/l_t$ , unde  $l$ ,  $l_t$  reprezintă cantitatea reală și respectiv teoretică (stoechiometrică) a aerului, care revine la 1 kg combustibil.

Valoarea  $l_t$  depinde doar de natura și concentrația componentelor combustibilului. Pentru benzină și etanol  $l_t$  este determinată de concentrația carbonului, hidrogenului și oxigenului:

$$l_t = \frac{1}{0,23} \left( \frac{8}{3} C + 8H - O \right), \text{ kg/kg comb.} \quad (2.9)$$

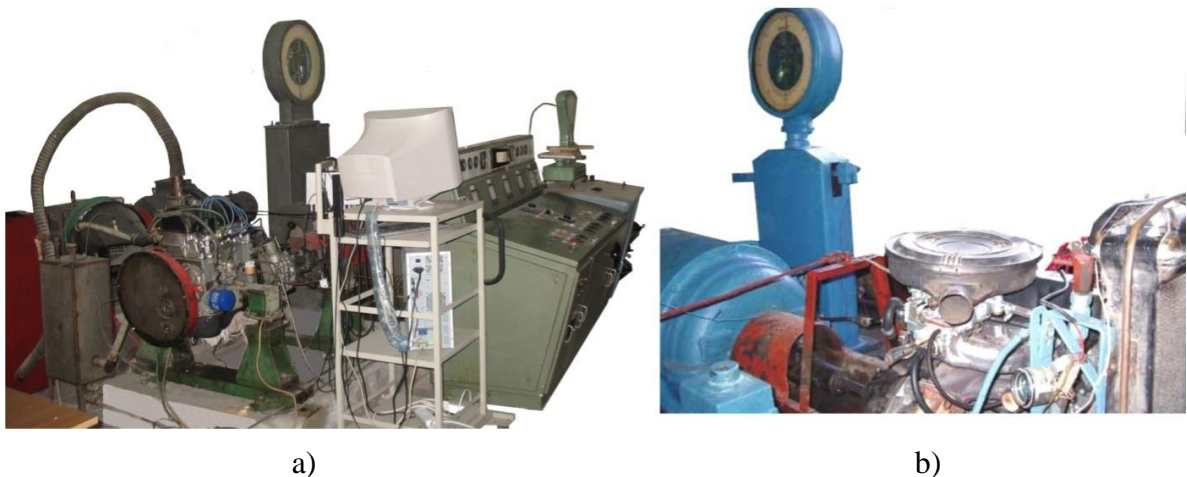


Figura 2.5. Standuri de încercat motoare: a) M2812 – 4; b) MPB 100

Cantitatea reală de aer  $l$  se calculează din raportul:  $l = G_{aer}/G_h$ , unde  $G_{aer}$ ,  $G_h$  – consumul orar al aerului și, respectiv, al combustibilului, kg/h.

Dacă  $G_{aer}$  și  $l_t = \text{const}$ , coeficientul de exces al aerului  $\alpha$  depinde numai de consumul orar al combustibilului  $G_h$  ( $\alpha = f(l/G_h)$ ). Prin cercetări experimentale este demonstrat că, pentru alegerea

compozenței optime a amestecului de ardere este mai convenabilă analizarea dependenței  $P_e$ ,  $g_e=f(G_h)$ , care este una din caracteristicile importante de reglare a motorului.

Caracteristicile de reglare au fost determinate cu obturatorul deschis parțial ( $P_i/P_e=40,55,75,85\%$ ) și turațiile arborelui cotit constante pentru fiecare experiment ( $n=2000,2500,3000 \text{ min}^{-1}$ ). Schimbarea unghiului de avans la aprindere  $\theta$  a fost obținută prin amplasarea în diferite poziții a întrerupătorului–distribuitoarelor de curent electric.

Schimbarea compozenței amestecului de ardere a fost obținută prin instalarea succesivă în carburator a jicloarelor de combustibil cu diferite randamente ( $Q=675...810\text{ml/min}$ ) și a jiclorului de aer cu randament constant ( $Q_{aer}=\text{const}$ ). Randamentul jicloarelor de combustibil a fost măsurat cu instalația КИ 528.

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).

## **2.5. Încercările de exploatare ale motoarelor alimentate cu biocombustibili**

La această etapă au fost realizate următoarele obiective:

- stabilirea compozenței amestecului alcool monoatomic - benzină pentru alimentarea MAS;
- evaluarea influenței concentrației alcoolilor monoatomici în amestecuri cu benzină asupra performanțelor funcționale și economice ale MAS;
- estimarea modificării proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale combustibililor și uleiurilor motoarelor alimentate cu amestecuri din alcooli monoatomici;
- elaborarea recomandărilor practice privind utilizarea ecobenzinelor pentru alimentarea motoarelor cu aprindere prin scânteie.

Încercările au fost realizate pe MAS VAZ 2103, alimentate cu benzină Premium – 95, ecobenzina E20 (amestec de 20% etanol în benzină), ecobenzina B20 (amestec de 20% butanol în benzină). Motoarele au fost instalate pe trei automobile IJ 2717 (fig.2.6).



*Figura 2.6. Automobil experimental alimentat cu ecobenzină*

Compoziția ecobenzinelor a fost aleasă în baza cercetărilor teoretice și experimentale realizate în capitolul 5.

Pregătirea automobilelor pentru încercări a inclus următoarele lucrări:

- operații tehnologice de întreținere tehnică (ÎT 2);
- schimbarea uleiului în baia carterului motorului;
- înlocuirea filtrelor de ulei, de combustibil și de curățire a aerului;
- verificarea funcționării aparatelor de control al automobilului.

Din carterul motorului, cu ajutorul unui dispozitiv, au fost luate probe de ulei în acțiune în cantitate de 100-150 ml: prima probă peste 20 minute de funcționare a motorului cu ulei proaspăt, iar ulterior – peste fiecare 4000...6000 km de parcurs până la operațiile ÎT 2 (înlocuirea uleiului peste 6...10 mii km de parcurs).

Pentru toate probele de ulei și combustibil s-au determinat proprietățile fizico-chimice și de exploatare conform metodelor standard: densitatea GOST 3900; viscozitatea GOST 33-82; punctul de inflamabilitate GOST 4333; punctul de congelare GOST 20287.

În baza rezultatelor încercărilor au fost apreciați și analizați următorii indici:

- caracterul modificării proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale uleiului de motor în acțiune;
- intensitatea/ viteza uzării suprafețelor pieselor din ajustajele cu joc ale motorului.

Uzura s-a determinat prin metode gravimetrice după masa de metal detașat de pe piesele motorului (determinată prin metoda absorbției atomice a uleiului) și în baza parametrilor funcționali (compresia în cilindri, debitul gazelor de ardere pătrunse în carterul motorului, presiunea uleiului în sistemul de ungere, consumul de combustibil și de ulei).

## 2.6. Estimarea proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale combustibililor și a mijloacelor elaborate

Studiul și estimarea proprietăților fizico-chimice și de exploatare au fost efectuate pentru următorii combustibili:

- a) produse petroliere – benzină Normală (A76, A80), Regulară (A92), Premium (A95);
- b) alcoolii monoatomici – etanol  $C_2H_5OH$  (din sorg zaharat, fracții etero-aldehide din must de poamă, din cereale), butanol  $C_4H_9OH$  (N-butanol);
- c) amestecuri duble ale alcoolilor cu benzină (etanol – benzină, butanol- benzină) în proporții (% vol.): 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50;
- d) amestecuri triple ale alcoolilor cu benzină (butanol-etanol-benzină) [123].

Instalațiile pentru determinarea proprietăților fizice și chimice ale combustibililor luați în studiu sunt prezentate în figura 2.7.

Proprietățile fizico-chimice au fost determinate în conformitate cu documentele normative acceptate în Republica Moldova după cum urmează:

1. Cifra octanică după metoda Research, COR – conform GOST 8226 și cifra octanică după metoda Motor, COM – conform GOST 511. Încercările au fost realizate pe instalația UIT -85M (fig. 2.7,a);
2. Indicatorii de distilare – conform SM SR EN ISO 3405: 2012, metoda A. Încercările au fost realizate pe instalația ARNS – 9 (fig.2.7,b);
3. Indicele de neutralizare – conform GOST 5985;
4. Gume actuale – conform GOST 1567;
5. Conținutul de sulf – conform GOST 19121;
6. Presiunea vaporilor – conform GOST 1756 cu instalația (fig.2.7,c);
7. Încercarea pe lama de cupru – conform SM SR EN ISO 2160: 2012;
8. Punctul de tulburare – conform SM SR EN 23015: 2012;
9. Densitatea – conform SM SR EN ISO 3104: 2012;
10. Viscositatea cinematică – conform GOST 3382. Pentru măsurarea viscozității cinematice s-au utilizat viscozimetre capilare de sticlă VPJ 2.

Prezența apei și impurităților mecanice a fost determinată prin vizualizarea cu ochiul liber a transparenței probei analizate dintr-o epruvetă cu diametrul de 40 ... 55 mm la temperatura de 15 ... 25 °C (GOST 1770).

Se consideră lipsă apa și impurități mecanice dacă după menținerea combustibilului în epruvetă timp de 5 minute conținutul ei este limpede, nu conține substanțe în suspensii, precum nici sedimentări de apă sau alte impurități la fundul epruvetei.



**Figura 2.7. Instalații pentru determinarea proprietăților fizico-chimice ale combustibililor**

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 modulurile de măsurare *Q.brixx A 106* și *Q.brixx A107* (fig.2.9).

Test controlorul măsoară și înregistrează pe calculator un șir de mărimi fizice (mecanice, electrice, termice etc.) prin recepționarea și prelucrarea semnalelor electrice proporționale cu semnalele emise de către un set de traductori de forță, de deplasare, de torsiune etc. Test controller *Q. Brixx gate* poate realiza măsurători concomitent de la maximum 12 traductoare.



*Figura 2.8. Test controller Q. Brixx gate cu moduli de măsurare Q.brixx a106, a107*

## **2.7. Concluzii la capitolul 2**

1. Pentru realizarea scopului și obiectivelor formulate în teza de doctorat s-a argumentat folosirea metodelor de cercetare care includ atât metode standard, descrise în documente normative, cât și metode originale aprobate în conformitate cu cerințele legislației în vigoare. Cercetările au fost realizate în conformitate cu un algoritm în care au fost formulate 5 etape ale investigațiilor științifice cu identificarea factorilor de influență și a celor de răspuns pentru fiecare etapă în parte.

2. În scopul reproducerii în condiții de laborator a proceselor reale de lucru, s-a organizat un laborator de încercări, care include machete, mostre experimentale ale combinei de recoltat sorg zaharat, ale utilajului de stors suc din tulpini de sorg zaharat, instalațiilor pentru deshidratarea alcoolului și prepararea amestecurilor combustibile experimentale. Majoritatea experimentelor au fost organizate și realizate cu aplicarea facilităților programelor STATGRAPHICS Plus și MATHLAB.

3. S-a demonstrat că veridicitatea rezultatelor experimentelor este asigurată prin organizarea corectă a lucrărilor de cercetare – inovare; folosirea aparatelor cu precizia măsurării și dirijării adecvată scopului cercetărilor; verificarea aparatajelor conform normelor în vigoare; prelucrarea datelor experimentale, aplicând programele statistice aprobate.

### **3. ARGUMENTAREA TEHNOLOGIEI ȘI MIJLOACELOR TEHNICE PENTRU RECOLTAREA ȘI PROCESAREA SORGULUI ZAHARAT**

#### **3.1. Cerințe inițiale pentru executarea operațiilor de bază**

Studiile, destul de ample, referitoare la sistematica și particularitățile morfologice ale sorgului zaharat au permis elaborarea cerințelor inițiale referitoare la recoltarea și procesarea acestuia în Republica Moldova. Evident că aceste cerințe sunt formulate reieșind din posibilitățile tehnice existente astăzi dar și având în vedere condițiile pedoclimatice specifice țării noastre. Printre aceste cerințe se evidențiază următoarele:

1) Distanța dintre rânduri trebuie să constituie cca. 700 mm, astfel ca, în procesul recoltării sorgului zaharat, combina trebuie să poată efectua următoarele operații tehnologice:

- tăierea, mărunțirea și acumularea paniculelor cu internodul superior;
- tăierea tulpinii de la internodul inferior;
- tocarea tulpinii în fragmente de o anumită lungime;
- separarea frunzelor de tulpini;
- încărcarea tulpinilor, pe de o parte, a paniculelor și frunzelor, pe de altă parte, în mijloace

de transport.

2) Tăieturile tulpinilor la internodurile inferioare și superioare trebuie să fie netede, fără strivirea și zdrobirea acestora.

3) Înălțimea tăieturilor trebuie să fie reglabilă – cea de jos în limitele 100...200 mm de la suprafața solului, iar cea dintre internoduri – în limitele 1,8 – 2,5 m de la suprafața solului.

4) Lungimea fragmentelor tulpinilor trebuie să se realizeze în limitele 120...160mm. Nu se admite zdrobirea fragmentelor. Se admit crăpături, zgârieturi locale pe suprafața fragmentelor, cauzate de organele de lucru ale combinei. Locul tăieturii fragmentelor trebuie să fie neted, fără rupturi.

5). În fragmentele tulpinilor, încărcate în mijlocul de transport, se admit rămășițe de panicule și frunze în cantitate de până la 3% mas. În paniculele și frunzele acumulate se admit fragmente de tulpini în cantitate de până la 0,5 % mas.

6) Combina se tractează de către un tractor cu clasa de tracțiune recomandată pentru Republica Moldova. Transportul masei verzi (fragmentelor tulpinilor, frunzelor și paniculelor) va fi asigurat cu mijloace tehnice basculante (camioane, remorci), utilizate în sectorul agroalimentar al RM.

7) Complexul de utilaje (stația) pentru prelucrarea tulpinilor de sorg trebuie să execute următoarele operații:



- depozitarea și alimentarea uniformă în spațiu și timp a fragmentelor tulpinilor folosite pentru obținerea sucului crud;

- tasarea prealabilă și stoarcerea propriu-zisă a sucului din sorgul zaharat;

- colectarea, încărcarea operativă a sucului, precum și a bagasei în mijloace tehnice, dotate conform sarcinii de lucru și utilizate în sectorul agroalimentar.

8) Alimentarea tulpinilor se realizează reglabil în mai multe trepte ale lanțului tehnologic: din buncărul de recepție, pe jgheabul de alimentare.

9) Sarcina aplicată la tulpini trebuie să crească de la intrare până la ieșirea din stația de procesare.

10) Capacitățile de păstrare a masei verzi și a sucului stors trebuie să asigure funcționarea continuă a utilajului timp de 4 ore. Durata menținerii fragmentelor tulpinilor din momentul recoltării până la stoarcerea sucului – 12...24 ore (în funcția de temperatura aerului înconjurător). Sucul crud poate fi păstrat din momentul stoarcerii până la prelucrare timp de maximum 4...7 ore.

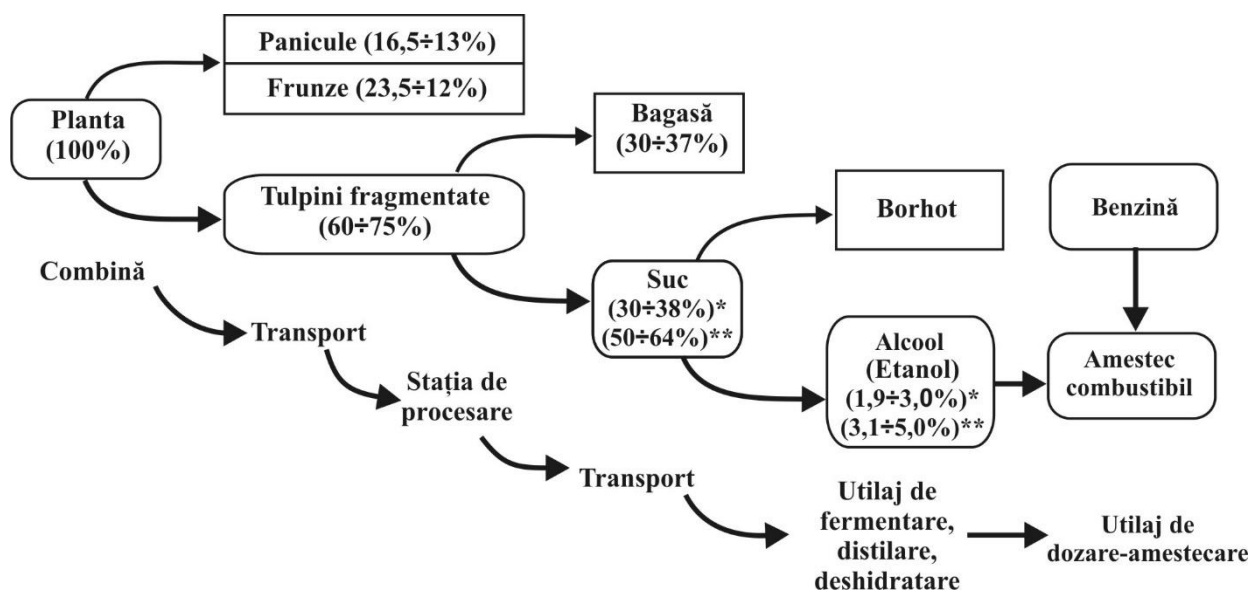
11) Productivitatea stației de extragere a sucului trebuie să fie conformă cu productivitatea combinei și să asigure prelucrarea tulpinilor, respectând termenul de păstrare a acestora.

Cerințele formulate vor servi, în continuare, la perfecționarea și argumentarea tehnologiei de recoltare și procesare a sorgului zaharat.

### **3.2. Argumentarea tehnologiei de recoltare și procesare a sorgului zaharat**

Studiul tehnologiilor existente de cultivare și prelucrare a sorgului zaharat (cap. 1, p.1.3) a demonstrat că nivelul de mecanizare a operațiilor de recoltare și prelucrare a tulpinilor sorgului zaharat adesea este destul de modest sau necesită mijloace tehnice costisitoare. De aceea, având în vedere condițiile pedoclimatice din RM, proprietățile morfologice, fizico-mecanice și biochimice ale plantelor de sorg zaharat, inclusiv și a componentelor acestora, este oportună elaborarea și implementarea în producție a unor tehnologii industriale de recoltare și prelucrare a sorgului zaharat. Aceste tehnologii trebuie să asigure calitatea și competitivitatea produsului finit cerute de către standardele internaționale.

Analiza efectuată în capitolul 1 al acestei lucrări 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. Bloc-schema tehnologiei propuse este prezentată în figura 3.1.



**Figura 3.1. Bloc-schema tehnologiei propuse pentru recoltarea și prelucrarea sorgului zaharat (cantitățile de material sunt indicate în % mas.): \*presare mecanică; \*\* presare mecanică + imbibiție (difuzie)**

Tehnologia propusă de către noi [34, 130] se deosebește de tehnologiile descrise de către Moraru și Goian[76, 78], 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 [88], prin colectarea paniculelor și frunzelor.

Luând în considerare faptul că durata de recoltare a sorgului zaharat nu poate depăși 15...20 de zile, în cazul semănatului sorgului în diferite epoci – 30...50 de zile (conform [76] – 70...80 de zile), este rațional, din punct de vedere economic, să se utilizeze, la începutul implementării tehnologiei industriale de cultivare a sorgului, combine acționate de tractoare. Această recomandare este justificată și de numărul mare de acest tip de combine în structura parcului de mașini și tractoare din RM. Astfel, la momentul actual, din numărul total de 40,6 mii unități de tractoare, cca 65 % ( 26,4 mii de unități) o constituie tractoarele de clasa 14 kN (puterea motorului 58...60 kW). Aceste tractoare se folosesc, pe larg, pentru tractarea combinelor de recoltat porumb, cartofi etc.

Analizând construcția combinelor existente, folosite la recoltarea sorgului și a trestiei de zahăr, se evidențiază clar eficiența utilizării combinelor care recoltează simultan 2 rânduri. Acest lucru este confirmat și de cerințele tehnice referitoare la recoltarea sorgului zaharat și anume lungimea fragmentelor tulpinilor de sorg trebuie să fie de 120...160 mm (la recoltarea porumbului pentru siloz această lungime se recomandă să fie de 5...25 mm, adică în medie de 10 ori mai mică).

Prin urmare, la recoltarea sorgului zaharat, consumul de energie pentru fragmentarea unei unități de masă a tulpinilor va fi, respectiv, mai mic ca la recoltarea porumbului. Însă, aici trebuie de adăugat că la recoltarea sorgului, se consumă suplimentar energie la separarea frunzelor și tulpinilor, la acționarea mecanismelor auxiliare (pentru tăierea și mărunțirea paniculelor, transportarea fragmentelor tulpinilor).

Conform practicii existente și a calculelor și încercărilor prealabile, s-a demonstrat că funcționarea combinei la recoltarea sorgului pe 2 rânduri concomitent poate fi asigurată de un tractor cu puterea motorului  $N_e \geq 58kW$ . De asemenea, s-a stabilit că, în funcție de recolta sorgului la 1 ha (în condițiile Republicii Moldova recolta medie constituie 70...80 t masă verde /ha), diapazonul vitezelor de lucru ale combinei de recolat sorg zaharat este 0,69...1,18 m/s (2,48...4,25 km/h). Plecând de la acest diapazon al vitezelor și distanța dintre rânduri  $B = 0,7$  m, se poate calcula productivitatea combinei cu următoarea relație:

$$Q = 2B \cdot V \cdot K, \quad (3.1)$$

unde  $K$  este coeficientul de utilizare a timpului de lucru (conform datelor prealabile pentru combine de recolat sorg în funcție de lungimea câmpului  $K \approx 0,75$ ).

Din relația 3.1 este evident că productivitatea combinei pe terenuri cu recolta medie de 70...80 t masă verde la 1 ha va fi de 0,26...0,45 ha/h sau 20...34 t/h, inclusiv tulpini fragmentate – 13...22 t/h.

Având în vedere productivitatea orară, se poate calcula productivitatea combinei într-o zi (10 ore de lucru în timpul sezonului) – 2,6...4,5 ha/zi (130...220 t de tulpini/zi) și în sezonul recoltării (15 zile) – 39...68 ha/sezon (2...3,3 mii t/sezon).

La rândul său, productivitatea combinei trebuie să fie corelată cu cea a stației, regimul de lucru al cărei este determinat atât de productivitatea combinei, cât și de durata admisibilă de păstrare a sucului crud.

Pentru asigurarea unei productivități a stației egală cu cea a combinei (cca. 13...22 t de tulpini pe oră) este necesar utilaj foarte costisitor. Totodată durata folosirii utilajului, precum și a combinei, este destul de scurtă (nu depășește 30...50 de zile pe sezon). Din acest motiv, confecționarea stațiilor nu este rentabilă.

Deoarece, conform reglementărilor existente, se admite păstrarea tulpinilor fragmentate din momentul recoltării timp de 10...20 de ore și stoarcerea sucului se efectuează în locuri amenajate, este economic rațională procesarea, la stația de presare, a recoltei obținute cu combina timp de 10 ore (130...220 t de tulpini), într-o perioadă mai îndelungată, respectându-se termenul de păstrare a tulpinilor.

Productivitatea minimă admisibilă a stației este determinată, totodată, de termenul de păstrare a sucului crud, care va fi evacuat de la stație la o întreprindere specializată cu mijloace de transport speciale. După cum demonstrează calculele economice, transportarea sucului la o distanță mai mare de 10 km este economic rațională cu mijloace de transport cu o capacitate de peste 10 m<sup>3</sup>.

Conform cerințelor existente, termenul admisibil de păstrare a sucului crud (neprelucrat cu conservanți) din momentul stoarcerii este de 4...7 ore. Reieșind din aceste considerente, pentru acumularea la stație a volumului minim necesar de suc (10m<sup>3</sup>) se rezervă maximum 2 ore, celălalt timp fiind consumat pentru transportarea și depozitarea acestuia. De aici rezultă că productivitatea minimă a stației trebuie să fie de 5m<sup>3</sup> de suc pe oră, ce corespunde productivității stației de procesare egală cu 10 t tulpini pe oră (GE =50%).

Din cele menționate rezultă, că dacă productivitatea stației va fi de 5 m<sup>3</sup>/oră, tulpinile recoltate de combină într-o zi (130...220 t/zi) vor fi păstrate la stație timp de maximum 22 de ore, care nu depășesc termenul indicat (12...24 ore), iar în cazul respectării prelucrării succesive a tulpinilor la stație, termenul real de păstrare a acestora va fi și mai redus:

$$\frac{(22t/h - 10t/h) \cdot 10h}{10t/h} = 12 \text{ ore} \quad . \quad (3.2)$$

Biomasa derivată de la stoarcerea sucului din tulpini de sorg (bagasa) este o materie primă prețioasă. Din acest motiv, ea poate fi folosită pentru extragerea mai completă a zahărului la utilaje cu difuzie; în scopuri furajere - la ferme zootehnice; în calitate de materie primă pentru fabricarea biocombustibililor solizi și celor gazoși. Acest lucru impune o abordare mai complexă atât a tehnologiei de procesare a biomasei obținute din sorg zaharat, cât și a parametrilor constructivi ai combinei și ai utilajului de procesare.

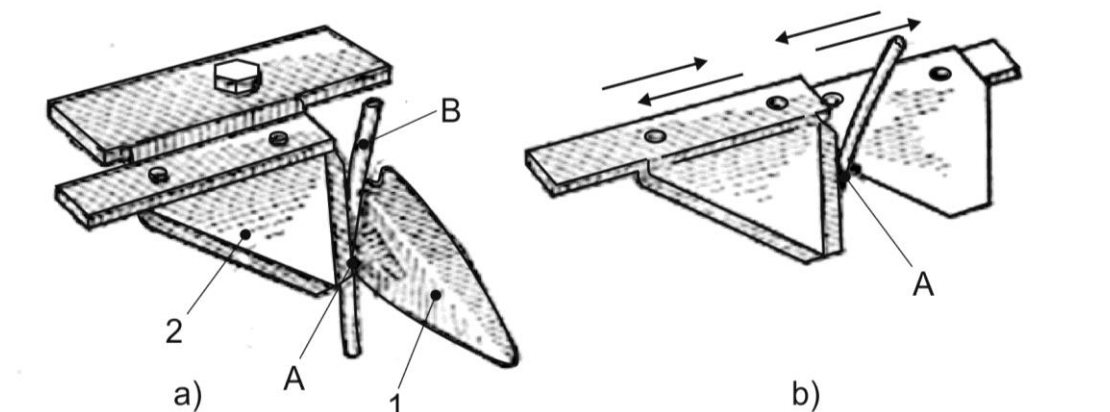
### **3.3. Argumentarea parametrilor constructivi ai combinei**

#### **3.3.1. Aparatul de tăiere al vindroverului**

##### **3.3.1.1. Argumentarea schemei constructive a vindroverului**

După principiul de funcționare, aparatele de tăiere se împart în două clase: a) cu reazem; b) fără reazem.

Aparatele de tăiere cu reazem sunt de tip segment-bulon și fără bulon (fig. 3.2). În aparatul segment-bulon, în momentul tăierii tulpina este prinsă concomitent între cuțitul segmentului și două puncte ale bulonului A și B (fig. 3.2.a). Această construcție este preferabilă pentru tulpini subțiri, deoarece măresc probabilitatea tăierii.



**Figura 3.2. Aparate de tăiere cu reazem: a) segment-bulon; b) fără bulon; 1–bulon; 2–segment**

Deoarece, în cazul tăierii unor tulpini groase (floarea-soarelui, porumb, sorg zaharat), se urmărește strivirea acestora odată cu creșterea forței de tăiere, este rațional să se folosească pentru această situație aparate fără buloane, la care cuplul de tăiere constă din doi segmenti cu reazemul tulpinii într-un punct A (fig. 3.2 b). La aparatele fără bulon mișcarea alternativă se efectuează de către ambii segmenti sau de unul singur.

Cu toate că aparatele de tăiere fără bulon se înfundă cu plante mai puțin, ele totuși posedă inconveniente comune cu aparatele segment-bulon:

- sarcini variabile cu valori considerabile;
- menținerea jocului constant în cuplurile de tăiere este problematică;
- consumul de energie nemijlocit pentru acționarea aparatului de tăiere depășește de 2...4 ori necesarul energiei pentru tăierea plantelor;
- majorarea productivității vindroverului prin sporirea vitezei de deplasare necesită creșterea proporțională a frecvenței oscilațiilor cuțitelor, ceea ce, la rândul său cauzează creșterea la pătrat a sarcinilor de inerție.

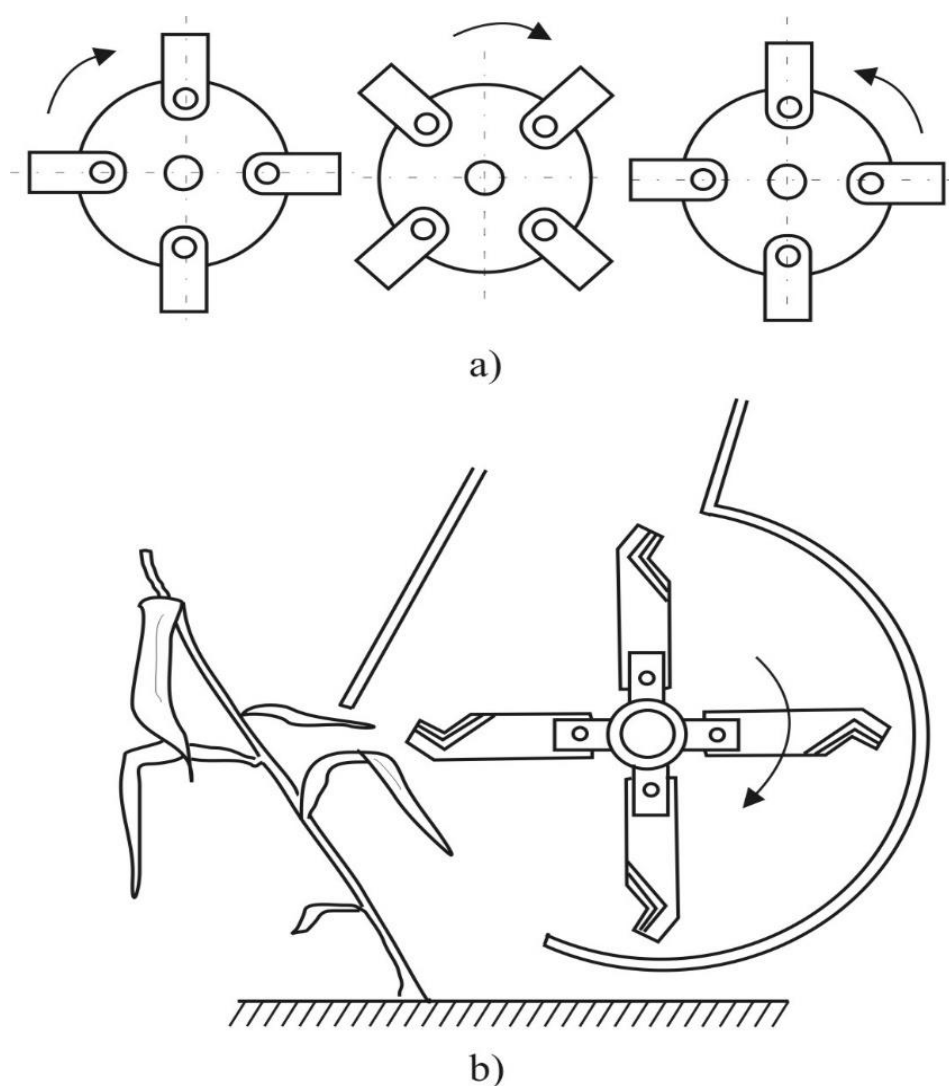
Neajunsurile menționate și necesitatea majorării productivității vindroverului, mai ales la recoltarea culturilor cu tulpini groase și cu cantitate mare de masă verde, a condus la elaborarea aparatelor de tăiere fără reazem și cu mișcare rotativă a cuțitelor. În acest caz tăierea este realizată la viteze mari ale cuțitelor, care permit fixarea tulpinilor din contul forțelor de inerție și rigiditate.

Aparatele de tăiere cu organe de lucru rotative au următoarele avantaje:

- calitate sporită de tăiere a tulpinilor, mai ales a celor groase;
- productivitatea vindroverului nu este limitată de procesul de tăiere, ea depinde de alte procese (transportarea, tocarea, evacuarea tulpinilor) sau de relieful terenului;

- timpul auxiliar necesar pentru deservirea aparatului de tăiere (ascuțirea cuțitelor, reglarea jocurilor, ungerea etc.) este de câteva ori mai mic. Aparatele de tăiere fără reazem au organele de lucru rotative cu axa verticală sau orizontală (fig.3.3).

Aparatul cu axa orizontală de rotație (fig. 3.3, b) efectuează simultan tăierea și fărâmișarea plantelor. Acest aparat nu asigură calitatea necesară a fitomasei tocate, consumă multă energie, impurifică masa vegetală cu particule de sol.



**Figura 3.3. Schemele aparatelor de tăiere fără reazem: a) cu axa verticală; b) cu axa orizontală**

După cum demonstrează practica mondială [89, 131, 132], la recoltarea plantelor cu tulpini groase (trestie-de-zahăr, sorg zaharat, porumb etc.), o răspândire mai mare au obținut aparatele cu axa de rotație amplasată vertical (fig. 3.3, a). O variantă constructivă originală a aparatului de tăiere cu ax vertical de rotație prezintă combina prezentată în figura 3.4.



**Figura 3.4. Aparat de tăiere cu lanț**

Aceste aparate, în funcție de executarea lor constructivă, pot efectua tăierea tulpinilor cu reazem sau fără. Experiența firmelor Taarup (Danemarca), Krone (Germania) demonstrează că aparatele cu lanț sunt eficiente la combine destinate recoltării concomitente a mai multor rânduri (până la 12). O variantă de astfel de combine este prezentată în figura 3.5.



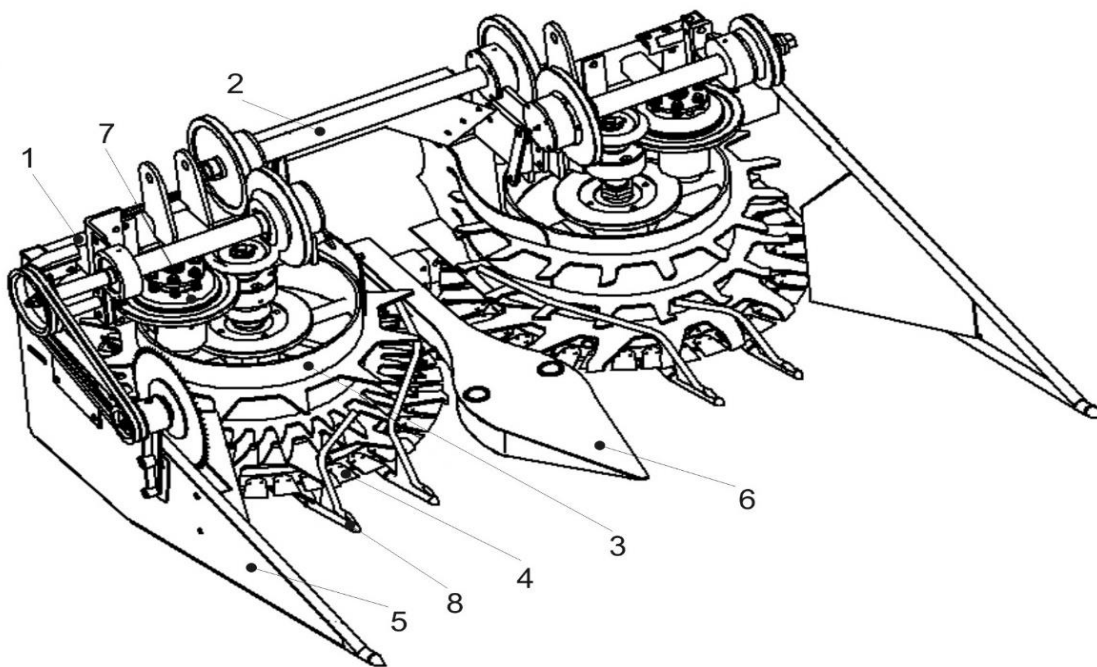
**Figura 3.5. Combină de recoltat porumb pentru siloz (12 rânduri) (Krone, Germania)**

Analiza calitativă a construcțiilor aparatelor de tăiere, utilizate la recoltarea culturilor cu tulpini groase, în primul rând a sorgului zaharat, realizată de către noi în [34], demonstrează că la momentul actual, varianta optimă este construcția cu axa verticală de rotație a cuțitelor.

Totodată este necesar de menționat că procesul de tăiere este influențat de o mulțime de factori printre care se regăsesc: proprietățile fizico-mecanice ale masei vegetale; vitezele de propulsare a agregatului tractor-mașină, de rotație a discurilor de tăiere, tamburelor de antrenare și deplasare a masei vegetale; parametrii geometrici ai organelor de lucru ale vindroverului. Această situație argumentează necesitatea realizării unui studiu teoretic al procesului de tăiere și deplasare a masei vegetale, datele căruia vor servi temei pentru elaborarea vindroverului cu organele de lucru rotative.

### 3.3.1.2. Modelul fizic al procesului de tăiere și deplasare a masei vegetale

Vindroverul este dotat cu discuri de tăiere, tambure de antrenare și deplasare a masei vegetale. Viteza circulară a cuțitelor, amplasate pe periferia discurilor, trebuie să fie suficientă pentru asigurarea procesului de tăiere fără reazem. Tamburele 3 (fig. 3.6, 3.7) asigură antrenarea, evacuarea tulpinilor din zona de tăiere, reorientarea lor din poziția verticală în cea orizontală și deplasarea către valțuri de alimentare.



**Figura 3.6. Vindroverul combinei: 1-cadru; 2-arborele transmisiei; 3-tambur; 4-discul de tăiere, 5-divizori laterali; 6-divizor central; 7-mecanismul de acționare a tamburului; 8-tije**



La apropierea vindroverului de tulpină, discul 4 (fig. 3.6, 3.7a), amplasat în partea de jos a tamburului, taie tulpina, iar dinții la nivelul de jos al tamburului apucă tulpina, evacuând-o din rând. Pentru antrenarea sigură a tulpinii în procesul de evacuare participă simultan dinții tamburului 3, amplasați la nivelul de jos, precum și la nivelurile superioare. La această fază tulpina este poziționată între dinții tamburului 3 și tijele 10 ( fig. 3.6, 3.7b).

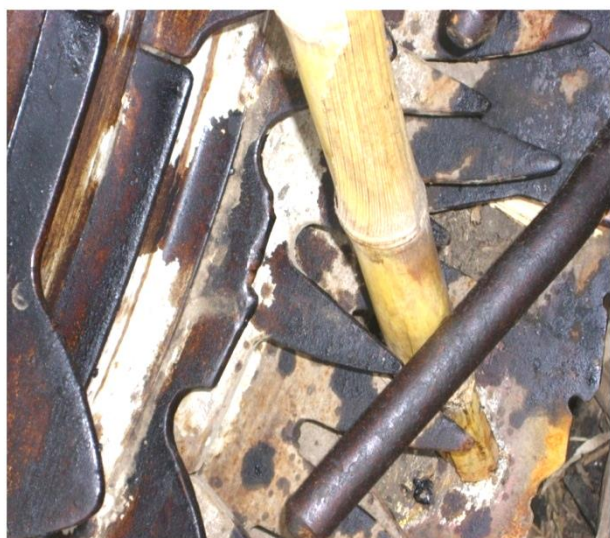
În procesul de evacuare tulpinile sunt acționate de dinții tamburului și de partea superioară a discului de tăiere, cu care contactează baza (piciorul) tulpinii. La momentul inițial de contact cu organele menționate tulpina se află în legătură cu rădăcina, apoi după tăierea deplină – sub acțiunea forței de inerție statică. Din această cauză tulpina se lipește de suprafața dinților tamburului (fig.3.7c).



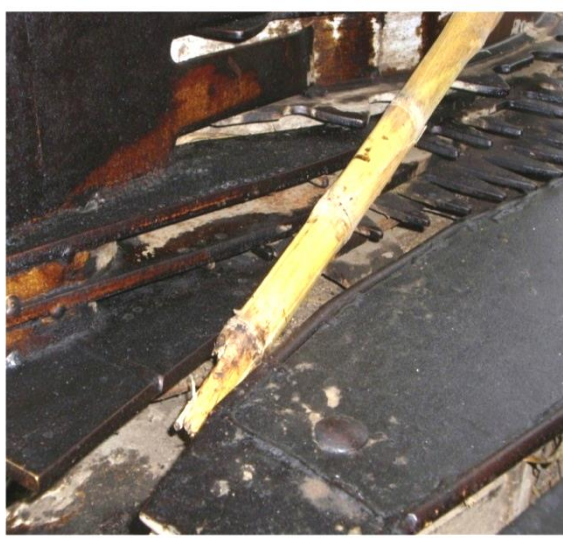
a)



b)



c)



d)

**Figura 3.7. Etapele de antrenare și evacuare a tulpinilor cu organele de lucru rotative**

Rotindu-se împreună cu tamburul și având ca sprijin suprafața superioară a discului de tăiere, tulpina este supusă influenței forțelor centrifugale, care pot s-o scoată din antrenare cu dinții, dacă la acest moment tulpina nu este introdusă în contact cu suprafața interioară a tije de ghidare. În cazul, în care tulpina iese din antrenarea tamburului, ea se oprește și peste o clipă, datorită mișcării de translație a combinei, este din nou antrenată între dinții tamburului și tije de ghidare, care impun direcția mișcării tulpinii.

După intrare în camera de recepție a valțurilor de alimentare, tulpina este reorientată din poziția verticală în cea orizontală și concomitent, scoasă din antrenare cu dinții tamburului, cu ajutorul unor plăci de expulzare speciale (fig. 3.7d). Mai departe tulpinile sunt împinse în gura de alimentare a valțurilor.

Elaborarea unui vindrover eficient și sigur în funcționare necesită, nu doar crearea modelului fizic al procesului de lucru, dar și argumentarea teoretică a parametrilor constructivi și cinematici.

### 3.3.2. Argumentarea teoretică a parametrilor constructivi și cinematici ai vindroverului

#### 3.3.2.1. Organul de tăiere a tulpinilor

Din modelul fizic prezentat în p.3.3.1.2 reiese că energia  $E_{sum}$ , în vindroverul cu organele de lucru rotative, este consumată nemijlocit pentru încovoierea tulpinilor în raport cu punctul rădăcinii ( $E_i$ ), tăierea acestora ( $E_t$ ), frecarea dintre partea de jos (inferioară) a discului rotativ și miriște ( $E_f$ ), deplasarea părții tăiate a tulpinii ( $E_d$ ) și compensarea pierderilor mecanice  $E_m$ . Astfel energia sumară consumată la tăiere se determină din relația:

$$E_{sum} = E_t + E_i + E_f + E_d + E_m . \quad (3.3)$$

În scopul minimizării consumului de energie, vom analiza separat fiecare element al ecuației (3.3).

**Energia consumată pentru tăierea tulpinilor ( $E_t$ )** depinde de forța tăierii unei tulpini  $F_t$ . Conform [131, 133], forța  $F_t$  se determină din formula empirică:

$$F_t = a + \frac{b}{V_t^c} , \quad (3.4)$$

unde  $a$ ,  $b$ ,  $c$  sunt coeficienții empirici, care depind de proprietățile fizico-mecanice ale tulpinii și geometria cuțitului;  $V_t$  – viteza de tăiere, m/s.

După cum demonstrează formula (3.4) și rezultatele cercetărilor [85, 86, 88], eficiența procesului de tăiere a plantelor depinde, în marea măsură, de viteza cuțitului. Din acest motiv, în procesul de elaborare a mașinilor cu organele de lucru rotative, pentru obținerea tăierii fără reazem

a tulpinilor plantelor, este important ca viteza de tăiere reală a cuțitului  $V_t^{real}$  să depășească valoarea minimă a vitezei  $V_t^{min}$ , care, la rândul său, depinde de proprietățile fizico-mecanice ale plantelor.

Conform [131], valoarea minimă a vitezei de tăiere a unei tulpini este egală cu:

$$V_t^{min} = P \sqrt{g / (\gamma G)}, \quad (3.5)$$

unde  $g$  este accelerația căderii libere ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ );  $\gamma$  - greutatea specifică,  $\text{N/m}^3$ ;  $\gamma = \rho_t \cdot g$ ; ( $\rho_t$  - densitatea materialului tulpinii,  $\text{kg/m}^3$ );  $G$  - modulul de alunecare,  $\text{kPa}$ ;  $P$  - tensiunea limită în tulpină,  $\text{kPa}$ .

Profesorul Gutiar E.M. a dezvoltat modelul fizic de tăiere a tulpinilor și a presupus că deformația de încovoiere a tulpinii se deplasează de la locul tăieturii cu viteza sunetului, având forma unei sinusoide. În baza ipotezei menționate valoarea minimă admisibilă a vitezei de tăiere fără reazem a unei tulpini poate fi calculată cu formula:

$$V_t^{min} = K_t \sqrt{g / (\gamma E)}, \quad (3.6)$$

unde  $K_t$  este tensiunea de rupere la tăiere,  $\text{kPa}$ ;  $E$  - modul de elasticitate,  $\text{kPa}$ .

Cercetările [34, 131, 134] demonstrează că pentru tăierea fără reazem a tulpinilor de porumb și sorg zaharat viteza minimă a cuțitelor este necesar să depășească  $30 \text{ m/s}$ .

**Energia consumată pentru încovoierea tulpinii  $E_i$ .** Este evident că majorarea încovoierii tulpinii mărește durata contactului dintre cuțit și tulpină deoarece suprafața de tăiere este mai mare ca în cazul unei tăieri perfecte perpendiculare. Acest lucru, implicit, conduce la mărirea consumului de energie și înrăutățirea calității tăieturii (fig. 3.8), sporind numărul tăieturilor rupte și despicate.

Gradul de încovoiere a tulpinii se poate aprecia în baza a câtorva criterii:

- unghiul de înclinare al secțiunii transversale a tăieturii în raport cu axa tulpinii;
- cantitatea specifică a tăieturilor rupte și despicate;
- raportul dintre înălțimea miriștii  $H_m$  și înălțimea de tăiere  $h_t$  ( $r_t = \frac{H_m}{h_t}$ ) (fig. 3.8).

Este evident că varianta optimă se obține atunci, când încovoierea tulpinii este minimă ( $i \rightarrow 0$ ,  $r_t \rightarrow 1$ ). Minimizarea încovoierii tulpinilor este favorizată de majorarea vitezei de tăiere  $V_t$ .

După cum demonstrează rezultatele cercetărilor [131], creșterea vitezei  $V_t$  de la  $3 \dots 17 \text{ m/s}$  (în funcție de proprietățile fizico-mecanice ale culturilor tăiate) până la  $13 \dots 43 \text{ m/s}$  reduce

coeficientul de încovoiere  $V_f$  de la 1,2...1,5 până la 1. Valoarea minimă a vitezei de tăiere, la care coeficientul  $V_f$  se apropie de 1, asigură tăierea tulpinii cu încovoierea minimă ( $\hat{i} \rightarrow 0$ ).

În baza unor cercetări prealabile, realizate în cadrul ITA Mecagro, s-a stabilit că schimbarea vitezei de tăiere a tulpinilor sorgului zaharat în limita 10...30 m/s ( $h_t = 150$  mm;  $\beta = 20^\circ$ ;  $\alpha = 25^\circ$ ) rezultă reducerea coeficientului de încovoiere de la 1,12 până la 1,0 ( $V_t^{\min} = 16$  m/s).

Pentru calcularea duratei contactului cuțitului cu tulpina plantei trebuie să cunoaștem valoarea încovoierii ( $\hat{i}$ ) în baza valorilor înălțimilor de tăiere  $h_t$  și ale miriștii  $H_m$ . Din analiza schemei prezentate în fig. 3.8 reiese:

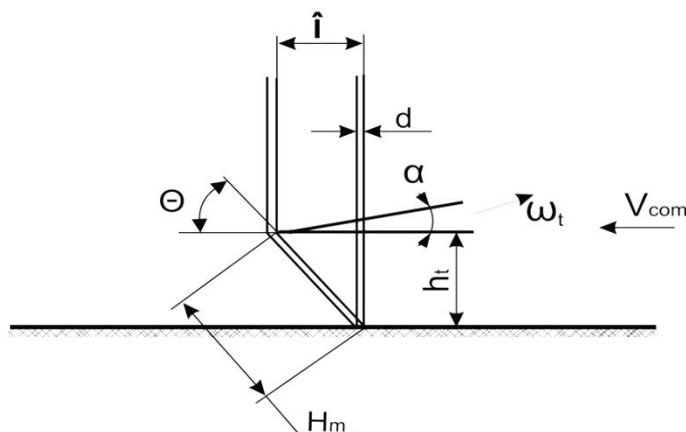
$$\hat{i} = \sqrt{H_m^2 - h_t^2}. \quad (3.7)$$

Durata contactului cuțitului cu o tulpină, care practic echivalează cu durata tăierii acestei tulpini, se poate calcula după următoarea formulă:

$$\tau_t = (\hat{i} + d_t) / V_{com}, \quad (3.8)$$

unde  $d_t$  este diametrul tulpinii, m;  $V_{com}$  – viteza de translație a agregatului, m/s.

După cum s-a menționat, la atingerea cuțitului rotativ de tulpini, din cauza rezistenței la tăiere se produce încovoierea tulpinii (fig. 3.8), gradul căreia depinde de proprietățile fizico-mecanice ale tulpinii, înălțimea tăierii, parametrii cuțitului rotativ (în primul rând, viteza de translație  $V_{com}$  și de rotație  $\omega$ , grosimea muchiei de tăiere, amplasarea fațetei).



*Figura 3.8. Schema de formare a încovoierei tulpinii sub acțiunea discului de tăiere*

Deoarece structura morfologică a tulpinilor în secțiune transversală nu este uniformă (este constituită din tegument și măduvă), în procesul de tăiere a unei tulpini rezistența variază, respectiv se schimbă și gradul de încovoiere. În condițiile menționate, pentru a reduce **consumul de energie**  $E_f$  este necesar de înclinat suprafața plană a discului rotativ în raport cu vectorul vitezei

de translație  $V_{com}$ , ceea ce permite excluderea contactului vârfului miriștii cu suprafața de jos a cuțitului –disc. Pentru aceasta este necesar ca *unghiul de înclinare  $\alpha$  al discului* (fig. 3.8) să nu fie mai mic de:

$$tg\alpha \geq (H_m - h_t)/\hat{i}, \alpha \geq arctg \frac{H_m - h_t}{\hat{i}}. \quad (3.9)$$

Ținând cont de formula (3.8), obținem:

$$\alpha \geq arctg \sqrt{\frac{H_m - h_t}{H_m + h_t}}. \quad (3.10)$$

Din parametrii geometrice ai cuțitului, o acțiune mare asupra forței de tăiere ( $F_t$ ) și respectiv a consumului de energie ( $E_t$ ) o au grosimea muchiei și amplasarea fațetei de ascuțire a cuțitului. Majorarea grosimii muchiei de la 0,025...0,030 mm până la 0,10...0,12 mm mărește forța de tăiere în medie cu 12...18%. Iar condiții mai bune pentru tăiere sunt asigurate în cazul amplasării fațetei pe partea de jos a cuțitului [131].

### 3.3.2.2. Organul de antrenare și evacuare a tulpinilor

Pentru **tăierea ireproșabilă și antrenarea 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 al discului (fig. 3.7 b,c, 3.9). Din momentul contactului vârfului dintelui din tambur cu tulpina, corelația dintre viteza combinei  $V_{com}$  și viteza unghiulară a tamburului  $\omega_{ant}$  trebuie să 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. 3.9). În acest caz combina va parcurge distanța:

$$S = \hat{i} + d, \quad (3.11)$$

unde  $\hat{i}$  este încovoierea tulpinii (fig. 3.8);  $d$  – diametrul tulpinii.

Pentru parcurgerea distanței  $S$  este necesară durată de timp:

$$\tau = \frac{S}{V_{com}} = \frac{\hat{i} + d}{V_{com}}. \quad (3.12)$$

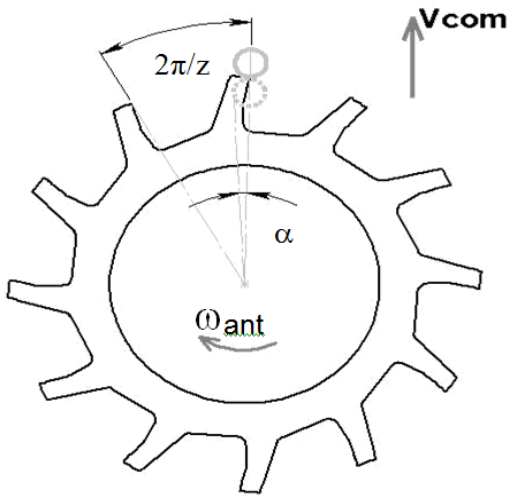
În aceeași perioadă de timp, tamburul se va roti cu unghiul  $(\theta - \alpha)$  (fig. 3.9)

$$\theta - \alpha = \frac{2\pi}{z} - arctg \frac{r}{R - r}, \quad (3.13)$$

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

Atunci perioada de timp necesară pentru antrenarea tulpinii va fi:

$$\tau = \frac{\theta - \alpha}{\omega_{ant}} = \left( \frac{2\pi}{z} - \operatorname{arctg} \frac{r}{R-r} \right) / \omega_{ant} = \frac{\hat{i} + d}{V_{com}}. \quad (3.14)$$



**Figura 3.9. Schema antrenării și evacuării tulpinii din rând**

Deoarece diametrul tulpinii  $d$  al porumbului și al sorgului este mult mai mic ca cel al tamburului ( $d_{\max} \approx 30 \dots 40 \text{ mm} \ll D_{\min} \approx 550 \text{ mm}$ ), iar încovoierea tulpinilor plantelor menționate, în condițiile normale, se apropie de 0 ( $\hat{i} \rightarrow 0$ ), formulele (3.12 și 3.14) obțin o formă mai simplă:

$$\tau = \frac{2\pi}{z\omega_{ant}} \quad \text{sau} \quad \tau = \frac{d}{V_{com}}. \quad (3.15)$$

Din relația 3.15 rezultă:

$$\frac{V_{com}}{z\omega_{ant}} = \frac{d}{2\pi} \quad \text{sau} \quad z\omega_{ant} = \frac{2\pi V_{com}}{d}. \quad (3.16)$$

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:

$$z\omega_{ant} \leq 2\pi V_{com} / d. \quad (3.17)$$

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 (fig. 3.7). La parcurgerea distanței de 1metru liniar vindroverul combinei trebuie să taie  $m$  tulpini de plante (porumb, sorg zaharat, floarea-soarelui etc.) în fiecare rând în perioada de timp  $\tau' = 1/V_{com}$ .

**Evacuarea tulpinilor din rând.** Având în vedere *cerința evacuării operative a tulpinilor din rând*, fiecare dinte al tamburului de antrenare- evacuare trebuie să transporte maximum câte o plantă din fiecare rând (fig. 3.7, 3.9). În acest caz, pentru evacuarea  $m$  tulpini, tamburul se va roti la un unghi, a cărui valoarea integrală va fi:

$$\varphi' = \frac{2\pi}{z} \cdot m, \quad (3.18)$$

unde  $z$  este numărul de dinți pe un disc al tamburului,  $m$  – numărul de tulpini recoltate într-un rând la 1 metru liniar.

Pentru a parcurge unghiul  $\varphi'$ , discul are nevoie de o perioadă de timp calculată cu formula:

$$\tau' = \varphi' / \omega_{ant} = 2\pi m / z\omega_{ant}, \quad (3.19)$$

unde  $\omega_{ant}$  este viteza unghiulară a tamburului de antrenare.

Evacuarea operativă a tulpinilor din rând necesită rotirea tamburului cu unghiul  $\varphi'$  într-o perioadă de timp mai mică, decât cea necesară combinei pentru a parcurge distanța de 1 metru liniar, adică:

$$2\pi m / z\omega_{ant} \leq 1 / V_{com}. \quad (3.20)$$

Din inegalitatea (3.20) reiese, că pentru evacuarea operativă a tulpinilor din rând raportul parametrilor constructivi și cinematici ai tamburului trebuie să fie:

$$z\omega_{ant} \geq 2\pi m V_{com}. \quad (3.21)$$

Respectarea ambelor condiții de funcționare eficientă a vindroverului (*antrenarea sigură a tulpinilor de către dinții tamburului și evacuarea operativă a lor din rând*) determină parametrii tamburului de antrenare în felul următor:

$$2\pi V_{com} m \leq z\omega_{ant} \leq 2\pi V_{com} / d. \quad (3.22)$$

Condiția antrenării eficiente a tulpinilor impune ca pasul dinților din tambur (fig.3.9)  $P = \frac{2\pi(R-r)}{z}$  și viteza circulară a tamburului  $V = \omega_{ant}(R-r)$  să asigure durata deplasării de la un dinte până la altul din contact cu tulpina într-o perioadă de timp mai mare decât cea necesară pentru tăierea unei tulpini:

$$\frac{2\pi(R-r)}{z} / \omega_{ant}(R-r) \geq \frac{d}{V_{com}}. \quad (3.23)$$

Din relația 3.23 rezultă:

$$z\omega_{ant} \leq 2\pi V_{com} / d, \quad (3.24)$$

unde  $R, r$  reprezintă raza tamburului și respectiv a tulpinii ( $r = d/2$ ).

Relația obținută (3.24) confirmă corectitudinea formulei (3.22) și permite precizarea dimensiunilor spațiului de antrenare al discului din tambur.

**Plenitudinea evacuării și antrenării tulpinilor.** După cum s-a menționat anterior, în procesul de lucru dinții tamburului efectuează o mișcare complexă: se rotesc împreună cu tamburul cu viteza unghiulară  $\omega_{ant}$  și se mișcă consecvent împreună cu combina cu viteza liniară  $V_{com}$  (fig. 3.10).

Ținând cont de recomandările [131, 132], din schema prezentată (fig. 3.10) pot fi obținute ecuațiile deplasării diferitor puncte ale discului de evacuare:

$$\text{- dintele AB: } Y_A = V_{com} \cdot \tau_1 + R \sin \omega_{ant} \tau_1, \quad X_A = R \cos \omega_{ant} \tau_1, \quad (3.25)$$

$$Y_B = V_{com} \tau_1 + (R-b) \sin \omega_{ant} \tau_1, \quad X_B = (R-b) \cos \omega_{ant} \tau_1, \quad (3.26)$$

$$\text{- dintele CD: } Y_c = V_{com} \tau_2 + (R-b) \sin \omega_{ant} \tau_2, \quad X_c = (R-b) \cos \omega_{ant} \tau_2, \quad (3.27)$$

$$Y_D = V_{com} \tau_2 + R \sin \omega_{ant} \tau_2, \quad X_D = R \cos \omega_{ant} \tau_2, \quad (3.28)$$

unde  $R$  este raza tamburului;  $b$  – lățimea de lucru a dintelui.

Analiza schemei (fig. 3.10) demonstrează că antrenarea și evacuarea eficientă și completă a tulpinilor poate fi în cazul când  $Y_{A_1} \geq Y_{C_1}$ . Luând în considerare necesitatea minimizării consumului de energie, se consideră optimă varianta când  $Y_{A_1} = Y_{C_1}$ . În acest caz:

$$\tau_1 = \varphi_1 / \omega_{ant} = \pi / 2\omega_{ant}, \quad (3.29)$$

$$\tau_2 = \varphi_2 / \omega_{ant} = \left(\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{z}\right) / \omega_{ant} = \frac{\pi}{2\omega_{ant}} + \frac{2\pi}{z\omega_{ant}} = \frac{\pi z + 4\pi}{2z\omega_{ant}} = \frac{\pi(4+z)}{2z\omega_{ant}}. \quad (3.30)$$

Din formulele (3.25, 3.27) urmează:

$$Y_{A_1} = V_{com} \frac{\pi}{2\omega_{ant}} + R \sin \omega_{ant} \frac{\pi}{2\omega_{ant}} = \frac{\pi V_{com}}{2\omega_{ant}} + R, \quad (3.31)$$

$$Y_{C_1} = V_{com} \frac{\pi(4+z)}{2z\omega_{ant}} + (R-b) \sin \omega_{ant} \frac{\pi(4+z)}{2z\omega_{ant}}, \quad (3.32)$$

$$\frac{\pi V_{com}}{2\omega_{ant}} + R = \frac{\pi V_{com} (4+z)}{2z\omega_{ant}} + (R-b) \sin \frac{\pi(4+z)}{2z}. \quad (3.33)$$

Ecuția (3.33) descrie raportul dintre parametrii constructivi ( $R, b, z$ ) și cinematici ( $V_{com}, \omega_{ant}$ ) ai vindroverului pentru cazul evacuării sigure a tulpinilor din rând. După modificare ecuația (3.33) obține următoarea formă:

$$\frac{2\pi V_{com}}{z\omega_{ant}} = R - (R-b) \sin \frac{\pi(4+z)}{2z} = R - (R-b) \sin \left(\frac{2\pi}{z} + \frac{\pi}{2}\right). \quad (3.34)$$



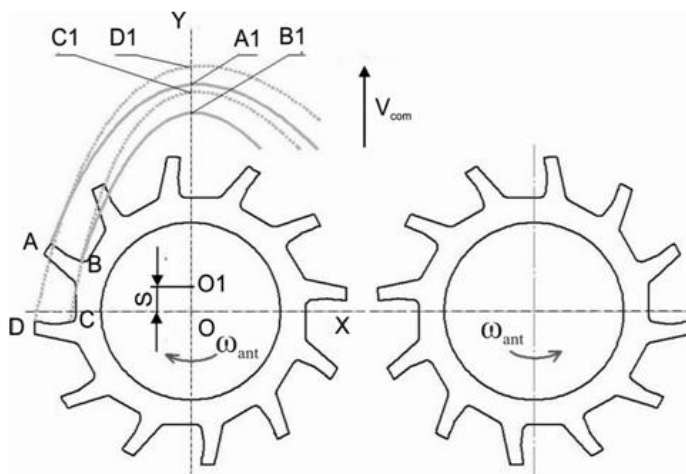
Însemnăm pasul unghiular dintre dinții discului tamburului prin  $\frac{2\pi}{z} = \theta$ , obținem:

$$\frac{2\pi V_{com}}{z\omega_{ant}} = R - (R - b) \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{sau} \quad \frac{2\pi V_{com}}{\omega_{ant}} = z \cdot \left[ R - (R - b) \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) \right],$$

$$\frac{V_{com}}{\omega_{ant}} = \frac{R - (R - b) \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)}{\theta} \quad \text{sau} \quad \frac{V_{com}}{\omega_{ant}} = \frac{R - (R - b) \cos\theta}{\theta}, \quad (3.35)$$

Din ecuațiile obținute (3.35) reiese, că majorarea vitezei de deplasare a combinei  $V_{com}$  necesită, în cazul parametrilor constructivi ficși ( $z$ ,  $R$ ,  $b$ ) o mărire respectivă a vitezei unghiulare  $\omega_{ant}$  a tamburului. Însă, mai rațională este determinarea valorilor parametrilor  $z$ ,  $R$ ,  $b$  și a vitezei  $\omega_{ant}$ , care asigură plenitudinea antrenării și evacuării tulpinilor în diapazonul de lucru al vitezei de translație a combinei  $V_{com}$ .

**Diapazonul de antrenare a tulpinilor în spațiul lateral al tamburului.** La vindrover, discul rotativ de jos asigură tăierea tulpinilor în diapazonul unghiului de rotație  $\varphi$  de la 0 până la  $\pi$  (fig. 3.10). Tamburul rotativ, amplasat deasupra discului de tăiere, poate antrena eficient tulpinile într-un diapazon mai îngust al unghiului ( $0 < \varphi < \pi$ ). Acest diapazon poate fi precizat, analizând schema (fig. 3.11).



**Figura 3.10. Schema mișcării tamburului de evacuare și antrenare a tulpinilor**

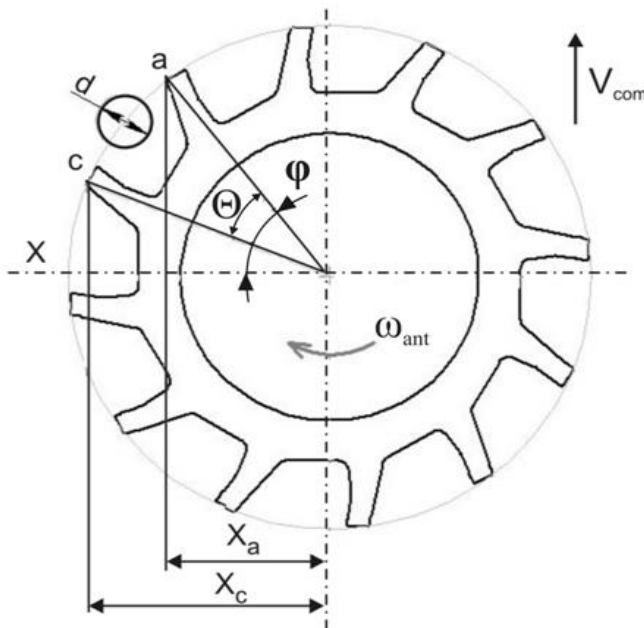
Din schema antrenării tulpinilor reiese că, pentru antrenarea la momentul dat a unei tulpini cu diametrul  $d$ , este necesar ca distanța dintre proiecțiile normale pe axa  $x$  dintre vârfurile a doi dinți vecini să fie mai mare decât diametrul tulpinii:

$$\begin{cases} X_c - X_a = R \cos\left(\omega_{ant}\tau - \frac{2\pi}{z}\right) - R \cos\omega_{ant}\tau > d, \\ \cos(\omega_{ant}\tau - \theta) - \cos\omega_{ant}\tau > \frac{d}{R} \end{cases}, \quad (3.36)$$

sau

$$\cos(\varphi - \theta) - \cos\varphi > \frac{d}{R}. \quad (3.37)$$

Cunoscând valorile diametrului tulpinilor  $d$ , ale parametrilor constructivi ai tamburului (raza  $R$ , pasul unghiular  $\theta$  al dinților), se poate calcula unghiul  $\varphi$ , care determină *condiții minime de antrenare a tulpinilor*, poziția divizorilor laterali 5 și a celui central 6 (fig. 3.6).



**Figura 3.11. Schema antrenării laterale a tulpinilor de către dinții tamburului**

**Ațiunea forțelor în procesul de antrenare și evacuare a tulpinilor.** Analiza precedentă a proceselor de tăiere, antrenare și evacuare a tulpinilor în vindrover este bazată pe parametrii cinematici și constructivi. Pentru asigurarea funcționării eficiente a vindroverului este necesar să se analizeze forțele, care acționează asupra tulpinii și, respectiv, asupra organelor de lucru ale vindroverului (**studiul dinamicii procesului**).

După cum s-a menționat anterior, în procesul de lucru combina se deplasează cu viteza de translație  $V_{com}$ , iar organele de lucru ale vindroverului, amplasate coaxial, execută mișcare de rotație cu diferite viteze: discul inferior de tăiere – cu viteza  $\omega$ , tamburul superior cu discuri pentru antrenarea și evacuarea tulpinilor – cu viteza  $\omega_{ant}$ .

Calcululele prealabile în baza formulei (3.22) demonstrează, că viteza de rotație a tamburului va fi de până la 5m/s [135]. Prin urmare, valoarea vitezei de tăiere ( $V_t \geq 30$  m/s) este mult mai mare decât cea a vitezei de antrenare ( $V_t \gg V_{ant}$ ).

După cum reiese din descrierea modelului fizic, procesul complex de funcționare a vindroverului constă din următoarele etape (fig. 3.6, 3.7):

- **tăierea** (tulpina este supusă acțiunii discului de tăiere și, în unele cazuri pe o perioadă scurtă, dintelui discului inferior de antrenare, tulpina rămânând ingeră cu rădăcina);

- **antrenarea** (tulpina tăiată se află în spațiul interior între dinții tamburului de antrenare și este acționată de discul de tăiere și dinții tamburului);

- **evacuarea** (tulpina se află în același spațiu și sub acțiunea preponderentă a dinților tamburului).

Deoarece prima etapă, practic, nu influențează procesul de antrenare-evacuare, vom analiza forțele aplicate asupra tulpinii în următoarele două etape.

Tulpina, imediat după tăiere, se află în poziția verticală în spațiul dintre dinții tamburului (fig. 3.7, 3.12 a) și este supusă acțiunii următoarelor forțe:

- gravitațională  $P(P = mg)$ ,

- de frecare a piciorului tulpinii pe discul de tăiere în direcția rotației  $F_1(F_1 = f_1P)$ ,

- de inerție  $F_{i2}(F_{i2} = ma_2)$ , cauzată de mișcarea de translație a combinei cu viteza  $V_{com}$ .

Sub acțiunea acestor forțe tulpina începe o mișcare complexă (simultan în direcția rotației discului de tăiere și spre axa de rotație). Drept rezultat apar forțele reactive, respectiv de inerție  $F_{i1}(F_{i1} = ma_1)$  și de frecare  $F_2(F_2 = f_1P)$ .

După inițierea deplasării tulpinii, sub acțiunea forței  $F_1$  apare forța centrifugală,  $(F_{cf}^t = m\omega_{pt}^2 R)$ . Viteza unghiulară  $\omega_{pt}$  a piciorului tulpinii coincide, după direcție, cu viteza discului de tăiere  $\omega_t$ , însă  $\omega_{pt}$  are o valoare mai mică, care depinde de coeficientul de frecare  $f_1$ .

Raportul forțelor  $F_{cf}^t$  și  $F_{i2}$  determină direcția și valoarea forței de frecare  $F_2$ , care permanent este direcționată invers direcției de mișcare a tulpinii și servește pentru menținerea poziției acesteia.

Proiectarea forțelor menționate pe axele X,Y dă următoarele rezultate:

$$- \text{axa X} \quad \begin{cases} F_1 = F_{i1}; \\ f_1 mg = ma_1; \\ f_1 g = a_1. \end{cases} \quad (3.38)$$

$$\text{- axa Y etapa inițială} \begin{cases} F_{i2} = F_2 + F_{cf}^t \\ ma_2 = f_1 mg + m\omega_{pt}^2 R ; \\ a_2 = f_1 g + \omega_{pt}^2 R \end{cases} \quad (3.39)$$

$$\text{- axa Y etapa finală}^1 \begin{cases} F_{i2} + F_2 = F_{cf}^t \\ ma_2 + f_1 mg = m\omega_{pt}^2 R \\ a_2 + f_1 g = \omega_{pt}^2 R \\ \omega_{pt}^2 R = a_2 + a_1 \end{cases}, \quad (3.40)$$

unde  $m$  este masa tulpinii,  $g$  – accelerația de cădere liberă,  $a_1, a_2$  – accelerația tulpinii în direcția circulară și respectiv în direcția deplasării combinei,  $f_1$  – coeficientul de frecare a materialului tulpinii pe suprafața discului de tăiere,  $\omega_{pt}$  – viteza unghiulară a piciorului tulpinii pe discul de tăiere,  $R$  – coordonata radială de amplasare a tulpinii.

În faza a doua de antrenare, piciorul tulpinii se apropie de suprafața din spatele dintelui (fig. 3.12 b). În acest caz asupra tulpinii acționează următoarele forțe:

- gravitațională  $P$ ,
- reactivă  $R_l$
- centrifugală  $F_{cf}^{ant} m\omega_{ant}^2 R$  și de forțele de frecare dintre piciorul tulpinii și discul de tăiere ( $F_1$ ), dintre piciorul tulpinii și discul de tăiere ( $F_2$ ) și dintre piciorul tulpinii spatele dintelui  $F_3 = f_3 R_1 \cos \alpha$ , în care  $\omega_{ant}$  este viteza unghiulară a tulpinii și tamburului de antrenare,  $f_3$  – coeficientul de frecare,  $\alpha$  – unghiul dintre suprafața din spate a dintelui și vectorul vitezei centrifugale.

Din cauza existenței forței de frecare  $F_1$ , la acționarea discului de tăiere se consumă energie a cărei putere este:

$$N = F_1 R (\omega_t - \omega_{ant}), \quad (3.41)$$

unde  $\omega$ ,  $\omega_{ant}$  exprimă vitezele unghiulare a discului de tăiere și a tamburului de antrenare.

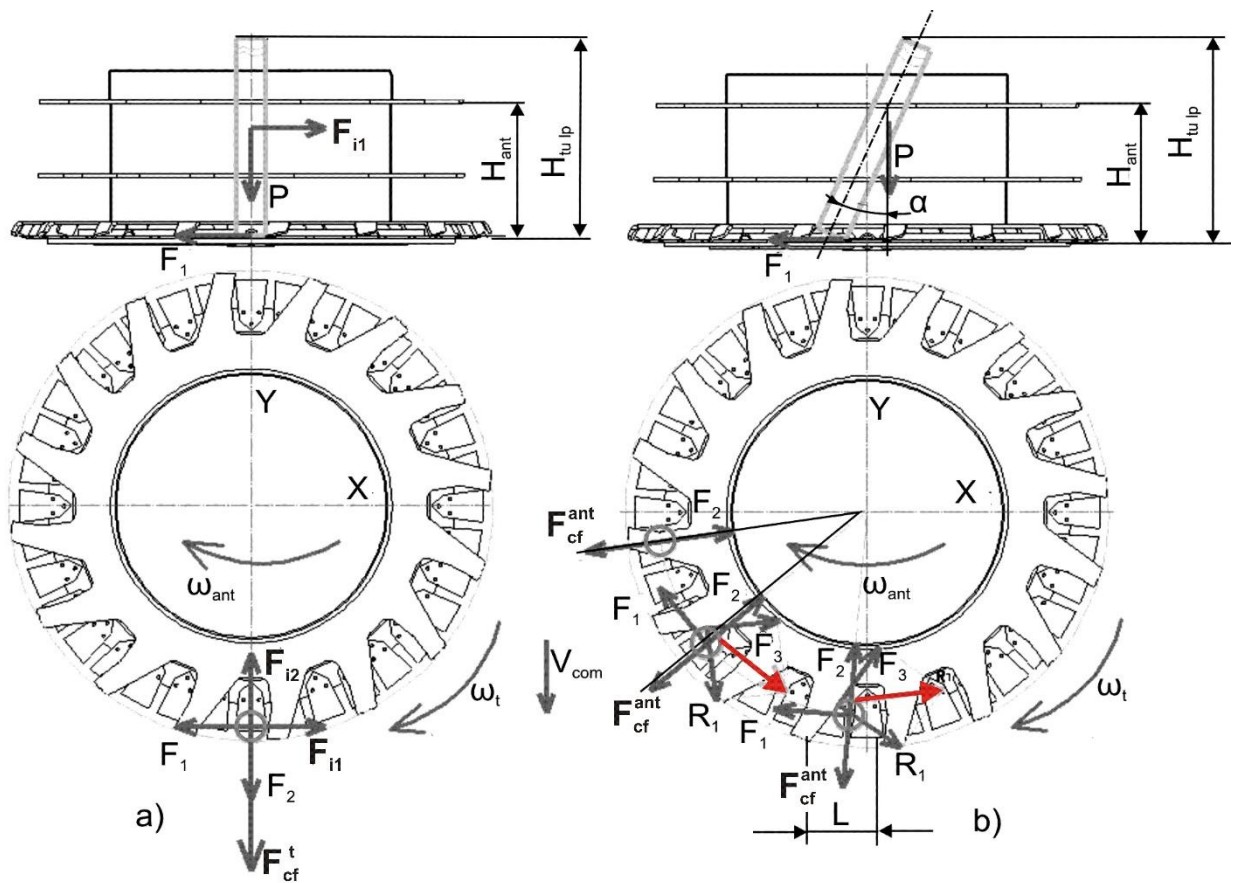
Reducerea consumului de energie este posibilă, dacă piciorul tulpinii se va desprinde de la suprafața discului de tăiere și se va sprijini pe discul inferior de antrenare. În acest caz asupra

---

<sup>1</sup>Etapa finală pe axa Y are loc doar în cazul dacă  $F_{cf}^t > F_{i2}$ .

tulpinii acționează forța centrifugală  $F_{cf}^{ant}$  și forțele de frecare  $F_3$  la contactul dintre piciorul și părțile superioare ale tulpinii cu suprafețele de contact ale dinților tamburului de antrenare.

Din analiza schemelor prezentate în figura 3.12 reiese că pericolul expulzării înainte de timp a tulpinii din spațiul de antrenare provine de la forțele centrifugale  $F_{cf}^t$  (la prima etapă în cazul sprijinului tulpinii pe discul de tăiere) și  $F_{cf}^{ant}$  (la etapa a doua, când tulpina este sprijinită pe tamburul de antrenare). Forța  $F_{cf}^t$  poate obține valori mai mari în raport cu forța  $F_{cf}^{ant}$  din cauza vitezei sporite a discului de tăiere.



**Figura 3.12. Schema forțelor care acționează asupra tulpinii în vindrover:** a) faza inițială; b) faza finală de antrenare

Minimizarea efectului negativ al forțelor centrifugale poate fi obținută prin următoarele metode:

- reducerea coeficientului de frecare  $f_1$  a piciorului tulpinii pe discul de tăiere și respectiv a vitezei unghiulare  $\omega_{pi}$ ;
- majorarea vitezei de translație a combinei  $V_{com}$  și respectiv a forței de inerție  $F_{i2}$ ;

- menținerea în diapazonul optim a vitezei de rotație a tamburului de antrenare, care asigură antrenarea și evacuarea eficientă a masei vegetale fără expulzarea ei înainte de termen;

- utilizarea pe suprafața din spate a dinților discului inferior de antrenare profilului special, care frânează expulzarea piciorului tulpinii [136];

- crearea condițiilor de urcare și sprijinire a piciorului tulpinii pe suprafața din spate a dintelui prin asigurarea jocului minim dintre discul inferior de antrenare și discul de tăiere, tăierea fațetelor pe suprafața din spate [136];

- utilizarea tijelor de ghidare a tulpinilor în spațiul de antrenare și evacuare.

**Antrenarea tulpinii cu ajutorul tije de ghidare.** Pe parcursul unui ciclu de rotație a tamburului de antrenare - evacuare a tulpinilor este necesar să se respecte două condiții cu totul diferite (fig. 3.13):

a) după tăierea tulpinilor, în sectoarele anterioare I, II este necesar să se creeze condiții pentru antrenarea și deplasarea sigură a tulpinilor de către dinții tamburului;

b) după pătrunderea, în camera de alimentare a vindroverului (sectorul III) tulpinile, resturile vegetale ale buruienilor trebuie să elibereze complet dinții tamburului și simultan să fie antrenate de către valțurile de alimentare.

Din schema prezentată în figura 3.13 reiese, că una din principalele condiții pentru funcționarea eficientă a vindroverului este asigurarea antrenării tulpinii în spațiul interior al dintelui atunci când diametrul secțiunii transversale a tulpinii se află pe periferia discului. În acest caz asupra tulpinii acționează forțe, îndreptate perpendicular pe suprafețele de lucru a tije de ghidare (forța  $N_1$ ) și a dintelui (forța  $N_2$ ).

Deplasarea tulpinii în spațiul de antrenare are drept consecință apariția forțelor de frecare:

$$F_1 = N_1 \cdot f_1, \text{ și } F_2 = N_2 \cdot f_2, \quad (3.42)$$

unde  $f_1, f_2$  sunt coeficienții de frecare a tulpinii pe suprafața de lucru a tije de ghidare și respectiv a dintelui tamburului.

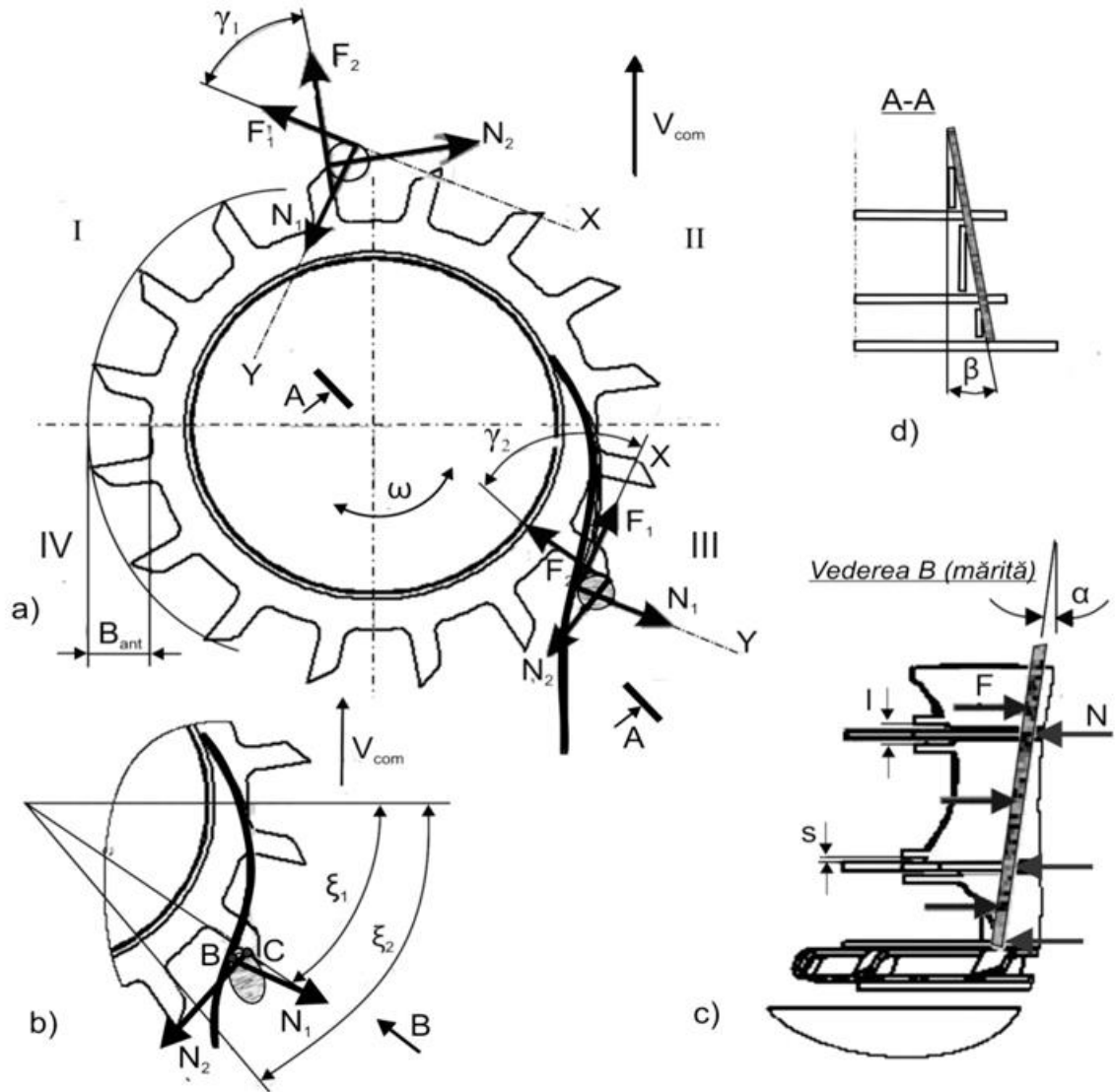
Pentru determinarea condițiilor de antrenare a tulpinii între dințele tamburului și tija de ghidare, proiectăm pe axele  $X, Y$  forțele aplicate obținând:

$$\text{- axa X} \quad N_2 \cdot \sin \gamma = F_1 + F_2 \cdot \cos \gamma, \quad (3.43)$$

$$\text{- axa Y} \quad N_1 = N_2 \cdot \cos \gamma + F_2 \cdot \sin \gamma \text{ sau } N_1 = N_2 \cdot \cos \gamma + N_2 \cdot f_2 \cdot \sin \gamma. \quad (3.44)$$

Deplasarea tulpinii în interiorul spațiului tamburului impune următoarea condiție:

$$N_2 \cdot \sin \gamma \geq N_1 \cdot f_1 + N_2 \cdot f_2 \cdot \cos \gamma. \quad (3.45)$$



**Figura 3.13. Schema amplasării tijelor de ghidare a tulpinilor și plăcilor de curățire a dinților**

Substituind, în relația (3.45), valoarea  $N_1$  din formula (3.44), obținem:

$$\sin \gamma \geq \cos \gamma \cdot f_1 + f_2 \cdot \sin \gamma \cdot f_1 + f_2 \cdot \cos \gamma, \quad (3.46)$$

$$\operatorname{tg} \gamma \geq f_1 + f_1 \cdot f_2 \cdot \operatorname{tg} \gamma + f_2, \quad \operatorname{tg} \gamma (1 - f_1 \cdot f_2) \geq f_1 + f_2, \quad \operatorname{tg} \gamma \geq \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 \cdot f_2}. \quad (3.47)$$

Deoarece  $f_1 = \operatorname{tg} \varphi_1$ ,  $f_2 = \operatorname{tg} \varphi_2$  ( $\varphi_1, \varphi_2$  - unghiuri de frecare), obținem:

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \gamma (1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2) \geq \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2, \\ \operatorname{tg} \gamma \geq \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2}{1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2} = \operatorname{tg} (\varphi_1 + \varphi_2), \\ \gamma \geq \varphi_1 + \varphi_2 \end{cases} \quad (3.48)$$

Din (3.48) rezultă că, pentru antrenarea sigură și deplasarea tulpinii în interiorul tamburului cu consum redus de energie, este necesar ca coeficienții de frecare  $f_1$  și  $f_2$  să fie micșorați, iar unghiul  $\gamma$  dintre suprafețele de lucru a tijeii de ghidare și a dintelui tamburului permanent să depășească suma  $\varphi_1 + \varphi_2$ . Totodată, lățimea de lucru a spațiului de antrenare  $b_{ant}$  (fig. 3.13) trebuie să corespundă următoarei condiții:

$$b_{ant} \geq 2d_{tulp} + d_{tg}, \quad (3.49)$$

unde  $d_{tulp}$  este diametrul tulpinii;  $d_{tg}$  – diametrul tijeii de ghidare.

**Expulzarea tulpinilor din tambur.** Luând în calcul forțele și vitezele aplicate asupra tulpinii (fig. 3.13) și având în vedere că distanța minimă dintre doi tamburi este cea dintre sectoarele II și III reiese că începutul plăcilor de expulzare (curățire) trebuie să fie amplasat la terminarea sectorului II.

Vom analiza condițiile expulzării tulpinilor din tambur în sectorul III (fig. 3.13). Forțele  $N_1, N_2, F_1, F_2$ , aplicate asupra tulpinii în acest sector, sunt identice celor din sectoarele I, II. Proiectarea forțelor menționate pe axele X, Y dă următoarele rezultate:

$$\begin{cases} \text{axa } X: N_3 \cdot \sin \gamma = F_1 + F_2 \cdot \cos \gamma \\ \text{axa } Y: N_1 = N_2 \cdot \cos \gamma + F_2 \cdot \sin \gamma \end{cases} \quad (3.50)$$

Formulele obținute (3.50) coincid cu formulele (3.43), (3.44). Această constatare conduce la următoarea concluzie: Expulzarea sigură a tulpinilor se efectuează dacă unghiul  $\gamma$  dintre suprafețele de lucru ale dinților tamburului și plăcilor de expulzare va fi mai mare decât suma coeficienților de frecare a tulpinii pe suprafețele de lucru respective ( $\gamma \geq \varphi_1 + \varphi_2$ ).

Pentru majorarea probabilității de expulzare a tulpinilor și resturilor vegetale este necesar ca lungimea zonei de interacțiune a dinților și plăcilor să fie maximal posibilă.

Luând în considerație faptul că unghiul dintre suprafețele de lucru ale dinților de antrenare și vectorul vitezei de deplasare a combinei  $V_{com}$  se schimbă de la  $90^\circ$  la intrare în sectorul III (fig. 3.13) până la  $0^\circ$  la ieșire din sectorul III, plăcile de expulzare pe lungimea contactului cu dinții de antrenare vor fi înclinate spre vectorul vitezei  $V_{com}$ . Această situație permite menținerea condiției optime de expulzare (formula 3.48) și majorarea lungimii contactului de expulzare a tulpinilor în sectorul III ( $\xi_2 > \xi_1$ , fig. 3.13 b).

Plăcile de expulzare pot avea formă plană sau curbă. Pentru asigurarea condițiilor favorabile de expulzare a masei vegetale pe toată lungimea interacțiunii dinților de antrenare și a plăcilor este necesar ca ultimele să aibă o formă convexă.

În baza schemei de expulzare a tulpinilor (fig. 3.13) se poate calcula durata expulzării:



$$\tau_{\text{exp}} = \frac{\xi}{\omega_{\text{ant}}}, \quad (3.51)$$

de unde reiese raportul duratelor de expulzare pentru unghiurile  $\xi_1, \xi_2$ :

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{\xi_1}{\xi_2}. \quad (3.52)$$

Deoarece  $\xi_2 > \xi_1$  și  $\tau_2 > \tau_1$ .

Viteza deplasării tulpinilor de-a lungul suprafeței din fața dintelui de antrenare este egală cu:

$$V_{\text{exp}} = \frac{b_{\text{ant}}}{\tau}. \quad (3.53)$$

Este evident că  $V_{\text{exp}2} < V_{\text{exp}1}$ , fapt care pentru  $\xi_2$  favorizează expulzarea tulpinilor.

Parametrii geometrici ai tamburului de antrenare în planul vertical, de asemenea, influențează condițiile de evacuare a tulpinilor. După cum s-a mai menționat, în procesul expulzării asupra tulpinii acționează forțele de frecare cu suprafețele de lucru ale plăcilor de expulzare și a dinților. Pentru compensarea acestor forțe asupra tulpinii se aplică forțele normale  $N$ . Sub acțiunea forțelor  $N$  (fig. 3.13.c) se produce încovoierea tulpinilor, a cărei valoare poate fi determinată din formula cunoscută în rezistența materialelor:

$$\hat{i} = \frac{FIS^2(1-S/l)^2}{3EI}, \quad (3.54)$$

unde  $l$  – este distanța dintre plăcile de expulzare;  $S$  – jocul dintre placă și dinte în planul vertical;  $E$  – modul de elasticitate;  $I$  – momentul de inerție a secțiunii transversale a tulpinii;  $F$  – forța de acționare.

Minimizarea încovoierii tulpinii este binevenită pentru expulzarea ei și este posibilă, după cum demonstrează formula (3.54), prin reducerea forțelor de frecare și, respectiv, a forțelor de acționare  $F$  (dependente de forțele normale), a jocului  $S$  și prin majorarea momentului  $I$ , care depinde de parametrii geometrici ai secțiunii transversale a tulpinii (de exemplu, pentru: forma rotundă –  $I = \frac{\pi D^4}{64}$ , tubulară –  $I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$ , unde  $D, d$  – diametrul exterior și respectiv interior al secțiunii transversale a tulpinii).

Distanța  $l$  dintre plăci influențează mai puțin încovoierea tulpinii. Totodată, cu reducerea simultană a distanței  $l$  și jocului  $S$ , are loc diminuarea esențială a încovoierii  $\hat{i}$ . Valoarea minimă a jocului  $S$  este determinată de posibilitățile tehnologice de confecționare a vindroverului. Distanța  $l$  depinde, în primul rând, de grosimea  $\delta$  a dinților de antrenare, care la rândul său este determinată de necesitatea asigurării rigidității discului și excluderii tăierii tulpinii ( $\delta > \delta_t$ , unde  $\delta_t$  – este grosimea

dintelui, cu care se începe tăierea tulpinilor). Grosimea optimă a lamei cuțitului, după Резник H.E.[86] este 0,02...0,04 mm (se admite 0,1 mm).

Conform rezultatelor prealabile, pentru obținerea rigidității suficiente grosimea minimă a discului de antrenare trebuie să fie de cel puțin 3...4 mm, adică de 30...40 ori mai mare ca valoarea admisibilă a grosimii lamei pentru tăiere. Prin urmare, distanța  $l \geq \delta_{\min} + S_{\min}$ .

După cum s-a mai menționat, la etapa mișcării tulpinilor în sectorul III (fig. 3.13), este necesară expulzarea acestora din tambur și reorientarea din poziția verticală în cea orizontală. Pentru aceasta distanța  $L$  dintre dinții de antrenare (fig. 3.12) trebuie să fie suficientă pentru asigurarea schimbării poziției tulpinii din verticală în cea orizontală. Unghiul  $\alpha$  de înclinare a tulpinii depinde de parametrii geometrici ai tamburului în felul următor:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L - d}{H_{ant}}, \quad (3.55)$$

unde  $d$  este diametrul tulpinii,  $H_{ant}$  – înălțimea antrenării tulpinii.

Condiții mai favorabile pentru reorientarea tulpinilor asigură înclinarea în plan vertical a dinților tamburului (unghiul  $\alpha$ , fig. 3.12b; 3.13c) și a plăcilor de expulzare (unghiul  $\beta$ , fig. 3.13d). În acest caz piciorul tulpinii iese mai repede din tambur și nimerește, prin ridicarea sa, între valțurile de alimentare.

Înclinarea dinților tamburului îmbunătățește atât condițiile favorabile pentru reorientarea tulpinilor, cât și expulzarea propriu zisă a acestora. Această situație are loc datorită schimbării mărimii și a profilului secțiunii transversale a tulpinii în planul de interacțiune a dinților tamburului cu plăcile de expulzare (fig. 3.13 a, b). Forma rotundă a secțiunii transversale (fig. 3.13a) se schimbă în elipsoidală (fig. 3.13 b). Prin urmare, se mărește suprafața secțiunii și respectiv momentul de inerție  $I$  și rezistența la încovoiere. Concomitent se schimbă poziția punctelor de aplicare a forțelor normale  $N_1, N_2$  (puncte B,C, fig. 3.13b), favorizând expulzarea tulpinilor.

Deoarece procesele de expulzare și reorientare a tulpinilor sunt influențate de o mulțime de factori constructivi și cinematici, este practic imposibilă calcularea valorilor optime ale unghiurilor de înclinare  $\alpha, \beta$ . Valorile menționate pot fi determinate prin cercetări experimentale ale vindroverului.

### **3.4. Argumentarea parametrilor de bază ai presei pentru stoarcerea sucului**

#### **3.4.1. Schema constructivă a utilajului**

Analiza tehnologiilor de valorificare a potențialului energetic al trestiei de zahăr și sorgului zaharat demonstrează importanța procesului de stoarcere a sucului din tulpinile acestora [34, 79,

89, 91]. Procesul de stoarcere influențează calitatea și prețul de cost al produsului final, adică al etanolului. La rândul său, eficiența procesului menționat depinde de schema constructivă și parametrul utilajului de stoarcere.

În literatura de specialitate [78, 79, 89, 90, 137, 138, 139] argumentarea schemelor și a parametrilor este prezentată fragmentar, adesea nu sunt luate în considerare proprietățile morfologice ale plantelor (îndeosebi, ale sorgului zaharat).

Prin urmare, este necesar să se argumenteze schema constructivă și valorile parametrilor de bază ai preseii pentru stoarcerea sucului.

Alegerea unui principiu reușit de presare este posibilă în baza studierii și respectării particularităților morfologice ale tulpinilor de sorg și a teoriilor existente de deformare a acestora.

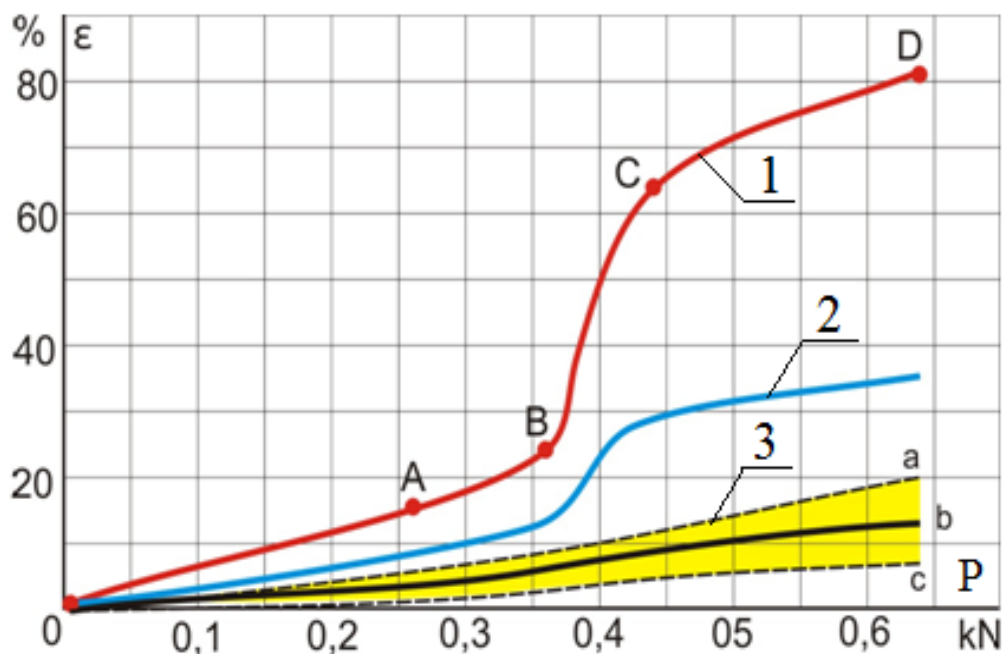
Tulpina sorgului constă din noduri scurte și internoduri lungi ( $l = 100 \dots 200 \text{ mm}$ ), protejate din exterior de un tegument solid din celuloză, relativ subțire. Internodurile sunt pline în interior de țesut medular dezvoltat, zaharurile sunt dizolvate în apă și depozitate în țesutul medular [34, 79]. Astfel, tulpina sorgului este constituită din două elemente de bază:

- a) tegument solid cu grad mic de umiditate (10...15%);
- b) țesut medular cu grad de umiditate de până la 90%.

La rândul său, fiecare din elementele menționate are o carcasă cu proprietăți elastice și plastice, preponderent din celuloză, și o substanță de umplere viscoasă compusă, preponderent, din soluții apoase ale hidraților de carbon. Este evident că, în procesul extragerii sucului din tulpinile sorgului, inițial trebuie zdrobit tegumentul și apoi deformat țesutul medular pentru a se stoarce sucul.

Specialiștii Institutului VISHOM [140] au studiat influența sarcinii aplicate asupra deformației relative a tulpinilor de porumb, a căror morfologie este similară cu cea a tulpinilor de sorg zaharat. Rezultatele acestui studiu sunt prezentate în figura 3.14, care sunt completate cu cele obținute de către noi [34], (fig. A 3.1).

Din figura 3.14 (curba 1) se evidențiază clar 4 zone distincte care corespund celor 4 etape caracteristice de deformare a tulpinilor plantelor.



**Figura 3.14. Dependența deformației relative  $\varepsilon$  a tulpinilor plantelor de sarcina aplicată  $P:1$  - conform datelor [140]; 2,3 - conform ipotezei la deformări ulterioare[34], 3a, 3b, 3c -  $\varepsilon = f(P)$  la diferite viteze de aplicare a forței ( $\frac{dP_a}{d\tau} < \frac{dP_b}{d\tau} < \frac{dP_c}{d\tau}$ )**

Prima etapă (OA) se caracterizează printr-o dependență liniară lent ascendentă a deformației relative a tulpinilor funcție de forța aplicată. Astfel majorarea forței până la 0,26 kN conduce la creșterea deformației relative a tulpinii până la 16%. Pe parcursul acestei etape variația deformației relative  $\varepsilon_{OA}$  este egală cu 0,62%/0,01kN.

Etapa a doua (AB) se evidențiază prin apariția unor condiții de relaxare a tensiunilor interne din carcasa tegumentului și deteriorarea lui de-a lungul fibrelor. Pe parcursul acestei etape se constată o creștere a deformației relative până la 24% cu creșterea relativ mică a forței aplicate (până la 0,36kN). Astfel, pe parcursul acestei etape  $\varepsilon_{AB}=0,8\%/0,01\text{kN}$ .

Etapa a treia (BC) se caracterizează printr-o dependență liniară brusc ascendentă a deformației relative a tulpinilor funcție de forța aplicată. O creștere destul de mică a forței de comprimare (până la 0,44 kN) face ca deformația tulpinii să ajungă până la 64%. Deteriorarea tegumentului este cauza aplicării forței asupra țesutului medular, care se deformează cu variația de 5%/0,01 kN.

Etapa a patra (CD), când are loc extragerea propriu zisă a sucului se caracterizează printr-o încetinire a creșterii deformațiilor relative a tulpinilor funcție de sarcina aplicată. Continuarea

majorării forței până la 0,64 kN are drept consecință deformarea tulpinii de la 64 până la 80% ( $\varepsilon_{CD} = 0,8\% / 0,01 \text{ kN}$ ).

Cercetările efectuate pe presa de tip teasc [138] cu tulpini de sorg zaharat, practic, au demonstrat același caracter al variației deformației relative funcție de sarcina aplicată cu cel prezentat în figura 3,14.

Conform teoriei acad. F. Beleanin, sub acțiunea forțelor exterioare  $P$  elementele carcanei se deformează, iar substanța de umplere manifestă rezistență vâscoasă contra mișcărilor elementelor carcanei, sporind rezistența și rigiditatea corpului întreg. Limita rezistenței carcanei  $R_{carc}$  nu depinde de durata acționării sarcinii statice, rezistența vâscoasă a substanței de umplere  $R_{visc}$  se schimbă în timp, apropiindu-se de zero la acționarea îndelungată a forței  $P$ . În acest caz, rezistența corpului va fi determinată numai de rezistența carcanei, astfel încât pentru deteriorarea corpului în scopul extragerii sucului este necesară aplicarea unei sarcini mai mari decât limitarezistenței carcanei ( $P > R_{carc}$ ). La acționarea rapidă pentru deteriorarea corpului, sarcina aplicată trebuie să depășească rezistența carcanei și rezistența vâscoasă a substanței de umplere ( $P > R_{car} + R_{vâsc.}$ ).

În contextul celor expuse, se poate presupune că forțele aplicate asupra tulpinilor de sorg zaharat, inițial deformează (sectorul OA, fig. 3.14), apoi deteriorează tegumentul solid (sector AB) care, având umiditatea mică, manifestă prioritar rezistență carcanei  $R_{carc}$ . Din acest motiv, pentru deteriorarea tegumentului contează nu atât perioada acționării forței exterioare  $P$ , cât valoarea ei, respectându-se condiția:  $P > R_{carc}$ .

La deteriorarea țesutului medular cu conținut de suc până la 90% ca factor determinant devine rezistența vâscoasă  $R_{visc}$ . După deteriorarea tegumentului sub influența forței exterioare, se produce deformarea și deteriorarea carcanei țesutului medular cu înlăturarea aerului dintre elementele țesutului (sectorul BC, fig. 3.14). Mai departe (sectorul CD), pentru stoarcerea sucului, forța  $P$  trebuie să depășească rezistența  $R_{visc} + R_{carc}$ .

Din cele expuse anterior rezultă că gradul de extragere a sucului  $GE$  depinde de forța aplicată  $P$  și de durata aplicării  $\tau$ , adică  $GE = f(P; \tau)$ . Deci, la stoarcerea sucului în presă cu valțuri  $GE = f(P, l/n)$ , unde  $n$  este turația valțurilor (fig. 3.14).

Totodată experimental, noi am constatat că gradul de extragere  $GE$  a sucului în cazul aplicării forței  $P$  într-o perioadă concretă de timp  $\tau$  este mai ridicat atunci când forța  $P$  se aplică intermitent.

Aplicarea intermitentă a forței  $P$  reduce forța necesară pentru deteriorarea carcanelor tegumentului și țesutului medular, precum și cea necesară pentru stoarcerea sucului din masă verde.

Acest lucru contribuie implicit la îmbunătățirea condițiilor de stoarcere a sucului din stratul tulpinilor.

În cazul folosirii preselor de tip teasc (fig.3.15, a) rezistența vâscoasă  $R_{visc}$  poate fi exclusă din contul duratei mari de acționare a sarcinii aplicate  $P$ , ce asigură condiții suficiente de evacuare a sucului. În cazul când această sarcină depășește rezistența carcasetulpinii ( $P > R_{carc}$ ), teoretic, presarea materiei prime este posibilă prin micșorarea ariei secțiunii transversale a presei. Însă, practic, acest lucru este imposibil, deoarece micșorarea ariei secțiunii transversale a presei reduce esențial productivitatea acesteia care este acționată discret.

Spre deosebire de teasc, presa elicoidală (șnec) (fig. 3.15.b) este o instalație cu acționare continuă. Acest lucru asigură o productivitate sporită, însă durata acționării sarcinii  $P$  va fi relativ mică fiind dependentă de perioada aflării materiei prime în camera presei. Prin urmare, sarcina aplicată trebuie să depășească suma rezistențelor carcasetelor fragmentelor tulpinilor și substanței vâscoase:  $P > R_{carc} + R_{visc}$ .

Un neajuns important al presei elicoidale este necesitatea mărunțirii fine a fragmentelor tulpinilor, inclusiv a fibrelor tegumentului. Nerespectarea acestei condiții duce la înfundarea presei. Lucrul mecanic necesar la mărunțire se determină, conform [85] din ecuația:

$$A = kD^q, \quad (3.56)$$

unde  $D$  este dimensiunea caracteristică a particulelor obținute;  $k$ ;  $q$  – coeficienți ( $q = 2$  – legea lui Rittinger,  $q = 3$  – Kirpiciov-Chik,  $q = 2,5$  – Bond).

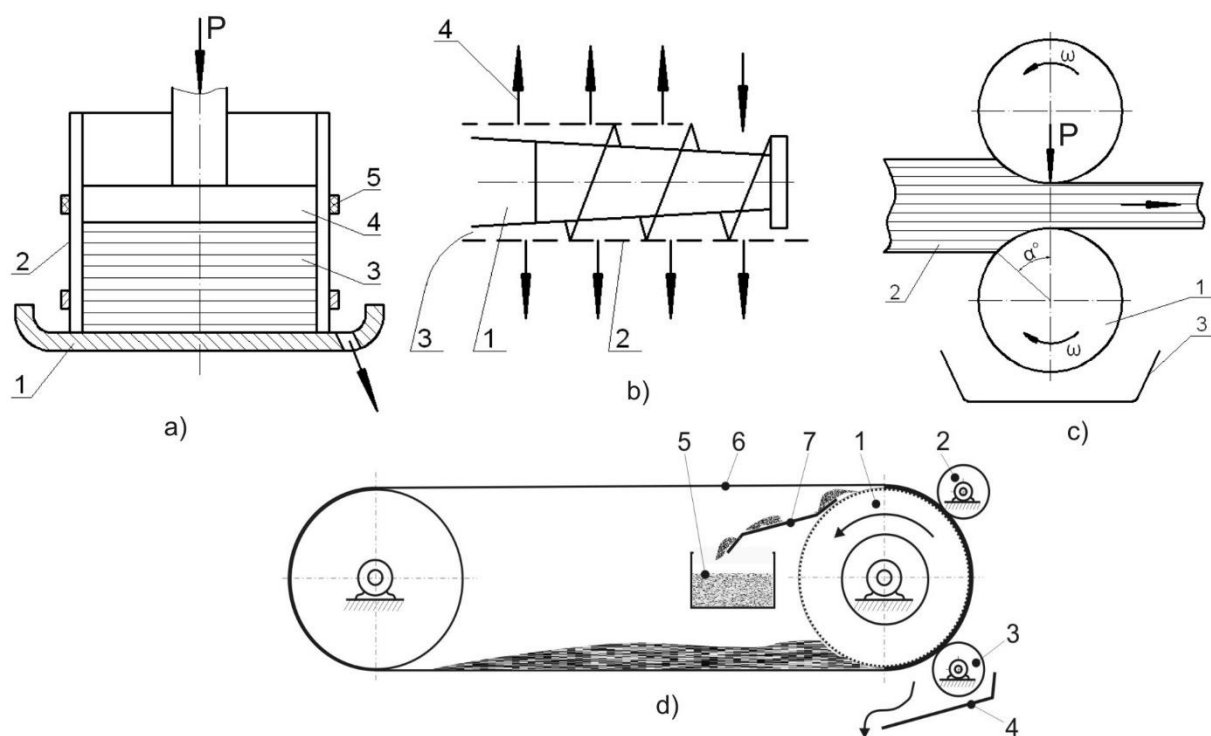
Din formula (3.56) rezultă că pentru mărunțirea materiei prime poate fi consumată mai multă energie decât la presare.

Presa cu valțuri (fig. 3.15,c), ca și cea elicoidală, are funcționare continuă, însă, spre deosebire de ultima, este mai simplă și mai sigură în exploatare. Deoarece, la această presă, durata contactului materiei prime cu suprafața activă a valțurilor este mică, trebuie să se respecte condiția

$$P > R_{carc} + R_{visc}.$$

Totodată este cunoscut că specificul valțurilor constă în faptul că, în zona contactului cu materia prelucrată, sarcina aplicată inițial este relativ mică, crescând la maximum în zona distanței minime dintre valțuri. Prin urmare, respectând unele condiții (tasarea masei verzi la intrarea în valțuri, executarea procesului de presare conform recomandărilor științifice), se pot obține sarcini necesare pentru extragerea sucului, cu consum de energie mai mic decât la presa elicoidală. Mai mult ca atât, presa cu valțuri nu necesită mărunțirea tulpinilor, ultima fiind executată numai în

măsura în care este necesară mecanizării procesului de încărcare în utilaj și separării aerodinamice a frunzelor de tulpini.



**Figura 3.15. Principalele scheme de funcționare a preselor: a) de tip teasc (1–placă-suport; 2–coș; 3–masa presată; 4–piston; 5–bandaj); b) elicoidală (1–șneac; 2–cilindru; 3–bagasă; 4–suc); c) cu valțuri (1–valț; 2–masa presată; 3–vas recipient); d) cu valțuri și bandă (1–valțul perforat; 2,3–valțuri de strângere; 4–jgheab; 5–buncăr; 6–bandă; 7–răzuitor)**

Pentru intensificarea procesului de extragere a sucului din tulpinile sorgului zaharat cercetătorii [137] au elaborat o presă cu valțuri și bandă (fig. 3.15 d), care funcționează în modul următor. Materia primă mărunțită este așezată pe ramura de jos a benzii. La rotirea tamburului perforat 1 materia primă este antrenată de către tambur și banda 6 și transportată către valțul de strângere 3. Sucul, stors în procesul laminării, pătrunde în interiorul tamburului 1 prin perforațiile acestuia, fiind transportat mai departe în jgheabul 4. Materia primă, în continuare, este laminată de către valțul 2. cu o forță mai mare. Masa stoarsă se desprinde de tambur cu ajutorul răzuitorului 7 și se acumulează în buncărul 5.

Presă cu valțuri și bandă îmbunătățește condițiile de antrenare a materiei prime în zona de presare și majorează durata aflării materiei prime în această zonă.

Totuși, în esență, presa (fig. 3.15 d) este aceeași presă cu valțuri (fig.3.15) deosebindu-se prin dotarea suplimentară cu transportorul cu bandă. Totodată, la presa cu valțuri și bandă evacuarea sucului din zona de presare prin orificiile tamburului este destul de dificilă în virtutea existenței unei probabilități destul de mare de înfundare a orificiilor cu particule de bagasă.

În baza celor expuse se poate concluziona că dependența deformațiilor relative ale tulpinilor funcție de sarcina aplicată  $\varepsilon = f(P)$  (fig. 3.14) este cea mai pronunțată la presele cu valțuri, unde la intrarea în pasaje (fig. 3.15 c) cu forțe relativ mici, se produce deformarea și deteriorarea tegumentului destul de completă, iar în zona când distanța dintre valțuri este minimă (sarcina maximă) are loc stoarcerea sucului propriu zis care, la rândul său, se scurge prin stratul tulpinilor deformat. Totodată, dependența  $\varepsilon = f(P)$  la trecerea tulpinilor prin următoarele pasaje are, probabil, deformații în scădere (fig. 3.14, curbele 2, 3). Astfel, cea mai mare parte a energiei în ultimul pasaj va fi consumată pentru presarea masei și extragerea sucului.

### **3.4.2. Argumentarea teoretică a parametrilor constructivi și cinematici ai utilajului**

În baza analizei tehnologiilor și utilajelor existente, pentru extragerea sucului din tulpinile plantelor zaharoase, 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 obținerea alcoolilor monoatomici și a altor produse.

Faza inițială și obligatorie a procesului de presare este antrenarea (laminarea) tulpinilor între valțuri. Laminarea substanțelor solide este bine argumentată teoretic și utilizată pe larg în construcția combinelor de recoltat porumb [140], a agregatelor de laminat culturi furajere [85], a utilajelor din industria alimentară [138,139] și laminoarelor metalurgice [141,142].

Următoarea fază a procesului de presare este stoarcerea mecanică a sucului prin aplicarea sarcinilor necesare.

Deoarece, la momentul de față, în literatura de specialitate, descrierea procesului de presare a tulpinilor de sorg zaharat este destul de limitată, în continuare, vom analiza procesul de presare în ansamblu (faze de antrenare a tulpinilor și stoarcere mecanică a sucului).

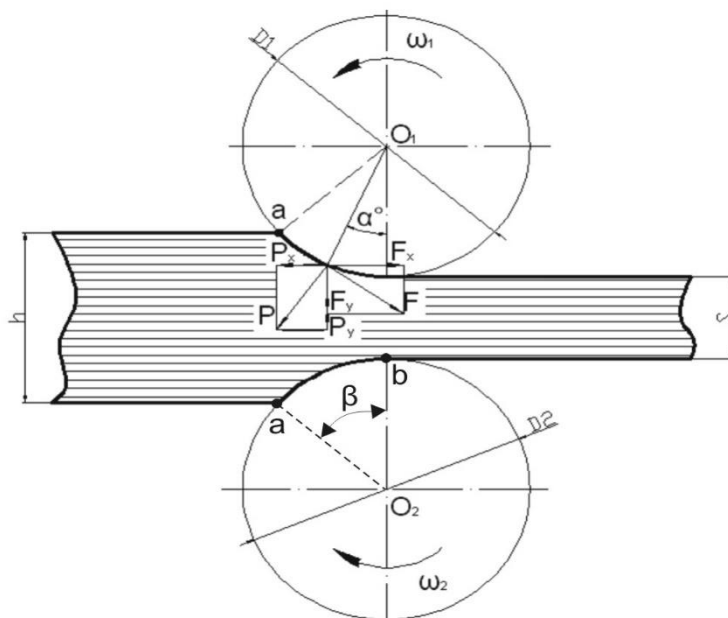
**Antrenarea tulpinilor între valțuri.** Extragerea sucului din tulpinile plantelor zaharoase, cel mai frecvent se realizează prin presarea materialului între doi valțuri cu diametre și viteze de rotație egale. Schema acestei metode de presare este prezentată în figura 3.16.

Stratul de materie primă, cu grosimea inițială  $h$ , se presează până la grosimea  $s$ , egală cu valoarea pasajului dintre valțuri. Conform [139, 141], forțele cu care valțurile acționează asupra stratului de tulpini pentru fiecare zonă sunt direcționate perpendicular pe suprafața de contact și pot fi reduse la o forță rezultantă  $P$ . Descompunând această forță în două direcții perpendiculare - a comprimării materialului și, respectiv, a deplasării lui, primim componentele  $P_y$  (comprimă



materialul) și  $P_x$  (împinge materialul din pasaj). Totodată, asupra materialului acționează tangențial suprafeței valțurilor forțele de frecare, care pot fi prezentate prin rezultanta  $F$ .

După descompunerea forței rezultante  $F$ , obținem componentele  $F_x$ , care antrenează materialul între valțuri, și  $F_y$ , care contribuie la presarea materialului.



**Figura 3.16. Schema aplicării forțelor asupra materialului presat**

Din studiul mai detaliat al procesului de presare este evident că, la apropierea valțurilor cu micșorarea jocului  $s$  în pasaj, unghiul de contact  $\alpha$  crește (dacă grosimea  $h=const.$ ) și punctul de aplicare a forței  $P$  se îndepărtează de linia centrului  $O_1O_2$ . Acest lucru duce la majorarea componentei  $P_x$  din contul  $P_y$ . În momentul în care forța  $P_x$  depășește componenta forței de frecare  $F_x$  începe patinarea tăvălugului și deplasarea materialului se stopează.

După cum rezultă din cele expuse, condiția antrenării materialului între valțuri este:

$$F_x \geq P_x \quad , \quad (3.57)$$

sau

$$F \cdot \cos \alpha \geq P \cdot \sin \alpha \rightarrow P \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha \geq P \cdot \sin \alpha, \quad (3.58)$$

unde  $\varphi$  este unghiul de frecare a materialului de suprafața tăvălugului.

Din (3.58) rezultă:

$$\operatorname{tg} \varphi \geq \operatorname{tg} \alpha \text{ sau } \varphi \geq \alpha. \quad (3.59)$$

În cazul limită, când începe stoparea materialului la intrarea în pasaj, punctul de aplicare a forței  $P$  se deplasează în punctul  $a$  ( $\operatorname{tg} \varphi \geq \operatorname{tg} \beta$  și  $\varphi \geq \beta$ ). În acest caz, distanța dintre centrele  $O_1$  și

$O_2$  va fi egală cu  $D+s = D \cos\beta + h$  (fig. 3.16), iar grosimea maximă a stratului antrenat între valțuri poate fi determinată din relația:

$$h = D (1 - \cos\beta) + s, \quad (3.60)$$

unde  $D$  este diametrul valțurilor, m.

Micșorarea (subțierea) admisibilă a grosimii stratului de material, presat între valțuri, se determină cu relația:

$$\Delta h = h - s = D (1 - \cos\beta). \quad (3.61)$$

Luând în considerație condiția antrenării materialului între valțuri ( $\tan\varphi \geq \tan\beta$ ) și relația trigonometrică  $\cos\beta = 1/\sqrt{1+\tan^2\beta}$ , obținem:

$$\Delta h \leq D(1 - 1/\sqrt{1+\tan^2\varphi}). \quad (3.62)$$

În cercetările prealabile este stabilit că coeficientul de frecare  $f$  dintre tulpinile de sorg și suprafețele din oțel ale valțurilor depinde de starea fizică a acestora: la tulpini întregre  $f = 0,4 \div 0,5$ , la cele strivite  $f = 0,5 \div 0,55$ . De aici rezultă că, pentru majorarea probabilității antrenării tulpinilor în primul pasaj, este necesar de efectuat strivirea prealabilă a acestora, tasarea și nivelarea grosimii stratului la intrare în pasaj.

Din cele expuse rezultă că grosimea  $h$  și gradul de comprimare  $\Delta h$  a stratului antrenat, pentru presare, între doi valțuri, depind de diametrul valțurilor  $D$  și coeficientul de frecare ( $f = \tan\varphi$ ) a materialului de suprafața valțului. Prin urmare, majorarea diametrului  $D$  și a coeficientului de frecare  $\tan\varphi$  mărește valorile grosimii stratului  $h$  și subțierii acestuia  $\Delta h$ , ce îmbunătățește condițiile de antrenare a stratului de tulpini și sporește productivitatea procesului de presare  $Q$  și gradul de stoarcere a sucului  $GE$ .

#### ***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, a căror viteză periferică este egală, considerând că patinarea lipsește se determină din relația:

$$V = b \cdot h \cdot v, \quad (3.63)$$

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)  $\gamma$  a materialului ( $\text{kg/m}^3$ ):

$$Q_{mv} = V\gamma = bhv\gamma. \quad (3.64)$$

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)  $\gamma_b$ .

Gradul de extragere a lichidului poate fi determinat din relația:

$$GE = \frac{Q_{mv} - Q_b}{Q_{mv}} = \frac{Q_s}{Q_{mv}}, \quad (3.65)$$

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

$$Q_b = V_b \cdot \gamma_b = b \cdot s \cdot v \cdot \gamma_b. \quad (3.66)$$

Substituind  $Q_{mv}$  și  $Q_b$  din expresiile (3.64) și (3.66) în expresia (3.65) obținem:

$$GE = 1 - \frac{\gamma_b \cdot s}{\gamma \cdot h} = 1 - k \frac{s}{h} = 1 - k \frac{h - \Delta h}{h}, \quad (3.67)$$

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

În formula (3.67) 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:

$$GE_{max} = f_s = 1 - \frac{\gamma_b \cdot s}{\gamma \cdot h} = 1 - \frac{\gamma_b}{\gamma} \cdot \frac{h - \Delta h}{h}. \quad (3.68)$$

$$\text{Prin urmare } \frac{\gamma_b \cdot s}{\gamma \cdot h} = 1 - f_s = f_{su} \text{ și respectiv } \frac{s}{h} = f_{su} \frac{\gamma}{\gamma_b} = \frac{f_{su}}{k}, \quad (3.69)$$

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 (3.69), se calculează raportul  $\frac{s}{h}$ .

În baza formulelor (3.61) și (3.68) calculăm subțierea grosimii stratului  $\Delta h$ , care permite antrenarea tulpinilor și extragerea sucului cu  $GE \rightarrow f_s$ , adică  $\Delta h = D(1 - \cos \varphi) = h(1 - f_{su} \frac{\gamma}{\gamma_b})$ , de

$$\text{unde } D = h \frac{1 - f_{su} \cdot \gamma / \gamma_b}{1 - \cos \varphi} = h \frac{1 - f_{su} / k}{1 - \cos \varphi}. \quad (3.70)$$

Așadar, calculând  $h$  după formulă (3.64) și măsurând valorile proprietăților fizice ale materialului presat ( $f_s$ ,  $f_{su}$ ,  $\gamma$ ,  $\gamma_b$ ,  $\varphi$ ), se determină diametrul valțurilor  $D$  și jocul  $s$ .

Pentru obținerea unui grad mare de extragere ( $GE \rightarrow f_s$ ) și a unor condiții de funcționare eficientă a preseii, este necesar ca presarea materialului să fie realizată în baza trecerii acestuia prin mai multe pasaje cu scăderea treptată a jocului până la valoarea necesară ( $s \rightarrow 0, \Delta h \rightarrow h$ ), utilizând parametrii constructivi (diametrul valțurilor  $D$ ), cinematici (viteza valțurilor  $\omega$ ) și de forță ( $P$ ) cu valori rezonabile.

Majorarea diametrului valțurilor  $D$  sporește lungimea sectorului  $ab$  de antrenare-presare ( $l = R\beta$ , fig.3.16) și, respectiv, durata presării, îmbunătățind condițiile pentru scurgerea sucului (sectorul  $CD$ , fig.3.14). Concomitent, în aceste condiții, este necesar să se mărească sarcina aplicată asupra sectorului de antrenare-presare ( $P = p_m l b$ , unde  $p_m$  este presiunea medie în zona de presare,  $N/m^2$ ) și să se asigure o grosime uniformă a stratului de masă verde  $h$ .

Pentru majorarea gradului de extragere  $GE$ , este necesar să se micșoreze valoarea pasajului, adică  $\Delta h \rightarrow h$ .

Totodată, din relațiile (3.60, 3.64) este evident că valoarea  $s$  este limitată de  $\Delta h$  pentru o valoare dată  $h$ , care corespunde, la rândul său, productivității necesare  $Q_{mv}$ . Luând în considerație acest fapt, obținerea gradului dorit de extragere  $GE$  poate fi realizată prin trecerea materialului prin mai multe pasaje de stoarcere.

La presarea materialului este necesar să se obțină nu numai funcționalitatea preseii cu antrenarea sigură a tulpinilor, productivitate înaltă și grad sporit de extragere (stoarcere) a sucului, dar și un consum minim de energie.

**Puterea consumată la presarea materialului între valțuri.** După cum a fost menționat, pentru asigurarea antrenării și presării tulpinilor de către valțuri este necesar să se acționeze asupra materialului cu o forță  $P$  normală suprafeței de contact (fig.3.16).

Pentru acționarea valțurilor cu viteza  $\omega$ , conform [141,142], este necesar un moment de torsiune:

$$M_t = 2P\psi l, \quad (3.71)$$

unde  $\psi$  este coeficientul brațului,  $\psi = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{l_p}{l}$ ,  $\alpha, \beta$  - unghiuri de aplicare a forței  $P$  și respectiv a sectorului de antrenare-presare;  $l_p, l$  - lungimile brațului de aplicare a forței  $P$  și respectiv a sectorului de antrenare-presare.

Din formula (3.61) reiese, că  $\Delta h = D(1 - \cos \beta)$ .

Având în vedere că  $1 - \cos \beta = 2 \sin^2 \frac{\beta}{2}$ , obținem:

$$\Delta h = 2D \sin^2 \frac{\beta}{2}. \quad (3.72)$$

Pentru valori mici ale unghiului  $\beta$ :  $\sin \beta = \beta$ , de unde:

$$\Delta h = 2D \frac{\beta^2}{4} = R \beta^2. \quad (3.73)$$

Lungimea sectorului de antrenare-presare este egală cu:  $l = \beta R$ , unde  $R$  este raza tăvălugului de presare, m. Prin urmare,  $\beta = \frac{l}{R}$ , de unde  $\Delta h = R \frac{l^2}{R^2} = \frac{l^2}{R}$  și  $l = \sqrt{R \cdot \Delta h}$ . Atunci

$$M_t = 2P \psi l = 2P \psi \sqrt{R \Delta h} = 2p_m \psi b R \Delta h, \quad (3.74)$$

unde  $p_m$  este presiunea medie în sectorul de antrenare - presare ( $p_m = \frac{P}{bl} = \frac{P}{b\sqrt{R \cdot \Delta h}}$ );  $b$  - lățimea sectorului de antrenare - presare.

Conform datelor experimentale ale autorilor [139,141,142], valorile coeficientului brațului se află în limita  $\psi = 0,33 \div 0,67$ , valoarea medie fiind  $\psi = 0,5$ , atunci momentul de torsiune va fi:

$$M_t = P \sqrt{R \Delta h} = p_m b R \Delta h. \quad (3.75)$$

În acest caz, puterea consumată pentru realizarea procesului de antrenare-procesare a masei verzi va fi:

$$N = M_t \omega = P \sqrt{R \Delta h} \omega = p_m b R \cdot \Delta h \omega. \quad (3.76)$$

Astfel, pentru antrenarea sigură a masei vegetale este necesar ca diametrul valțurilor  $D$  și coeficientul de frecare  $f$  să aibă valori maxim posibile (formula 3.61). Totodată, productivitatea  $Q_{mv}$  și gradul de extragere  $GE$  depind direct proporțional de grosimea stratului  $h$  și, respectiv, de subțierea stratului  $\Delta h$  (formule 3.64, 3.67). La rândul său acești indicatori sunt direct proporțional dependenți de diametrul valțurilor  $D$ . Adică,  $h_{max}$ ,  $Q_{mv}$ ,  $GE = f(D)$ . Simultan majorarea diametrului valțurilor conduce la mărirea momentului de torsiune și a puterii consumate  $M_t$ ,  $N = f(D)$  la aceeași presiune și viteză unghiulară ( $p_m, \omega = const$ ).

Valoarea diametrului valțurilor  $D$  este condiționată de productivitatea presei  $Q_{mv}$  și cerințele de antrenare sigură a masei vegetale. Aceasta valoare, inițial, se calculează și apoi se verifică experimental. Real valorile maxime ale diametrului  $D$  sunt limitate de capacitățile energetice ale utilizatorilor preselor și de posibilitățile tehnologice ale întreprinderilor constructoare de mașini. Mai complicată este determinarea valorilor parametrilor de forță ( $P$ ,  $p_m$ ), viteză ( $\omega$ ,  $V$ ), poziționare a valțurilor ( $s$ ).

### 3.4.3. Argumentarea experimentală a parametrilor preseii

În lucrările [78, 79] este descrisă schema constructivă cu specificarea parametrilor tehnici cu caracter general ai preselor cu valțuri, însă lipsește metoda de calcul și argumentarea parametrilor tehnologici ai procesului de stoarcere mecanică a sucului. Din acest motiv, ținând cont de recomandările teoretice din p. 3.4.2, au fost calculați parametrii tehnologici și constructivi, care asigură valori optime pentru: interstițiul dintre valțuri; forța necesară de presare  $P$ ; turația  $n$  a valțurilor și s-a măsurat gradul de extragere a sucului GE, productivitatea  $Q_{mv}$  și puterea consumată  $N$ .

Rezultatele cercetărilor noastre [34] permit să presupunem o dependență cu caracter polinomial a gradului de extragere, a productivității presării și a puterii consumate funcție de jocul pasajului, turația valțurilor și de forța aplicată, precum și de existența unor acțiuni reciproce ale factorilor de influență.

Stabilirea dependenței gradului de extragere a sucului din sorg zaharat funcție de interstițiul din pasaj, de forța de presare și de turația valțurilor s-a realizat folosind planul polifactorial  $B_3$  (Box-Behnken) [143] (tab. 3.1). Pentru cercetări au fost folosite tulpini întregi și tocate de sorg zaharat, defoliate și fără panicule, cu umiditatea 71% și fracția masică a zaharului în suc 12%. Presa a fost alimentată uniform cu tulpini, asigurând valorile necesare ale factorilor de influență.

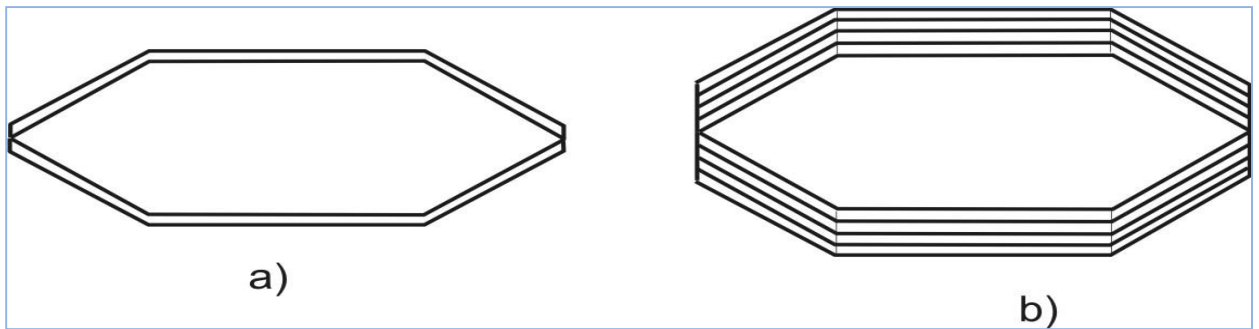
Tabelul 3.1. Niveluri de variație ai factorilor de influență (plan Box – Behnken  $3^3$ )

Factori de influență <sup>1</sup>	Valori factori de influență					
	Coordonate codate			Coordonate naturale		
<b>X<sub>1</sub>-jocul inițial dintre valțuri, mm</b>	-1	0	+1	3	6,5	10
<b>X<sub>2</sub> forța de presare, kN</b>	-1	0	+1	90	120	150
<b>X<sub>3</sub>- turația valțurilor, min<sup>-1</sup></b>	-1	0	+1	7	11	15

Deoarece forța de presare depinde de gradul de deformare a arc-discurilor care sunt montați pe suporturile laterale de la tăvălugul superior și care pot fi amplasați separat câte unul sau, mai des, în pachet (fig. 3.17), cercetările au fost efectuate pentru trei variante de asamblare a arc-discurilor și anume în pachet câte 2, 3 și 4 cupluri.

Pentru tot ciclul de cercetări diametrul valțurilor a avut o valoare constantă ( $D = 470\text{mm}$ ), care conform calculelor (formule 3.61, 3.64 și 3.70) și cercetărilor prealabile asigură antrenarea tulpinilor de sorg zaharat în pasaj și productivitatea de lucru scontată ( $Q_{mv} = 10\text{t/h}$ ).

<sup>1</sup>Unitățile de măsură sunt prezentate pentru coordonatele naturale.



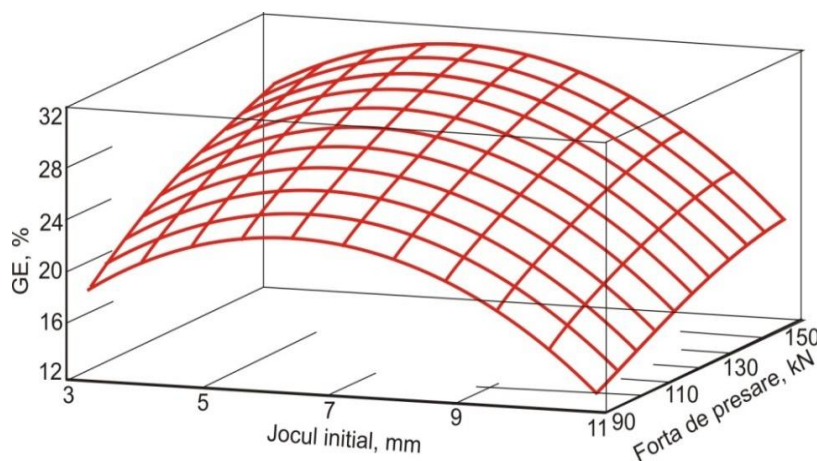
**Figura 3.17. Schema amplasării arc-discurilor în pachet: a) câte 1 cuplu; b) câte 4 cupluri**

După prelucrarea matematică a rezultatelor experimentelor (tab. A3.1) s-a obținut ecuația de regresie, care adecvat exprimă evoluția gradului de extragere mecanică a sucului  $GE$  funcție de regimurile tehnologice de presare:

$$GE = -57,4 + 6,86 x_1 + 0,43 x_2 + 6,5 x_3 - 0,477 x_1^2 - 0,0012 x_2^2 - 0,34 x_3^2. \quad (3.77)$$

Din analiza modelului matematic (3.77), prezentat grafic în figura 3.18, rezultă corectitudinea argumentărilor teoretice (formula 3.67) referitoare la posibilitatea de sporire a gradului de extragere  $GE$  prin diminuarea raportului  $s/h$  (jocul în pasaj/grosimea inițială a stratului), obținând valori maxime în zona  $s=5-7$  mm. Micșorarea în continuare a jocului inițial conduce la o diminuare nesemnificativă a gradului de stoarcere.

În cazul când jocul inițial nu depășește 5 mm se creează condiții pentru presarea neuniformă a stratului de materie primă: tulpinile cu diametrul mai mare sunt presate mai tare ca cele cu diametrul mai mic. La rândul său, mărirea forței  $P$  reduce neuniformitatea presării tulpinilor, totuși asigurând valori maxime în cazul jocului aflat în limitele 6-7 mm. Acest fenomen poate fi explicat prin faptul că cu mărirea presiunii crește semnificativ coeficientul de comprimare a masei vegetale  $K = \gamma_b/\gamma$  (raportul dintre masa volumetrică a bagasei și respectiv a materiei prime,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ).



**Figura 3.18. Gradul de extragere a sucului din sorg zaharat funcție de regimurile tehnologice de presare (turația valțurilor  $n = 11 \text{ min}^{-1}$ )**

Din comparațiile evoluției gradului de extragere (relația 3.77 , fig. 3.18 , 3.19, A3.2) rezultă că forța de presare influențează cel mai mult gradul de extragere a sucului de sorg zaharat, urmat, respectiv, de turațiile valțurilor și apoi de jocul inițial dintre valțuri ( $|b_2| > |b_3| > |b_1|$ ). Variabilele independente la puterea a doua formează curbura suprafeței de replică, având influența inversă asupra gradului de extragere cu ponderea cea mai mare a jocului inițial urmat de turațiile valțurilor ( $|b_{11}| > |b_{33}| > |b_{22}|$ ).

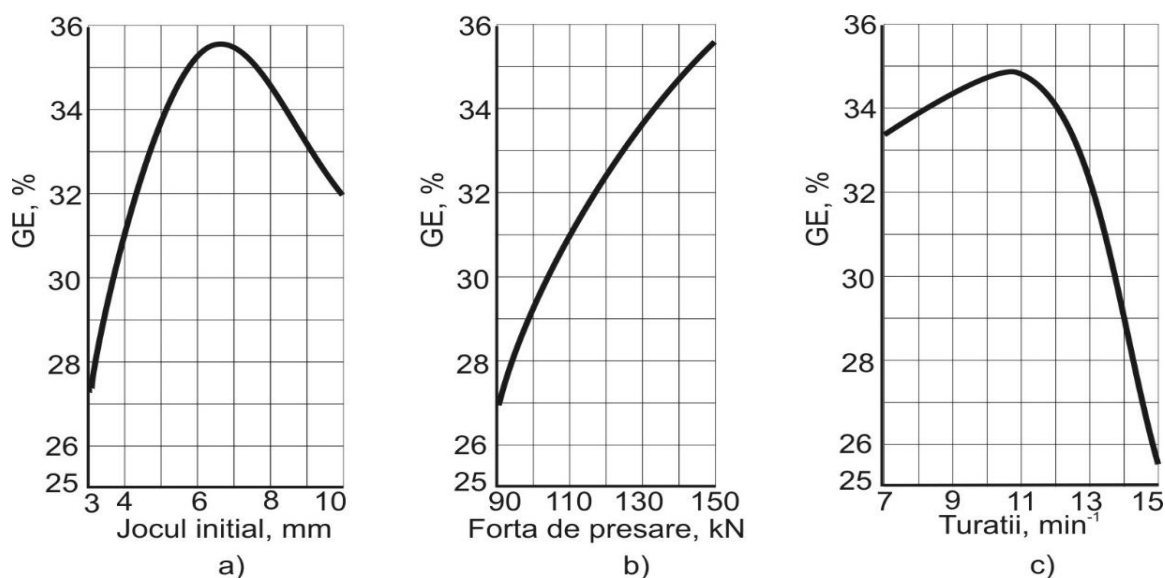
Urmărirea graficelor efectelor dominante ale regimurilor tehnologice asupra gradului de extragere (fig. 3.19) se evidențiază clar caracterul parabolic al dependenței GE de regimurile tehnologice ( $s_{in}$ , P, n). Totodată se constată existența, în domeniul de cercetare, a unor valori critice pentru jocul inițial și pentru turațiile valțurilor și lipsa acestora pentru forța de presare.

Astfel gradul maxim de extragere a sucului are loc în următoarele condiții tehnologice:

jocul inițial dintre valțuri  $5 \div 7$  mm,

- turația valțurilor  $10 \div 11$   $\text{min}^{-1}$ ,

- forța de presare -maximum posibilă (150kN).



**Figura 3.19. Influența regimurilor tehnologice de presare asupra gradului de extragere a sucului: a) forța  $P = 150\text{kN}$ , turația  $n = 10\text{min}^{-1}$ ; b) jocul  $s_{in} = 6,5$  mm; turația  $n = 10\text{min}^{-1}$ , c)  $s_{in} = 6,5\text{mm}$ ,  $P = 150\text{kN}$ .**

În cazul când turația valțurilor depășește  $11 \text{ min}^{-1}$ , gradul de extragere se micșorează brusc, cunoscând o dependență brusc descendentă din cauza scăderii proporționale a perioadei de influență asupra masei vegetale a forței de presare. Acest fenomen majorează și rezistența hidraulică la curgerea sucului (fig. 3.14).

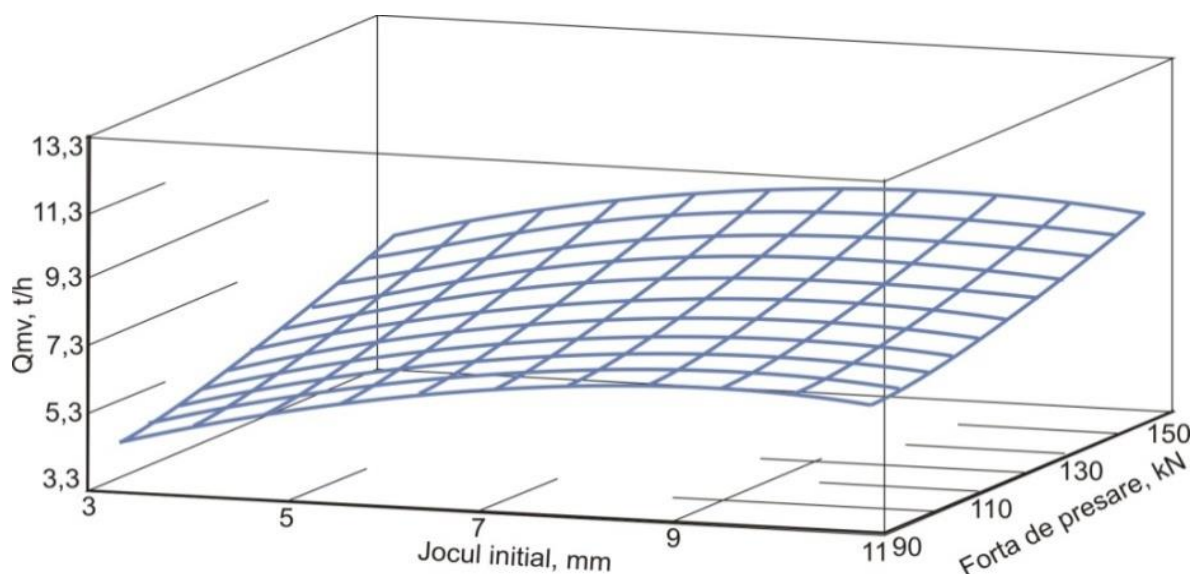
Dependența productivității procesului de presare  $Q_{mv}$  de cei trei factori (jocul inițial, forța de presare și turația valțurilor) este reflectată de următoarea ecuație de regresie.



$$Q_{mv} = 0,3 + 0,946 x_1 - 0,086 x_2 + 0,49x_3 - 0,0659x_1^2 + 0,032x_1x_3 + 0,0004 x_2^2 + 0,0038x_2x_3 - 0,028x_3^2. \quad (3.78)$$

Analiza modelului (3.78), prezentat în figurile 3.20, 3.21, A3.3 demonstrează corectitudinea ipotezelor teoretice înaintate anterior referitor la dependența productivității  $Q_{mv}$  de regimurile tehnologice. Astfel cel mai mult influențează productivitatea extragerii sucului viteza de rotire a valțurilor. Mărirea turațiilor de la  $7 \text{ min}^{-1}$  până la  $15 \text{ min}^{-1}$  sporește productivitatea de la 4,8 t/h până la 9,0 t/h. O scădere mică a dinamicii de creștere a productivității la turații mari ale valțurilor se datorează, probabil, patinării tulpinilor pe suprafața valțurilor.

Mai complexă este dependența productivității de jocul inițial dintre valțuri și forța de presare, deoarece mărirea acestora permite creșterea grosimii stratului  $h$  al materiei prime și doar după această mărire – creșterea productivității.

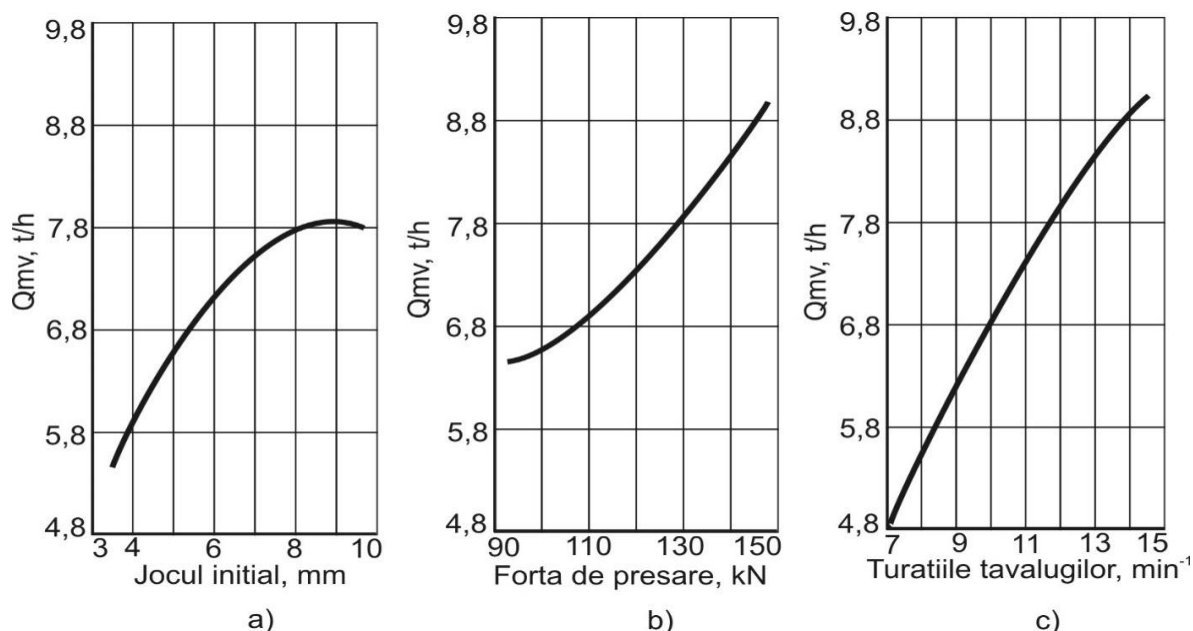


**Figura 3.20. Productivitatea procesului de extragere a sucului funcție de regimurile tehnologice (turați tăvălugilor  $n = 11 \text{ min}^{-1}$ )**

Odată cu schimbarea jocului inițial de la 3 până la 10 mm crește și productivitatea extragerii de la 5,4 până la 7,9 t/h. Forța  $P$  aplicată asupra sectorului de antrenare-presare cu lungimea  $l$  se determină din formula  $P = p_m \cdot l \cdot b$ , unde  $p_m$  - presiunea medie a valțurilor asupra materialului,  $\text{N/m}^2$ ;  $b$  - lățimea zonei de presare, m.

Deoarece, în experimentele efectuate, lățimea  $b$  a avut valori constante, majorarea forței  $P$  (pentru fiecare valoare concretă a jocului  $s$  dintre valțuri) a fost posibilă prin mărirea cantității specifice (productivității  $Q_{mv}$ ) a materiei prime, care a condus la mărirea grosimii stratului  $h$ , lungimii sectorului de antrenare-presare  $l$  și presiunii medii  $p_m$ .

Prin urmare, majorarea forței de presare  $P$  de la 90 până la 150 kN are drept consecință creșterea productivității de la 6,5 până la 9,2 t/h (fig.3.21) și concomitent a gradului de extragere  $GE$  de la 23,5 până la 31,5% (fig.3.19). Variabilele independente la puterea a doua determină curbura suprafeței de răspuns, ea fiind mai pronunțată la schimbarea jocului inițial. Aceasta se întâmplă, probabil, din cauza scăderii masei în vrac a stratului de tulpini pentru  $s_{in}=9 \dots 10$  mm.



**Figura 3.21. Productivitatea procesului de presare funcție de regimurile tehnologice: a) forța  $P = 150$  kN, turația  $n = 10$  min<sup>-1</sup>; b) jocul  $s_{in} = 6,5$  mm; turația  $n = 11$  min<sup>-1</sup>, c)  $s_{in} = 6,5$  mm,  $P = 150$  kN.**

Urmărirea influenței efectelor dominante (fig. 3.21) face posibilă determinarea coordonatelor punctelor critice și caracterului influenței regimurilor tehnologice asupra productivității procesului de presare.

Pentru condițiile cercetate de către noi, productivitatea maximă (cca 9,3 t/oră) poate fi realizată pentru următoarele condiții: jocul inițial - 9 ... 10 mm; forța de presare  $\leq 150$  kN, turația valțurilor - 15 min<sup>-1</sup>.

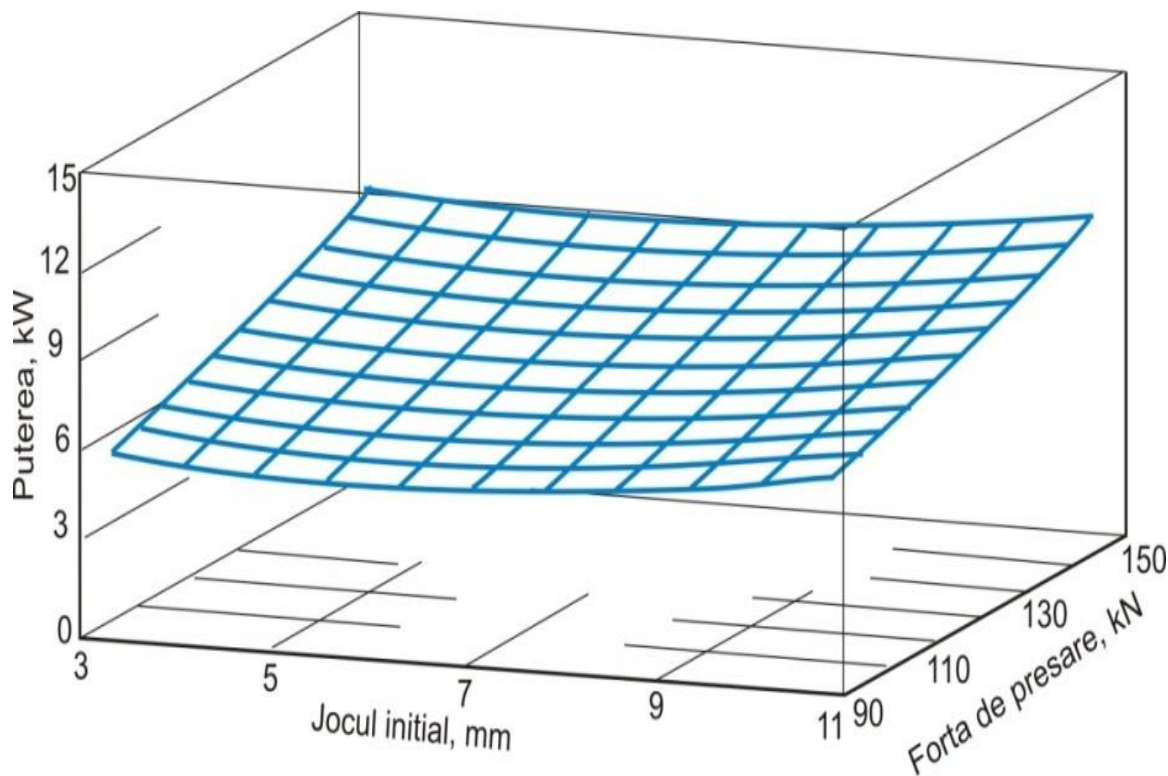
Regimurile tehnologice pot fi acceptate doar în rezultatul unei analize tehnico-economice complexe, în cadrul căreia un loc aparte revine puterii consumate la realizarea procesului de extragere a sucului.

Puterea necesară pentru acționarea cuplului de valțuri, în condițiile domeniului de cercetare realizat în experimentele noastre, depinde de regimurile tehnologice conform următorului model:

$$N = 3,83 - 0,53x_1 - 0,047x_2 - 0,043x_3 + 0,05x_1^2 + 0,0003x_2^2 + 0,004x_2x_3 + 0,013x_3^2. \quad (3.79)$$

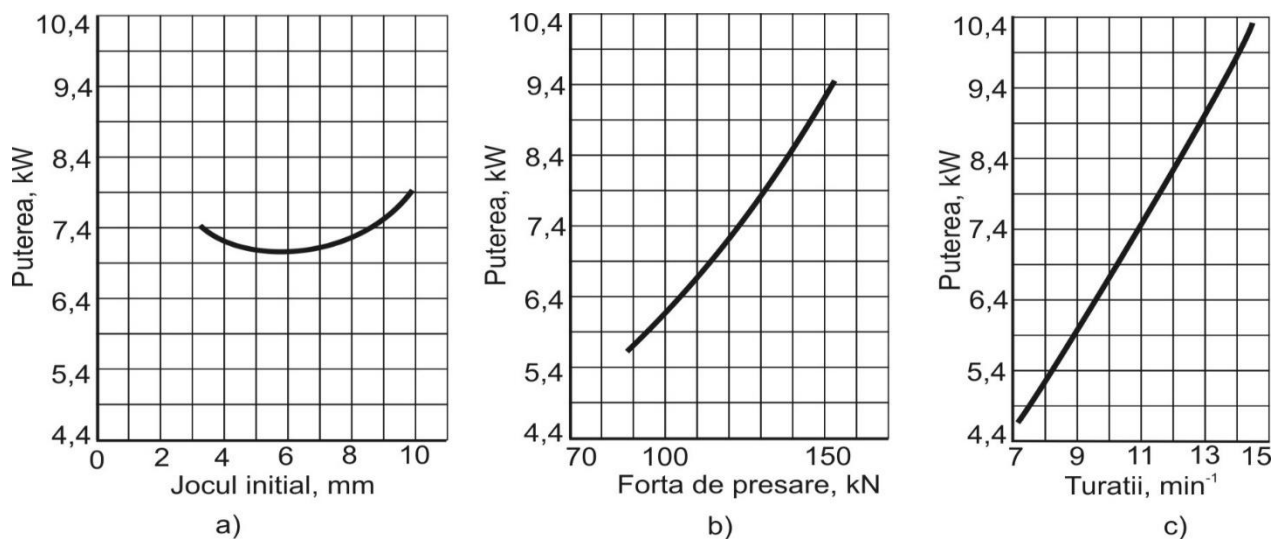
Din analiza ecuației 3.79, vizualizată în figurile 3.22, 3.23, A3.4, se evidențiază că puterea consumată este influențată nesemnificativ de valoarea jocului inițial și mult mai pronunțat de forța

de presare și de turația valțurilor. Această constatare experimentală corespunde, în tocmai, calculelor teoretice prezentate anterior (formula 3.76), conform cărora puterea consumată la presare este proporțională presiunii medii în zona de contact, gradului subțierii stratului de materie primă și vitezei unghiulare  $N=f(p_m, \Delta h, \omega)$ .



**Figura 3.22. Puterea consumată în procesul de presare a tulpinilor de sorg zaharat funcție de regimurile tehnologice (turația valțurilor  $n = 11 \text{ min}^{-1}$ )**

Analiza dinamicii puterii consumate funcție de regimurile tehnologice evidențiază că odată cu schimbarea jocului inițial în limitele 3 ... 10 mm, puterea consumată se menține la nivel de  $7,4 \pm 0,4 \text{ kW}$ , iar majorarea forței de presare de la 90 până la 150 kN conduce la mărirea puterii consumate de la 5,4 până la 9,4 kW. Influența cea mai pronunțată asupra puterii consumate este cea exercitată de către viteza valțurilor. Mărirea turațiilor valțurilor de la 7 până la  $15 \text{ min}^{-1}$  mărește puterea consumată de la 4,4 până la 10,2 kW.



**Figura 3.23. Influența regimurilor tehnologice asupra puterii consumate: a) forța  $P = 150\text{kN}$ , turații  $n = 11\text{min}^{-1}$ ; b) joc  $s_{in} = 6,5\text{mm}$ , turația  $n = 11\text{min}^{-1}$ ; c)  $s_{in} = 6,5\text{mm}$ ,  $P = 150\text{kN}$**

Influența cea mai pronunțată asupra puterii consumate este cea exercitată de către viteza valțurilor. Mărirea turațiilor valțurilor de la 7 până 15  $\text{min}^{-1}$  mărește puterea consumată de la 4,4 până 10,2 kW.

Cercetările efectuate permit argumentarea valorilor optime ale parametrilor tehnologici de stoarcere mecanică a sucului din tulpinile sorgului. Pentru condițiile studiate, valoarea optimă a jocului inițial este situată în intervalul  $5,5 \div 7,5$  mm. Acest joc asigură cel mai avantajos regim tehnico economic: productivitate și grad de extragere maxime cu influență minimă asupra puterii consumate.

Totodată gradul maxim de extragere a sucului cu productivitate maximă a utilajului poate fi obținut dacă forța de presare este mai mare sau egală cu 150 kN. Evident că acest lucru necesită valori maxime ale puterii consumate. Valoarea optimă a vitezei de rotire a valțurilor este  $10 \div 11$   $\text{min}^{-1}$ . La această turație a valțurilor se obține gradul cel mai înalt de extragere a sucului din sorg zaharat.

### 3.5. Concluzii la capitolul 3

1. Au fost argumentate cerințele inițiale pentru executarea mecanizată a operațiilor de recoltare și procesare a sorgului zaharat și necesitatea elaborării, pentru condițiile Republicii Moldova, a unei combine cu productivitatea  $13 \div 22$  t/h, agregată de tractor cu puterea motorului  $N \geq 58\text{kW}$ .

2. Plecând de la productivitatea combinei, s-au justificat parametrii constructivi ai combinei, productivitatea stației pentru extragerea sucului (5 tone de suc sau 10 tone de tulpini pe

oră) și componentele principale ale stației. S-a argumentat și propus metodică de stabilire a numărului de mijloace necesare pentru transportarea materiei prime și a sucului de sorg zaharat obținut la stația de procesare.

3. În baza analizei critice a aparatelor de tăiere a plantelor cu tulpini groase (sorg zaharat, porumb, floarea-soarelui etc.) a fost argumentat modelul fizic de tăiere și deplasare a masei vegetale care asigură 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  $\omega_{ant}$ ), s-a stabilit poziția optimă a divizorilor laterali și a celui central în raport cu tamburul de antrenare.

4. S-au propus metode de minimizare a influenței negative a forțelor centrifugale. S-a demonstrat că pentru antrenarea sigură, deplasarea tulpinii în interiorul tamburului și expulzarea sigură a tulpinilor în camera de recepție cu consum redus de energie sunt necesare următoarele condiții:

- coeficienții de frecare dintre tulpini și suprafețele dinților tamburului  $f_2$  și a tijelor de ghidare  $f_1$  să aibă valori minime,

- unghiul  $\gamma$  dintre suprafețele de lucru ale tijei de ghidare și ale dintelui tamburului să fie permanent mai mare decât suma  $\varphi_1 + \varphi_2$ ,

- lățimea de lucru a spațiului de antrenare (lungimea de lucru a dintelui de antrenare) trebuie să fie mai mare sau egală cu suma a două diametre ale tulpinii și un diametru al tijei de ghidare,

- unghiul  $\gamma$  dintre suprafețele de lucru ale dinților tamburului și ale plăcilor de expulzare trebuie să depășească suma coeficienților de frecare dintre tulpini și suprafețele respective ( $\gamma \geq \varphi_1 + \varphi_2$ ).

5. A fost argumentat teoretic și demonstrat experimental oportunitatea folosirii, pentru extragerea sucului din tulpinile sorgului zaharat, a preseii cu valțuri. Este stabilită dependența gradului de extragere a sucului GE, a productivității procesului de extragere a sucului și a puterii consumate de către componentele preseii funcție de regimurile tehnologice. În rezultatul prelucrării matematice a modelelor de regresie, obținute experimental, au fost optimizate regimurile tehnologice, care au următoarele valori: jocul inițial dintre valțuri  $5,5 \div 7,5$  mm, forța de presare cel puțin 150 kN, turația valțurilor –  $10 \div 11$  min<sup>-1</sup> (viteza de rotație –  $0,246 \div 0,27$  m/s).

## 4. ARGUMENTAREA METODELOR ȘI UTILAJELOR PENTRU DOZAREA ȘI AMESTECAREA COMPONENTELOR BIOCOMBUSTIBILILOR LICHIZI

### 4.1. Analiza parametrilor hidrodinamici

Pentru eficientizarea procesului de dozare-amestecare a componentelor biocombustibilului în condiții de producție au fost elaborate două metode cu proiectarea instalațiilor respective. Ținând cont de recomandările prezentate în capitolul 1 (p.1.4), ambele metode se bazează pe principiul dozării multicanale cu dirijare electronică comună a procesului propriu-zis.

În cele ce urmează prezentăm analiza parametrilor hidrodinamici, care influențează procesul de curgere a lichidului în instalațiile elaborate.

Funcționarea instalațiilor propuse se bazează pe scurgerea lichidului extras printr-un orificiu sau printr-o conductă calibrată (canal de evacuare) sub acțiunea unei suprapresiuni. Din literatura de specialitate [144,145,146], pentru condițiile descrise anterior, pentru determinarea debitului de curgere  $Q$  se propune următoarea formulă:

$$Q = SV = S\mu\sqrt{2gH}, \quad (4.1) \text{ unde}$$

$S$  este suprafața reală a secțiunii orificiului, prin care are loc curgerea;  $V$  – viteza reală de curgere a lichidului;  $\mu$  - coeficientul debitului, care ține cont de forma orificiului, starea marginilor orificiului, gradul de comprimare a jetului și caracterul de curgere ( $Re$ );  $g$  – accelerația căderii libere;  $H$  – presiunea totală (calculată) de curgere.

Presiunea totală poate fi determinată cu următoarea relație:

$$H = h + \frac{(p_1 - p_0)}{\rho g} = h + \frac{\Delta p}{\rho g}, \quad (4.2)$$

unde  $h$  este înălțimea coloanei de lichid la intrare în orificiul de evacuare;  $p_1, p_0$  – presiunea, respectiv la intrare și la ieșire din orificiul de evacuare, ( $p_1 > p_0$ );  $\rho$  - densitatea lichidului dozat.

Coeficientul de debit  $\mu$ , influențează debitul de curgere  $Q$  și reprezintă produsul dintre coeficientul de comprimare a jetului  $\varepsilon$  și coeficientul de viteză  $\varphi$ .

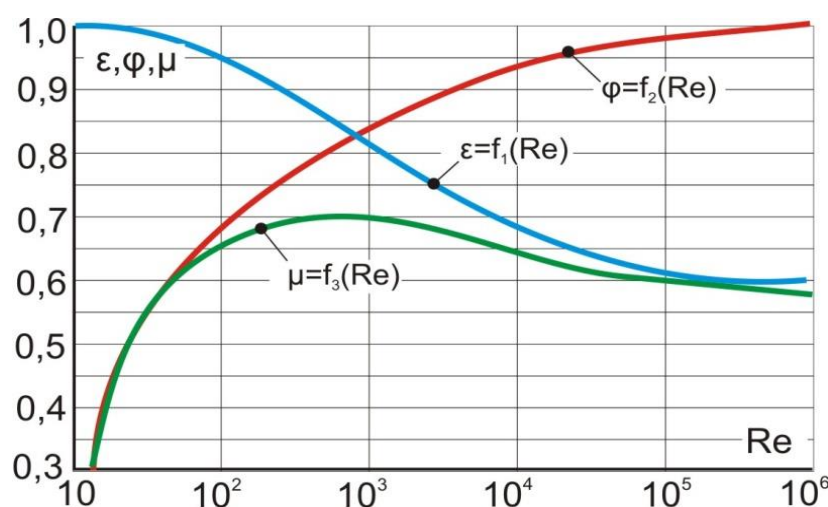
Coeficientul  $\varphi$  caracterizează influența rezistențelor hidraulice locale asupra vitezei de curgere a lichidului din orificiul de evacuare, iar coeficientul  $\varepsilon$  - modificarea geometriei jetului în raport cu secțiunea orificiului de evacuare.

Valorile tuturor coeficienților depind de criteriul Reynolds<sup>1</sup>, care descrie caracterul mișcării lichidului dozat [97,145,147]:

$$Re = \frac{dV}{\nu} = \frac{d\mu\sqrt{2gH}}{\nu}, \quad (4.3)$$

unde  $d$  reprezintă diametrul caracteristic al canalului de curgere;  $V$  - viteza de curgere a lichidului ideal sub acțiunea presiunii totale  $H$ ;  $\nu$  - viscozitatea cinematică a lichidului dozat.

În fig.4.1 este prezentată dependența coeficienților de curgere  $\varepsilon$ ,  $\varphi$ ,  $\mu$ , pentru orificiul rotund cu valori stabilite conform criteriului Reynolds( $Re$ ) calculat funcție de viteza de curgere a unui lichid ideal (formula 4.3).



**Figura 4.1. Dependența coeficienților de curgere de valoarea criteriului Reynolds ( $Re$ ) pentru cazul curgerii ideale a lichidului**

Odată cu mărirea vitezei de curgere  $V$  și, prin urmare, cu majorarea  $Re$ , coeficientul de viteză  $\varphi$  crește brusc și tinde spre valoarea  $\varphi=1,0$  (fig.4.1) [148]. Acest fapt mărturisește despre scăderea semnificativă a influenței viscozității asupra procesului de curgere. Astfel, în intervalul vitezelor de curgere foarte mici ( $Re<25$ ), rolul viscozității este mare. Însă asemenea regimuri de curgere se folosesc în practică foarte rar (dozarea de precizie în laboratoarele de cercetări) și, de regulă, prezintă doar interes teoretic.

Cu mărirea criteriului  $Re$  coeficientul  $\varphi$  crește deoarece se micșorează coeficientul de rezistență  $\gamma$ , iar coeficientul de comprimare a jetului  $\varepsilon$  scade și tinde spre valoarea  $\varepsilon=0,6$ . Totodată coeficientul de debit  $\mu$ , care reprezintă produsul coeficienților  $\varphi$  și  $\varepsilon$ , pe parcursul primei etape crește, atingând valoarea maximă ( $\mu=0,69$  pentru  $Re\approx 350$ ), iar apoi descrește lent până la  $\mu=0,6$  și se schimbă puțin cu majorarea ulterioară a criteriului  $Re$ . Prin urmare, din cauza coeficientului  $\mu$

<sup>1</sup>Ecuția este valabilă pentru orificii mici [110] Se consideră mic acel orificiu, la calculul curgerii prin care se neglijează viteza de apropiere a lichidului, iar vitezele locale ale lichidului în toate punctele secțiunii comprimate sunt practic egale, ceea ce se observă la  $d < 0,1H$ .

valoarea reală a debitului de curgere  $Q$  se reduce cu 30 – 40 % în raport cu debitul, calculat pentru lichidul ideal.

Folosind valoarea calculată a criteriului *Reynolds*, pentru valori concrete alese ale diametrului orificiului de curgere  $d$ , înălțimii coloanei de lichid  $h$  și presiunilor  $p_1, p_0$  din graficul  $\mu=f(Re)$  putem determina valoarea coeficientului de debit  $\mu$  și putem calcula, cu precizie destul de mare, debitul de curgere  $Q$ .

Un interes deosebit pentru practică prezintă sectorul din graficul  $\mu=f(Re)$ , unde modificările mărimii  $\mu$  sunt ne semnificative funcția de  $Re$ , adică pentru  $Re > 10^4$  (regimul turbulent de curgere) [149,150]. În acest caz, valoarea debitului  $Q$  va depinde numai de secțiunea  $S$  (la valori constante ale diferenței  $p_1-p_0$  și înălțimii  $h$ ), ceea ce reduce eroarea de dozare, excluzând una din surse de proveniență a acesteia – dependența coeficientului de debit  $\mu$  de caracterul curgerii lichidului ( $Re$ ).

Asupra valorii presiunii totale de curgere  $H$  (formula 4.2), prin urmare, și asupra debitului  $Q$  (formula 4.1), influențează înălțimea coloanei de lichid  $h$ . Practic valoarea  $h$  poate fi menținută cu o anumită precizie în limitele  $\pm \Delta h$ . Astfel  $h$ , în orice moment, se va afla în intervalul  $h \pm \Delta h$ , de unde rezultă că cu cât este mai perfectă metoda de menținere constantă a valorii  $h$ , cu atât va fi mai mică valoarea  $\Delta h$ .

La rândul său, eroarea de dozare, care este prezentă în toate cazurile poate fi exprimată prin formula:

$$\delta = \frac{Q - Q_r}{Q} \cdot 100\% = \left[ 1 - \sqrt{1 + \frac{\Delta h}{h + \frac{\Delta p}{\rho g}}} \right] \cdot 100\% , \quad (4.4) \text{ unde}$$

$Q$  și  $Q_r$  reprezintă debitele de curgere, respectiv cel nominal și cel real (pentru  $\Delta p, S$  și  $\mu$  constante).

## 4.2. Cercetări cu privire la argumentarea parametrilor instalației cu dozator –malaxor

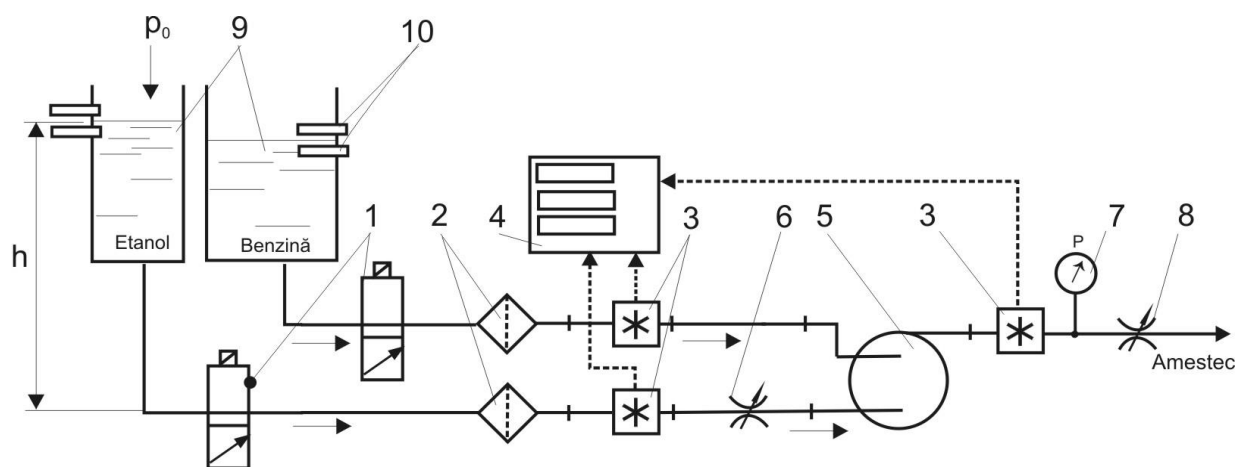
### 4.2.1. Construcția instalației “Biomixt”

În capitolul 1 au fost descrise avantajele și dezavantajele instalației cu ejector, în care dozarea-amestecarea componentelor este realizată la ieșire din pompă în baza fenomenului de ejecție. În continuare vom analiza instalația “Biomixt” elaborată de ITA “Mecagro”. La această instalație dozarea-amestecarea componentelor se realizează la intrare în pompă, datorită fenomenului absorbției componentelor prin conducte cu rezistență hidraulică reglabilă [151]. Componentele inițiale sunt debitate prin droselele reglabile 1, filtrele 2, traductoarele de debit 3, două conducte în pompă-malaxor (etajată) 5 (fig. 4.2),.



În conducta de furnizare a componentului cu fracție mai mică (de exemplu, etanol) este montat un dozator 6, iar la ieșire din pompa-malaxor este montat manometrul 7 și droselul reglabil 8, care reglează debitul amestecului obținut, și prin care acesta este pompat în rezervorul de acumulare. Dirijarea instalației și controlul raportului componentelor sunt realizate cu ajutorul blocului de dirijare 4.

Ansamblul de bază al instalației este pompa-malaxor 5, care pompează și amestecă componentele ce asigură obținerea unui biocombustibil cu o stabilitate a fazelor elevată. Dozarea componentelor se bazează pe dependența debitului lichidului, în cazul presiunii constante, de secțiunea transversală a conductei  $Q = f(S)$ .



**Figura 4.2. Bloc schema hidraulică a instalației «BIOMIXT»: 1 – distribuitoare hidraulice; 2 – filtre; 3 – traductoare de debit; 4 – bloc de dirijare; 5 – pompă-malaxor; 6 – dozator (drosel reglabil); 7 – manometru; 8 – drosel reglabil**

În instalația „Biomixt” conducta de furnizare a componentei cu fracția mai mare (benzinei) nu este dotată cu dispozitive de reglare, iar conducta componentului cu fracția mică (etanolului) are dozatorul 6 (fig. 4.2). Datorită elementului de dozare a etanolului, poate fi schimbat raportul dintre secțiunile conductelor și, respectiv, raportul componentelor amestecului.

Modificând valoarea secțiunii de trecere  $S$  a droselului reglabil 6, putem regla cantitatea de lichid, care pătrunde în unul dintre canalele de absorbție ale pompei 5, iar, deoarece ceilalți parametri componenți ai formulelor 4.1 și 4.2 rămân constanți, se formează un flux continuu stabil de curgere cu debitul dat  $Q$ .

În cazul general, conform [152], instalarea dispozitivelor care măresc rezistența hidraulică locală, la intrare în pompa centrifugală are drept rezultat o reducere sporită a presiunii la intrarea lichidului în camera de lucru și apariția efectului de cavitație. Sistemul de dozare propus minimizează efectul negativ al cavitatiei, deoarece absorbția componentelor se efectuează concomitent prin două conducte, dintre care conducta cu diametrul cel mare are secțiunea

constantă. Prin urmare, la închiderea parțială a conductei cu diametrul mic debitele fluxurilor se schimbă, neafectând condițiile normale de funcționare a pompei.

Debitmetrele electronice permit de a efectua măsurările debitelor momentane și integrale ale componentelor amestecate și a produsului finit. Informația înregistrată de debitmetre poate fi utilizată pentru organizarea funcționării sistemului de control automat al instalației și evidența produsului finit.

Omogenizarea componentelor amestecului se efectuează în camera de lucru a pompei prin utilizarea mai multor trepte de pompare. Numărul componentelor amestecului poate fi majorat prin mărirea numărului de canale de absorbție la pompa-malaxor.

#### 4.2.2. Argumentarea teoretică a parametrilor instalației “Biomixt”

Din formula 4.4 reiese că eroarea de dozare  $\delta$  poate fi micșorată prin mărirea înălțimii  $h$  și a suprapresiunii  $\Delta p$ , păstrând la valori constante căderea înălțimii  $\Delta h$ . Însă pentru schema de dozare prezentată în figura 4.2 posibilitățile de majorare a căderii presiunii  $\Delta p$  sunt limitate. Din cele expuse rezultă că pentru cazul dat micșorarea  $\delta$  poate fi realizată, în măsura posibilităților, prin mărirea înălțimii  $h$  sau folosind metode mai perfecte de menținere ( $\Delta h \rightarrow \min$ ).

Este cunoscut că, la prepararea biocombustibililor lichizi, este extrem de important să se mențină la un nivel constant raportul dintre elementele componente ( $Q_1:Q_2:Q_3: \dots :Q_i = \text{constant}$ ). Asigurarea preciziei acestui raport este direct influențat de precizia alegerii diametrelor canalelor de furnizare a componentelor respective de la niplurile pompei.

Încercările noastre experimentale a instalației Biomixt au arătat că raportul componentelor amestecului, pentru aceeași poziție a droselului reglabil, se schimbă considerabil când, la ieșire din pompa-malaxor, presiunea este egală cu 0,40-0,45 MPa, S-a demonstrat, că în acest diapazon de presiuni se află puncte „critice” când caracterul mișcării lichidelor în canale se schimbă în felul următor: pentru canalul „Etanol” – de la laminar la intermediar, iar în canalul „Benzină” – de la regimul intermediar la cel turbulent. Totodată, s-a constatat că prezența punctelor „critice” menționate a cauzat scăderea preciziei dozării și funcționarea defectuoasă a debitmetrelor.

Cum s-a menționat în p.4.1, rezistența hidraulică în conducte depinde foarte mult de regimul de curgere a lichidului, și este funcție de criteriul Reynolds (p.4.1). Cunoscând acest criteriu pot fi determinate diametrele optime ale conductelor, pierderile hidraulice și regimurile de curgere a lichidelor, care asigură menținerea raportului necesar al componentelor amestecului.

Pierderile hidraulice din conductele de presiune (rigide sau flexibile) și din racordări trebuie să fie minime posibile. La rândul său, cum s-a menționat anterior, pierderile de lichid din liniile hidraulice depind de regimul de curgere a lichidului, determinat de numărul Reynolds fiind

compuse din pierderile cauzate de frecarea hidraulică, cele din aparatajul hidraulic și pierderile hidraulice totale. La rândul său, frecarea hidraulică depinde de lungimea conductei, rugozitatea suprafețelor de contact cu lichidul, dimensiunile și forma secțiunii transversale.

În practica mondială [40,156-159] fracția volumetrică a etanolului în majoritatea cazurilor variază în limita 5-20% vol. în amestec cu benzină (respectiv 95-80% vol.) În unele țări (de exemplu Suedia) este folosit amestecul E85 cu fracția volumetrică a etanolului de 85%.

Este necesar de menționat că, în instalația „Biomixt”, debitul minim al fiecărui component poate fi de cel puțin de  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $1,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ). Acest debit reprezintă limita de jos care asigură o funcționare stabilă, practic, a tuturor debitmetrelor utilizate (inclusiv a celor elaborate și produse la Centrul „TIS”). Debitul minim menționat se referă la folosirea etanolului în amestecurile E5÷E20. Totodată, este important să specificăm că, în cazul E20, cota minimă a benzinei va fi de patru ori mai mare ca cea a etanolului. Astfel debitul minim al benzinei pentru E20 va fi de patru ori mai mare ce se demonstrează din următoarele calcule:

$$Q_{\text{etanol}}^{\min} = 0,5 \text{ m}^3 / \text{h} = 1,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}, \quad Q_{\text{benz}}^{\min} = 2,0 \text{ m}^3 / \text{h} = 5,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s},$$

$$Q_{\text{amest}}^{\min} = 2,5 \text{ m}^3 / \text{h} = 6,95 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}.$$

La rândul său, debitele maxime sunt determinate de caracteristica pompei (fig. 4.3). La debitul maxim al pompei  $Q_{\text{amest}}^{\max} = 6 \text{ m}^3 / \text{h} = 16,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$  (presiunea amestecului, la ieșire din pompă, constituie  $P=0,25 \text{ MPa}$ ) și, respectiv, pentru raportul componentelor 1:4 - debitele componentelor vor fi:

$$Q_{\text{etanol}}^{\max} = 1,2 \text{ m}^3 / \text{h} = 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}; \quad Q_{\text{benz}}^{\max} = 4,8 \text{ m}^3 / \text{h} = 13,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}.$$

Viteza de curgere a lichidului prin conductă se poate calcula după formula:

$$v_i = \frac{Q_i \cdot 4}{\pi \cdot d_i^2}, \text{ m/s}, \quad (4.5)$$

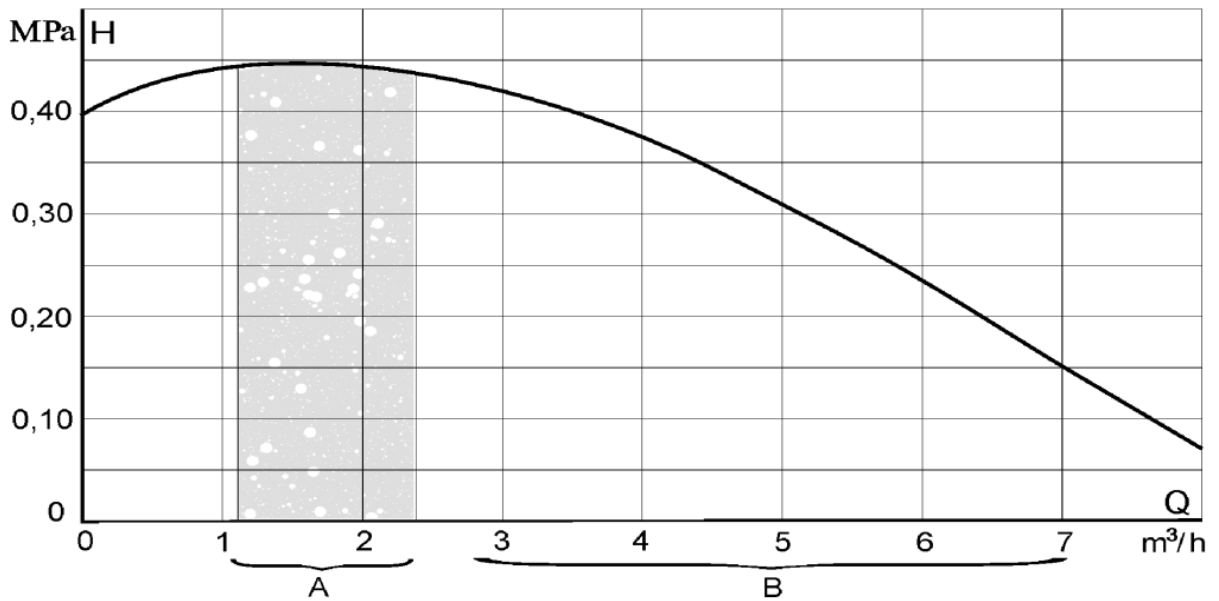
unde  $Q_i$  este debitul componentei  $i$  în amestec.

Utilizând valoarea vitezei fluxului din formula (4.3), în baza formulei (4.5) obținem:

$$\text{Re}_i = \frac{4 \cdot Q_i}{\pi \cdot d_i \cdot v_i}, \quad (4.6)$$

de unde se poate deduce relația pentru calculul diametrelor „critice” ale conductelor:

$$d_i = \frac{4Q_i}{Re_i \pi v_i}. \quad (4.7)$$



**Figura 4.3. Caracteristica pompei – malaxor: A – regiunea regimurilor intermediare de curgere a componentelor amestecului; B – regiunea presiunii și productivității optime**

În diapazonul debitelor extreme ( $Q_{\text{amest}}=2,5\dots 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ) la instalația „Biomixt” este necesar să se utilizeze conducte cu diametre care asigură un caracter turbulent sau laminar de curgere a lichidului. Caracterul intermediar de curgere nu este admisibil la dozarea componentelor, deoarece acest caracter reduce esențial stabilitatea de mișcare a lichidului și precizia dozării componentelor.

Este considerat caz ideal atunci când etanolul și benzina posedă un caracter identic de curgere. Acest lucru are loc dacă cifrele *Reynolds* ale ambelor lichide sunt egale, adică  $Re_{\text{etanol}}=Re_{\text{benz}}$ . Pentru acest caz, din ecuația (4.7), se poate determina raportul optim al diametrelor conductelor prin care curg componentele biocombustibilului:

$$\frac{Re_{\text{benz}}}{Re_{\text{etanol}}} = \frac{Q_{\text{benz}} \cdot d_{\text{etanol}} \cdot v_{\text{etanol}}}{Q_{\text{etanol}} \cdot d_{\text{benz}} \cdot v_{\text{benz}}} = 1, \quad (4.8)$$

de unde

$$\frac{d_{\text{benz}}}{d_{\text{etanol}}} = \frac{Q_{\text{benz}} \cdot v_{\text{etanol}}}{Q_{\text{etanol}} \cdot v_{\text{benz}}} = \frac{4 \cdot 1,72}{0,56} = 12,3. \quad (4.9)$$

Deoarece, cum s-a menționat anterior, raportul componentelor  $\frac{Q_{\text{benz}}}{Q_{\text{etanol}}}$  trebuie să fie egal cu 4, iar viscozitatea cinematică a benzinei și a etanolului sunt egale respectiv cu 0,56 și 1,72  $\text{mm}^2/\text{s}$ , raportul diametrelor conductelor este  $\frac{d_{\text{benz}}}{d_{\text{etanol}}} = 12,3$ . Această valoare este destul de mare,

ce îngreunează realizarea constructivă la o instalație concretă. De aceea este necesar de găsit o soluție de compromis, care ar asigura un caracter identic de curgere a componentelor biocombustibilului[160].

Este cunoscut că, pentru  $Re < 2320$  curgerea lichidului are caracter laminar, pentru  $Re > 10^4$  – turbulent, iar pentru  $2320 < Re < 10^4$  - intermediar. Determinarea regimului de tranziție (intermediar), ca și caracteristicilor acestuia este o problemă fundamentală a mecanicii fluidelor[97,161,162].

Mișcarea turbulentă este cea mai răspândită atât în tehnica, cât și în natură, excepție făcând hidrodinamica lubrifianților și mișcarea în medii precise. În condiții speciale, când nu există cauze perturbatoare (zgomot, vibrații), rugozitate relativ mică a suprafețelor interioare ale conductelor, vâscozitate mare a fluidelor - regimul laminar se poate menține și la numere  $Re$  chiar mai mare de  $10^4$ , dar în condiții de instabilitate. Din formula (4.6) rezultă că cu mărirea diametrului  $d$  al conductei se reduce criteriul  $Re$ , ce schimbă tendința de curgere a lichidului spre laminar.

Din punct de vedere constructiv, în instalația „BIOMIXT”, caracterul laminar de curgere a lichidului necesită mărirea considerabilă a diametrelor conductelor ce din punct de vedere practic nu este rațional. De exemplu, pentru asigurarea caracterului laminar al curgerii în conducta etanolului la debitul maxim  $Q_{e\text{tan ol}}^{\max} = 3,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$ , diametrul conductei trebuie să fie de cel puțin 0,11 m, pentru condiții identice la curgerea benzinei diametrul conductei trebuie să fi peste 1,3 m. Prin urmare, este rațional ca, în conductele instalației „BIOMIXT”, componentele biocombustibilului să se miște turbulent. Această concluzie este susținută și de analiză teoretică a parametrilor hidrodinamici de curgere a lichidului prin orificiu calibrat prezentată în paragraful 4.1 al prezentei lucrări. Pentru asigurarea acestei condiții este necesar ca criteriul  $Re \geq 10^4$ .

În continuare prezentăm calculul diametrelor maxime ale conductelor reieșind din debitele minime admisibile pentru fiecare component și ținând cont că valorile reale trebuie să fie mai mici decât cele calculate. Astfel valorile maxime admisibile ale diametrelor conductelor vor fi:

- pentru benzină

$$d_{benz}^{\max} = \frac{4 \cdot Q_{benz}^{\min}}{Re \cdot \pi \cdot v_{benz}} = \frac{4 \cdot 5,56 \cdot 10^{-4}}{10^4 \cdot 3,14 \cdot 0,56 \cdot 10^{-6}} = 0,126 \text{ m}, \quad (4.10)$$

- pentru etanol

$$d_{e\text{tan ol}}^{\max} = \frac{4 \cdot Q_{e\text{tan ol}}^{\min}}{Re \cdot \pi \cdot v_{e\text{tan ol}}} = \frac{4 \cdot 1,39 \cdot 10^{-4}}{10^4 \cdot 3,14 \cdot 1,72 \cdot 10^{-6}} = 0,01 \text{ m}. \quad (4.11)$$

Valorile calculate vor fi folosite pentru stabilirea diametrelor reale ale conductelor, ținând cont că valorile reale trebuie să fie mai mici decât cele calculate. În caz contrar, cu schimbarea

debitului, caracterul curgerii lichidului poate fi altul decât turbulent. Schimbarea raportului dintre fracțiile volumetrice ale etanolului și benzinei în amestecul biocombustibilului impune precizarea valorilor maximal admisibile ale diametrelor conductelor respective.

Luând în considerație că, în majoritatea amestecurilor menționate, cota etanolului este mai mică decât a benzinei, valoarea minimă a debitului care constituie  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$  (limita de jos a preciziei debitmetrelor ) se referă doar numai la etanol. Prin urmare, valoarea maximală admisibilă a diametrului conductei, prin care curge etanolul, rămâne pentru toate concentrațiile constantă și se determină din relația:

$$d_{e \text{ tan ol}}^{\max} = 0,01m. \quad (4.12)$$

Reducerea concentrației volumetrice a etanolului de la 20 % până la 5 % are drept consecință creșterea concentrației volumetrice a benzinei de la 80 % până la 95 % și respectiv a debitului  $Q_{benz}$ , îmbunătățind condițiile de turbulență a fluxului benzinei.

Pentru asigurarea funcționării stabile a instalației, valorile diametrelor conductelor vor fi determinate, luând în considerație *principiul de bază al stabilității hidraulice* [95,96], care confirmă că raportul dintre valorile debitului lichidului  $Q_{real}$  și  $Q_{max}$ , pentru un sistem concret, trebuie să tindă spre 1. Cu cât mai aproape este acest raport de 1, cu atât mai sigură este stabilitatea regimului hidraulic.

Aplicând principiul stabilității hidraulice la instalația „BIOMIXT”, rezultă că raportul secțiunilor transversale ale conductelor prin care curg componentele amestecului biocombustibilului (de exemplu, benzină și etanol), trebuie să se apropie de raportul debitelor acestor lichide, adică  $S_{etanol} \cdot S_{benz} \approx Q_{etanol} \cdot Q_{benz}$ .

Plecând de la cerințele menționate și raportul efectiv al componentelor  $Q_{etanol} \cdot Q_{benz} = 1:4$ , recomandăm următoarele diametre ale conductelor:

- pentru etanol 1/4" (diametrul convențional de trecere – 10 mm),
- pentru benzină 3/4" (diametrul convențional de trecere – 20 mm).

### **4.3. Cercetări cu privire la argumentarea parametrilor instalației cu curgere a lichidului la suprapresiune „Biomixt-Pres”**

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. Totodată,

simplitatea constructivă și gabaritele mici completate de precizia înaltă și diapazon larg de dozare îi atribuie acesteia competitivitate în comparație cu alte instalații de acest tip.

Realizarea acestor deziderate a fost posibilă datorită anumitor particularități constructive. Astfel, analizând valoarea erorii de dozare  $\delta$  a instalației „Biomixt” s-a constatat, că pentru creșterea preciziei de dozare este necesar să fie mărită diferența dintre presiunea de la intrare  $p_1$  și cea de la ieșire  $p_0$  din orificiul de evacuare (vezi formula 4.2). Această condiție poate fi realizată dacă lichidul va curge dintr-un rezervor ermetic cu o presiune  $p_1 > p_0$ .

În general, instalații care funcționează după principiul descris anterior sunt cunoscute [163-166], de exemplu, ce-a prezentată în figura 4.4.

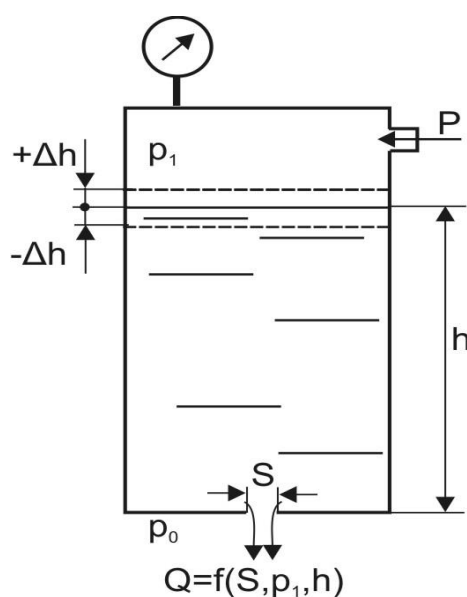


Figura 4.4. Schema dozatorului cu curgere a lichidului prin orificiu calibrat

În rezervorul de lucru, presiunea necesară ( $p_1 \pm \Delta p_1$ ) se menține cu ajutorul aerului comprimat din rezervor. Nivelul lichidului dozat  $h$  se menține constant, iar mai exact – în diapazonul  $h \pm \Delta h$ . Mărimile  $\Delta p_1$  și  $\Delta h$  se stabilesc în regim automat de către un sistem de dirijare proiectat special pentru acest lucru.

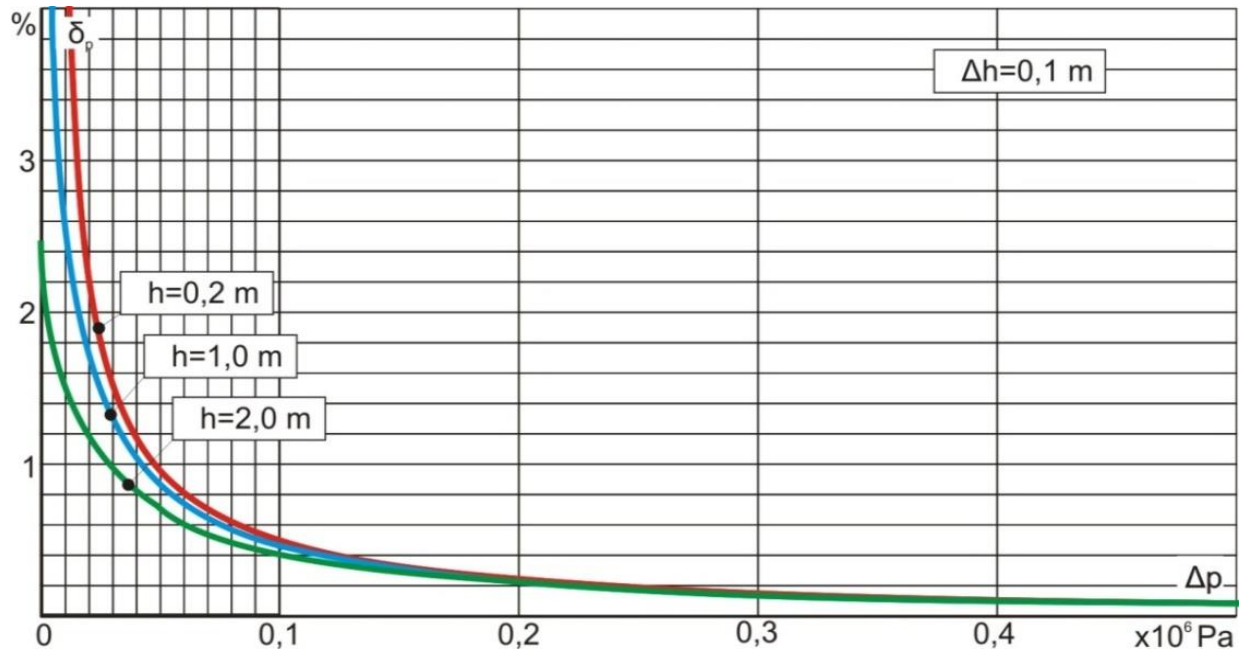
Pentru realizarea condițiilor descrise, este necesar ca debitul  $Q$  de curgere prin orificiul calibrat cu secțiunea  $S$  să se afle în diapazonul  $Q \pm \Delta Q$ , unde  $\Delta Q$  reprezintă eroarea diapazonului debitului de curgere.

La rândul său,  $\Delta Q$  este determinat de suma erorilor care apar la menținerea suprapresiunii  $\Delta p$  și a nivelului  $\Delta h$ . Gradul cu care  $\Delta p$  și  $\Delta h$  influențează  $\Delta Q$  poate fi stabilit din analiza formulei

4.4, având în vedere, că  $\delta = \frac{\Delta Q}{Q} \cdot 100\%$  și din care urmează că eroarea de dozare  $\delta$  se micșorează

odată cu creșterea  $\Delta p$ . Deci,  $\lim_{p_1 \rightarrow \infty} \delta = 0$ .

În figura 4.5 este prezentată dependența erorii de dozare  $\delta$  funcție de căderea presiunii  $\Delta p$  în rezervorul de lucru pentru diferite înălțimi ale coloanei de lichid  $h$  și abaterea fixată  $\Delta h$ .



**Figura 4.5. Eroarea de dozare  $\delta$  funcție de suprapresiunea  $\Delta p$  din rezervorul de lucru pentru diferite înălțimi ale coloanei de lichid**

Din grafic rezultă că, pentru  $\Delta p > 0,2 \cdot 10^6 Pa$ , înălțimea inițială a coloanei de lichid  $h$ , practic, nu influențează eroarea  $\delta$ , care devine dependentă doar de valoarea absolută  $\Delta h$  (fig. 4.6).

Pentru comparație este prezentată dependența  $\delta = f(\Delta h)$  pentru  $\Delta p = 0$ , adică pentru cazul, când presiunea, în rezervorul de lucru, este egală cu presiunea atmosferică (căderea liberă). În acest caz mărimea  $\delta$  depinde mult de  $\Delta h$  și poate fi determinată din relația:

$$\delta \approx 49 \cdot \frac{\Delta h}{h} \quad (4.13)$$

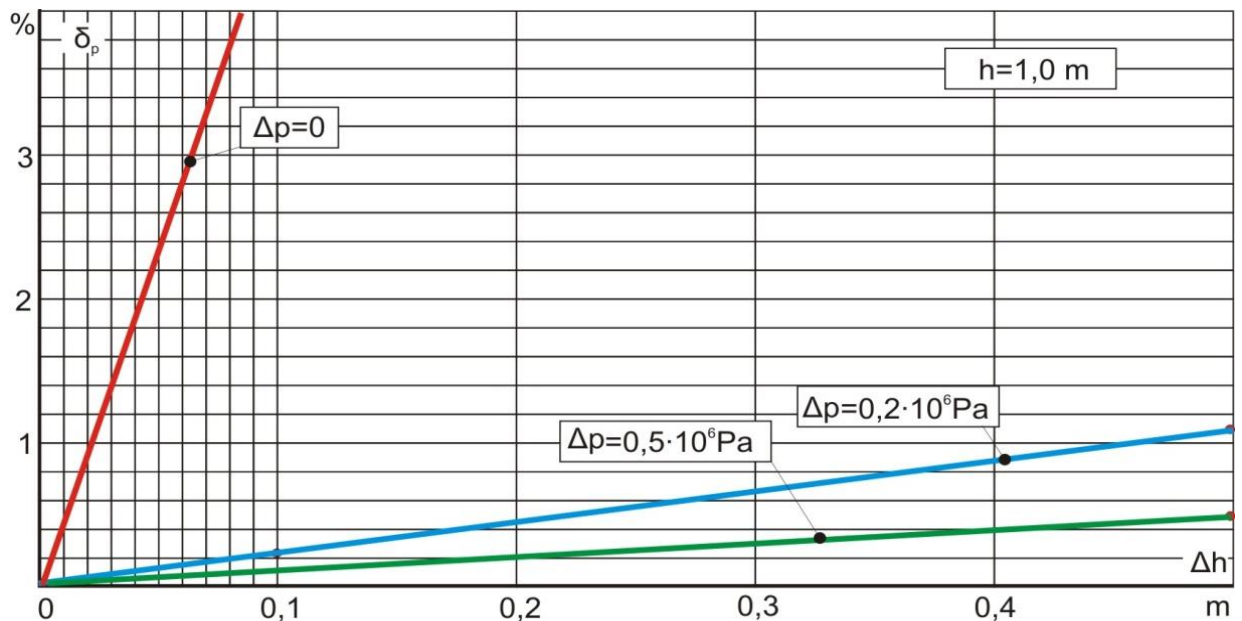
Cu majorarea căderii de presiune  $\Delta p$  până la  $0,2 \cdot 10^6 Pa$ , această dependență devine mult mai mică și anume:

$$\delta \approx 2,3 \cdot \frac{\Delta h}{h} \quad (4.14)$$

La căderea de presiune  $\Delta p = 0,5 \cdot 10^6 Pa$ :

$$\delta \approx 1,0 \cdot \frac{\Delta h}{h} \quad (4.15)$$





**Figura 4.6. Influența abaterilor înălțimii coloanei de lichid  $\Delta h$  asupra erorii de dozare  $\delta$  pentru diferite valori ale suprapresiunii  $\Delta p$  în rezervorul de lucru**

Așadar, putem afirma, că odată cu mărirea căderii presiunii, dependența  $\delta=f(\Delta h)$  devine mai mică și când  $\Delta p \rightarrow \infty$  eroarea de dozare nu depinde de mărimea  $\Delta h$  (dependența  $\delta=f(\Delta h)$  din figura 4.6 coincide cu axa absciselor). De aici rezultă că pentru  $p_1$  cu valori mari, eroarea de dozare  $\delta$  depinde numai de erorile de menținere a presiunii date în rezervorul de lucru.

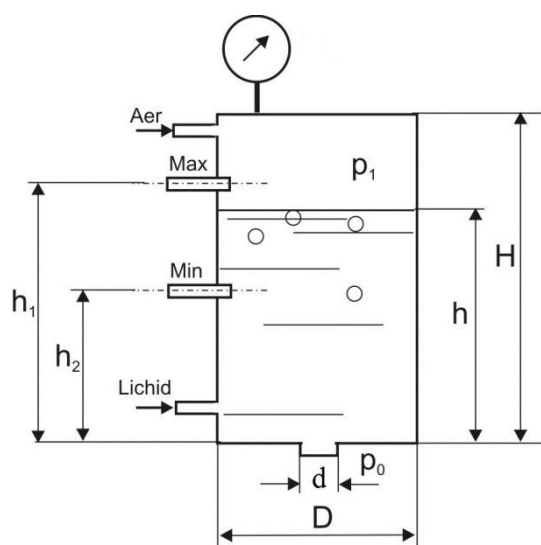
Însă schema de dozare prezentată în figura 4.4 are un dezavantaj serios și anume dificultatea umplerii rezervorului cu lichid dozat în procesul de lucru al dozatorului.

Cu adevărat, presiunea  $p_1$  în rezervorul de lucru se menține constantă datorită pompării aerului comprimat. Dacă în rezervor vom pompa lichid, atunci diferența de presiuni  $\Delta p$  va crește necontrolat, depășind  $\Delta p_1$  stabilită. De aceea, cu adausul de lichid crește debitul de curgere  $Q$ , și, prin urmare, apar erori suplimentare de dozare. Acest neajuns poate fi exclus, dacă diferența de presiuni  $\Delta p$  va fi menținută prin livrare de lichid dozat în rezervorul de lucru. În acest caz lichidul necomprimabil va comprima aerul din interiorul rezervorului și, prin urmare, va crea suprapresiunea  $\Delta p$  [150,153].

Totodată aerul comprimat, treptat, se dizolvă în lichidul dozat. Cu cât este mai mare căderea de presiune  $\Delta p$ , cu atât dizolvarea este mai pronunțată. De exemplu, în apă la temperatura de  $20^\circ\text{C}$  și presiunea atmosferică normală, dizolvarea aerului, conform [167-169], constituie  $0,0187 \text{ m}^3$  de aer la  $1 \text{ m}^3$  de apă.

Cu majorarea căderii de presiune  $\Delta p$  până la 0,3 MPa, solvabilitatea aerului în apă este aproape triplă [170]. Din acest motiv, nivelul lichidului în rezervorul de lucru va crește permanent până la umplere completă. Deoarece lichidul este necomprimabil, menținerea diferenței de presiuni date  $\Delta p$  în acest caz va deveni imposibilă fără utilizarea dispozitivelor suplimentare, de exemplu, a unui amortizor cu membrană.

Pentru excluderea acestui dezavantaj a fost elaborat dozatorul (fig.4.7), în care presiunea  $p_1$  se menține printr-o metodă combinată și anume prin furnizarea în rezervorul de lucru a lichidului dozat sau a aerului comprimat.



*Figura 4.7. Schema dozatorului cu acțiune continuă combinată de menținere a suprapresiunii în rezervorul de lucru*

Pentru trecerea de la un regim la altul și pentru controlul nivelului de lichid în rezervor, pe peretele lateral al rezervorului de lucru au fost instalate traductoare de nivel maxim și de nivel minim. Atât timp, cât nivelul lichidului n-a atins valoarea maximă, diferența de presiuni  $\Delta p$  se menține datorită furnizării lichidului în rezervorul de lucru. Imediat cum nivelul maxim a fost atins, diferența de presiuni  $\Delta p$  se menține deja datorită furnizării aerului comprimat în rezervorul de lucru. La scăderea nivelului lichidului până la traductor (min)  $\Delta p$  începe din nou să fie menținută prin furnizarea de lichid dozat.

Funcționarea sigură a dozatorului prezentat în figura 4.7 este condiționată de corectitudinea alegerii parametrilor geometrici și coordonatelor de instalare a traductorilor de nivel. Dimensiunea de bază  $H$  (înălțimea rezervorului de lucru) se impune în conformitate cu schema generală a dispozitivului, în care va fi instalat dozatorul. În acest caz, volumul total al rezervorului va fi exprimat prin formula:

$$V = SH = \frac{\pi D^2 H}{4}, \quad (4.16)$$

unde  $S$  este suprafața secțiunii transversale a rezervorului de lucru indiferent de formă;  $D$ ,  $H$  – respectiv diametrul și înălțimea rezervorului de lucru.

Volumul  $V$  este ocupat de aer până la furnizarea lichidului în rezervorul de lucru. În acest caz presiunea în interiorul rezervorului este egală cu cea atmosferică  $p_o$  (suprapresiunea  $\Delta p=0$ ). La furnizarea lichidului în rezervor, aerul se comprimă până la volumul  $V_g$  și presiunea lui absolută  $p_l$  crește conform legii Boil -Mariott ( $p_l \cdot V_g = \text{const}$  pentru valori constante ale masei și temperaturii gazului) [171,172]. Însă, în acest caz, dacă neglijem creșterea temperaturii la comprimare, conform legii menționate, va avea loc proporția:

$$\frac{V}{V_g} = \frac{p_l}{p_o} = \frac{\Delta p + p_o}{p_o}, \quad (4.17)$$

de unde:

$$V_g = V \cdot \frac{p_o}{\Delta p + p_o} \text{ sau } V_g = \frac{V}{\left(\frac{\Delta p}{p_o} + 1\right)}, \quad (4.18)$$

unde  $V_g$  este volumul aerului comprimat.

Substituind valoarea  $V$  din formula (4.16) în formula (4.17), obținem:

$$V_g = \frac{\pi D^2 H}{4 \left(\frac{\Delta p}{p_o} + 1\right)}. \quad (4.19)$$

Cunoscând volumul aerului comprimat  $V_g$  și ținând cont de faptul că lichidul ocupă restul volumului rezervorului de lucru putem scrie:

$$V_l = \frac{\pi D^2 H}{4} - V_g = \frac{\pi D^2 H}{4} \left(1 - \frac{1}{\left(\frac{\Delta p}{p_o} + 1\right)}\right). \quad (4.20)$$

Din această egalitate determinăm înălțimea  $h$ , la care se ridică lichidul în rezervorul de lucru la atingerea suprapresiunii date  $p_l$ <sup>1</sup>:

---

<sup>1</sup>Formula are loc pentru recipiente cu suprafața constantă a secțiunii.

$$h = H \left( 1 - \frac{1}{\left( \frac{\Delta p}{p_o} + 1 \right)} \right). \quad (4.21)$$

După cum reiese din formula 4.21, nivelul lichidului  $h$  în rezervorul de lucru al dozatorului nu depinde de forma și dimensiunile acestuia, ci doar de înălțimea totală a rezervorului  $H$  și de valoarea căderii presiunii  $\Delta p$ .

Înălțimea  $h_1$  (fig. 4.7.), la care se instalează traductorul de nivel maxim al lichidului, se stabilește prin adausul la înălțimea  $h$ , calculată prin formula 4.21, a mărimii  $\Delta = \frac{H - h}{2}$ . În acest caz lichidul dozat acționează asupra traductorului de nivel maxim, când în partea superioară a rezervorului de lucru se dizolvă cca 50% de aer comprimat. Această stare servește drept semnal pentru transferarea sistemului de comandă în regimul în care presiunea de lucru se menține datorită furnizării aerului dozat în rezervor. Astfel se exclude supraîncărcarea rezervorului și blocarea dozatorului.

Înălțimea  $h_2$  (fig. 4.7.), la care se instalează traductorul de nivel minim al lichidului, se stabilește reieșind din cerința ca durata  $\tau$  de coborâre a nivelului lichidului de la  $h_1$  până  $h_2$  să nu fie mai mică de 10 secunde. În caz contrar ( $\tau < 10$  s) pompa de furnizare a lichidului în rezervorul de lucru va funcționa în regim intermitent, ce micșorează semnificativ durabilitatea acesteia.

Cercetările efectuate au demonstrat, că valoarea optimă este  $\tau > 15$  s. În așa mod, valoarea  $h_2$  poate fi aleasă din condiția  $h_2 \leq h_1 - \frac{\tau Q}{S}$ , unde  $S$ - suprafața secțiunii recipientului de lucru. De aici, pentru rezervorul cu secțiune rotundă:

$$h_2 \leq h_1 - \frac{4\tau Q}{\pi D^2},^1 \quad (4.22)$$

unde  $Q$  reprezintă debitul de curgere a componentei.

Din formula (4.22) urmează, că mărirea diametrului  $D$  al rezervorului pentru recipientul de lucru conduce la diminuarea diferenței  $h_2 - h_1$  și, la limită, devine egală cu zero. Însă pentru valori mici ale lui  $D$  se poate întâmpla, că diferența în partea dreaptă a formulei (4.22) să devină negativă. În acest caz este necesar de majorat  $D$  sau de redus  $\tau$ .

<sup>1</sup>Formula (4.22) este valabilă dacă  $Q$  este în  $m^3/s$ , iar  $S$  în  $m^2$

La alegerea diametrului  $D$  al rezervorului de lucru, trebuie să se țină cont și de faptul că, pentru valori constante ale diferenței  $\Delta p$ , mărirea diametrului  $D$ , pentru debitul dat  $Q$ , conduce la mărirea volumului rezervorului de lucru care, implicit, mărește durata de umplere a rezervorului  $\tau$ .

Presiunea, dezvoltată de pompă de furnizare a lichidului dozat în rezervorul de lucru, nu trebuie să fie mai mică de  $(1,5 \dots 2,0)\Delta p$  ( $\Delta p$ - căderea de presiune impusă în recipientul de lucru). Aceasta va permite pompei să mențină  $\Delta p$  la nivelul calculat depășind rezistența conductelor de conexiune.

Debitul pompei trebuie să se afle în diapazonul  $(4 \dots 5)Q$ . În cazul depășirii acestui diapazon, în procesul de menținere a presiunii date, poate lua naștere fenomenul “supraajustării” semnificative<sup>1</sup>. Acest lucru poate iniția erori suplimentare de dozare. Totodată, valoarea mai mică a debitului poate influența negativ asupra vitezei de funcționare a sistemului de reglare a presiunii în rezervorul de lucru.

Rezultatele cercetărilor cu privire la procesele de curgere a lichidului prin orificiul calibrat sub acțiunea suprapresiunii, prezentate în acest capitol au servit temei pentru elaborarea modelului experimental al instalației de preparare a amestecurilor biocombustibilior (denumirea comercială «Biomixt-Pres») care este protejată prin brevet de invenție [172].

Schema instalației Biomixt-Pres este prezentată în figura 4.8, iar vederea generală- în figura 4.9. Instalația este compusă din rezervoarele de lucru 1 și 2 ale dozatoarelor componentelor A și B. Prin intermediul supapelor de sens unic 3 și 4 rezervoarele sunt conectate la pompele 5 și 6, care furnizează dozat lichidele A și B. Rezervoarele comunică între ele prin intermediul unui furtun care este conectat la compresorul 8 prin intermediul modulului de preparare a aerului 7. La rândul său modulul 7 este compus dintr-un filtru de aer, o supapă reglatoare de presiune a aerului, un manometru și un bloc distribuitor al aerului comprimat.

Paralel cu manometrul din modulul de preparare a aerului 9, presiunea în recipientele de lucru se controlează cu ajutorul traductorului de presiune 10, care transformă valoarea presiunii în semnal electric, fiind transmisă în sistemul de dirijare automată SAR1.

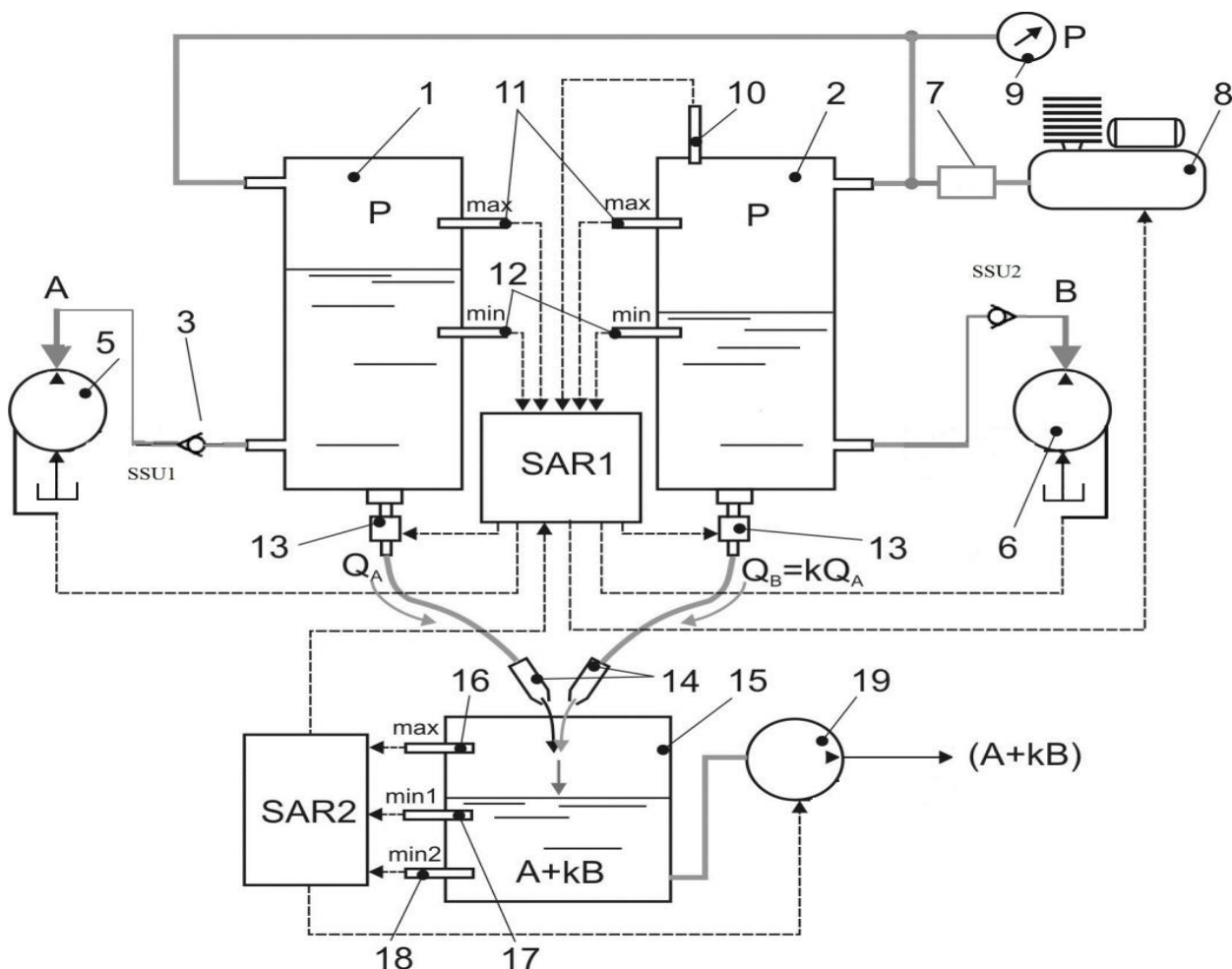
Pe pereții laterali ai rezervorului de lucru sunt instalate traductoarele de nivel maxim 11 și cele de nivel minim 12, iar pe fundul inferior al ambelor rezervoare sunt conectate câte un canal de evacuare 13 dotate cu câte un distribuitor hidraulic care, în caz de necesitate, blochează orificiul

---

<sup>1</sup>Supra ajustare – caracteristică cantitativă a proprietății de oscilație a sistemului, se notează cu litera  $\sigma$  și se determină în procente în raport cu valoare stabilizată conform expresiei [106]:

$$\sigma\% = \frac{h_{\max} - h(\infty)}{h(\infty)} 100\%$$

de evacuare. Secțiunea canalului de evacuare a componentei B este reglabilă, iar cea a componentei A – fixă la cota maximă.

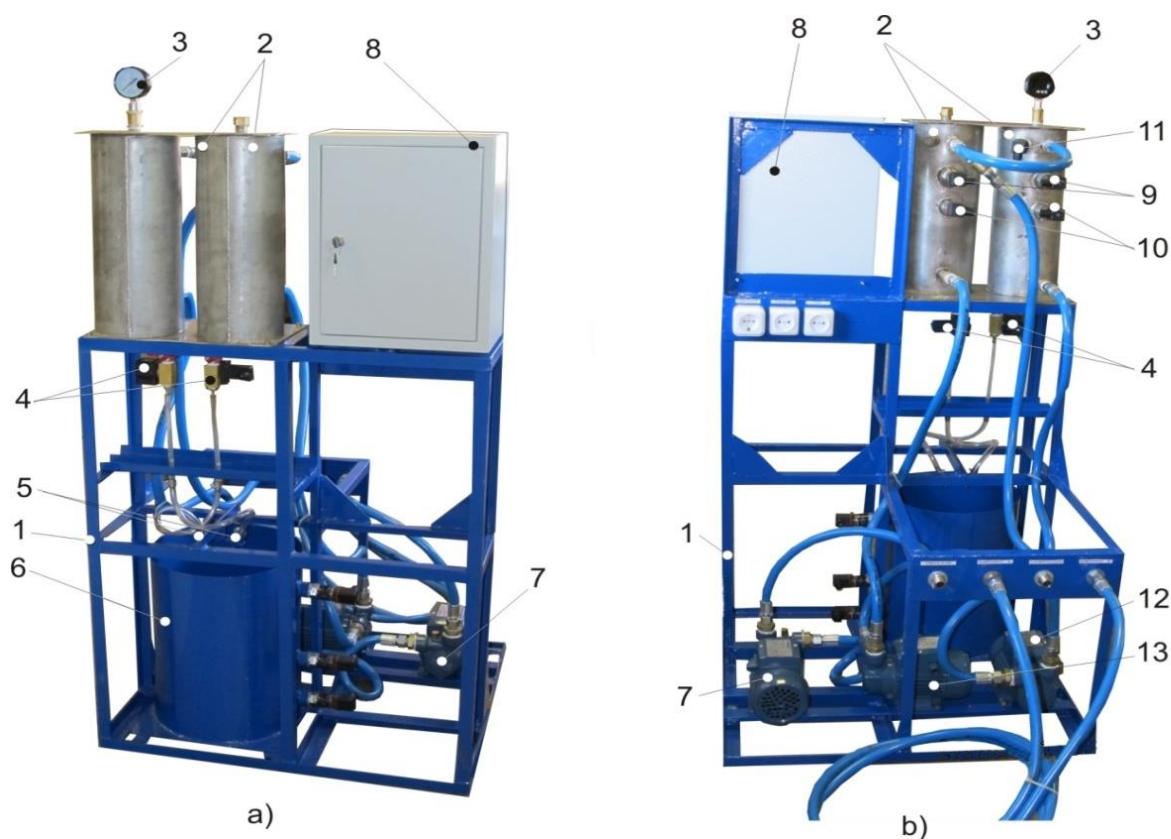


**Figura 4.8. Schema instalației pentru prepararea amestecurilor combustibile  
„Biomixt-Pres”**

Modificând secțiunea canalului de evacuare B putem pregăti amestecul cu constituția  $A+kB$ , unde  $k$  – coeficientul, care determină raportul componentelor B și A în amestec  $k = \frac{Q_B}{Q_A}$ .

Componentele A și B cu raportul dat, prin canalele de evacuare 13, se deplasează în dispozitivul de amestecare, care constă din două duze 14, înclinate între ele sub un anumit unghi. Amestecul  $A+kB$  nimereste în recipientul de acumulare 15, echipat cu traductoarele de nivel 16, 17 și 18, conectate la pompa 19 de preluare a amestecului gata.

Sistemul de comandă automată SAR2 dirijează funcționarea pompei 19. El este conectat la sistemul SAR1, ce formează un sistem unic de comandă în regim automat, care asigură funcționarea stabilă a instalației în toate condițiile de lucru, inclusiv cel accidental.



**Figura 4.9. Instalația pentru prepararea amestecurilor combustibile „Biomixt-Pres”:** a) – vedere din față; b) – vedere din spate; 1 – cadru; 2 – rezervoare de lucru; 3 – manometru de control; 4 – distribuitoare hidraulice; 5 – duze de evacuare; 6 – rezervor de acumulare; 7 – pompă de preluare amestec combustibil gata; 8 – dulap de comandă; 9 – traductori de nivel maxim; 10 – traductori de nivel minim; 11 – traductor de presiune; 12 – pompă de furnizare a componentei A; 13 – pompă de furnizare a componentei B.

Instalația experimentală funcționează în următorul mod. După conectare, pompele 5 și 6 inițiază furnizarea lichidului în rezervoarele de lucru 1 și 2 ale dozatoarelor. Presiunea din ele începe să crească și după atingerea valorii instalate, se deschid distribuitorii canalelor de evacuare 13. Demarează procesul de dozare continuă a componentelor A și B ale amestecului de combustibil. Traductorii 11 și 12 monitorizează nivelul lichidelor în rezervoarele 1 și 2, iar traductorul 10 – nivelul presiunii de lucru în sistemul pneumatic.

În acest caz presiunea lichidului se menține automat prin furnizarea de lichid dozat în recipientele respective de lucru sau prin pomparea aerului comprimat de către compresorul 8. Fiecare component al amestecului de combustibil, trecând prin secțiunea fixă a canalului de evacuare 13, sub acțiunea suprapresiunii  $\Delta p$  în recipientul de lucru, se deplasează cu debitul dat în duza 14 a dispozitivului de amestecare.

Datorită faptului că duzele dispozitivului de amestecare sunt înclinate una față de cealaltă, jeturile difuzate se contopesc în unul singur, formând amestecul de combustibil scontat. Acesta, în

continuare, este transmis în recipientul de acumulare 15 de unde se livrează consumatorului cu pompa 19.

Instalații „Biomixt” (fig.2.4, 4.2) și „Biomixt-Pres” (fig. 4.8, 4.9) au fost cercetate experimental și încercate. Valorile reale ale parametrilor tehnici [34, tab.A 4.1-A 4.4] confirmă exactitatea argumentărilor teoretice prezentate anterior în această lucrare.

#### 4.4. Metode și instalația pentru deshidratarea etanolului

Deshidratarea alcoolului etilic este una din cele mai importante etape în producerea biocombustibilului pentru motoarele cu ardere internă. Prezența apei în combustibil duce la stratificarea amestecului alcool-benzină, reduce brusc calitatea combustibilului și, prin urmare, scade fiabilitatea funcționării motorului [34, 37÷39]. Adaosurile de diferite tipuri reduc într-o măsură oarecare probabilitatea de stratificare [40, 47], însă măresc considerabil costul combustibilului. Cercetările efectuate la Institutul „Mecagro” [34] au confirmat că stabilitatea la stratificarea amestecului combustibil etanol-benzină, îndeosebi la temperaturi joase, depinde în mare măsură de concentrația apei în aceste tipuri de combustibili.

Sunt cunoscute câteva metode de deshidratare a etanolului:

- prin rectificare (separarea vaporilor alcoolului și apei în coloane);
- cu reactive (utilizarea substanțelor chimice: var nestins  $\text{CaO}$ , clorură de calciu  $\text{CaCl}_2$ , sulfat de cupru  $\text{CuSO}_4$ , glicerină etc.) [126];
- cu utilizarea sitelor moleculare [71].

Posibilitățile metodei de deshidratare prin rectificare sunt limitate: la presiune normală poate fi obținut etanol cu fracția maximă  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  96,6% vol. În acest caz costul de producție al etanolului cu concentrația înaltă al alcoolului absolut este mare.

Utilizarea substanțelor chimice asigură obținerea etanolului cu concentrația  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  până la 100%, însă utilizarea repetată a acestor substanțe chimice nu este posibilă sau necesită cheltuieli energetice mari pentru regenerare. De aceea, la faza inițială a cercetărilor, etanolul a fost deshidratat cu ajutorul sulfatului de cupru, care a fost regenerat în cuptorul electric SNOL-1,6.2,5.1/9 la temperatura 160°C cu durata de 3 ÷ 4 ore. Ulterior, la Institutul „Mecagro”, a fost elaborată instalația de deshidratare a alcoolului bazată pe o metodă mai performantă - cu utilizarea sitelor moleculare [34]. În calitate de material inițial a fost utilizat etanol cu conținutul alcoolului absolut de aproximativ 96% vol. Pentru deshidratarea etanolului s-au folosit site moleculare - ceolită cu dimensiunile caracteristice ale porilor 3Å (producător-firma «RealSorb», Rusia). Conținutul de alcool absolut în produsul finit s-a controlat cu areometrul, ținând cont de temperatura lui. Regimurile termice și barometrice ale procesului au fost menținute cu ajutorul



regulatorilor electronici de temperatură (eroarea de bază  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) și de presiune (eroarea de bază  $\pm 0,01 \text{ MPa}$ ).

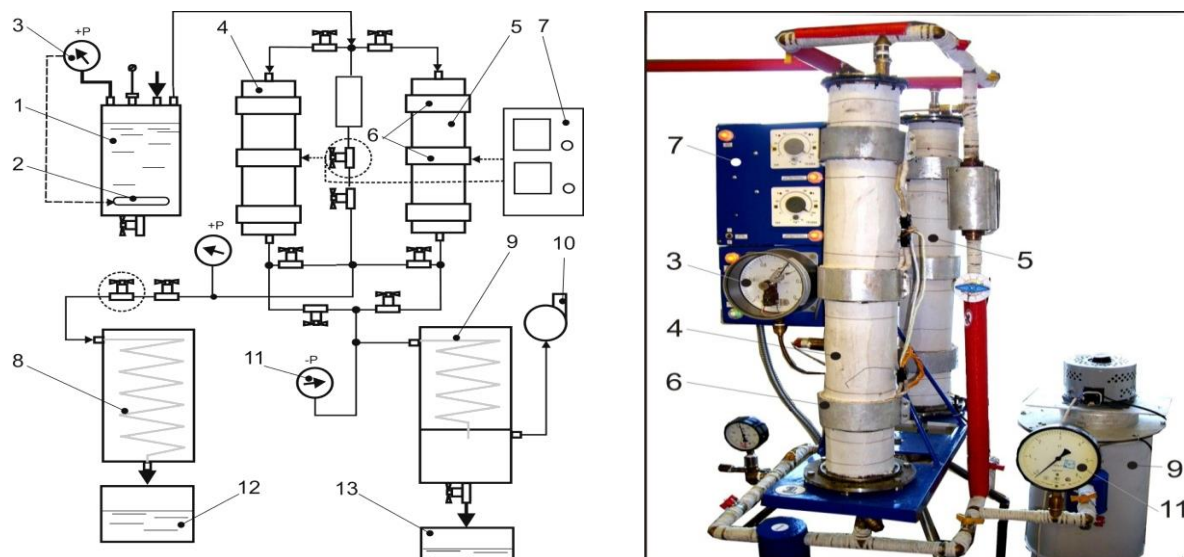
După cum s-a menționat anterior, una dintre metodele de eliminare eficientă a apei din alcool se bazează pe capacitatea sitelor moleculare de a menține moleculele de o anumită dimensiune și de a permite să treacă liber moleculele mai voluminoase. Este cunoscut [127] că moleculele de apă au dimensiunea caracteristică mai mică de  $3 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-7} \text{ mm}$ ), iar dimensiunile moleculelor de etanol constituie aproximativ  $5 \text{ \AA}$ .

În cazul utilizării sitelor cu dimensiunile porilor de  $3 \dots 4 \text{ \AA}$ , moleculele de apă relativ mici vor fi reținute în porii sitelor, iar moleculele mai voluminoase de etanol vor trece prin masa de substanță hidrofilă.

Pentru îmbunătățirea condițiilor de interacțiune a sitelor moleculare cu soluțiile apă-alcool, structura soluției  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$  se aduce până la nivelul molecular, adică soluția se transformă în vapori. Pentru realizarea acestei operații a fost concepută, elaborată, proiectată, confecționată și cercetată o instalație experimentală de deshidratare a etanolului (fig.2.8, tab.A4.5,A4.6). Părțile distincte ale acestei instalații sunt generatorul de vapori 1 cu încălzitor electric tubular 2 și manometrul cu contacte electrice 3. Racordul de ieșire al generatorului de vapori este conectat cu ajutorul țevilor prin armătura de închidere cu coloanele de deshidratare 4 și 5, umplute cu granule hidrofile – site moleculare. Fiecare din coloanele 4 și 5 sunt echipate cu încălzitoare electrice 6, dirijate automat, regloare automate de temperatură 7, și pot fi conectate la frigiderul 8 pentru condensarea produsului finit (alcoolului etilic deshidratat) sau la condensatorul 9 al produselor de regenerare, care funcționează în comun cu pompa de vid 10. Comutarea fluxurilor de vapori se efectuează cu ajutorul robinetelor sferice, iar pe sectoarele unde este necesară reglarea fină a productivității sunt utilizate robinete cu mufă. Pentru controlul și reglarea adâncimii vidului este utilizat vacuumetrul cu contact electric 11, care dirijează funcționarea pompei de vid 10. Rezervoarele 12 și 13 servesc, respectiv, pentru colectarea produsului finit și a produselor de regenerare a sitelor moleculare. Supraîncălzitorul de aburi 14 este destinat pentru excluderea condensării vaporilor de etanol deshidratat, care sunt direcționați în coloana de regenerare.

Instalația funcționează în modul următor: produsul inițial (etanol cu conținutul de alcool absolut 94-96%) se toarnă în generatorul de vapori 1, care după aceasta se închide ermetic. Se conectează încălzitorul 2 și prin intermediul manometrului cu contacte electrice 3 se controlează presiunea în interiorul generatorului de vapori 1. La creșterea presiunii vaporilor până la nivelul dat, de exemplu  $0,4 \text{ MPa}$ , contactele manometrului 3 deconectează încălzitorul 2. Creșterea presiunii se întrerupe. Dacă din anumite motive presiunea începe să scadă devenind mai mică de cât nivelul dat, de exemplu  $0,3 \text{ MPa}$ , contactele manometrului 3 vor conecta din nou încălzitorul

2. În așa mod, se reușește menținerea automată a presiunii vaporilor în generatorul de vaporii 1 în intervalul necesar.



**Figura 4.10. Instalația de deshidratare a etanolului elaborată la ITA „Mecagro”[34]**

Vaporii obținuți trec sub presiune în una din coloanele de deshidratare, de exemplu, în coloana 4. În acest moment cealaltă coloană 5 se conectează la condensatorul 9 al produselor de regenerare, conectat cu pompa de vid 10. Conținutul coloanelor 4 și 5 se află în stare permanent încălzită până la temperatura de 180-220 °C. Vaporii, trecând prin coloana 4, interacționează cu granulele hidrofile ale sitelor moleculare. În acest moment vaporii de apă, care au dimensiunile moleculelor relativ mici (mai mici de 3Å), se absorb de porii (capilarele) substanțelor hidrofile, iar vaporii de alcool cu structura moleculară mai mare (aproximativ 5 Å) trec liber prin coloană. În așa mod, se obține deshidratarea vaporilor, adică deshidratarea alcoolului inițial. Din coloana 4, sub acțiunea presiunii excesive, vaporii de alcool pătrund în frigiderul 8, unde se condensează și, deja în stare de produs lichid, pătrund în rezervorul de acumulare 12. După obținerea dozei date de produs finit, condiționată de capacitatea dinamică a mărcii concrete a sitei moleculare, alimentarea cu vaporii se trece la coloana 5, iar coloana 4 se conectează cu condensatorul 9 al produselor de regenerare pentru restabilirea calităților hidrofile ale conținutului.

După regenerarea sitelor moleculare ale coloanei 4, ea se conectează din nou la conturul de deshidratare, iar conținutul coloanei 5 se regenerează. În continuare procesul se repetă integral.

#### 4.5. Concluzii la capitolul 4

1. În baza unui studiu de fezabilitate și a analizei hidrodinamice a fost elaborată o metodă de dozare și amestecare a componentelor biocombustibililor lichizi, pentru realizarea căreia au fost elaborate două instalații experimentale cu comandă automată. Funcționarea acestora se bazează pe

principiul de curgere a lichidului printr-un canal de evacuare calibrat (orificiu sau conducta) sub acțiunea suprapresiunii.

2. În rezultatul analizei parametrilor hidrodinamici s-a stabilit că, pentru condiții concrete, debitul de curgere  $Q$  depinde de suprafața secțiunii  $S$  a orificiului de curgere, suprapresiunea  $\Delta p$  la intrare în orificiu, caracterul curgerii lichidului (numărul Reynolds), adică  $Q=f(S, \Delta p, Re)$ . S-a demonstrat teoretic și confirmat experimental că transportarea lichidului prin orificii sau prin conducte calibrate posedă un caracter stabil, iar eroarea de dozare  $\delta$  este minimă ( $\delta < 0,5\%$ ) în cazul când valorile suprapresiunii  $\Delta p$  sunt mai mari de 0,2 MPa și a numărului Reynolds  $Re > 10^4$ .

3. S-au identificat avantajele principiului de funcționare al dozatoarelor – malaxoare bazat pe absorbția componentelor prin conducte separate cu rezistență hidraulică reglabilă cu dozare – amestecare a componentelor în flux. În baza acestor realizări a fost elaborată și proiectată instalația ”Biomixt,, care se deosebește prin eroare minimă la dozarea componentelor ( $\delta < 0,5\%$ ), printr-un grad de fiabilitate mai înalt, simplitate și universalitate constructivă sporită în raport cu cele analogice existente pe piață.

4. S-a argumentat teoretic și confirmat experimental eficiența folosirii în instalația ”Biomixt-Pres,, a principiului de curgere a lichidului, la suprapresiuni dirijate, prin orificii calibrate cu livrarea componentelor de către pompe separate. Acest lucru a permis minimizarea erorii de dozare ( $\delta \leq 0,2\%$ ) pentru diapazoane largi a debitului de curgere a lichidelor. În baza calculelor realizate în acest capitol, au fost stabiliți parametrii constructivi ai instalației,,Biomixt-Pres” , principalii dintre care sunt: suprapresiunea în rezervorul de lucru  $\Delta p = 0,2 \div 0,5 \text{ MPa}$ ; diametrul rezervorului de lucru  $D \approx 0,625H$  ( $H$  este înălțimea rezervorului); nivelul lichidului în rezervorul de lucru funcție de presiunea  $p$  a lichidului în același rezervor, presiunea atmosferică  $p_0$  și înălțimea rezervorului  $H$ ; înălțimea instalării traductorilor de nivel maxim și minim al lichidului în rezervorul de lucru.

5. Au fost determinate funcțiile sistemului electronic de comandă și control pentru instalațiile de dozare-amestecare a biocombustibililor și anume: menținerea automată a presiunii în rezervorul de lucru cu indicarea valorii curente a presiunii; deschiderea și închiderea automată a valvelor electromagnetice în conductele de evacuare a componentelor; dirijarea automată a pompelor de livrarea componentelor și de evacuarea amestecului combustibil din rezervorul de acumulare; protecția contra regimurilor de lucru accidentare.

## 5. ARGUMENTAREA COMPOZIȚIEI AMESTECURILOR ALCOOLILOR MONOATOMICI CU BENZINĂ

### 5.1. Obiectivele investigațiilor

Calitatea biocombustibililor, în primul rând, este influențată de natura și cantitatea componentelor acestuia. În capitolul 1, în baza analizei datelor din literatura de specialitate [37-71], s-a demonstrat că amestecurile alcoolilor monoatomici (etanol, butanol, metanol) cu benzină se folosesc cu diferite fracții ale alcoolilor: de la 0,5% până la 85% [37-71]. Totodată s-a constatat că datele existente privind proprietățile fizico-chimice și de exploatare (consum specific la ardere, stabilitatea fazică, activitatea corozivă etc.) sunt incomplete (sporadice) și, în multe cazuri, poartă un caracter contradictoriu, lipsesc argumentări privind raportul optim al fracțiilor alcoolilor monoatomici cu benzină.

Lanzer T., O.F. von Meien, Yamamoto C.I., autorii [173] au elaborat modelul termodinamic, care reflectă dependența compoziției amestecurilor etanol-benzină, produși în Brazilia, funcție de proprietățile volatile (distilare, presiunea de vapori Reid) și de densitate. Totodată este necesar să se menționeze că acest model necesită cunoașterea concentrației a unui număr foarte mare de hidrocarburi ( $n=64$ ).

În prezent există mai multe studii [174-178] referitoare la procesele termodinamice care au loc în cazul folosirii alcoolilor monoatomici în celulele de combustie pentru obținerea hidrogenului. Modelele menționate, cum demonstrează cercetările [179-182], nu asigură precizia necesară în estimarea proprietăților biocombustibililor și necesită un volum mare de măsurări cromatografice.

Cercetătorii din Belarus au elaborat un model fizico-chimic, care permite determinarea analitică a proprietăților de bază ale benzinelor, măsurând fracția hidrocarburilor doar din 31 de grupuri cromatografice [182]. Însă acest model nu prevede prezența substanțelor polare, precum sunt alcoolii monoatomici saturați.

Reieșind din cele menționate, scopul cercetărilor din acest capitol este determinarea proprietăților amestecurilor alcool monoatomic (etanol, butanol) – benzină, inclusiv a parametrilor de ardere și argumentarea compoziției acestora pentru alimentarea MAS. Pentru realizarea scopului propus au fost înaintate următoarele **obiective**:

- cercetarea teoretică a procesului de ardere a amestecurilor formate din etanol și benzină;
- asigurarea funcționării eficiente a motorului prin selectarea previzională a raportului dintre fracțiile alcoolului și benzinei;

- cercetarea în condiții de laborator a proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale amestecurilor alcool monoatomic – benzină;
- cercetarea pe stand a caracteristicilor motoarelor alimentate cu amestecuri alcool monoatomic-benzină;
- confirmarea compozițiilor biocombustibililor și regimurilor de lucru ale motoarelor în condiții reale de exploatare.

## 5.2. Studiul și argumentarea teoretică a compoziției biocombustibililor în baza proceselor de ardere

### 5.2.1. Teorii referitoare la procesele de ardere a biocombustibililor lichizi

Procesul de ardere a fost studiat pentru amestecurile formate pe bază de etanol și benzină. Alegerea acestui amestec în calitate de obiect de studiu este argumentată de analiza de fezabilitate realizată în capitolul 1 și de faptul că compoziția moleculelor și proprietățile etanolului se deosebesc de cele ale benzinei în măsura mai mare ca cele ale butanolului.

Deoarece componența combustibililor lichizi (benzină, motorină, biocombustibil etc.) se exprimă în fracții masice (kg), iar a celor gazoase – în fracții volumice (m<sup>3</sup>) [183-185], componența amestecurilor combustibililor lichizi este:

$$C+H+O = 1, \quad (5.1)$$

unde **C,H,O** – fracțiile masice de carbon, hidrogen și, respectiv, oxigen la 1 kg de combustibil (tab. 1.6).

Pentru studierea procesului de ardere a amestecurilor (ecobenzinelor) este necesar să se calculeze masa moleculară a combustibilului  $m_c$  (kg/kmol), cantitatea teoretică (stoechiometrică) a oxigenului  $O_t$  și aerului  $l_t$  (kg/kg comb.), puterea calorifică inferioară NCV (MJ/kg comb.). Parametrii menționați au fost extrapolați în baza valorilor componentelor amestecurilor (benzină, etanol), după principiul aditivității (proporționalității):

$$m_c = \sum_{i=1}^n c_{mi} m_{ci}, \quad O_t = \sum_{i=1}^n C_{mi} O_{ti}, \quad l_t = \sum_{i=1}^n C_{mi} l_{ti}, \quad NCV = \sum_{i=1}^n C_{mi} NCV_i, \quad (5.2)$$

unde  $c_{mi}$  reprezintă fracția masică a componentei  $i$  în amestec, % ;  $m_{ci}, O_{ti}, l_{ti}, NCV_i$  – masa moleculară, cantitatea teoretică a oxigenului, a aerului și puterea calorifică inferioară a componentelor  $i$  din amestec.

Amestecul de ardere (încărcătură proaspătă), care se injectează în camera de ardere a motorului, este alcătuit din aer și combustibil, de aceea:

$$m_l = \alpha \cdot l_t + 1 \text{ kg am. ard/kg comb.}, \quad (5.3)$$

$$M_1 = \alpha \cdot L_t + 1/m_c, \text{ kmol/kg comb.}, \quad (5.4)$$

unde:  $m_I$ ,  $M_I$  reprezintă cantitatea masică și, respectiv, molară a amestecului de ardere;  $\alpha$ -coeficientul de exces al aerului ( $\alpha = \frac{l}{l_t} = \frac{L}{L_t}$ , în care:  $l$  și  $L$  sunt cantitatea reală de aer, care participă la arderea 1 kg de combustibil). Pentru calculele noastre  $\alpha = 1$ .

Compoziția gazelor de ardere depinde de valoarea coeficientului excesului de aer  $\alpha$ . Pentru  $\alpha = 1$  cantitatea totală a produselor de ardere (kmol prod.ard/kg comb) va fi:

$$M_2 = \frac{1}{12}C + \frac{1}{2}H + 0,792L_t. \quad (5.5)$$

În procesul de ardere, masa produselor de ardere este egală cu suma maselor combustibilului și aerului din amestec ( $m_2 = m_1$ ), însă nu întotdeauna volumul produselor de ardere  $M_2$  este egal cu volumul amestecului de ardere  $M_1$ . Aceasta înseamnă că, la arderea combustibililor, are loc un proces de variație molară:

$$\Delta M = M_2 - M_1, \text{ kmol/kg comb.} \quad (5.6)$$

În cazul în care  $\Delta M > 0$ , are loc o dilatație molară. Dacă  $\Delta M = 0$ , are loc o invarianță molară și dacă  $\Delta M < 0$ , are loc o contracție molară.

La arderea completă a combustibilului în MAS ( $\alpha \geq 1$ ):  $\Delta M = \frac{H}{4} + \frac{O}{32} - \frac{1}{m_c}$ , (5.7) iar

la arderea incompletă ( $\alpha < 1$ ):

$$\Delta M_1 = \frac{H}{2}(H_2O) - \frac{H}{4}(O_2) = \frac{H}{4} + \frac{O}{32} - \frac{1}{m_c}. \quad (5.8)$$

În general, schimbarea volumului substanțelor de ardere este motivată de următoarele situații:

a) arderea hidrogenului cu formarea unor vapori de apă, al căror volum este de 2 ori mai mare decât volumul oxigenului utilizat la arderea hidrogenului, adică  $\Delta M' = \frac{H}{4}(\text{prod.ard.})$ ;

b) trecerea oxigenului din combustibil în stare gazoasă  $\Delta M'' = \frac{O}{32}$ ;

c) când  $\alpha < 1$ ,  $\Delta M$  este influențat și de procesul de combustie a carbonului în CO.

Din ecuațiile 5.7 și 5.8 rezultă că majorarea masei molare  $m_c$  a combustibililor creează condiții pentru creșterea  $\Delta M$ , asigurând pentru combustibilii lichizi existenți  $\Delta M > 0$ .

Fenomenul dilatației molare are efect benefic, deoarece la arderea combustibililor se majorează lucrul cauzat de dilatarea gazelor de ardere. Totodată variația molară  $\Delta M$  reflectă modificarea absolută a numărului de molecule ale amestecului în procesul de ardere, iar

modificarea relativă a volumului substanțelor se caracterizează prin raportul chimic al variației molare:

$$\mu = \frac{M_2}{M_1} = 1 + \frac{\Delta M}{M_1} . \quad (5.8)$$

Deoarece, pentru combustibilii lichizi variația molară  $\Delta M > 0$ , la arderea acestora raportul chimic va fi  $\mu > 1$ . În baza relațiilor stabilite s-au calculat parametrii procesului de ardere a ecobenzinelor în funcție de schimbarea concentrației etanolului de la 0% până la 100% (tab. 5.1).

Tabelul 5.1 Parametrii extrapolați ai ecobenzinelor cu procentaj diferit de etanol

Denumirea parametrilor	Conținutul fracției C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, % volum								
	0	10	20	30	40	50	70	80	100
Masa moleculară a combustibilului <i>m<sub>c</sub>, kg/kmol</i>	114	107,2	100,4	93,6	86,8	80,0	66,4	59,6	46
Cantitatea calculată a:									
- oxigenului <i>O<sub>b</sub>, kg/kg comb.</i>	3,44	3,31	3,17	3,03	2,9	2,76	2,49	2,36	2,08
- aerului <i>l<sub>a</sub>, kg/kg comb.</i>	14,96	4,37	13,777	13,19	12,6	12,01	10,83	10,24	9,06
- <i>L<sub>a</sub>, kmol/kg comb</i>	0,5168	0,497	0,476	0,456	0,435	0,415	0,374	0,354	0,313
Cantitatea amestecului de ardere:									
- <i>M<sub>1</sub>, kmol/kg comb.</i>	0,526	0,506	0,486	0,466	0,447	0,427	0,389	0,371	0,335
- <i>m<sub>1</sub>, kg/kg comb.</i>	15,96	15,37	14,777	14,19	13,6	13,009	11,83	11,24	10,06
Concentrația masică a combustibilului în amestec stoichiometric, %	6,27	6,51	6,77	7,05	7,35	7,69	8,45	8,9	9,94
Gradul majorării consumului specific teoretic al ecobenzinelor în raport cu benzina	1,0	1,038	1,08	1,124	1,172	1,226	1,348	1,419	1,586
Puterea calorifică inferioară NCV:									
- <i>a combustibilului MJ/kg</i> ,	43,5	41,83	40,16	38,49	36,82	35,15	31,81	30,14	26,8
- <i>a amestecului de ardere, MJ/kmol am.</i>	82,76	82,72	82,64	82,53	82,40	82,24	81,73	81,34	80,07
- <i>MJ/kg am.</i>	2,726	2,722	2,718	2,713	2,708	2,702	2,689	2,682	2,664
Variația molară, $\Delta M$ , 10 <sup>-4</sup> kmol/ kg	274,8	276,4	277,2	277,1	275,8	273	262	252	216
Raportul variației molare, $\mu$	1,052	1,055	1,057	1,059	1,062	1,064	1,067	1,068	1,065
$K = \frac{M_1^b}{M_1^{eco}}$	1	1,04	1,082	1,129	1,177	1,232	1,352	1,418	1,57
$\alpha_{conv}$	1	1,001	1,003	1,005	1,008	1,012	1,022	1,029	1,052

Calcululele efectuate demonstrează că procentajul fracției C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH influențează cel mai mult puterea calorifică a combustibilului, variind de la 26,8 MJ/kg pentru etanol și până la 43,5 MJ/kg - pentru benzină. Totodată, puterea calorifică a amestecurilor de combustibil cu aer este, practic, constantă (diferența dintre  $NCV_{max} = 2,726 MJ/kg am$  și  $NCV_{min} = 2,664$  constituie 2,3%). Acest lucru este benefic la folosirea amestecurilor combustibile deoarece, la alimentarea motorului cu benzină și cu etanol și amestecuri etanol-benzină, practic, se obține aceeași cantitate de căldură de la arderea aceluiași volum sau masă de amestec combustibil (80,07...82,76 MJ/kmol sau

2,664...2,726 MJ/kg). Prin urmare, puterea calorifică a amestecurilor menționate asigură o putere a motorului, practic, constantă fără a schimba volumul camerei de ardere, evident dacă randamentul termic este același.

**Puterea calorifică** a amestecurilor alcătuite din benzină și etanol depinde, pe de o parte, de natura și concentrația componentelor lor ( $C, H$ ) și de cantitatea stoechiometrică a aerului, pe de altă parte:  $H_{am. ard.} = NCV_1 / M_1$ . La arderea 1kg de benzină se degajă de 1,62 ori mai multă căldură în raport cu 1 kg de etanol ( $H_i^b / H_i^{et} = 1,62$ ), iar pentru arderea aceleiași cantități de benzină este necesară o cantitate de amestec de 1,57 ori mai mare ( $M_1^b / M_1^{et} = 1,57$ ). Prin urmare, căldura specifică a amestecurilor de ardere, în ambele cazuri, va fi practic egală. O situație similară este prezentă și la combustia amestecurilor de ardere formate în baza ecobenzinelor.

Concentrația masică a combustibilului în amestec stoechiometric variază de la 6,27 pentru cazul 0% etanol până la 9,94% pentru cazul 100% etanol. Cu alte cuvinte cu mărirea concentrației de etanol se mărește consumul specific de combustibil (tab. 5.1). De exemplu, pentru asigurarea aceleiași puteri a motorului alimentat cu ecobenzină care conține 20% etanol, consumul specific calculat al ecobenzinei crește cu 8% , iar la adăugarea a 50% de etanol - cu cca 22,6%.

Deoarece procesul de ardere a combustibilului, în condiții reale, depinde de mai mulți factori, este necesar să se analizeze factorii care determină randamentul termic al motorului și să se stabilească condițiile optime de utilizare a ecobenzinelor.

### 5.2.2. Procese de ardere a biocombustibililor lichizi în condiții reale de combustie

În procesele reale de ardere, cantitatea de căldură degajată este mai mică decât puterea calorifică inferioară din cauza pierderilor care au loc în rezultatul arderii incomplete  $Q_{a.in.}$  și disocierii moleculelor produselor de ardere  $Q_{dis}$  [183,184]:

$$Q_{real} = NCV \cdot g_{c.c.} - Q_{a.in} - Q_{dis}, \quad (5.9)$$

unde  $g_{c.c.}$  este consumul combustibilului în perioada unui ciclu de lucru.

**Disociația.** Specificul arderii combustibililor în MAI constă în disocierea unor componente ale produselor de ardere la temperaturi înalte. Procesul disocierii se caracterizează prin descompunerea moleculelor cu consum de energie termică.

Gradul disocierii este cel mai mult influențat de temperatura de ardere [37,185]. La rândul său, temperatura maximă de ardere a unui combustibil concret, în mare măsură, este determinată de pierderile de căldură  $Q_{dis}$ .



Conform datelor [185,186], la temperatura de cca 2000°C, bioxidul de carbon  $CO_2$  se descompune în  $CO$  și  $O_2$ , iar vaporii de apă – în  $H_2$  și  $O_2$ .

Din ecuațiile de ardere obținem [183]:



Prin urmare, dacă produsele de ardere conțin 1 kmol  $CO$  (28 kg), pierderile de energie constituie  $(565,22/2) 282,61 MJ/kmol$ , în cazul 1 kmol  $H_2$  (2 kg) –  $240,74 MJ/kmol$ . Aceste pierderi de energie se produc din cauza arderii incomplete și (sau) disocierii. Conform [37,183,187], viteza maximă de ardere a hidrocarburilor și, respectiv, puterea maximă a motorului se realizează nu în cazul componenței stoechiometrice a amestecului  $\alpha = 1$ , dar atunci când influența disociației produselor de ardere este minimă, adică  $\alpha = 0,8...0,96$ .

Autorii [37] au demonstrat că micșorarea raportului  $C/H$  în combustibil (pentru benzină  $C/H = 0,511$ , etanol  $C/H = 0,333$ ) reduce concentrația de  $CO$  în produsele de ardere. Totodată, gradul de disociere a  $CO_2$  și  $H_2O$  la arderea etanolului se micșorează datorită temperaturii flăcării mai joase cu  $100...140^\circ C$  decât cea de la arderea benzinei [37,47]. Reducerea concentrației produselor arderii incomplete și a disociației se realizează în cazul alimentării MAI cu ecobenzine [37,44,45,157]. De exemplu, conform datelor prezentate de către Hăbășescu I., Cerempei V., Esir M., Novorojdn D. [156], concentrația  $CO$  în gazele de eșapament la arderea amestecurilor din benzină și alcoolii monoatomici s-a micșorat de cca 3,5 ori în raport cu concentrația celor produse de la arderea benzinei curate.

Totodată, se cunoaște că, în cazul arderii incomplete a combustibililor, raportul dintre conținutul  $H_2$  și  $CO$ , practic, nu depinde de coeficientul excesului de aer  $\alpha$  și este constant pentru combustibilul dat  $M_{H_2}/M_{CO} = const = K$  (pentru benzine  $K = 0,45...0,50$ , gaz natural  $K = 0,6...0,7$ ) [183,188]. De aici rezultă că, în comparație cu benzina, arderea alcoolilor monoatomici poate reduce în produsele de ardere conținutul de  $CO$  și, în aceeași măsură,  $H_2$ , coeficientul  $K = M_{H_2}/M_{CO}$  rămânând constant.

Dacă admitem că, la oxidarea carbonului din combustibil se formează numai  $CO$  din cauza arderii incomplete și disociației moleculelor, pentru 1 kg de combustibil pierderile  $Q_{a.in} + Q_{dis}$ , conform datelor din tabelul 5.1 și ecuațiilor (5.11, 5.12) constituie pentru benzină –  $20,14 MJ/kg$ , iar pentru etanol –  $12,29 MJ/kg$ . În cazul hidrogenului pierderile calculate  $Q_{a.in} + Q_{dis}$  vor fi: pentru benzină – de  $17,45 MJ/kg$ , pentru etanol –  $15,65 MJ/kg$ . În ambele cazuri analizate, mai ales în primul caz, pierderile de căldură la arderea etanolului sunt mai mici (cu 39% și respectiv cu 10%).

De menționat, că produsele de ardere disociate  $CO$  și  $H_2$  pot să se evacueze împreună cu alte produse de ardere sau, la temperaturi joase, în procesul de dilatare să se oxideze (asocier), degajând căldură și contribuind la creșterea temperaturii gazelor de eșapament. În ambele cazuri, randamentul termic al motorului scade. Prin urmare, disocierea produselor de ardere nu întotdeauna are drept efect creșterea concentrației de  $CO$  și  $H_2$  în gazele de eșapament însă, implicit, produce pierderi de căldură, astfel reducând randamentul termic al motorului.

Așadar, analiza efectuată permite să se prognozeze că adaosul etanolului în benzină va reduce pierderile de căldură rezultate din disocierea moleculelor produselor de ardere. Factorii favorizanți sunt:

- a) raportul  $C/H$  al etanolului (0,333) este mai mic decât al benzinei (0,511);
- b) temperatura flăcării etanolului este cu  $100...140^{\circ}C$  mai joasă decât cea a benzinei.

**Arderea incompletă.** Autorii [183,184,187,188] numesc următoarele cauze ale arderii incomplete a hidrocarburilor în motor:

- a) insuficiența generală de oxigen în amestecul de ardere ( $\alpha < 1$ );
- b) insuficiența locală a oxigenului în unele puncte ale zonei de ardere.

Dacă nu se fac schimbări în sistemul de alimentare a motorului și având în vedere faptul că proprietățile fizice de curgere (densitatea, viscozitatea) ale benzinei și ale etanolului sunt aproape egale, etanolul din amestecurile cu benzină mărește coeficientul excesului de aer până la 5,2% din contul schimbării raportului dintre cantitățile stoechiometrice combustibil/aer.

Deoarece alimentarea motorului cu benzină, etanol sau cu amestecurile acestora nu necesită schimbarea volumului camerei de ardere, la fiecare ciclu de lucru, în cilindrul motorului se va introduce același volum amestec de ardere, ce conține unul din combustibilii enumerați anterior, adică:

$$M_{1c}^b = M_{1c}^{et} = M_{1c}^{eco}, \frac{kmol}{ciclu}, \quad (5.12)$$

unde  $M_{1c}^b$ ,  $M_{1c}^{et}$ ,  $M_{1c}^{eco}$  reprezintă cantitatea amestecului de ardere necesară pentru un ciclu de lucru cu benzină, etanol, respectiv, ecobenzină.

Din ecuația (5.13) rezultă că:

$$M_1^b = M_1^{et} \cdot K^{et} = M_1^{eco} \cdot K^{eco}, \quad (5.13)$$

unde  $M_1^b$ ,  $M_1^{et}$ ,  $M_1^{eco}$  reprezintă cantitatea amestecului de ardere ce revine la 1kg de combustibil (benzină, etanol și, respectiv, ecobenzină) kmol/kg comb;  $K^{et}$ ,  $K^{eco}$  - coeficienți.

Din ecuațiile ( 5.4, 5.14) obținem pentru  $\alpha = 1$ :

$$L_t^b + \frac{1}{m_c^b} = \left( L_t^{et} + \frac{1}{m_c^{et}} \right) K^{et} = K^{et} \cdot L_t^{et} + K^{et} \cdot \frac{1}{m_c^{et}}. \quad (5.14)$$

Din tabelul 5.1. obținem datele:

$$M_1^b = 0,526 \frac{\text{kmol}}{\text{kg comb.}}, \quad M_1^{et} = 0,335 \frac{\text{kmol}}{\text{kg comb.}}, \quad \text{atunci } K^{et} = \frac{M_1^b}{M_1^{et}} = 1,57.$$

În formula 5.15 prin  $K_{et} \cdot L_t^{et} = L_t^{1et}$  se notează cantitatea stoechiometrică (kmol) a aerului necesară pentru arderea etanolului în cantitate de  $K_{et}$ , kg. Deoarece sistemul de alimentare a motorului nu este modificat și este reglat pentru dozarea benzinei,  $L_t^b = L_t^{1et}$  cantitatea reală (kmol) a aerului ce revine la arderea  $K^{et}$  kg de etanol.

Coeficientul convențional al excesului de aer va fi:

$$\alpha = \frac{L_t^{1et}}{L_t^{et}} = \frac{L_t^b}{K^{et} \cdot L_t^{et}}. \quad (5.15)$$

Ținând cont de datele din tabelul 5.1, găsim pentru etanol:  $\alpha^{et} = \frac{0,5168}{1,57 \cdot 0,313} = 1,052$ . Când

clapeta obturatorului este fixă (pentru benzină  $\alpha^b=1$ ), coeficientul excesului de aer, la arderea etanolului crește cu 5,2 % în raport cu cel de la arderea, în condiții identice, a benzinei. Pentru ecobenzină, valorile  $\alpha_{conv}^{eco}$  sunt prezentate în tabelul 5.1. Aceste valori demonstrează că adăugarea etanolului reduce pierderile de căldură cauzate de insuficiența generală de oxigen în amestecul de ardere.

Conform teoriei reacțiilor în lanț, elaborate de către acad. N. Semionov, la etapa inițială de ardere are loc formarea centrelor active de peroxizi de hidrocarburi. Una din posibilele scheme de formare a peroxizilor este următoarea:  $C_nH_m + O_2 \rightarrow R-O-O-H$ .

Este evident că alcoolii monoatomici ( $CH_3OH$ ,  $C_2H_5OH$ ) în adaos cu benzină favorizează formarea peroxizilor, reducând perioada de ardere a combustibilului. Acest lucru este confirmat și de cercetările realizate de către Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е., Manea Gh., Georgescu M., Iulian R., Rodney T.I. [37,47,189].

La rândul său Apostolache N. și Sfințeanu D. au demonstrat experimental că, în amestecuri alcool monoatomic – aer, viteza de ardere laminară este mai mare în raport cu amestecul benzină–aer [190]. În acest caz, pierderile de căldură în sistemul de răcire al motorului scad, iar limitele concentrațiilor de lucru ale biocombustibililor se extind (tab. 5.2).

Tabelul 5.2. Limitele concentrațiilor de lucru pentru combustibili în amestec cu aer

Combustibili	Concentrația combustibilului în amestecul de ardere, % vol.			
	Stoechiometrică	Superioară	Inferioară	Variația concentrației, $\Delta C$
Benzină	1,67	5,9	1,5	4,4
Etanol	6,49	13,7	4,0	9,7

Datele din tabelele 5.1 și 5.2 demonstrează că arderea etanolului necesită majorarea concentrației combustibilului în amestecul de ardere (benzină – 6,27% mas. sau 1,5...5,9% vol., etanol – 9,94% mas. sau – 4,0...13,7% vol.) din cauza prezenței oxigenului în molecula etanolului, iar limitele concentrațiilor combustibilului în amestec cu aer se majorează de peste 2 ori (benzină  $\Delta C = 4,4\%$  vol., etanol  $\Delta C = 9,7\%$  vol.) datorită îmbunătățirii condițiilor de ardere a etanolului.

Totodată, etanolul, datorită oxigenului din molecula sa, stimulează formarea centrelor active (peroxidilor hidrocarburilor) și creează condiții favorabile de ardere mai completă a combustibilului.

**Arderea incompletă locală.** În motoarele cu aprindere prin scânteie pot fi pierderi locale de căldură din cauza arderii incomplete a combustibilului. Arderea incompletă, de regulă are loc într-un strat subțire de gaze ( $\beta = 0,05...0,38\text{mm}$ ) adiacent pereților camerei de ardere, unde temperatura amestecului este mai joasă decât în restul volumului camerei de ardere. În acest strat concentrația hidrocarburilor este de 5...6 ori mai înaltă decât în gazele de eșapament [183,185]. Deoarece diametrele cilindrilor MAS contemporane se află în limitele 76...100 mm, zona arderii incomplete lângă pereții camerei ocupă cel mult 1% din volumul total al camerei. Prin urmare, cota specifică a pierderilor  $Q_{a.inc.}$  lângă pereții camerei este destul de mică.

Вырубов Д.Н., Иващенко Н.А., Ивин В.В., pe cale experimentală, au stabilit că, pentru MAS la sarcini medii și valori ale coeficientului de exces al aerului  $\alpha = 1,1...1,2$ , concentrația hidrocarburilor în produsele de ardere este minimă. Astfel pentru aceleași condiții de ardere este minim și consumul specific al combustibilului [183]. Totodată, Apostolache N., Sfințeanu D., Iulian R., Rodney T.I. au arătat că, din cauza grupării puternic polare – OH, căldura de evaporare a etanolului (900 kJ/kg) față de cea a benzinei (303 kJ/kg) este mai mare de aproape 3 ori [190,191].

Prin urmare, în cazul folosirii etanolului în amestec cu benzina, pierderile de căldură pot fi mai mari, mai ales în faza inițială, când motorul nu a atins regimul termic optim. Aceste constatări sunt confirmate și de cercetările noastre, realizate împreună cu cercetătorii din Universitatea Agrară de Stat din Moldova [156] și care au demonstrat o creștere nesemnificativă a conținutului de hidrocarburi în gazele de eșapament ale motoarelor (în medie cu 1...10%).

Astfel cercetările realizate anterior [37,44,45, 190, 191] și confirmate de cercetările noastre demonstrează reducerea emisiilor CH în toate amestecurile de etanol cu benzină. Totodată, pierderile  $Q_{a.in.}$  lângă pereții camerei au o cotă specifică destul de mică, cotă care prin respectarea condițiilor termice ale motorului, pot fi diminuate semnificativ.

Proprietăți asemănătoare cu cele de la arderea amestecurilor cu etanol au fost semnalate și la arderea amestecurilor cu metanol. Astfel, pornirea MAS la cald cu amestecuri metanol-benzină reduce concentrația  $CH$  de la 12 până la 5,7 g/ciclu[37]. Firma „Volkswagen” a studiat performanțele motoarelor alimentate cu amestecuri metanol-benzină. Motoarele cu răcire aeriană au demonstrat capacități de lucru mai bune și stabile datorită temperaturii mai înalte a pereților camerei de ardere, decât ale motoarelor răcite cu agent termic lichid.

Așadar, utilizarea etanolului în calitate de combustibil reduce pierderile de căldură datorită următoarelor:

- majorarea până la 5,2 % a coeficientului relativ de exces al aerului, ca urmare a schimbării raportului stoechiometric dintre combustibil și aer;
- reducerea perioadei de ardere, favorizarea formării centrelor active de inițiere a arderii;
- extinderea de 2,2 ori a limitelor admisibile ale concentrațiilor de lucru ale combustibilului;
- arderea mai completă a combustibilului în amestec cu aer, datorită amplasării omogene a oxigenului în amestec;
- menținerea temperaturilor mai înalte în cilindrul motorului comparativ cu arderea benzinei.

**Posibilități de compensare a reducerii puterii calorifice a ecobenzinelor.** Analiza efectuată demonstrează posibilitatea compensării diferenței dintre puterea calorifică a etanolului și cea a benzinei prin majorarea randamentului termic al procesului de ardere a etanolului. Acest lucru are loc datorită reducerii la minimum a pierderilor de căldură cauzate de arderea incompletă a etanolului și datorită disocierii mai mici a moleculelor produselor de ardere. Randamentul motorului crește și datorită majorării dilatației molare a produselor de ardere ale ecobenzinelor.

Valorile maxime ale dilatației molare  $\Delta M$  a produselor de ardere se obțin la arderea ecobenzinelor cu concentrația etanolului de 20...30% (tab. 5.1):  $\Delta_{max} = 0,0277$  kmol/kg comb., raportul chimic de variație molară  $\mu = 1,057...1,059$ . Aceasta înseamnă că volumul  $M_2$  al produselor de la arderea ecobenzinelor menționate (etanol 20-30%) crește cu 5,7-5,9% în raport cu volumul amestecului de ardere  $M_1$ . Față de volumul produselor de la arderea benzinei, sporul  $\Delta M$  la arderea ecobenzinei constituie 0,87% la 1 kg de combustibil sau 0,98% pentru un volum egal al amestecurilor de ardere ale ambelor tipuri de combustibil.

Pierderile de energie parvenite odată cu gazele de eșapament  $Q_{g.e}$  au cea mai înaltă cotă (30...55%) în bilanțul termic MAS [183], de aceea vom analiza diferența dintre pierderile de energie  $Q_{g.e}$  la utilizarea benzinei și ecobenzinei.

Conform datelor din tabelul 5.1, pentru arderea unui kg de benzină sunt necesare 0,5168 kmol de aer, iar a unui kg de etanol – 0,313 kmol, pe când pentru arderea 1 kg de ecobenzină (20% etanol) trebuie 0,476 kmol aer. În procesul de ardere se consumă 20,8% vol. de oxigen și 79,2% vol. azot, ultimul fiind un balast ce consumă energia termică.

În baza ecuației  $M_{N_2} = 0,792\alpha L_t$  și obținând  $\alpha = 1$ , calculăm reducerea cantității azotului la arderea 1 kg de etanol  $\Delta M_{N_2} = 0,792 [0,5168 - 0,313] = 0,1614 \text{ kmol/kg comb}$  și 1 kg de ecobenzină ( $\Delta M_{N_2} = 0,0323 \text{ kmol/kg comb}$ ). Conform datelor [183,185,188], la finele procesului de lucru, gazele au temperatura  $T_b \approx 927...1227^\circ C$ . Temperatura gazelor depinde de parametrii constructivi și de exploatare ai motorului, ponderea cea mai mare revenindu-i sarcinii motorului  $P_i / P_e$  și coeficientului de exces al aerului  $\alpha$ .

La temperatura gazelor  $T_b = 1000^\circ C$ , energia internă a azotului constituie  $U_{N_2} = 22,881 \text{ MJ/kmol}$  [183,188]. Prin urmare, pierderile de energie în gazele de eșapament, cauzate de încălzirea azotului sunt următoarele:

a) la arderea benzinei  $\Delta Q_{g.e.} = \Delta M_{N_2} \cdot U_{N_2} = 3,69 \text{ MJ/kg comb}$ , ce constituie 8,48% din puterea calorifică inferioară a benzinei;

b) la arderea ecobenzinei E20  $\Delta Q_{g.e.} = 0,74 \text{ MJ/kg comb}$  ce constituie 1,7% din puterea calorifică inferioară a benzinei.

Astfel, pentru argumentarea constituției amestecurilor alcoolilor monoatomici cu benzină este necesar să se studieze influența compoziției amestecurilor asupra diferitor proprietăți fizico-chimice și de exploatare a diferitor tipuri de biocombustibili.

### 5.3. Cercetarea experimentală a biocombustibililor cu alcoolii monoatomici

#### 5.3.1. Generalități cu privire la studiul experimental al biocombustibililor lichizi

În baza studiilor teoretice [34] în calitate de obiect al cercetărilor de laborator au fost aleși următorii combustibili:

a) benzină Normală (A76, A80);

b) alcoolii monoatomici-etanol  $C_2H_5OH$  (din sorg zaharat, fracții etero-aldehide din must de poamă, din cereale), butanol  $C_4H_9OH$  (N-butanol);

c) amestecuri duble ale alcoolilor cu benzină (etanol-benzină, butanol-benzină) în proporții (% vol): 10:90; 20:80; 30:70; 40:60; 50:50;

d) amestecuri triple ale alcoolilor cu benzină (butanol-etanol-benzină).

În calitate de subiect al cercetării a servit studiul distilării, presiunii vaporilor, cifrei octanice, capacității corozive, comportarea la temperaturi joase, a densității și viscozității obiectului cercetării.

Distilarea s-a determinat în conformitate cu ГOCT ISO 3405-2013 pe un volum de 100 ml de combustibil. Măsurările s-au realizat pentru fiecare volum de 10 ml de combustibil adus în stare de vapori ulterior condensat. Temperaturile la care au distilat 10%, 50%, respectiv 90% din volumul total de combustibil au fost tabelate și ulterior prelucrate statistic.

### **5.3.2. Cercetarea capacității de distilare a amestecurilor combustibile cu etanol**

Caracteristicile de distilare (volatilitate) ale biocombustibililor au un efect important asupra securității și performanțelor acestora. Intervalul de distilare furnizează informații importante despre compoziția amestecului, conservabilitatea și comportarea în exploatare a acestuia. Valorile limită ale caracteristicilor de distilare servesc și pentru controlul performanțelor combustibililor și pentru reglarea formării vaporilor care pot produce un șir de inconveniente inclusiv formarea amestecurilor explozive. Din acest motiv, eficiența utilizării combustibilului, în mare măsură, depinde de corectitudinea și plenitudinea realizării distilării propriu zisă a acestuia. La rândul său, distilarea combustibililor este caracterizată de următorii indicatori: temperatura inițială de distilare, temperatura distilării, punctul final de distilare, procentajul de combustibilul distilat, cantitatea de reziduu rezultat în urma distilării.

Conform datelor [54,187,192], în benzină majoritatea moleculelor conțin de la 5 până la 10 atomi de carbon, din această cauză benzina nu poate să aibă o temperatură fixă de fierbere. Începutul și sfârșitul distilării benzinei A-76 (Normală-80) se află în diapazonul de temperaturi  $43\div 177^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t=134^{\circ}\text{C}$  (tab. 5.3). Pentru benzina A-80 (Normală-80) valorile temperaturilor menționate se află în intervalul  $36\div 191^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t=155^{\circ}\text{C}$  (tab. 5.4) și  $42\div 194^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t=152^{\circ}\text{C}$  (tab. 5.5).

Tabelul 5.3. Proprietățile fizico - chimice și de exploatare ale amestecurilor combustibililor cu adaos de etanol S fabricat din sorg zaharat

Denumirea indicilor	Valorile caracteristicilor ale combustibililor						
	Benzină A76 (real obținut/norma conform SM 226)	Etanol	Amestec cu concentrația etanolului, % vol.				
			10	20	30	40	50
Densitate, kg/m <sup>3</sup> (20°C)	729/<775*	806	734	742	747	757	764
<b>Distilare</b>							
- temperatura inițială dedistilare, °C	43/<35*	76	43	43	43	43	44
- temperatura distilării, °C pentru:							
10 % vol. combustibil distilat	58/<75*	77	51	52	54	56	59
50 % vol. combustibil distilat	95/<120*	78	78	71	72	74	76
90 % vol. combustibil distilat	159/<190*	83	158	150	152	145	87
- punct final de distilare, °C	177/<215*	95	174	167	170	165	166
- % combustibilului distilat	97/>96*	99,5	96,5	98	97	97	97
- reziduu, % vol.	1,0/<2,0*	0,5	1,0	0,6	1,0	1,0	1,0
Apă și impurități mecanice	Lipsă						
Culoare	galben	galben-deschis	galben-aprins	galben-aprins	galben-aprins	galben	galben-deschis

Cauza intervalului mai larg de temperaturi la distilarea benzinei A-80 (Normală-80) este aceea că ea conține o gamă mai largă de hidrocarburi decât benzina A-76. Totuși diferența de temperaturi la distilarea benzinelor A-76 ( $\Delta t=134^{\circ}\text{C}$ ) și A-80 ( $\Delta t=152,155^{\circ}\text{C}$ ) nu este mare, încadrându-se în normele stabilite de standardul SM 226 ( $35\div 215^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t=180^{\circ}\text{C}$ ).

**Temperatura punctului inițial de distilare** a benzinelor trebuie să fie mai mare de  $+35^{\circ}\text{C}$ . La această temperatură, pierderile de hidrocarburi ușoare, în timpul păstrării și transportării, sunt minime.

Studiul amestecurilor de combustibili cu diferite fracții a etanolului evidențiază clar variația temperaturilor punctului inițial de distilare funcție de conținutul etanolului. Din tabelul 5.4 se conturează că inițierea distilării amestecurilor cu etanol S 10...50% vol. are loc la  $43...44^{\circ}\text{C}$ , iar a celor cu etanol FEA 5...40% vol. la  $38...42^{\circ}\text{C}$  (tab. 5.4).



Tabelul 5.4. Proprietățile fizico - chimice și de exploatare ale amestecurilor combustibililor  
cu fracția etero-aldehidă FEA a etanolului fabricat din cereale

Denumirea indicilor	Valorile indicilor						
	Benzină Normală- 80		Amestec cu concentrația etanolului, % vol.				
	Norma S M 226	Real	5	10	20	30	40
<b>Cifra octanică Research, COR</b>	>80	84,9	89,3	91,3	94,5	97,3	**
<b>Cifra octanică Motor, COM</b>	>76	81,5	81,5	83,1	84,5	87,6	**
<b>Distilare</b>							
- temperatura inițială de distilare, °C	>35	36	38	42	40	42	42
- temperatura distilării, °C pentru:							
- 10% vol. combustibil distilat	<75	51	49	50	52	57	59
- 50% vol. combustibil distilat	<120	93	79	73	74	75	76
- 90% vol. combustibil distilat	<190	152	153	156	154	152	140
- punct final de distilare, °C	<215	191	191	189	188	184	182
- reziduu, % vol.	<2	1,5	1,4	1,6	1,5	1,8	2,0
- reziduu și pierderi, % vol.	<4	3,5	2,8	3,5	2,8	3,3	3,8
Indice de neutralizare, mg KOH/100cm <sup>3</sup>	<3	0,53	0,65	0,96	2,45	2,73	3,21
Gume actuale, mg/100 cm <sup>3</sup>	<5	2,97	2,64	2,8	2,7	3,8	4,3
Conținutul de sulf, mg/kg	<1000	250	220	183	164	155	140
Presiune vapori, kPa	<80	49	*	57	60	*	*
Încercare pe lama de cupru	Rezistă						
Apă și impurități mecanice	Lipsă						
Punct de tulburare, °C:							
- pentru varianta de vară		-55	-15	-10	-20	*	*
- pentru varianta de iarnă		-55	-32	-28	-30	*	*

Legendă: \* - valorile nu au fost determinate; \*\* - valorile nu a fost posibil de determinat.

Analiza dinamicii temperaturilor la care se inițiază distilarea ecobenzinilor scoate în evidență că raportul benzină - etanol influențează diferit temperatura punctului inițial de distilare. De exemplu, dacă temperatura inițială de distilare a benzinei este în limitele  $t_{init}=42...43^{\circ}\text{C}$ , adaosul de etanol, practic, nu schimbă această valoare (vezi tab. 5.3 și 5.5), menținând-o în intervalul de temperaturi  $40...44^{\circ}\text{C}$ . În cazul benzinei cu temperatura inițială de distilare relativ joasă ( $t_{init}=36^{\circ}\text{C}$ ), etanolul majorează această temperatură cu  $2...6^{\circ}\text{C}$  (în funcție de concentrația etanolului adăugat) și o menține tot la nivelul de  $38...42^{\circ}\text{C}$  (tab. 5.4).

De menționat că și adaosul de butanol influențează identic temperatura inițială de distilare, cu toate că temperatura inițială de distilare a butanolului ( $110^{\circ}\text{C}$ , tab. 5.5) este mult mai înaltă

decât a benzinei (42°C). Astfel adaosul de butanol, practic, nu schimbă  $t_{init}$  în cazul amestecului binar ( $t_{init}=40...43^{\circ}\text{C}$ ) și triplu cu ecobenzină ( $t_{init}=38...43^{\circ}\text{C}$ ).

În concluzie se poate afirma că adaosul de butanol poartă un caracter pozitiv pentru valorile punctului inițial de distilare a amestecurilor combustibile binare (cu benzină) și triple (cu benzină și etanol). Influența butanolului asupra temperaturii inițiale de distilare este mai mică decât cea a etanolului, deoarece componența chimică și respectiv proprietățile fizice și chimice ale butanolului sunt mai aproape de cele ale benzinei.

**Temperatura la care a distilat 10% din volumul combustibilului** reprezintă aptitudinea combustibilului de pornire a motorului. Cu cât această temperatură este mai mică cu atât sunt mai bune condițiile de pornire. Deși temperatura la care a distilat 10% din volumul etanolului ( $t_{10}=77^{\circ}\text{C}$ , tab.5.3) este mai mare decât a benzinei A-76 ( $t_{10}=58^{\circ}\text{C}$ ) și a benzinei A-80 ( $t_{10}=51^{\circ}\text{C}$ ,  $55^{\circ}\text{C}$ , tab. 5.4, 5.5), prezența etanolului în ecobenzină cu fracția până la 20% vol. reduce temperatura  $t_{10}$  cu 1...8°C. Comună pentru toate amestecurile etanol-benzină este tendința de creștere a temperaturii distilării  $t_{10}$  cu majorarea concentrației etanolului. La concentrațiile etanolului mai mari de 20% vol. temperatura  $t_{10}$  a ecobenzinei depășește temperatura respectivă a benzinei cu 1...8°C (tab. 5.3, 5.4).

Indiferent de componența și proprietățile benzinelor studiate, adaosul de etanol până la 20% vol. face posibil ca temperatura  $t_{10}$  a ecobenzinei să fie în limita 47...52°C, iar cu majorarea concentrației etanolului până la 50% vol. – în limita  $t_{10}=52...59^{\circ}\text{C}$ . Se poate presupune, că conținutul de etanol până la 20% vol. creează condiții de interacțiune a moleculelor componentelor, provocând efectul sinergic, una din consecințele căruia este reducerea temperaturii  $t_{10}$ . Cu majorarea concentrației etanolului până la 50% vol. interacțiunea moleculelor rămâne constantă, simultan crește influența în amestec a moleculelor etanolului, ceea ce cauzează creșterea temperaturii  $t_{10}$ .

Manea Gh., Georgescu M. [47] au constatat un efect similar pentru amestecurile metanol-benzină, în care metanolul formează compuși azeotropi cu fracții ușoare din benzină, azeotropii fiind mai volatili. Temperatura distilării  $t_{10}$  a butanolului (113°C, tab.5.5) este mult mai înaltă decât a benzinei (55°C). Totodată, temperatura  $t_{10}$  a amestecului butanol-benzină (55°C pentru  $C_{butanol}=10\%$  vol., 52°C pentru  $C_{butanol}=20\%$  vol.) este cu 0...3°C mai joasă decât a benzinei. Probabil, și în acest caz are loc interacțiunea moleculelor, însă cu efect mai mic în raport cu amestecul etanol-benzină.

Adăugarea butanolului în ecobenzină în cantitate 10% vol. menține temperatura  $t_{10}$  (46°C, tab. 5.5), iar în cantitate de 20% vol. majorează temperatura  $t_{10}$  până la 53°C. Deci, în ultimul caz crește influența moleculelor butanolului.

**Temperatura la care a distilat 50% din volumul combustibilului** reflectă perioada de încălzire a motorului și capacitatea combustibilului de a asigura buna funcționare a motorului la diferite sarcini, mai ales la schimbarea acestora. Funcționarea motorului cu aprindere prin scânteie MAS este bună când **temperatura**  $t_{50}$  a benzinei se află sub 120°C. Temperatura la care a distilat 50% din volumul combustibilului este egală pentru benzina A-76 cu 95°C, A-80-93°C și 85°C, etanol – 78°C, butanol - 116°C (tab.5.3 - 5.5).

Pentru amestecuri etanol-benzină E5...E50 valorile temperaturii  $t_{50}$  se află în limitele 67...79°C, în majoritatea cazurilor fiind mai mici decât valorile temperaturii  $t_{50}$  ale componentelor. Cea mai mare scădere a temperaturii  $t_{50}$  este la ecobenzină cu fracția volumetrică a etanolului 10...30%. Probabil, în amestecuri etanol-benzină, după cum s-a menționat anterior, are loc interacțiunea moleculelor, care face posibilă diminuarea în aceste amestecuri nu numai a temperaturii inițiale de distilare, a temperaturii  $t_{10}$ , dar și îndeosebi a temperaturii  $t_{50}$ .

Adăosul de 10...20% vol. butanol în benzină majorează cu 2...4°C temperatura  $t_{50}$  în amestecul cu benzină și cu 3...17°C în amestecul cu ecobenzină (tab. 5.5). În ultimul caz cea mai mare creștere (17°C) este la concentrația butanolului de 20% vol. în amestec cu ecobenzină E20. Pentru  $t_{50}$  influența sinergică a butanolului este minimă și, pe măsura majorării concentrației butanolului, mai ales în amestecul cu ecobenzină, crește esențial valoarea temperaturii  $t_{50}$ , apropiindu-se de temperatura respectivă a benzinei A-80.

**Temperatura la care a distilat 90% din volumul combustibilului și punctul final de distilare** demonstrează capacitatea combustibilului de ardere completă și eficientă. Cu ajutorul  $t_{90}$  poate fi corelată vaporizarea și arderea integrală, precum și consumul de carburant.

De regulă, evaporarea incompletă a combustibililor este cauzată de prezența hidrocarburilor grele din fracțiile coadă ale benzinei. Aceste hidrocarburi provoacă un șir de consecințe nedorite, printre care se evidențiază arderea incompletă a amestecului, uzură sporită a grupului piston-cilindru din cauza lubrifierii incomplete a cilindrului, creșterea depunerilor de calamină.

Tabelul 5.5. 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%	Ecobenzină E20		Etanol FEA	E 20 (Etanol rect. 20% + Benzină 80%)	
					Etanol rect. 20% + Benzină 80%	Etanol FEA 20% + Benzină 80%		90% + Butanol 10%	80% + Butanol 20%
Distilare:									
- temperatura inițială de distilare, °C	42 > 35*	110	43	40	40	40	76	38	43
- temperatura distilării, °C pentru:									
10% vol.	55 / < 75*	113	55	52	47	48	77	46	53
50% vol.	85 / < 120*	116	87	89	67	67	78	70	84
90% vol.	154 / < 190*	116	154	147	143	145	83	131	120
- punct final de distilare, °C	194 / < 215*	116	194	192	193	192	95	191	193
- reziduu, % vol.	1,3 / < 2*	1,0	1,2	1,2	1,1	1,2	0,1	1,3	1,4
- reziduu + pierderi, % vol	2,5 / < 4*	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	0,5	2,0	2,0
Cifra octanică COM	75,5	86,5	77,3	78,8	84,8	84,9	91*	84,7	84,6
Densitate, (20°C), kg/m <sup>3</sup>	728 / < 775*	797	733	739	745	745	806 / 790*	742	750
Viscozitate cinematică (20°C), mm <sup>2</sup> /s	0,57	3,64	0,65	0,73	0,76	0,69	1,52	0,81	0,91
Punct de tulburare (de fierbere/congelare)*, °C	< -60 (35 / -215)*	< -60 (107 / -108)*	< -55	< -55	< -38	< -55	(78,3 / -114,5)*	< -55	< -55
Presiune de vapori, kPa	54,3 / < 80*	4	50,9	47,5	61,2	58,7	23*	54,8	50,9
Indice de neutralizare, mg KOH/100cm <sup>3</sup>	0,12 / < 3*	0,56	0,14	0,16	0,20	0,18		0,18	0,20
Gume actuale, mg/100cm <sup>3</sup>	1,4 / < 5*	0,8	1,2	0,9	1,0	1,05		0,95	0,7

Legendă: \* Conform normativelor sau datelor informative; Etanol rect. – etanol rectificat; Etanol FEA – fracția etero-aldehidă a etanolului

Rezultatele prezentate în tabelele 5.3 - 5.5 demonstrează că prepararea ecobenzinei cu fracția volumetrică a etanolului până la 30% permite scăderea  $t_{90}$  cu până la 11°C în raport cu cea a benzinei. Majorarea concentrației etanolului peste 30% vol. duce la diminuarea mai esențială a temperaturii  $t_{90}$ : de exemplu, la ecobenzina E50 valoarea temperaturii  $t_{90}$  constituie 87°C, scăderea constituind 72°C. Butanolul, de asemenea, scade  $t_{90}$  în amestecuri cu benzină – până la 7°C, iar cu ecobenzină E20 – până la 34°C (vezi tab. 5.3 - 5.5).

**Temperatura finală de distilare** a benzinelor studiate variază în limitele 177...194°C, cea a etanolului constituie 95°C și cea a butanolului- 116°C. Deși temperatura finală de distilare a etanolului și a butanolului sunt cu mult mai joase decât a benzinei, totuși adaosul etanolului în benzină reduce temperatura finală de distilare cu cel mult 12°C, iar adaosul butanolului - cu cel mult 3°C. În ambele cazuri scăderea temperaturii finale de distilare se accentuează odată cu mărirea fracției volumetrice a alcoolilor în amestec.

Conform [187], reducerea diapazonului de temperaturi  $\Delta t = t_{final} - t_{90}$  reflectă micșorarea probabilității de condensare a fracțiilor grele (de coadă) ale combustibilului. Acest diapazon este egal : pentru benzina A-76- $\Delta t = 18^\circ\text{C}$ , A-80 -  $\Delta t = 39...40^\circ\text{C}$ , etanol –  $\Delta t = 12^\circ\text{C}$ ; butanol –  $\Delta t = 0^\circ\text{C}$  (tab. 5.3 – 5.5). Adăugarea etanolului și butanolului în cantitate până la 30...40% vol. schimbă  $\Delta t$  pentru benzina respectivă în limite relativ mici:  $\pm 8^\circ\text{C}$ . Cu majorarea fracției alcoolilor peste 40% vol.  $\Delta t$  crește până la 79°C. Acest lucru se datorează, în primul rând, scăderii temperaturii  $t_{90}$ .

Se poate presupune, că schimbarea temperaturii  $t_{90}$  și a punctului final de distilare în amestecurile benzinei cu etanol și butanol, precum și a altor temperaturi ( $t_{int}$ ,  $t_{10}$ ,  $t_{50}$ ), este cauzată de interacțiunea moleculelor, care provoacă efecte sinergice.

**Reziduul** prezintă fracția nedistilată a combustibilului, fiind parte componentă a fracțiilor grele. Aceste fracții, din cauza vaporizării insuficiente, se depun pe pereții interni ai motorului cu transformări incomplete, ce reduce randamentul de combustie, spală pelicula de ulei de pe pereții cilindrului, sporind uzura cuplului cămașa cilindrului – segmenti, măresc emisia hidrocarburilor odată cu emisia gazelor de eșapament.

Reziduurile rămase de la distilarea etanolului (0,5%vol., 0,1%vol., tab. 5.3-5.5) și butanolului (1,0% vol., tab. 5.5) sunt mai mici decât cele ale benzinei respectiv (1,0%vol., 1,5%vol., 1,3%vol., tab. 5.3-5.5). În amestecurile binare etanol-benzină, butanol-benzină se observă o scădere a reziduurilor până la 0,6...1,2% vol., în raport cu reziduurile rezultate de la distilarea benzinei.

Reduceri neînsemnate ale reziduurilor și punctelor finale de distilare în amestecurile combustibile mărturisesc despre interacțiunea mică a alcoolilor monoatomici cu fracțiile grele ale benzinelor. Totodată, după cum s-a mai menționat, alcoolii interacționează activ cu fracțiile

intermediare ale benzinelor, creând efecte sinergice și diminuând valorile  $t_{10}$ ,  $t_{50}$ ,  $t_{90}$  în majoritatea cazurilor, ce influențează pozitiv calitatea biocombustibililor respectivi.

**Pierderile la distilare.** Acestea constituie: pentru benzină 1,2 - 2,0% vol., pentru etanol – 0,4% vol., pentru butanol – 1,0% vol. (tab. 5.3 – 5.5). Rezultatele obținute confirmă volatilitatea redusă a alcoolilor.

Adăugarea etanolului în benzina A-76 practic nu schimbă pierderile amestecului (tab. 5.3), iar în benzina A-80 reduce pierderile cu 0,3...0,7% vol. Deci, influența etanolului asupra volatilității amestecului cu benzină depinde de componența ultimei. Butanolul la fel reduce pierderile în amestecuri binare cu benzină de la 1,2 până la 0,8% vol. și în amestecuri triple cu ecobenzină E20—de la 0,9 până la 0,7...0,6% vol.

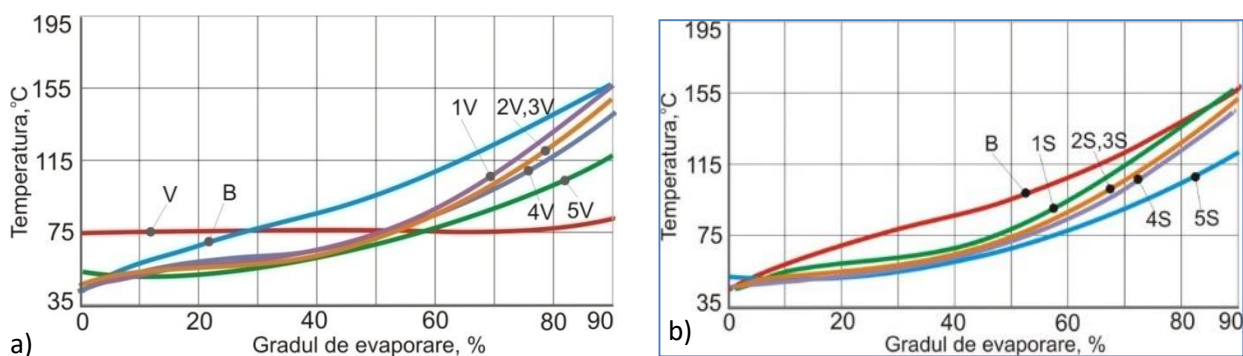
Reducerea pierderilor combustibilului în procesul distilării este benefică, deoarece îmbunătățește performanțele economice ale motoarelor, mai ales la vehicule moderne, unde dintr-o unitate de volum se obține mai multă energie.

**Caracterul distilării combustibililor** este reflectat de curbele respective (fig. 5.1). În diapazonul valorilor de temperaturi  $t_{init}...t_{10}$  viteza de distilare a ecobenzinelor (în afară de E50) este identică cu cea a benzinei. În diapazonul temperaturilor  $t_{10}...t_{50}$  viteza de distilare a ecobenzinelor este aproape de cea a etanolului, iar în diapazonul  $t_{50}...t_{final}$  din nou se apropie de viteza distilării benzinei.

Rezultatele obținute demonstrează că în primul diapazon ( $t_{init}...t_{10}$ ) dinamica procesului de distilare a ecobenzinelor este influențată de hidrocarburile cu masa moleculară mică din benzină. În diapazonul  $t_{10}...t_{50}$  dinamica distilării este influențată, în special, de către etanol și compușii acestui cu hidrocarburile benzinei, iar în diapazonul  $t_{50}...t_{final}$  – de către hidrocarburile benzinei. Majorarea concentrației etanolului până la 50% vol. schimbă dinamica procesului distilării și, mai ales, valorile temperaturilor  $t_{50}$ ,  $t_{90}$ ,  $t_{final}$ .

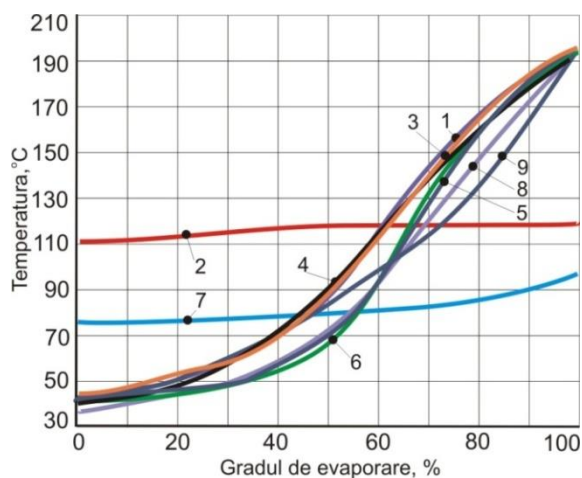
Cercetarea capacităților de distilare a combustibililor pe bază de benzină cu adaosuri din etanol, provenit din diferite tipuri de biomasă, scoate în evidență că natura biomasei influențează neesențial curbele de distilare a biocombustibililor respectivi (fig. 5.1). Aceste rezultate confirmă componența asemănătoare a alcoolilor etilici obținuți din diferite tipuri de materie primă.

Aproximativ același caracter al curbelor de distilare au și amestecurile combustibile cu butanol (fig. 5.2). În toate cazurile valorile temperaturilor de distilare a ecobenzinelor scad în raport cu cele ale benzinelor, ceea ce într-o măsură oarecare trebuie să îmbunătățească condițiile de pornire și funcționare a motorului.



**Figura 5.1. Curbele de distilare a biocombustibililor cu etanol fabricat din diferite tipuri de biomasă :** a) B – benzină A-76 (baza); V – etanol din vinificație; 1V÷5V – amestecuri benzinei cu etanol (fracția 10÷50% vol.); b) B – benzină A-76 (baza); S – etanol din sorg zaharat; 1S÷5S – amestecuri benzinei cu etanol (fracția 10÷50% vol.).

Rezultate similare au fost obținute cu amestecuri metanol-benzină [47,190]. Adaosul metanolului în benzină reduce temperatura distilării combustibilului, însă din cauza valorii mai înalte a căldurii de evaporare a metanolului ( $Q=1,2\text{MJ/kg}$ ) capacitatea de pornire a motorului alimentat cu amestec metanol-benzină este mai joasă ca a celui alimentat cu benzină ( $Q=0,36\text{MJ/kg}$ ).



**Figura 5.2. Curbele de distilare a biocombustibililor cu butanol:** 1 – benzină A-80; 2 – butanol; 3 – butanol-benzină A-80 (10%+90%); 4 – butanol - benzină A-80 (20%+80%); 5 – ecobenzină E20 (rectificat); 6 – ecobenzină E-20 (FEA); 7 – etanol; 8 – butanol - ecobenzină E20 (10%+90%); 9 – butanol +ecobenzină E20 (20%+80%)

Între valorile menționate se află valorile căldurii de evaporare a etanolului ( $Q=0,92\text{MJ/kg}$ ) și a butanolului ( $Q=0,43\text{MJ/kg}$ ), care mai mult sau mai puțin diminuează efectul pozitiv obținut de la scăderea temperaturilor de distilare a amestecurilor benzinei cu butanol și etanol, ceea ce confirmă rezultatele cercetărilor [37,172,193].

În baza celor constatate se poate concluziona că adăugarea etanolului și butanolului în benzină influențează nesemnificativ temperaturile inițiale și finale de distilare ale combustibililor micști, stabilizând într-un anumit diapazon temperaturile la care se inițiază distilarea. Astfel, adaosul de etanol și de butanol reduce pierderile fracțiilor ușoare cu 15...35 la sută - în amestecuri binare și cu 42...50 la sută - în amestecuri triple, micșorând temperatura finală de distilare cu până

la 6% și cantitatea reziduurilor cu până la 20%. Totodată, se observă o scădere destul de palpabilă a temperaturilor intermediare ( $t_{10}$ ,  $t_{50}$ ,  $t_{90}$ ) de distilare a amestecurilor alcoolilor monoatomici cu benzină.

### 5.3.3. Presiunea vaporilor

Capacitatea de pornire a motorului depinde nu doar de temperatura la care a distilat 10% din volumul combustibilului și de căldura de evaporare, dar și de **presiunea vaporilor combustibilului**. Totodată presiunea vaporilor combustibilului influențează capacitatea de funcționare integrală a motorului.

Analiza datelor prezentate în tabelul 5.5 demonstrează că presiunea de vapori Reid (PVR) a benzinei A-80 este egală cu 54,3kPa, iar a ecobenzinei cu fracția volumetrică a etanolului 10% vol. și 20% vol. se află în limita 57...61,2kPa. Astfel, se observă o tendință clară de creștere a presiunii odată cu mărirea fracției volumetrice a etanolului.

Deoarece presiunea de vapori a butanolului este mică (4kPa), adăugarea acestuia în volum de 10% și de 20% reduce presiunea vaporilor benzinei A-80, respectiv, cu 3,4 și cu 6,8kPa, a ecobenzinei E20, respectiv, cu 6,4 și 10,3kPa. Reducerea presiunii vaporilor micșorează probabilitatea formării dopurilor de vapori și face posibilă transportarea impecabilă a amestecurilor cu butanol prin conductele existente.

Așadar, pe de o parte, în scopul îmbunătățirii pornirii motorului, mai ales în perioada rece a anului, este necesar de majorat presiunea vaporilor combustibilului, pe de altă parte, evitarea formării dopurilor de vapori și pierderilor prin evaporare necesită reducerea PVR. Valorile PVR ale benzinelor și amestecurilor acestora cu etanol, butanol corespund cerințelor standardului SM 226:  $PVR < 80$  kPa.

Conform [48], adaosul în benzină a 1% de etanol majorează PVR cu cca 50 mbar (5kPa). Rezultatele obținute de către noi au arătat că, adăugând etanol în benzină, presiunea vaporilor crește cu 0,8kPa/% - în amestecul E10 și cu 0,22...0,55 kPa/% - în amestecul E20. S-a demonstrat că adaosul de butanol, de asemenea, este benefic deoarece reduce PVR până la valorile inițiale ale benzinei (54,3kPa) și chiar mai mici (50,9kPa). Se poate presupune că existența a mai multor valori pentru PVR la ecobenzina E20 este cauzată de diferența componenței benzinei și a etanolului utilizat.

Experimental s-a constatat că adăugarea butanolului în cantitate de 10% și 20% în benzina pură reduce presiunea vaporilor cu gradient constant – 0,34 kPa/% adaos, iar adăugarea butanolului în ecobenzină E20 are drept consecință scăderea presiunii cu gradient 0,64 kPa/%



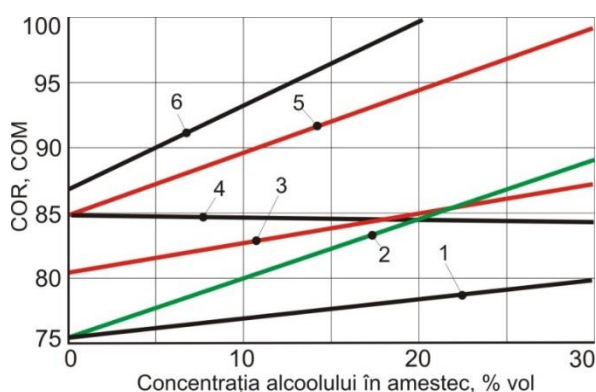
adaos (10% butanol) și 0,52 kPa/% adaos (20% butanol). Astfel, scăderea presiunii vaporilor odată cu mărirea volumului de butanol este rațională pentru ecobenzină.

#### 5.3.4. Cifra octanică

Performanțele MAS depind, în mare măsură, de capacitatea combustibilului de a arde cu viteză optimă fără detonație. Această capacitate depinde de **cifra octanică a combustibilului**, care se definește prin compararea comportării combustibilului testat cu cea a unui amestec etalon cu proprietăți antidetonante cunoscute.

Rezultatele cercetărilor demonstrează (fig. 5.3) că adăugarea alcoolilor în benzină, de regulă, mărește cifra octanică, însă aceste modificări sunt destul de eterogene în funcție de alcoolii folosiți în calitate de adaosuri. De exemplu, adaosul de etanol în benzina Normală -76 cu cifra octanică după metoda motor (COM=75,5) mărește viteza de creștere a cifrei octanice ( $\Delta\text{COM}=0,47\text{unit}/\%\text{vol.}$ ) mai pronunțat decât în cazul adăugării butanolului ( $\Delta\text{COM}=0,17\text{unit}/\%\text{vol.}$ ). Această diferență se explică prin faptul că etanolul cu COM 91 conține o cantitate mai mare de oxigen decât butanolul cu COM 86,5 (vezi tab. 5.5).

Utilizarea benzinei cu diferite cifre octanice (COM 75,5 și 80,3) influențează în mod deosebit rezistența la detonație odată cu adăugarea etanolului. În primul caz (fig. 5.3, curba 2) gradul creșterii este mai înalt ( $\Delta\text{COM}=0,47\text{unit}/\%\text{vol.}$ ) decât în al doilea ( $\Delta\text{COM}=0,24\text{unit}/\%\text{vol.}$ , curba 3). Acest lucru este motivat de conținutul scăzut de modificatori în benzina cu COM 75,5 ce creează condiții favorabile pentru sporirea rezistenței la detonație odată cu adăugarea etanolului.



**Figura 5.3. Dependența cifrelor octanice ale amestecurilor combustibile de fracția alcoolului: 1, 2, 3, 4 –  $\text{COM} = f(C)$ ; 5, 6 –  $\text{COR} = f(C)$ ; 1 – butanol + benzină A-76; 2 – etanol + benzină A-76; 3 – etanol + benzină A-80; 4 – butanol + ecobenzină E-20; 5 – etanol + benzină A-80; 6 – etanol + benzină A-90**

Totodată, rezultatele obținute demonstrează că, pentru condiții identice, dinamica creșterii cifrei octanice Research este mai pronunțată în raport cu COM. Astfel, în amestecuri combustibile formate din aceleași componente (etanol, benzină Normală-80) gradientul  $\Delta\text{COR}=0,47\text{unit}/\%\text{vol.}$  (curba 5) are valoare mai mare decât  $\Delta\text{COM}=0,24\text{unit}/\%\text{vol.}$  (curba 3). Gradientul  $\Delta\text{COR}$  al amestecului etanol-benzina A-90 (curba 6) este egal cu 0,47 unit/% vol, ca și în cazul amestecului etanol-benzină A-80.

Prin cercetări similare Gheorghişor M., prin adaosul etanolului în benzină a obținut următoarele valori ale gradientului creșterii cifrei octanice: ( $\Delta\text{COR}=0,32$  unit/% mas,  $\Delta\text{COM}=0,18$  unit/% mas) [54].

Ecobenzina E20, care a fost utilizată pentru prepararea amestecurilor cu butanol, are COM cu valoarea 84,8. Adăugarea butanolului (curba 4) în cantitate de 10% vol. reduce COM neînsemnat (până la 84,7), iar în cantitate de 20% vol. – până la 84,6. Acest lucru se explică, în primul rând, prin influența dominantă a etanolului asupra rezistenței la detonație a amestecului triplu butanol – etanol-benzină.

Rezultatele obținute de către noi corelează cu cele prezentate de către Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е., Carlos Coelho de Carvalho Neto, D. O. Schulte, Carlo Baldelli, P. Yappoli, Gareth Ellis, Manea Gh., Georgescu M. [37,41,47].

### 5.3.5. Proprietățile corozive ale biocombustibililor lichizi

Durabilitatea motoarelor cu ardere internă, în mare măsură, depinde de proprietățile corozive ale combustibililor. La rândul său, aceste sunt influențate de un șir de factori, printre care mai importanți sunt: concentrația acizilor, bazelor, sulfului și a apei.

**Concentrația acizilor** organici este reflectată prin *indicele de neutralizare*. Valoarea maxim admisibilă a acestui indice, conform SM 226, este de 3 mg KOH/100cm<sup>3</sup>. Indicele de neutralizare a benzinelor studiate se află în limita 0,12...0,53 mg KOH/100cm<sup>3</sup>, a butanolului – 0,56 mg KOH/100cm<sup>3</sup> (tab. 5.4, 5.5.).

Folosirea alcoolilor în amestec cu benzină mărește concentrația acizilor organici, mai ales în cazul utilizării fracției etero-aldehide a etanolului (tab. 5.4). Astfel, adaosul de etanol în proporție de 40% din volumul total al amestecului cu benzină mărește indicele de neutralizare a benzinei de la 0,53 până la 3,21 mg KOH/100cm<sup>3</sup>. Drept rezultat al acestui fenomen este creșterea probabilității apariției efectului de coroziune a suprafețelor metalice aflate în contact cu combustibilul respectiv.

Probabilitatea apariției efectului de coroziune este și mai mare odată cu prezența apei, chiar a unei cantități foarte mici. Apa mărește brusc conductibilitatea electrică a etanolului și butanolului ce contribuie la sporirea capacității de corosiune a biocombustibilului în întregime. Agresiunii corozive se expun piesele fabricate din aliaje cu zinc și cu aluminiu, precum și din oțeluri.

Diminuarea sau chiar lichidarea acțiunii corosive a combustibililor poate fi obținută prin adaosul de substanțe inhibitorii anticorozive cum sunt aminele, aminoalcoolii, acizii [40]. De menționat că indicele de neutralizare a amestecului E 20 (20% etanol, obținut din cereale, în

amestec cu benzina N80) a fost micșorat de la 2,45 (tab. 5.4) până la 0,20 mg KOH/100cm<sup>3</sup> (tab. 5.5) în amestecul propus de către noi.

Micșorarea indicelui de neutralizare pentru amestecul propus de către noi poate fi explicat prin efectul benefic al 0,1% de trietilamină care contribuie la formarea unei pelicule protectoare insolubilă în apă, în benzină și în spirt. Conținutul acestui aditiv trebuie mărit în cazul când în amestec se conține sulf și alte elemente care măresc conductibilitatea electrică a combustibilului.

Ațiunea corosivă a combustibilului depinde mult de **concentrația sulfului** și compușilor lui ca SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> și al.

Testările combustibililor luați în studiu au arătat că conținutul de sulf în benzina A-80 a fost de 250 mg/kg (maxim admisibil–1000 mg/kg). Prin adaosul de etanol în amestecul E40 s-a reușit micșorarea conținutului de sulf până la 140 mg/kg. Cu creșterea procentului de etanol conținutul sulfului în amestecurile combustibile scade (vezi tab. 5.4). Încercările lamei de cupru au demonstrat că ea are o rezistență suficientă contra coroziunii în combustibilii studiați.

Rezultatele studiilor aprofundate ale agresivității corosive a biocombustibililor asupra materialelor, din care sunt fabricate sistemele de alimentare ale motoarelor, sunt reflectate în lucrarea noastră [125], (tab.A 5.1-A 5.4, fig.A 5.1–A 5.10).

Cantitatea **gumelor actuale** reflectă capacitatea combustibilului de a forma calamină în camera de ardere a motorului. Concentrația gumelor actuale în benzina A-80 a avut valori de 2,97 (tab. 5.4) și 1,4 mg/100cm<sup>3</sup> (tab. 5.5): conform standardului SM 226 valoarea admisibilă a gumelor actuale este de 5mg/100cm<sup>3</sup>. Adăugarea până la 20% vol. a butanolului (gume actuale – 0,8 mg/100cm<sup>3</sup>) reduce concentrația gumelor actuale în amestecuri binare și triple până la 0,7 mg/100cm<sup>3</sup> (tab. 5.5). Adăugarea etanolului cu fracția volumetrică până la 20% reduce cantitatea gumelor benzinei Normale 80 de la 2,97 mg/100cm<sup>3</sup> până la 2,6...2,7 mg/100cm<sup>3</sup> în cercetările prezentate în tabelul 5.4 și de la 1,4 mg/100 cm<sup>3</sup> până la 1,0 mg/100cm<sup>3</sup> în cercetările prezentate în tabelul 5.5. Majorarea fracției etanolului până la 40% vol. are drept efect mărirea cantității gumelor actuale până la 4,3 mg/ 100cm<sup>3</sup> (tab. 5.4).

### 5.3.6. Comportarea la temperaturi joase

În normativele existente, inclusiv standardul SM 226, pentru benzină nu se cere determinarea punctului de tulburare, deoarece acest combustibil asigură funcționarea normală a motorului la temperaturi sub 0°C. Posibilitatea prezenței apei în alcoolii monoatomici, în primul rând în etanol, necesită studierea comportării la temperaturi joase a amestecului alcool-benzină. La temperaturi mai joase de 0°C, apa și moleculele grele ale hidrocarburilor din componența

combustibilului pot trece în faza solidă, formând cristale ce creează dificultăți în funcționarea sistemului de alimentare.

Este evident că un amestec concret poate asigura funcționarea motorului până la atingerea punctului de tulburare. Pe de altă parte, valoarea punctului de tulburare denotă, în mod expres, fracția apei în combustibilul dat: cu cât punctul de tulburare este mai jos, cu atât conținutul de apă este mai mic.

În procesul cercetărilor, nu s-au observat tulburări în benzină și butanol la temperatura de  $-60^{\circ}\text{C}$ . În amestecurile de benzină cu butanol și cele cu etanol (cu fracția apei până la 1% vol.) punctul de tulburare este egal cu  $-55^{\circ}\text{C}$  (tab. 5.5). Adăosul de apă în etanol până la 3% vol. ridică punctul de tulburare până la  $-10^{\circ}\text{C}$  (tab. 5.4).

Din rezultatele obținute reiese, că la temperaturi pozitive, în amestecurile cu etanol se poate folosi etanol cu conținut sporit de apă ( $\leq 3\%$  vol). În cazul temperaturilor mai joase de  $0^{\circ}\text{C}$  este necesară deshidratarea etanolului, ce implică cheltuieli suplimentare.

Așadar, în amestecuri combustibile alcool monoatomic – benzină, valoarea  $t_{tulb}$  depinde, în general, de conținutul apei în etanol. Dacă conținutul de apă în etanol nu depășește 1%, atunci se poate asigura punctul de tulburare sub  $-55^{\circ}\text{C}$ .

Rezultatele cercetărilor cu privire la stabilitatea fazică a biocombustibililor la temperaturi joase, sunt prezentate în lucrări publicate de către noi în anii 2009 și 2011 [34,124], (tab.A5.5,fig.A5.11-A5.15).

### 5.3.7. Densitatea și viscozitatea biocombustibililor

Deoarece în componența benzinei intră hidrocarburi, ale cărora molecule conțin un număr diferit de atomi de carbon, **densitatea** acestora nu este constantă. Conform standardului european EN228/1999, densitatea benzinei se află în limitele 0,725...0,775kg/l, iar standardul SM226 stabilește nivelul maxim al densității (0,775kg/l la  $20^{\circ}\text{C}$ ).

În procesul cercetărilor au fost stabilite următoarele valori ale densității pentru diferite tipuri de combustibili: benzina A-76-729 kg/m<sup>3</sup> (tab. 5.3), A-80-728 kg/m<sup>3</sup> (tab. 5.5), etanol-806 kg/m<sup>3</sup>, butanol-797 kg/m<sup>3</sup>. Valorile densității amestecurilor alcool monoatomic -benzină depind numai de valorile densității componentelor și conținutul acestora, adică în acest caz, funcționează principiul aditivității. În baza principiului menționat se poate afla, cu o anumită precizie, conținutul componentelor, dacă este cunoscută densitatea lor și a amestecului.

**Viscozitatea** este o proprietate a lichidului determinată de frecarea internă a straturilor de lichid, care apare atunci când moleculele lichidului, sub acțiunea forțelor exterioare, se deplasează

unele în raport cu altele. Viscositatea combustibilului influențează, în primul rând, procesele de debitare prin jicloare, de dispersare și formare a amestecului carburant și, în consecință randamentul motorului. Valoarea viscozității depinde preponderent de componența chimică a combustibilului și de temperatura acestuia.

Pentru aprecierea calității combustibilului se folosește viscozitatea dinamică  $\eta$  (unitatea de măsură este *puazul*) și cinematică  $\nu$  (mm<sup>2</sup>/s). Raportul dintre ambele viscozități este următorul:  $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ , unde  $\rho$  este densitatea combustibilului.

Cercetările efectuate (tab.5.5) demonstrează că viscozitatea cinematică a benzinei este 0,57 mm<sup>2</sup>/s, a etanolului 1,52 mm<sup>2</sup>/s, a butanolului 3,64 mm<sup>2</sup>/s. Datele obținute pe cale experimentală corespund celor prezente în literatura de specialitate [51,192-194]. Viscositatea amestecurilor etanol-benzină depinde aproximativ proporțional de viscozitatea componentelor și concentrația lor, respectându-se principiul aditivității.

În cazul amestecurilor butanol-benzină acest principiu nu funcționează: viscozitatea cinematică reală are valori mai joase de 1,35...1,6 ori în raport cu cele calculate. Majorarea fracției volumetrică a butanolului de la 10% până la 20% sporește viscozitatea de la 0,65 până la 0,73 mm<sup>2</sup>/s, sporul viscozității fiind mai mic decât cel al butanolului. O situație similară este și în cazul adăugării butanolului în ecobenzină: viscozitatea ecobenzinei a crescut de la 0,76 mm<sup>2</sup>/s până la 0,81 mm<sup>2</sup>/s ( $C_{\text{butan}}=10\%$  vol.) și 0,91 mm<sup>2</sup>/s ( $C_{\text{butan}}=20\%$  vol.).

Reținerea majorării viscozității cinematice la adăugarea butanolului în benzină și ecobenzină are un caracter pozitiv, deoarece schimbă neesențial condițiile de debitare prin jicloare, de dispersare a combustibilului și de formare a amestecului carburant. Prin urmare, în cazul utilizării amestecurilor cu butanol parametrii de construcție a sistemului de alimentare pot fi fără schimbări sau cu schimbări minime.

#### **5.4. Cercetări experimentale cu privire la performanțele MAS alimentate cu biocombustibili**

##### **5.4.1. Generalități, obiective și program de cercetări**

Încercările experimentale au fost efectuate pe un motor ZMZ-53 (gradul de comprimare  $\epsilon = 6,7$ ) și o serie de motoare de tip VAZ ( $\epsilon = 8,5$ ).

Cercetările de stand permit determinarea următoarelor grupe de parametri:

- energetici (momentul de torsiune  $M_t$ , puterea efectivă continuă  $P_e$ );
- economici (consumul orar  $G_h$  și specific  $g_e$  al combustibilului);
- ecologici (componența gazelor de eșapament).

Acești parametri se determină în funcție de regimurile de lucru (turația arborelui cotit  $n$ , unghiul de avans la aprindere  $\theta$ , coeficientul de sarcină, care, la o turație dată, este exprimată prin raportul dintre puterea efectivă dezvoltată de motor  $P_i$  și puterea de referință, care se mai numește și puterea efectivă continuă  $P_i/P_e$  etc.) sau în funcție de componența biocombustibilului (fracția alcoolului monoatomic).

Parametrii determinați pe stand servesc drept temei pentru stabilirea regimurilor de exploatare a motorului pentru diferite tipuri de biocombustibili.

Caracteristicile estimate pe stand sunt clasificate în:

-de bază (de funcționare) la care se referă caracteristicile de sarcină, de viteză, complexe și de pierderi);

- de reglaj, care includ caracteristica de consum de combustibil, caracteristica unghiului de avans la aprinderea amestecului de lucru, caracteristica constituției amestecului de ardere etc.);

- speciale (caracteristica mersului în gol, caracteristica pierderilor interne (mecanice) în motor etc.).

*Caracteristica de viteză* evidențiază variațiile puterii efective, a momentului motor efectiv și a consumurilor de combustibili (orar și specific) în raport cu turația arborelui cotit la diverse sarcini constante.

Caracteristicile de viteză s-au determinat cu obturatorul complet și parțial deschis deschis. Prin modificarea momentului de rezistență la frână s-a obținut variația de turație începând cu cea minimă și terminând cu cea maximă.

Conform datelor din literatura de specialitate, performanțele MAS depind, în mare măsură, de componența amestecului de ardere (combustibil-aer) și unghiul de avans la aprindere  $\theta$ . În tabelul 5.6 sunt prezentate valorile căldurii degajate la arderea pentru combustibili cu diferiți coeficienți de exces al aerului  $\alpha$  [183,185].

Tabelu 5.6. Căldura degajată la arderea amestecurilor de combustibil funcție de coeficientul de exces al aerului  $\alpha$

<b>Coeficientul de exces al aerului <math>\alpha</math></b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>
Căldura eliminată la ardere:					
- MJ/kg amestec,	2,42	2,6	2,74	2,5	2,33
- %	88	95	100	91	85

Având în vedere că în literatura de specialitate disponibilă, practic, lipsesc date cu privire comportarea motoarelor cu ardere internă alimentate cu amestecuri din benzină și alcooli monoatomici produși din sorg zaharat, scopul încercărilor de stand este construirea

caracteristicilor de performanță a motoarelor alimentate cu ecobenzină și determinarea regimurilor optime de lucru. Pentru realizarea scopului propus au fost înaintate următoarele obiective:

- construirea caracteristicilor de viteză prin stabilirea influenței conținutului de alcooli monoatomici în ecobenzină asupra parametrilor energetici și economici ai motorului;
- ridicarea caracteristicilor de reglaj (influența unghiului de avans la aprindere și a componenței amestecului de ardere asupra parametrilor energetici și economici ai motorului);
- măsurarea concentrației substanțelor nocive în gazele de eșapament de la arderea ecobenzinelor studiate;

Caracteristicile au fost ridicate pentru benzină cu cifra octanică redusă Normală A-76, A-80 (bază pentru amestec cu alcool), benzină cu cifra octanică mărită Regular-92, Premium-95 (combustibil – martor) și pentru amestecuri combustibile alcool-benzină (ecobenzine) cu concentrația alcoolului de la 10% vol. până la 50% vol. (combustibil experimental). Amestecurile au fost formate prin adaos în benzină a etanolului obținut din sorg zaharat, fracții etero-aldehide, precum și a butanolului.

#### **5.4.2. Analiza rezultatelor cercetărilor de stand**

##### **5.4.2.1. Studiul caracteristicilor de viteză**

În scopul evidenței puterii motorului, au fost desfășurate cercetări de stand pe un motor ZMZ 53 (gradul de comprimare  $\varepsilon=6,7$ ). Analiza variației puterii motorului funcție de turația arborelui cotit a fost realizată în funcție de constituția amestecului și coeficientul de sarcină  $P_i/P_e$ . Rezultatele obținute sunt prezentate în figura 5.4. Fiecare din grupa de caracteristici prezentate corespunde unui anumit coeficient de sarcini exprimat în %.

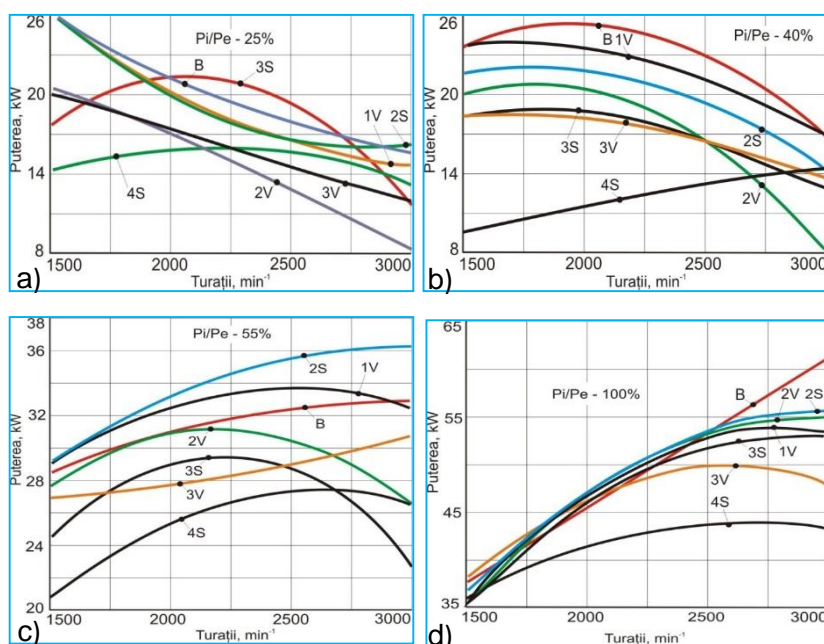
La sarcina parțială a motorului  $P_i/P_e=25\%$ , variația puterii motorului funcție de turația arborelui cotit poartă un caracter descendent, puterea micșorându-se odată cu mărirea turației.

Cele mai bune performanțe au arătat amestecurile 1V și 2S, la arderea cărora puterea variază de la 26kW, la turația  $1500\text{min}^{-1}$ , până la 15 – 17 kW, la turația  $3000\text{min}^{-1}$ . De menționat caracterul lent descendent al modificării puterii funcție de turație pentru aceste amestecuri, caracter, practic, asemănător cu cel obținut la arderea benzinei A-76.

În cazul alimentării MAS cu amestecuri 3S și 4S, dependența puterii motorului de turația arborelui cotit prezintă un trend cu caracter parabolic cu puterea maximă (22kW) fixată în intervalul  $2000 - 2100\text{min}^{-1}$ , pentru amestecul 3S și 16kW în intervalul  $2250 - 2350$ , pentru amestecul 4S.

Amestecurile 2V și 3V prezintă un caracter brusc descendent al dependenței puterii de turația arborelui cotit, ce vorbește despre un regim mai puțin stabil al motoarelor alimentate cu

amestecurile respective în regimuri de sarcină  $P_i/P_e=25\%$ . Prin metoda similitudinii se poate intui păstrarea aproximativă a caracterului respectiv pentru coeficientul de sarcină mai mic de 25%, chiar până la cel nul ( $P_i/P_e=0$ ).



**Figura 5.4. Modificarea puterii motorului ZMZ 53 funcție de turația arborelui cotit:** B – benzină A-76 (baza); 1V, 2V, 3V – amestecuri benzinei cu etanol din vinificație (fracția 10, 20, 30% vol.); 2S, 3S, 4S – amestecuri benzinei cu etanol din sorg zaharat (fracția 20, 30, 40% vol.)

În cazul majorării gradului de solicitare a motorului, maximumul puterii se deplasează în regiunea turațiilor

mai mari. Astfel, curbele obținute pentru  $P_i/P_e=40\%$ ,  $55\%$  și  $100\%$  prezintă un caracter parabolic al dependenței puterii de turația arborelui cotit cu evidențierea clară a unei zone optime. De exemplu, la sarcina cu coeficientul  $P_i/P_e=40\%$ , amestecul 1V prezintă maximum de putere (24 kW) la turația motorului 1500 – 1750 min⁻¹, respectiv, amestecul 2S – 22kW în diapazonul 1600 – 1800 min⁻¹, amestecul 2V – 21 kW, în diapazonul 1750 – 1800 min⁻¹. Amestecurile 3S și 3V, practic posedă același trend, marcând valori maxime ale puterii la turațiile motorului începând cu 1500 min⁻¹ și terminând cu cca 2500 min⁻¹.

Caracteristica putere funcție de turație la sarcini  $P_i/P_e=40\%$ , obținută la arderea amestecului 4S, se deosebește de celelalte caracteristici prin trendul, practic, liniar și prin faptul sporirii continue a puterii funcție de turația arborelui cotit, marcând 9 kW la turația 1500min⁻¹ și 14,5 kW la turația 3000 min⁻¹. De menționat, că cu mărirea sarcinii caracterul curbei 4S trece din liniar în parabolic.

Din analiza caracteristicilor descrise, precum și celor din figura 5.4 c,d, se evidențiază prezența unor turații optime din punct de vedere al asigurării puterii efective. Aceste zone optime, în funcție de sarcinile exercitate, se deplasează în dreapta, adică în zona turațiilor mari. Deplasarea maximumului puterii motorului în regiunea turațiilor mari se explică, în primul rând, prin majorarea suprafeței active a difuzorului carburatorului ce se realizează la deschiderea clapetei obturatorului. În acest caz, pentru menținerea raportului optim dintre aer și combustibil, este necesar de majorat debitul fluxului de aer, ce se realizează prin ridicarea turațiilor arborelui cotit. Cu alte cuvinte, la



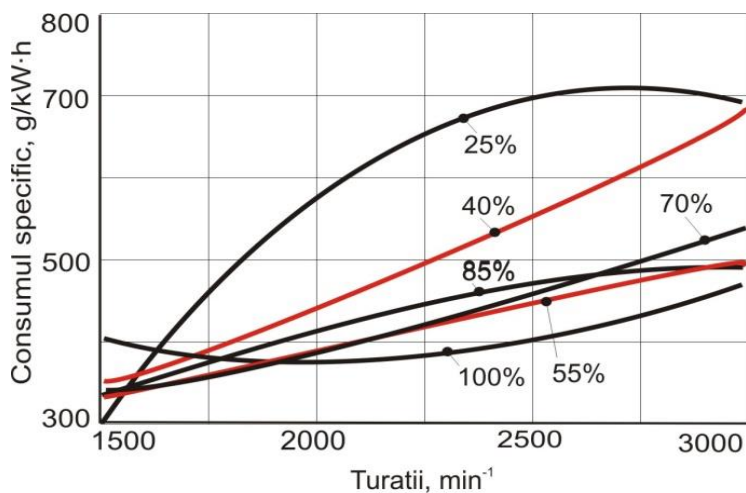
deschiderea clapetei obturatorului, menținerea dozajului optim, exprimat prin raportul dintre cantitatea de combustibil și cantitatea de aer, care asigură arderea completă a combustibilului, este posibilă din contul măririi turațiilor arborelui cotit.

La deschiderea completă a clapetei, puterea maximă a motorului ZMZ-53 alimentat cu benzină se obține la turația motorului egală cu  $3000 \text{ min}^{-1}$ , ce corespunde caracteristicii tehnice a acestui motor. Totodată, în cazul alimentării aceluiași motor cu amestecuri din benzină și etanol, puterea maximă și, respectiv, condițiile optime de lucru ale motorului se obțin la turații mai mici. De exemplu, la sarcina plină (fig. 5.4 d.), pentru amestecurile combustibile 1V, 3V și 4S turațiile care asigură puterea optimă a motorului se află în intervalul  $2600 - 2750 \text{ min}^{-1}$ . Mărirea conținutului de etanol, implicit, micșorează puterea motorului realizată la una și aceeași turație a arborelui cotit. Totodată, în amestecurile cu conținut de etanol mai mare de 30%, puterea motorului, inițial crește brusc cu mărirea turațiilor, apoi, mărirea turațiilor conduce la micșorare lentă a puterii.

Procesele descrise pot fi explicate prin prezența în etanol a cca. 35% de  $O_2$  (benzina conține 0,4% de  $O_2$ ) care menține procesul de ardere o perioadă de timp mai îndelungată. Astfel, la arderea amestecului de benzină cu 10-30% etanol, la sarcini  $P_i/P_e=85-100\%$ , se realizează o putere a motorului mai mare cu cca. 10 – 20% la turații mai mici ale motorului cu dozaj mai mic de aer ca în cazul motoarelor de același tip, alimentate cu benzină pură.

Astfel, se poate confirma că, pentru anumite condiții, amestecul etanol-benzină asigură o putere mai mare a motorului decât benzina pură, lucru confirmat și de rezultatele analizei teoretice a procesului de ardere a ecobenzinei (p.5.2). Totodată, la sarcini  $P_i/P_e=25-40\%$ , condițiile de formare a amestecului de lucru cu aer nu sunt favorabile. Astfel, puterea motoarelor alimentate cu amestecuri benzină-etanol, în cazul exploatarei la sarcinile menționate, scade cu 12-22% în comparație cu puterea motoarelor alimentate cu benzină. Probabil că aceasta se întâmplă din cauza densității și vâscozității mai mari a etanolului și surplusului de  $O_2$  în camera de ardere.

O altă caracteristică importantă a motorului este consumul specific, care reprezintă consumul orar de combustibil al motorului raportat la puterea acestuia. Unitatea de măsură a consumului specific de combustibil este g/kWh. În figura 5.5 se prezintă rezultatele cercetării consumului specific de combustibil al motorului ZMZ 53 funcție de turația arborelui cotit. Încercările au fost efectuate pentru diferite sarcini ale motorului.



*Figura 5.5. Consumului specific al motorului ZMZ 53, alimentat cu amestec de 20% de etanol în benzină, la diferite sarcini, funcție de turația arborelui cotit*

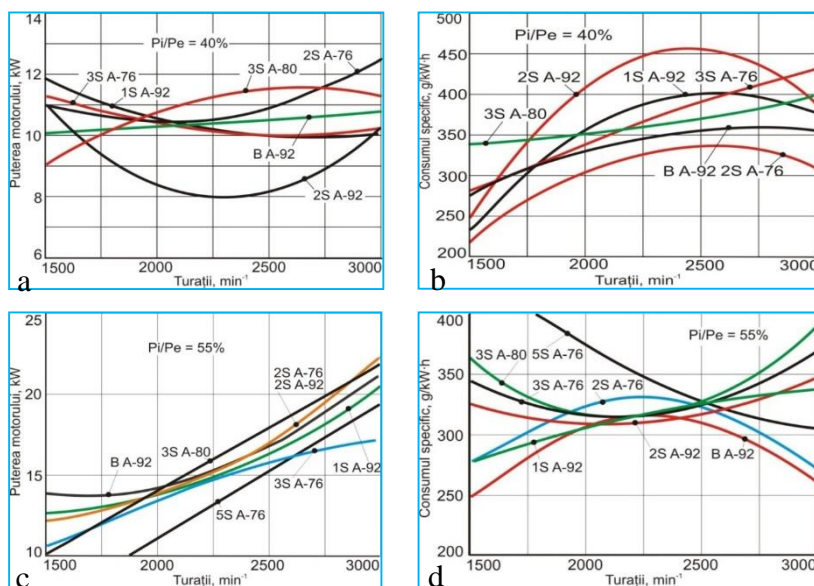
Din analiza graficelor din figura 5.5 rezultă că consumul specific de combustibil al motorului ZMZ 53 variază în funcție de sarcina exercitată și are valoare minimă în jurul turației de 1500 – 2000 min<sup>-1</sup>. La turații mai mari, consumul specific crește deoarece se modifică regimul termic al motorului. Această constatare este universală și este descrisă de către prof. univ. Lîșco [187]. Creșterea neînsemnată a consumului specific la turații mai mici, la sarcini de 100%, se explică prin mărirea timpului dintre două cicluri de ardere, lucru care, implicit, duce la mărirea timpului necesar pentru realizarea transferului de căldură.

Așadar, în rezultatul încercărilor de stand a motorului ZMZ 53, conform caracteristicilor de viteză obținute se poate concluda că, în cazul alimentării motorului respectiv cu amestec de etanol în benzină, putere maximă a motorului se obține la turația  $n=2000-2500 \text{ min}^{-1}$ , iar consumul specific minim - la turația 1500 – 2000 min<sup>-1</sup>. Este necesar să se marcheze că folosirea etanolului îngustează intervalul turațiilor care asigură obținerea unei puteri maxime cu consum de combustibil relativ mic.

Pentru confirmarea efectului pe care-l are adaosul de etanol în benzină, au fost ridicate caracteristicile de viteză ale motoarelor de tip VAZ. Încercările au fost realizate în aceleași condiții de viteză.

S-a constatat că la deschiderea clapetei obturatorului  $P_i/P_e=25\%$ , puterea  $P_m$  a motorului VAZ este suficientă numai pentru acționarea rotorului generatorului în gol, turațiile lui fiind instabile și oscilând în intervalul 1500-2000 min<sup>-1</sup>, situație care face imposibilă aplicarea sarcinii de lucru și efectuarea măsurărilor. Matematic situația descrisă are următoarea formă:  $M_t^m \approx M_{gen}^{gol}$ , în care :  $M_t^m$  și  $M_{gen}^{gol}$  reprezintă momentul de torsiune a motorului și, respectiv, momentul de rezistență a generatorului la mersul în gol.

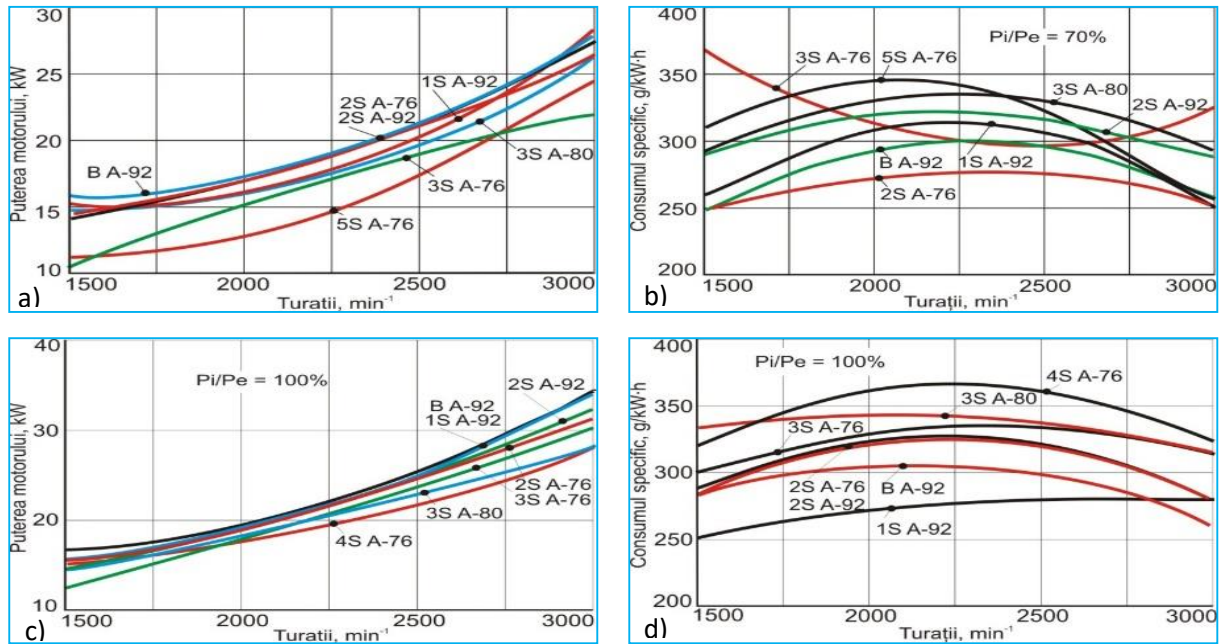
La deschiderea clapetei  $P_i/P_e \geq 40\%$  deja este posibilă aplicarea la motorul VAZ a sarcinilor de lucru F. În acest caz,  $M_t^m = M_{gen}^{gol} + M_t^e$ . Momentul  $M_{gen}^{gol}$ , practic, are valoare absolută constantă, de unde rezultă că majorarea puterii motorului și, respectiv, momentului  $M_t^m$  reduce cota-parte a momentului  $M_{gen}^{gol}$  și sporește precizia măsurărilor.



**Figura 5.6. Puterea și consumul specific de combustibil al motorului de tip VAZ funcție de turația arborelui cotit la diferite sarcini  $P_i/P_e$ : B – benzină Regular 92, 1S A92 ÷ 5S A76 – amestecuri etanol (10÷50% vol.) – benzină (Regular 92, Normală - 76,-80)**

La deschiderea clapetei  $P_i/P_e=40\%$  motorul VAZ 2103 (fig. 5.6 a,b) manifestă rezultate încă cu abateri relativ mari. Totuși, în raport cu benzina Regular-92 ( $P_e \approx 10,2$  kW,  $g_e = 290-360$  g/kW·h), amestecul etanol-benzină 2SA76 marchează rezultate mai bune ( $P_e = 10,5 \dots 12,3$  kW,  $g_e = 220 \dots 330$  g/kW·h). Pentru alte amestecuri, puterea variază în limitele 8...12 kW, consumul specific al combustibilului – 240...450 g/kW·h

La sarcina parțială  $P_i/P_e=55\%$  a motorului VAZ (fig. 5.6 c, d) caracteristicile de viteză sunt foarte asemănătoare și ca formă și ca valoare. Alimentarea motorului cu benzină Regular-92 și amestecuri 1SA92, 2SA76 a rezultat caracteristicile  $P_e$  și  $g_e$ , practic, identice pentru toate cele trei amestecuri. Amestecurile 2SA92, 3SA76 și 3SA80 au dezvoltat aceleași valori ale puterii motorului (10-22 kW) în diapazonul de turații 1500-3000  $\text{min}^{-1}$ . Consumul specific al motorului alimentat cu aceste amestecuri este mai mare cu cca. 100 g/kW·h ca în cazul alimentării cu benzină Regular-92. Este necesar să se menționeze, că în diapazonul turațiilor mici (1500-2000  $\text{min}^{-1}$ ), rezultate încă și mai rele au fost obținute pentru amestecul 5SA76 ( $\Delta g_e \approx 180$  g/kW·h,  $\Delta P_e \approx 5$  kW). Rezultate asemănătoare cu cele obținute la sarcina motorului  $\lambda=55\%$  au fost marcate și în cazul încercărilor realizate la sarcinile  $\lambda = 70, 85$  și 100% (fig. 5.7).



**Figura 5.7. Puterea și consumul specific de combustibil al motorului VAZ funcție de turația arborelui cotit la diferite sarcini  $P_i/P_e$ : B – benzină Regular 92, 1S A92 ÷ 5S A76 – amestecuri etanol (10÷50% vol.) – benzină (Regular 92, Normală -76,-80)**

Datele din tabelul 5.7 mai arată că, la turații minime (cca.  $n=1500 \text{ min}^{-1}$ ), cu deschiderea clapetei obturatorului  $\lambda$  de la 40% până la 100%, puterea medie a motorului crește de la 10,5 kW până la 14,0 kW (gradul de creștere  $k=1,33$  ori), la turații maxime ( $n=3000 \text{ min}^{-1}$ ) în aceleași condiții,  $P_e^{med}$  se schimbă de la 11,5kW până la 32,5 kW ( $k=2,8$ ). Aceasta înseamnă că, la turațiile arborelui cotit  $3000 \text{ min}^{-1}$  motorul este mai receptiv la deschiderea clapetei obturatorului, ce se poate explica prin îmbunătățirea condițiilor de injectare și dispersare a combustibilului în fluxul de aer. Concomitent, majorarea turațiilor intensifică procesul de ardere a amestecurilor datorită capacităților înalte ale etanolului la inițierea centrelor active de ardere.

**Tabelul 5.7. Performanțele motorului VAZ la diferite sarcini aplicate (stand MPB 100)**

Denumirea parametrilor	Valorile parametrilor în funcție de sarcina motorului $\lambda$ (%)				
	40	55	70	85	100
Puterea medie $P_e^{med}$ , kW la turații, $\text{min}^{-1}$ :					
1500	10,5	11,5	13,5	13,5	14,0
3000	11,5	21,5	26,5	28,5	32,5
Gradul de majorare a puterii $P_e^{3000} / P_e^{1500}$	1,1	1,9	2,0	2,1	2,3
Consumul specific mediu $g_e^{med}$ , g/kW·h, la turația arborelui cotit, $\text{min}^{-1}$ :					
1500	275	305	280	305	290
3000	365	315	270	280	280

Gradul de majorare a puterii motorului la creșterea turațiilor de 2 ori (de la 1500 până la 3000 min<sup>-1</sup>) este cel mai mic ( $k=1,1$ ) la sarcina motorului  $\lambda=40\%$ , la alte sarcini ( $\lambda=55-100\%$ )  $k$  variază în limita 1,9...2,3. Majorarea mai rapidă a puterii motorului, la deschiderea clapetei obturatorului ( $\lambda=55...100\%$ ), se poate explica prin două fenomene:

- a) reducerea cotei specifice a pierderilor mecanice la acționarea rotorului generatorului;
- b) îmbunătățirea condițiilor de formare și ardere a amestecului de lucru combustibil-aer.

Totodată, în condiții identice de formare a amestecului de ardere, ecobenzina are coeficientul  $\alpha$  al excesului de aer mai ridicat decât benzina. Prin urmare, deschiderea clapetei obturatorului are un efect benefic pentru ecobenzină, deoarece a condus, în cazurile studiate, la apropierea concentrației ecobenzinei în amestecul de ardere de valorile optime.

Fenomenele menționate explică și valoarea majorată (365 g/kW·h) a consumului de combustibil  $g_e$  la deschiderea clapetei 40%. În alte cazuri ( $P_i/P_e=55...100\%$ ), valoarea medie a consumului specific  $g_e$  variază în limite înguste 270...315 g/kW·h (tab.5.7).

La schimbarea sarcinii motorului  $\lambda=40...100\%$  și turațiilor arborelui cotit  $n=1500...3000$  min<sup>-1</sup>, diferența dintre valorile consumului specific  $g_e$  al majorității combustibililor se află în limita 50...70 g/kW·h (fig. 5.6, 5.7). Excepție fac ecobenzinele cu concentrația etanolului mai mare de 30% vol.

În cadrul cercetărilor de stand a fost studiată și dependența performanțelor motoarelor, alimentare cu diferite tipuri de ecobenzină, funcție de cifra octanică a benzinelor folosite în amestecurile respective.

Datele încercărilor de stand au arătat că, din două amestecuri cu concentrația etanolului de 20% vol., rezultate mai bune au fost obținute la alimentarea motoarelor cu amestecul 2SA76 (cifra octanică motor COM-76), care au fost superioare celor obținute de la arderea amestecului 2SA92 (benzina Regular-92, COM = 83 ). Aceste constatări pot fi vizualizate în figurile 5.5 și 5.6, care demonstrează direct că gradientul creșterii cifrei octanice este mai mare la adăugarea etanolului în benzine cu cifra octanică redusă, iar majorarea cifrei octanice este benefică pentru condițiile de ardere a combustibililor în camera cilindrului. Totodată, din două amestecuri (3SA76, 3SA80) în baza benzinelor nemodificate cu concentrația etanolului 30% vol., în majoritatea cazurilor rezultate mai bune, cu o mica diferență, au fost obținute la arderea amestecului cu benzină A80.

Pe parcursul cercetărilor de stand, în amestecurile etanol – benzină Regular – 92, vizual, s-a observat un sediment în cantitate mică de culoare roză, care peste 24 de ore a dispărut.

Probabil, etanolul a intrat în reacție cu aditivii folosiți pentru mărirea cifrei octanice a benzinei și ulterior s-a dizolvat în benzină. De asemenea, s-a semnalat o schimbare nesemnificativă

a cifrei octanice a amestecului 3SA92 ce a influențat într-o anumită măsură performanțele motorului. Această schimbare a fost rezultată de reacțiile inevitabile dintre etanol și aditivii modificatori.

Datele experimentelor demonstrează condiții identice la formarea și arderea amestecului aer-combustibil în baza benzinei Regular-92 și ecobenzinelor 1S, 2S A76 (concentrația etanolului până la 30% vol.).

Rezultate similare au fost obținute în procesul cercetărilor motorului VAZ 2103. Alimentarea motorului VAZ cu benzină Premium-95 nu a dus la schimbări esențiale ale valorilor puterii  $P_e$  și consumului specific  $g_e$  în raport cu benzina Regular-92.

Datele obținute la încercările de stand corespund ipotezelor teoretice înaintate în p.5.2 , 5.3 și corelează cu cele prezentate anterior de către Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е. (a. 1979) și Михненко Е., Олийничук С. (a. 2004) [37,71].

După cum demonstrează studiul teoretic (p.5.2) prezintă un interes deosebit dependența parametrilor motorului ( **$P_e$** ,  **$g_e$** ) de concentrația etanolului în amestec cu benzină la diferite sarcini  $\lambda$  și turații  **$n$**  ale arborelui cotit.

În aplicațiile practice, prezintă interes cum este influențată performanța motorului de mai mulți factori în complex, de exemplu ,conținutul de etanol și parametrii de exploatare, cum sunt turația arborelui cotit și sarcina motorului.

Pentru obținerea unor modele matematice care să aproximeze cât mai bine influența diferitor factori asupra performanțelor motoarelor alimentate cu amestecuri din alcooli monoatomici în benzină trebuie să se analizeze un număr cât mai mare de factori de influență, iar pe de altă parte trebuie să se reducă volumul experimentelor. Pornind de la acest deziderat și având în vedere scopul cercetării - cel de a asigura performanțele motorului prin folosirea ecobenzinelor, cercetările, la această fază, au fost realizate conform planului de gradul doi cu trei factori la trei niveluri  $B_3$  (Box-Behnken) [143]. Nivelurile factorilor de influență au fost aleși în baza datelor cercetărilor monofactoriale din acest capitol și sunt prezentați în tabelul 5.8. 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).

Tabelul 5.8. Nivelul factorilor de influență în planul de cercetare Box-Behnken 3<sup>3</sup>

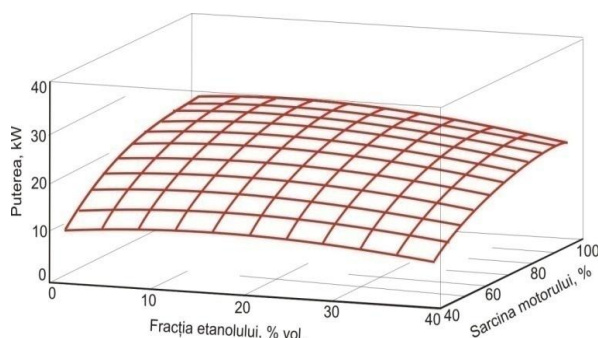
Factorii	Valori naturale				Niveluri valorilor codate		
	Niveluri			Interval de variație	inferior	de bază	superior
	inferior	de bază	superior				
$X_1$ – fracția etanolului în amestec $C_e$ , % vol.	0	20	40	20	-1	0	+1
$X_2$ – sarcina motorului $P_i/P_e$ , %	40	70	100	30	-1	0	+1
$X_3$ – turațiile arborelui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

În rezultatul prelucrării datelor experimentale (tab. A5.6, fig.A5.16, A5.17) au fost obținute următoarele modele regresionale multifactoriale, care adecvat exprimă evoluția puterii motorului  $P_e$  și a consumului specific  $g_e$  funcție de compoziția combustibilului  $C_e$  și regimurile de funcționare a motorului ( $P_i/P_e$ ,  $n$ ):

$$P_e = 11,84 + 0,35X_1 + 0,42X_2 - 0,021X_3 - 0,006X_1^2 - 0,0046X_2^2 + 0,00019X_2X_3 + 0,000004X_3^2, \quad (5.16)$$

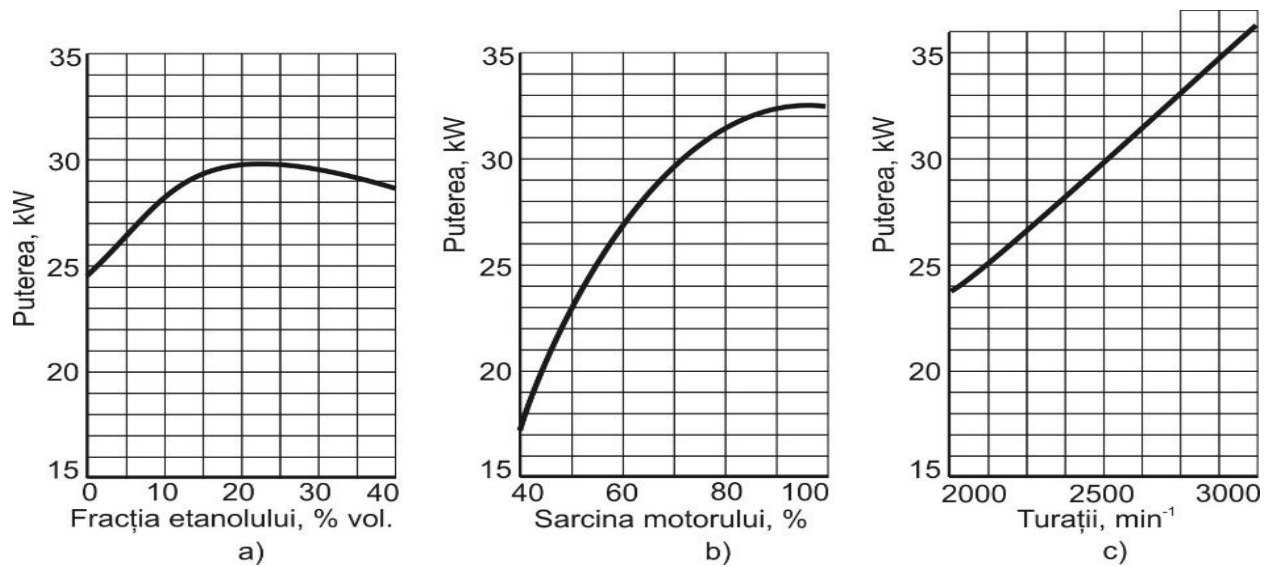
$$g_e = -343,3 - 1,96X_1 - 1,44X_2 + 0,6X_3 + 0,07X_1^2 + 0,025X_2^2 - 0,001X_2X_3 - 0,0001X_3^2. \quad (5.17)$$

**Figura 5.8. Suprafața de răspuns al puterii motorului VAZ 2103 estimată în funcție de fracția etanolului în amestec cu benzină și coeficientul de sarcină al motorului (turația arborelui cotit  $n = 2500 \text{ min}^{-1}$ )**



Analiza modelului matematic de regresie 5.16, vizualizat în figurile 5.8 și 5.9, permite constatarea următoarelor:

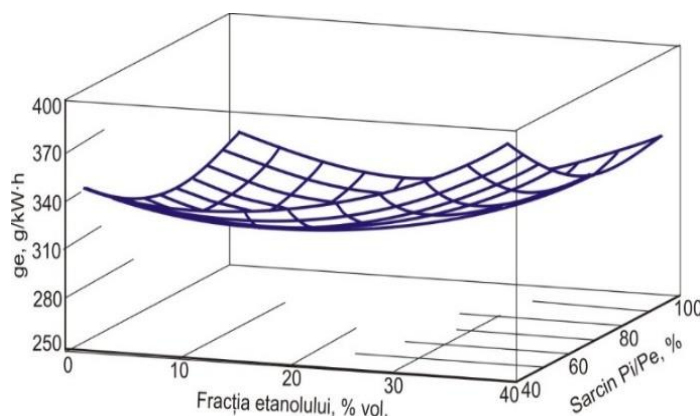
- puterea efectivă a motorului este influențată cel mai mult de către sarcina motorului  $P_i/P_e$ , urmată de turația arborelui motor și, cel mai puțin, de către conținutul de etanol  $|b_2| > |b_3| > |b_1|$ ;
- puterea motorului crește cu mărirea adaosului de etanol, cunoscând un maximum la 22% concentrație etanol. Adaosul în continuare a etanolului în benzină conduce la micșorarea, relativ lentă, a puterii motorului;
- coeficientul de sarcină a motorului  $P_i/P_e$  influențează mai pronunțat puterea motorului, valorile maxime corespunzând coeficientului de sarcină  $P_i/P_e = 95-100\%$ ;
- dependența puterii motorului de turația arborelui cotit, practic, poartă un caracter linear,  $|b_{22}|$  având o valoare foarte mică.



**Figura 5.9. Efectele medii ale fracției etanolului, coeficientului de sarcină  $P_i/P_e$  și turației arborelui cotit  $n$  asupra puterii motorului VAZ 2103:** a)  $P_i/P_e=70\%$ ,  $n=2500\text{min}^{-1}$ ; b)  $C_e=20\%\text{vol.}$ ,  $n=2500\text{min}^{-1}$ ; c)  $C_e=20\%\text{vol.}$ ,  $P_i/P_e=70\%$ .

Modelul 5.17 și figurile 5.10 și 5.11 estimează consumul specific al motorului VAZ 2103, care permite formularea următoarelor constatări:

- a) consumul specific al motorului VAZ 2103 depinde, în primul rând de conținutul de etanol, apoi de coeficientul de sarcină și, în ultimul rând, de turația arborelui motor  $|b_1| > |b_2| > |b_3|$ ;
- b) consumul specific optim al motorului VAZ 2103 este asigurat atunci când adaosul de etanol este de 10 – 25%, iar coeficientul de sarcină 60 – 90%;
- c) adaosul de etanol mai mult de 30% mărește brusc consumul specific al motorului, ajungând la 410 g/kWh când conținutul de etanol este de 40%.

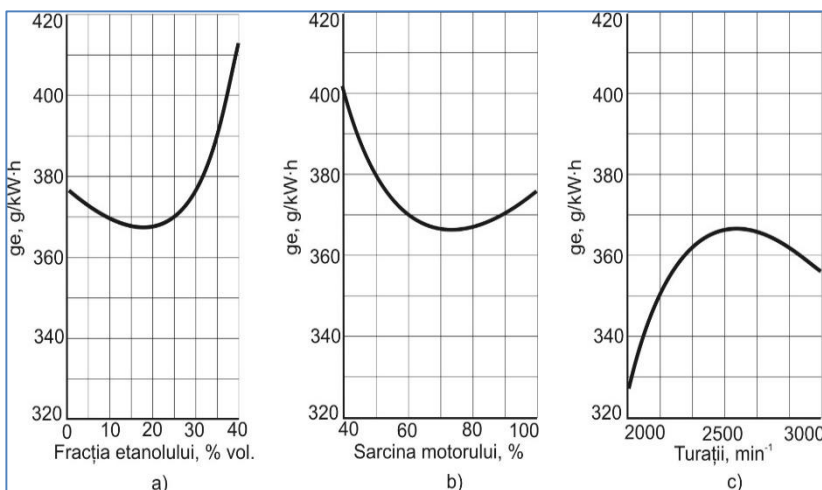


**Figura 5.10. Suprafața de răspuns al consumului specific al motorului VAZ 2103 estimată în funcție de fracția etanolului în amestec cu benzină și coeficientul de sarcină al motorului (turația arborelui cotit  $n = 2500 \text{ min}^{-1}$ )**

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



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



**Figura 5.11. 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)  $P_i/P_e=70\%$ ,  $n=2500\text{min}^{-1}$ ;
- b)  $C_e=20\%vol.$ ,  $n=2500\text{min}^{-1}$ ;
- c)  $C_e=20\%vol.$ ,  $P_i/P_e=70\%$

Astfel cercetările de stand ale motoarelor ZMZ 53 și VAZ 2103, practic, coincid cu ipotezele teoretice înaintate în p. 5.2, ce ne permite să afirmăm că adaosul până la 30% vol. etanol în benzină permite obținerea aceluiași performanțe ale motorului, ca și în cazul alimentării lui cu benzină pură cu cifra octanică înaltă.

Deși, puterea calorică inferioară a etanolului este de 1,6 ori mai mică decât a benzinei, adăugarea etanolului în benzină permite mărirea cifrei octanice a amestecului și a dilatării molare a produselor de ardere cu reducerea simultană a pierderilor de căldură. Fenomenele menționate compensează scăderea puterii calorifice inferioare a ecobenzinei, însă acest lucru are loc doar dacă conținutul de etanol nu depășește 30% vol. În cazul folosirii amestecurilor cu conținut de etanol mai mare de 30% vol., puterea calorică inferioară scade atât de mult încât această scădere nu poate fi compensată de fenomenele benefice menționate și, în acest caz, este necesar să se ajusteze sistemul de alimentare a motorului.

Spre deosebire de motorul ZMZ-53, în cadrul cercetărilor de stand ale motorului VAZ nu au fost obținute valorile optime ale turațiilor arborelui cotit. Conform datelor producătorului auto, turațiile optime ale arborelui cotit al motorului VAZ (la care se obține puterea maximă) sunt de  $5200 \text{ min}^{-1}$ , însă standul MPB 100 permite obținerea unor turații maximal admisibile  $n=3000 \text{ min}^{-1}$ . Totuși, datele obținute demonstrează suficient dependența parametrilor energetici și economici de viteza arborelui cotit în diapazonul  $n=1500 \dots 3000 \text{ min}^{-1}$ , care este utilizat în majoritatea cazurilor de exploatare a motoarelor VAZ.

Cercetările efectuate, în continuare, pe un alt stand (M2812-4, Cehia) demonstrează că creșterea turației arborelui cotit până la  $4000 \text{ min}^{-1}$  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 (fig. A5.18 - A 5.27, tab. 5.9). Receptivitatea motorului VAZ, alimentat cu biocombustibil, este cea mai înaltă la sarcini  $\lambda > 50\%$ . În acest caz, majorarea turațiilor de 1,75 ori ( $3500/2000 \text{ min}^{-1}$ ) are drept consecință sporirea puterii de 1,52-1,87 ori. Totodată, consumul specific de combustibil, la deschiderea clapetei obturatorului  $\lambda > 50\%$  variază în intervalul  $g_e = 264 \div 352 \text{ g/kWh}$ , iar la  $\lambda \leq 50\%$  consumul specific este mai mare ( $270 \div 430 \text{ g/kWh}$ ).

Majorarea sarcinii motorului VAZ 2101 de la  $\lambda = 20\%$  până la  $\lambda = 80\%$  deplasează maximum puterii  $P_e$  obținut la turația arborelui cotit egală cu  $2000 \text{ min}^{-1}$  (fig. A. 5.18) la  $3500 \text{ min}^{-1}$  (fig. A5.27). Consumul specific de biocombustibil  $g_e$ , în aceste condiții, are valori minime într-un diapazon destul de îngust ( $2000 \div 2250 \text{ min}^{-1}$ ).

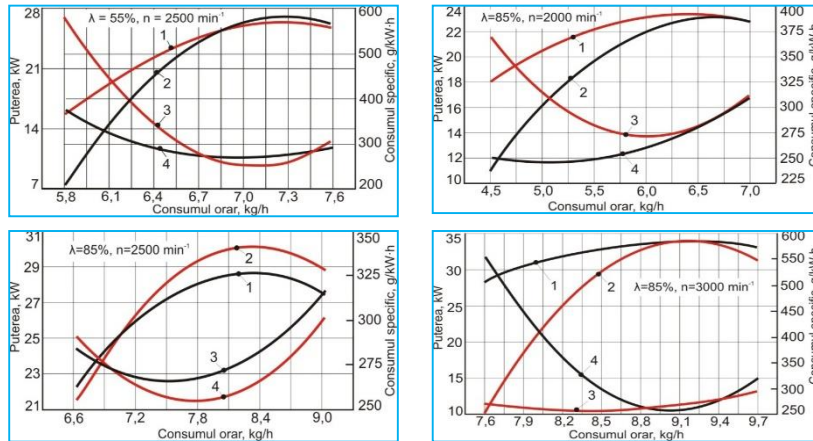
Ca rezultat sumar al analizei caracteristicilor de viteză, obținute pe cele două standuri de testare a motoarelor cu ardere internă (modelele matematice 5.16 și 5.17, valorile parametrilor energetici  $P_e$  și economici  $g_e$  din figurile 5.5 – 5.11 și din tabelele 5.7 - 5.9), se poate concluziona că condițiile eficiente de funcționare ale motoarelor cu gradul de comprimare  $\varepsilon = 8,5$  (consumul specific  $g_e \rightarrow$  minim, puterea  $P_e \rightarrow$  maxim) sunt următoarele: fracția volumetrică a alcoolului monoatomic (etanol, butanol) -  $15 \div 25\%$ ; turația arborelui cotit -  $2500 \div 3000 \text{ min}^{-1}$ ; coeficientul de sarcină -  $50 - 100\%$ .

Tabelul 5.9. Performanțele motorului VAZ 2101, alimentat cu diferite ecobenzine și exploatate la diferite sarcini (stand M2812-4)

Denumirea parametrilor	Valorile parametrilor în funcție de sarcina motorului $\lambda$ (%)							
	35		50		65		80	
	E20	B20	E20	B20	E20	B20	E20	B10
Puterea $P_e$ , (kW) la $n(\text{min}^{-1})$ :								
2000	10,7	10,6	12,9	12,9	14,5	14,2	14,6	13,2
2500	10,8	10,9	14,5	14,7	16,9	17,6	17,7	18,2
3000	10,4	10,6	16,0	16,5	18,7	20,4	20,8	23,1
3500	9,3	9,8	16,8	17,1	22,1	22,1	23,8	24,7
Gradul de majorare $P_e^{3500}/P_e^{2000}$	0,87	0,92	1,3	1,33	1,52	1,56	1,63	1,87
Consumul specific $g_e$ , (g/kWh) la $n(\text{min}^{-1})$ :								
2000	310	305	270	270	264	271	273	284
2500	325	315	320	288	298	283	303	277
3000	370	340	345	314	328	302	316	347
3500	430	400	356	319	352	314	311	299

### 5.4.2.2. Studiul caracteristicilor de reglaj

**Caracteristici funcție de consumul orar de combustibil.** În figura 5.12 sunt prezentate caracteristicile  $P_e, g_e=f(G_h)$  pentru motorul VAZ 2106 alimentat cu benzină Premium 95 și cu ecobenzină E20 (amestec 20% de etanol în benzină Normală).



**Figura 5.12. Caracteristicile motorului VAZ 2106 alimentat cu benzină Premium 95 (1 și 3) și cu amestec 20% etanol în benzină Normală (2 și 4):  $P_e = f(G_h)$  - caracteristicile 1 și 2;  $g_e = f(G_h)$  - caracteristicile 3 și 4.**

Analiza de putere funcție de consumul orar arată că, pentru toate regimurile la care au fost testate motoarele, există puncte extreme destul de bine evidențiate: de maximum pentru  $P_e, =f(G_h)$  și de minimum pentru  $g_e=f(G_h)$ . Plasarea acestor puncte pe ordonata x este condiționată de coeficientul de sarcină și de turația arborelui cotit.

Cu mărirea consumului orar de combustibil, inițial, puterea motorului crește, iar consumul specific de combustibil scade până la punctele extreme. Mărirea în continuare a consumului  $G_h$  reduce eficacitatea procesului de ardere: puterea scade, consumul specific crește.

Se evidențiază că, mai întâi, consumul specific se micșorează până la valori minime și apoi, după o anumită creștere a consumului orar de combustibil, puterea motorului obține valori maxime. Cu alte cuvinte, valorile consumului orar care asigură  $g_e^{min}$  și  $P_e^{max}$  nu coincid, lucru care se vizualizează clar atât în figura 5.12, cât și în tabelul 5.10. De menționat că, la arderea benzinei, diferența dintre consumurile orare care asigură  $g_e^{min}$  și  $P_e^{max}$  este mai mare, ca în cazul alimentării motoarelor cu ecobenzină E20.

După cum s-a mai menționat, dacă consumul orar și cantitatea stoichiometrică a aerului sunt constante ( $G_{aer}, l_t=const$ ), consumul orar al combustibilului  $G_h$  influențează direct valorile coeficientului de exces al aerului: majorarea  $G_h$  îmbogățește amestecul de ardere, reducând coeficientul  $\alpha$ . Totodată, s-a stabilit [183,185] că viteza maximă de ardere se obține cu  $\alpha=0,8...0,96$ . În acest caz, puterea motorului  $P_e$  are valori maxime (fig. 5.12) datorită minimizării duratei de ardere și, respectiv, a pierderilor de căldură în sistemul de răcire  $Q_r$ , cu gazele de

eșapament  $Q_{g.e.}$ . Concomitent, se micșorează arderea stratului de ulei de pe cămașa cilindrului și, respectiv, se micșorează pierderile la frecare  $Q_f$  în îmbinarea segmenti-cilindru.

Din analiza efectuată rezultă că, pentru încercările realizate, consumul orar  $G_h$  care asigură puterea maximă  $P_e^{max}$  corespunde  $\alpha=0,8...0,96$ . În acest caz, pierderile de căldură din cauza arderii incomplete a combustibilului  $Q_{a.in.}$  sunt compensate prin majorarea volumului produselor de ardere în valoare  $\Delta M=0,21L_0(1-\alpha)$ , kmol, care sporește presiunea gazelor și puterea motorului.

La  $\alpha=0,8...0,96$ , din cauza arderii incomplete a combustibilului, consumul specific  $g_e$  este majorat cu 10...15% și atinge valori minime  $g_e^{min}$  prin reducerea consumului  $G_h$  (majorarea coeficientului  $\alpha$  până la 1,05...1,15), diminuând valoarea  $P_e$  până la 10% (fig.5.12).

Funcționarea motorului cu  $\alpha=1,05...1,15$  asigură reducerea temperaturii medii a proceselor și implicit a pierderilor de căldură. Majorarea  $\alpha$  peste 1,3, respectiv reducerea consumului orar  $G_h$ , mărește distanța dintre moleculele combustibilului, implicit micșorează esențial viteza de ardere și sporește pierderile căldurii de răcire  $Q_r$ , cu gazele de eșapament  $Q_{g.e.}$ , la frecare  $Q_f$ . Drept consecință, la  $\alpha>1,3$  lichidul de răcire al motorului se supraîncălzește până la 90...100°C, temperatura amestecului de ardere crește, iar gradul de umplere a camerei de ardere cu acest amestec scade. De aceea, la  $\alpha>1,3$  ( $G_h \approx G_{min}$ , fig. 5.12), parametrii energetici ( $P_e$ ) și economici ( $g_e$ ) se înrăutățesc în mare măsură.

Utilizarea amestecului de ardere bogat ( $\alpha<0,8$ ) cu  $G_h$  majorat la alimentarea MAS, de asemenea, reduce eficiența motorului (fig. 5.12) datorită insuficienței oxigenului și micșorării vitezei de ardere a hidrocarburilor.

Analiza rezultatelor obținute demonstrează că alimentarea motorului cu benzină și ecobenzină asigură în regimuri optime, practic, aceleași valori ale puterii  $P_e$  și consumului specific  $g_e$  (fig. 5.12, tab. 5.10).

În ambele cazuri (benzină, ecobenzină), puterea maximă  $P_e^{max}$  se obține, practic, la aceleași valori ale consumului orar  $G_h$ , iar atingerea consumului specific minim  $g_e^{min}$  necesită, pentru motoarele alimentate cu ecobenzină, majorarea cu până la 12% al consumului orar de combustibil. Această situație poate fi explicată prin faptul că, deși ecobenzina posedă putere calorică inferioară cu 7,7% mai mică ca cea a benzinei, la arderea ecobenzinei pierderile de căldură sunt mai mici și dilatarea molară a produselor de ardere este mai mare în măsură suficientă pentru compensarea scăderii puterii calorifice (vezi p. 5.2).

Tabelul 5.10. Randamentul optim al jicloarelor motorului VAZ 2106 alimentat cu benzină și cu ecobenzină E20

Tip combustibil	Denumirea parametrilor	Sarcina motorului $P_i/P_e$ , %					
		55			85		
		Turația arborelui cotit, $\text{min}^{-1}$					
		2000	2500	3000	2000	2500	3000
Benzină Premium	Consum orar combustibil, kg/h, la:						
	$g_e^{\min}$	5,6	7,0	7,65	5,25	7,6	8,5
	$P_e^{\max}$	6,0	7,3	8,65	6,25	8,4	9,1
	$G_h^{\text{optim}}$ , kg/h	5,8	7,15	8,15	5,75	8,0	8,8
	Randamentul optim jicloare, ml/min	761	777	758	743	745	751
Ecobenzină E20	Consum orar combustibil, kg/h, la:						
	$g_e^{\min}$	5,8	7,05	8,15	5,9	7,6	8,95
	$P_e^{\max}$	6,0	7,25	8,65	6,7	8,4	9,25
	$G_h^{\text{optim}}$ , kg/h	5,9	7,15	8,4	6,3	8,0	9,1
	Randamentul optim jicloare, ml/min	773	776	782	799	763	774

Obținerea unui consum specific minim pentru consumuri orare mai mari la arderea ecobenzinei, probabil, se datorează faptului că, în amestecul de ardere ecobenzină-aer, obținut în condiții identice, coeficientul de exces al aerului  $\alpha$  este mai mare în raport cu amestecul benzină-aer. Prin urmare, pentru obținerea  $g_e^{\min}$ , la arderea ecobenzinei este necesar să se mărească consumul  $G_h$ . Acest fenomen are un efect benefic asupra motorului, deoarece probabilitatea unor performanțe mai elevate este mai mare.

Este necesar de menționat că majorarea turațiilor arborelui cotit, în limitele  $2000 \dots 3000 \text{min}^{-1}$  (de 1,5 ori), are drept consecință creșterea în mediu de 1,5 ori a consumului orar  $G_h^{\text{optim}}$  de benzină și de ecobenzină (fig. 5.12, tab.5.10), consum care asigură  $P_e^{\max}$  și  $g_e^{\min}$ . Totodată, deschiderea clapetei obturatorului  $P_i/P_e$  de la 55% până la 85% (de 1,5 ori) duce la majorarea până de 1,15 ori a consumului orar  $G_h^{\text{optim}}$ , care asigură  $P_e^{\max}$  și  $g_e^{\min}$  la arderea benzinei și ecobenzinei (fig. 5.12 a,c, tab. 5.10).

S-a constatat că, folosind amestecul de ardere ecobenzină-aer, motorul devine mai sensibil la schimbarea componenței acestui amestec: devierea componenței amestecului de la  $G_h^{\text{optim}}$  conduce la micșorarea puterii efective și la mărirea consumului specific în cazul alimentării cu ecobenzină într-o măsură mai mare decât în cazul alimentării cu benzină (fig.5.12). De aceea, utilizarea eficientă a ecobenzinei necesită o respectare mai strictă a componenței optime a amestecului de ardere prin alegerea corectă a randamentelor jicloarelor de aer  $Q_{aer}$  și de combustibil  $Q_{comb}$ . Cauza acestui fenomen este omogenizarea compoziției ecobenzinei, ce reduce temperaturile  $t_{50}$ ,  $t_{90}$  și modifică substanțial caracterul curbelor de distilare.

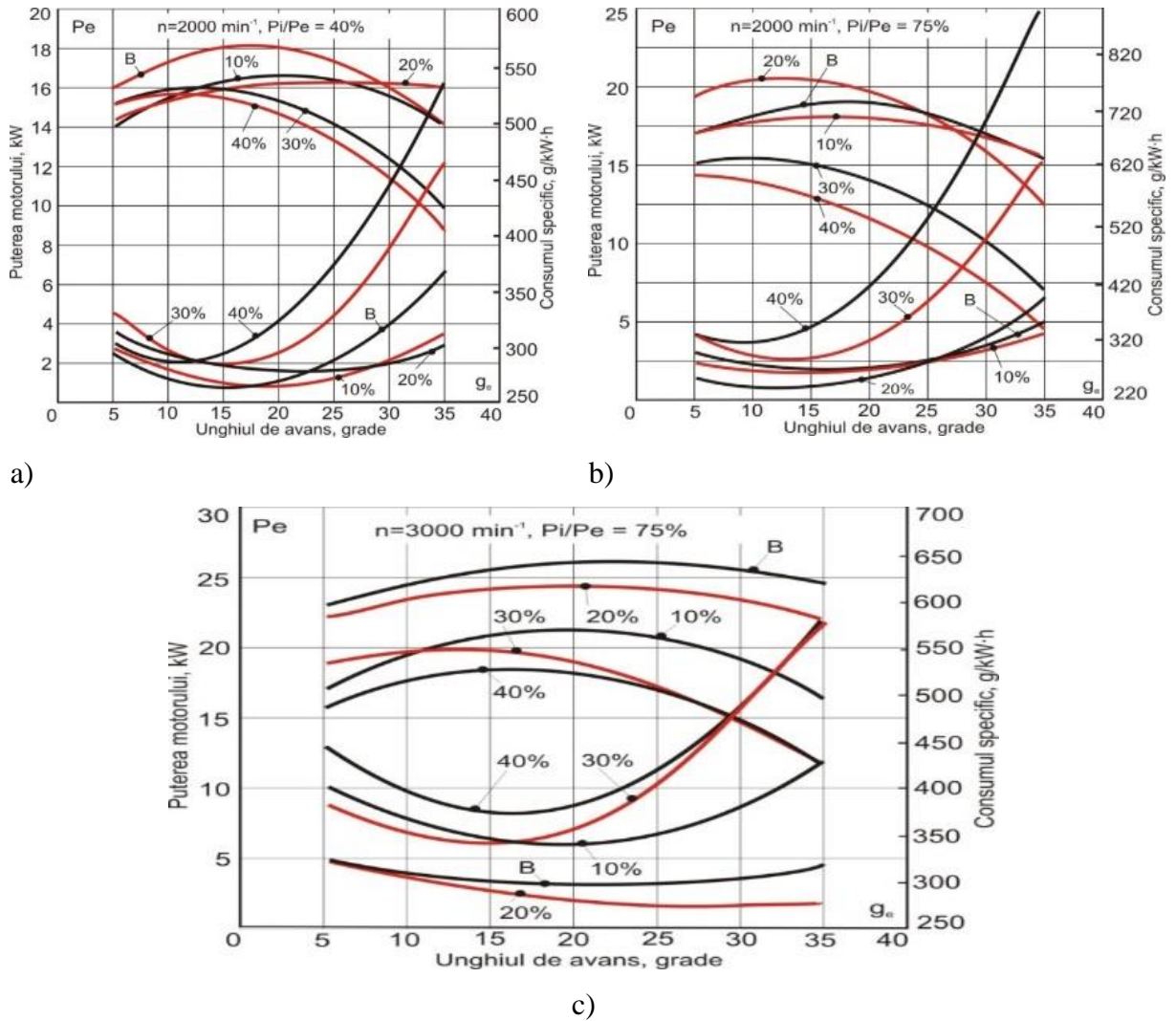
Schimbarea sarcinii motorului  $P_i/P_e$  în diapazonul studiat (55...85%) nu influențează esențial caracteristicile  $P_e$ , și  $g_e=f(G_h)$  atât la alimentarea cu benzină, ca și la alimentarea cu ecobenzină (fig. 5.12). Cu schimbarea turației arborelui cotit de la  $2000 \text{min}^{-1}$  până la  $3000 \text{min}^{-1}$

tendința dependenței  $P_e$ , și  $g_e=f(G_h)$ , pentru ambii combustibili, practic, este aceeași. Prin urmare, exploatarea motorului alimentat cu ecobenzină în diapazonul regimurilor cel mai frecvent utilizate ( $P_i/P_e=55...85\%$ ,  $n=2000...3000\text{min}^{-1}$ ), nu impune cerințe specifice față de carburator, cu excepția necesității respectării mai stricte a componenței optime a amestecului de ardere.

Plecând de la consumul orar optim, a fost calculat randamentul optim al jicloarelor de combustibil. Rezultatele calcului sunt prezentate în tabelul 5.10. În carburatorul motorului VAZ 2106 pentru benzină valorile optime  $Q_{comb}^{optim}$  se află în limita 743...777ml/min ( $\Delta Q=34\text{ml/min}$ ), pentru ecobenzină E20 -  $Q_{comb}^{optim}=763...799\text{ml/min}$  ( $\Delta Q=36\text{ml/min}$ ). Acești parametri ai jicloarelor de combustibil asigură motorului VAZ funcționarea în diapazonul puterii maxime și consumului specific minim.

***Caracteristici de reglaj funcție de unghiul de avans la aprindere.*** Deoarece propagarea frontului de flacără are o viteză finită și arderea amestecului aer-combustibil în cilindrul MAS durează o perioadă limitată de timp (1/300...1/200 secunde), presiunea gazelor de ardere realizează un maximum la un interval de timp  $\tau$  față de momentul declanșării scânteii electrice. Astfel, pentru intervalul de turații a arborelui cotit egal cu 2000 ... 3000 $\text{min}^{-1}$  și durata medie de ardere 1/250 secunde, arderea completă a amestecului are loc la rotirea arborelui cotit începând cu 48° și terminând cu 72°. De aici rezultă că, pentru a obține în camera cilindrului presiunea maximă a gazelor de ardere când pistonul se află în punctul mort superior, este necesară aprinderea amestecului până la venirea pistonului în acest punct.

Caracteristicile  $P_e$  și  $g_e=f(\theta)$  ridicate la testarea motorului VAZ alimentat cu benzină Premium-95 și cu ecobenzine E10...E40 sunt prezentate în figura 5.13. Deoarece la determinarea caracteristicilor de reglaj a unghiului de avans ( $\theta$ ), randamentul jicloarelor ( $Q$ ), poziția obturatorului ( $P_i/P_e$ ) și turațiile arborelui cotit ( $n$ ) pentru fiecare experiment au fost constante, consumul orar de combustibil ( $G_h$ ), de asemenea, a fost constant.



**Figura 5.13. Puterea  $P_e$  și consumul specific de combustibil  $g_e$  la testarea motorului VAZ cu diferiți coeficienți de sarcină  $P_i/P_e$  funcție de unghiul de avans  $\theta$**

Din formula  $g_e = G_h/P_e$  rezultă că la  $G_h = \text{const}$  valoarea minimă a consumului specific  $g_e^{\min}$  poate fi obținută la  $P_e^{\max}$ . Așadar, valoarea optimă a unghiului de avans  $\theta_{\text{optim}}$  corespunde simultan valorilor  $P_e^{\max}$  și  $g_e^{\min}$ .

Dacă unghiul de avans  $\theta < \theta_{\text{optim}}$  (aprindere târzie), atunci intensitatea maximă a arderii amestecului aer-combustibil și, respectiv, presiunea gazelor va avea loc după trecerea pistonului de punctul mort superior. Drept consecință, scade presiunea gazelor, cresc pierderile de căldură, diminuează puterea efectivă a motorului și se majorează consumul specific de combustibil (fig. 5.13).

Dacă unghiul de avans  $\theta > \theta_{\text{optim}}$  (aprinderea timpurie), intensitatea maximă a arderii amestecului și, respectiv, presiunea gazelor are loc înainte ca pistonul să ajungă în punctul mort superior. În acest caz, crește rezistența gazelor opusă deplasării pistonului, se măresc pierderile de căldură în sistemul de răcire. Ca rezultat, iarăși, puterea scade ( $P_e < P_e^{\text{optim}}$ ) și crește consumul specific ( $g_e > g_e^{\text{optim}}$ ).

La schimbarea unghiului de avans  $\theta$  al motorului alimentat cu benzină și cu ecobenzine E10 și E20, valorile puterii  $P_e$  și consumului  $g_e$  variază în intervale mai înguste (fig. 5.13) decât în cazul alimentării motorului cu ecobenzine cu conținut de etanol peste 30%, de exemplu E30 și E40. Fenomenul dat se explică prin faptul că etanolul are componența mult mai omogenă decât benzina, ce îngustează intervalul în care se creează condiții optime de ardere. Aceasta o confirmă și curbele de distilare a ecobenzinelor (fig.5.1).

Din figurile 5.13 se poate observa clar că adausul până la 20% de etanol în benzină, practic, nu necesită schimbarea unghiului  $\theta$  (fig. 5.13), iar în cazul alimentării motoarelor cu ecobenzine în care concentrația etanolului depășește 30% vol., este necesar să se reducă unghiul de avans. De exemplu, la utilizarea ecobenzinei E40 este necesar de micșorat unghiul de avans  $\theta$  cu 5...6 grade în raport cu unghiul de avans pentru benzina Premium-95. Totodată, trebuie menționat că, în cazul alimentării motoarelor cu ecobenzine, este necesar să se respecte mai strict regimul termic de ardere, deoarece diminuarea temperaturii motorului înrăutățește condițiile de aprindere a etanolului, care are căldura de evaporare mai mare de 3 ori ca a benzinei. La regimuri termice optime, ecobenzina arde cu viteza de inițiere a centrelor de ardere mai mare în raport cu cea a benzinei. Această situație de asemenea motivează micșorarea unghiului de avans de aprindere în cazul folosirii amestecurilor cu conținutul de etanol peste 30% vol.

Efectele descrise ne permit să afirmăm că folosirea etanolului la combustie în motor, pe de o parte, mărește cifra octanică a combustibilului, iar pe de altă parte, reduce probabilitatea apariției condițiilor de detonație, deci majorează și probabilitatea micșorării pierderilor de căldură.

În tabelul 5.11 sunt prezentate valorile optime ale unghiurilor de avans stabilite pentru regimuri nominale de temperatură a motorului (65...80 °C).

Majorarea turației arborelui cotit de la 2000 până la 3000  $\text{min}^{-1}$  necesită, în majoritatea cazurilor studiate, mărirea unghiului de avans la aprindere cu 5...7 grade. Majorarea unghiului de avans în cazul creșterii turațiilor arborelui cotit este necesară pentru a obține presiunea maximă a gazelor de ardere în punctul mort superior al pistonului.



Tabelul 5.11. Valorile optime ale unghiului de avans la aprinderea benzinei și ecobenzinelor

Tipul combustibilului	Valorile optime ale unghiului $\theta$ (grad) pentru sarcina motorului $P_i/P_e, \%$					
	40			75		
	turația arborelui cotit, $n, \text{min}^{-1}$					
	2000	2500	3000	2000	2500	3000
Benzină A95	16,3	20,0	22,8	16,5	19,0	21,0
Ecobenzine E10	18,5	19,0	18,9	16,1	18,2	21,0
E20	20,7	23,2	25,7	13,2	16,8	20,8
E30	16,2	18,8	17,9	12,5	17,5	15,3
E40	10,7	13,8	17,8	14,5	15,7	16,3

La deschiderea clapetei obturatorului  $P_i/P_e$  în limita 40...75% (tab. 5.11) se observă o schimbare a valorilor optime ale unghiului de avans. Deschiderea clapetei de la 40% până la 75% reduce cu 1...7 grade valorile optime ale unghiului de avans  $\theta$ . Totodată, deschiderea clapetei obturatorului permite obținerea unor performanțe mai stabile ale motorului ( $P_e, g_e$ ), deoarece crește cantitatea amestecului proaspăt de combustibil-aer care se transportă în cilindrul motorului; scade concentrația specifică a gazelor de ardere rămase în cilindru; amestecul de lucru arde mai stabil și mai rapid.

#### 5.4.3. Componenta gazelor de eșapament

Deoarece prezența alcoolilor monoatomici în ecobenzine influențează procesul de ardere, inevitabil are loc și schimbarea componenței produselor de ardere. Mai mulți autori [37,44,47,48,57] au prezentat diferite grade de schimbare a componenței produselor de ardere provenite din biocombustibili. Din acest motiv prezintă interes precizarea concentrației substanțelor nocive în gazele de eșapament la motoare cu diferite grade de comprimare.

Analiza gazelor de eșapament la motorul ZMZ-53 (tab. A 5.7) a scos în evidență că, în gazele de eșapament, la arderea amestecurilor etanol-benzină concentrația  $CO$  se reduce cu 1,5-3,4 ori la  $P_i/P_e = 40\%$ , iar a  $CH$  se mărește cu 1,05-2,16 ori la  $P_i/P_e = 85\%$ , în comparație cu concentrația acestor elemente rezultate de la arderea benzinei pure. Totodată, tendința de micșorare a concentrației  $CO$  este mai accentuată, ca tendința de creștere a conținutului  $CH$  concomitent cu creșterea fracției etanolului în amestec (tab. 5.12). La aceasta este necesar să se amintească că oxidul de carbon este dăunător într-o măsură mai mare pentru mediul înconjurător în comparație cu hidrocarburile.

Majorarea concentrației hidrocarburilor în produsele de ardere cu adaos de etanol se explică, pe de o parte, prin prezența în etanol a aldehydelor (2000...5000 mg/l) și a uleiului de fuzel (până la 3000mg/l), care posedă capacitate redusă de ardere, iar pe de altă parte, motorul ZMZ 53

are gradul de comprimare relativ mic ( $\varepsilon=6,7$ ), ceea ce poate fi cauza arderii incomplete a unor substanțe chimice grele.

Tabelul 5.12. Componenta gazelor de eșapament la motorul ZMZ-53

Regimul de lucru		CO, % vol.	CH, ppm
<b>benzină Normală-80</b>	$P_i/P_e=40\%$	1.94	167
	$P_i/P_e=85\%$	2.27	119
<b>amestec benzină-etanol (10 % vol.)</b>	$P_i/P_e=40\%$	0.82	263
	$P_i/P_e=85\%$	2.19	190
<b>amestec benzină-etanol (20% vol.)</b>	$P_i/P_e=40\%$	1.25	475
	$P_i/P_e=85\%$	2.86	219
<b>amestec benzină-etanol (30% vol.)</b>	$P_i/P_e=40\%$	1.23	429
	$P_i/P_e=85\%$	1.86	329
<b>amestec benzină-etanol (40% vol.)</b>	$P_i/P_e=40\%$	0.63	239
	$P_i/P_e=85\%$	1,05	541
<b>amestec benzină-etanol (50% vol.)</b>	$P_i/P_e=40\%$	0.57	307
	$P_i/P_e=85\%$	1,23	405
<b>Norma admisibilă (GOST 17.2.2.03)</b>		3,5	3000

*Legendă: 1.  $P_i/P_e=\lambda$  – gradul de solicitare a motorului;*

Este necesar de menționat că la motorul de tip ZMZ 53 testat, concentrația substanțelor nocive în gazele de eșapament nu a depășit normele admisibile conform GOST 17.2.2.03 stabilite pentru motoare cu 8 cilindre.

Analiza gazelor de eșapament la motoarele de tip VAZ ( $\varepsilon=8,5$ ) 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. A 5.8). 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 (tab.5.13). 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.

Alimentarea consecutivă în cadrul cercetărilor de stand a unuia și aceluiași motor cu benzină și amestec etanol-benzină a demonstrat dependența concentrației substanțelor nocive în gazele de eșapament de reglarea parametrilor motorului (secțiunii jicloarelor carburatorului, unghiului de avans la aprindere).

Tabelul 5.13. Componenta 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 <sup>-1</sup>			
				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

După cum s-a menționat, concentrația *CO* și *CH* în gazele de eșapament depinde și de temperatura motorului. Astfel, majorarea temperaturii lichidului de răcire de la 60°C până la 80°C a permis scăderea concentrației substanțelor nocive cu 20...45%, în cazul alimentării motorului cu amestec etanol-benzină. Cauza acestui fenomen pozitiv este asigurarea unor condiții mai bune pentru arderea ecobenzinei, mai ales în spațiul adiacent pereților cilindrului motor.

În baza cercetărilor efectuate au fost elaborate și aprobate prescripțiile tehnice *PT MD 75-03001224-031:2007* și standardul de firmă *SF 03001224-031:2012* „Amestecuri combustibile etanol-benzină pentru motoare cu aprindere prin scânteie. Ecobenzine” (tab. A 5.9, A 5.10).

Totodată ridicarea caracteristicilor MAS și datele obținute în rezultatul studiului componenței gazelor de eșapament au servit drept date inițiale la încercările de exploatare.

### 5.5. Concluzii la capitolul 5

Studiile și cercetările teoretice și experimentale întreprinse de către autor, pe parcursul acestui capitol, în vederea argumentării amestecurilor de alcooli monoatomici cu benzină au permis formularea unor concluzii referitor la subiectul analizat după cum urmează:

1. Au fost analizate și descrise ecuațiile și parametrii cinetici și termodinamici care explică procesele de ardere a biocombustibililor lichizi. S-a realizat o analiză a parametrilor care influențează performanțele MAI alimentate cu amestecuri de alcooli monoatomici în benzină și au fost formulate posibilitățile de compensare a reducerii puterii calorifice a ecobenzinelor, s-au evidențiat factorii favorizanți care determină un randament bun al procesului de ardere, o conversie optimă și proprietăți corespunzătoare ale biocombustibililor luați în studiu.

2. În urma analizei parametrilor energetici ai motoarelor la funcționarea cu biocombustibili testati s-au putut observa următoarele aspecte:

Pierderile de căldură, rezultate de disocierea produselor de ardere  $Q_{dis}$  în amestecuri de etanol cu benzină, datorate temperaturii mai joase a flăcării (cu 100...140°C) și raportului  $C/H$  mai mic (de 1,53 ori), pot fi reduse în comparație cu cele rezultate de la arderea benzinei.

Pierderile de căldură cauzate de arderea incompletă a combustibilului cu etanol pot fi reduse datorită capacităților mai bune ale etanolului de formare a centrelor active de ardere în cilindrul MAS, extinderii (de circa 2,2 ori) a limitelor admisibile ale concentrațiilor de lucru, arderii mai complete a combustibilului, majorării (până la 5,2%) a coeficientului relativ de exces al aerului. Diminuarea pierderilor locale de căldură la arderea incompletă lângă pereții camerei poate fi obținută la utilizarea etanolului, menținându-se condițiile termice optime ale MAS.

Diminuarea pierderilor de căldură la adăugarea etanolului în combustibil conduce la creșterea randamentului termic al motorului și la micșorarea conținutului de toxice în gazele de eșapament. Conform rezultatelor teoretice din acest capitol, s-a demonstrat că lucrul efectiv al gazelor de ardere crește odată cu adausul de etanol. Această creștere poate fi explicată prin majorarea dilatației molare a produselor de ardere, care are valoare maximă egală cu 0,0277 kmol/kg comb. pentru concentrația etanolului în ecobenzină de 20 ... 30 %. Valoarea maximă a raportului chimic de variație molară este egală cu 1,0679, pentru concentrația etanolului în ecobenzină de 80%. În cazul  $C_{etan} > 30\%$  menținerea puterii motorului este posibilă prin majorarea consumului specific al ecobenzinei și modificarea sistemului de alimentare.

3. Cercetările experimentale cu privire la distilarea, presiunea vaporilor, cifra octanică, capacitatea corozivă, comportarea la temperaturi joase, densitatea și viscozitatea combustibililor studiați au generalizat următoarele concluzii:

- Cei doi alcoolii monoatomici (etanolul și butanolul), adăugați în benzină, influențează nesemnificativ punctele inițiale și finale de distilare ale biocombustibililor respectivi în comparație cu cele caracteristice pentru benzină. S-a constatat că folosirea alcoolilor menționați micșorează temperatura punctului final de distilare cu până la 6%, reduce pierderile fracțiilor ușoare cu 15 ... 35 la sută în amestecuri binare și cu 42 ... 50 la sută în amestecuri triple, micșorând cantitatea reziduurilor cu 0...20 la sută. Concomitent s-a observat o schimbare mai pronunțată (în majoritatea cazurilor – scădere) a temperaturilor intermediare ( $t_{10}, t_{50}, t_{90}$ ) de distilare a amestecurilor alcoolilor cu benzină.

- S-a stabilit că folosirea etanolului și butanolului permite corectarea presiunii vaporilor combustibilului ce ușurează pornirea a motorului și micșorează probabilitatea formării dopurilor de vapori. Presiunea de vapori Reid (PVR) a combustibililor studiați corespunde cerințelor standardului SM 226 (PVR < 80 kPa), având următoarele valori: benzina Normală 49...54,3 kPa,

ecobenzină cu fracția volumetrică a etanolului 10% și 20%- 57...61 kPa. Utilizarea butanolului (PVR 4kPa) în concentrația 10% și 20% reduce PVR benzinei cu 3,4 și respectiv- 6,8 kPa.

- S-a constatat că alcoolii monoatomici măresc COM cu pondere diferită. De exemplu, etanolul mărește cifra octanică a benzinei mai pronunțat ( $\Delta\text{COM}=0,47\text{unit}/\%\text{vol.}$ ) decât butanolul ( $\Delta\text{COM}=0,17\text{ unit}/\%\text{vol.}$ ). Totodată, alcoolii monoatomici influențează în mod diferit rezistența la detonație, fiind adăugați în benzine cu COM diferită. Astfel, adaosul de etanol în benzină cu COM 75,5 asigură  $\Delta\text{COM}=0,47\text{unit}/\% \text{ vol.}$ , iar în benzină cu COM 80,3 -  $\Delta\text{COM}=0,24\text{ unit}/\% \text{ vol.}$

- S-a observat că adăugarea alcoolilor monoatomici în benzină mărește indicele de neutralizare și, respectiv, concentrația acizilor organici. Adaosul de trietilamină a permis scăderea indicelui de neutralizare a ecobenzinelor studiate. De exemplu, la ecobenzina E20 indicele de neutralizare s-a micșorat de la 2,45 până la 0,20 mg KOH/100cm<sup>3</sup>. Totodată s-a constatat că adaosul de alcoolii monoatomici în benzină reduce conținutul de sulf în amestec până la 44%.

- S-a stabilit că adaosul până la 20% etanol reduce cantitatea gumelor actuale cu cca 0,4 mg/100cm<sup>3</sup>. Această reducere este sincronizată cu diminuarea reziduurilor în amestecurile respective. În amestecurile benzinei cu butanol și etanol (cu fracția apei până la 1 % vol.) punctul de tulburare este egal cu - 55°C. Sporul apei în etanol până la 3% vol. ridică punctul de tulburare până la -10°C. La temperaturi pozitive se poate utiliza în amestec etanol cu fracția majorată a apei ( $\leq 3\%\text{vol}$ ). Temperaturi sub 0°C necesită deshidratarea etanolului, ceea ce implică cheltuieli suplimentare.

- S-a observat că densitatea amestecurilor alcool monoatomic-benzină depinde doar de densitatea componentelor cu respectarea principiului aditivității. Viscositatea cinematică a amestecurilor etanol-benzină depinde aproximativ proporțional de viscositatea și fracția componentelor, adică și în acest caz funcționează principiul aditivității. În amestecuri butanol-benzină principiul aditivității nu lucrează: viscositatea cinematică reală a acestor amestecuri are valori mai joase de 1,35...1,6 ori în raport cu cele calculate. Majorarea viscozității cinematice la adăugarea butanolului în benzină și ecobenzină schimbă puțin condițiile de debitare prin jicloare, de dispersare a combustibilului și de formare a amestecului carburant.

4. Cercetările de stand au evidențiat posibilitatea și eficiența utilizării amestecurilor alcool monoatomic-benzină la alimentarea MAS. Pentru producerea amestecurilor alcool-benzină (ecobenzinelor) este eficientă utilizarea benzinelor cu componența nemodificată și cifra octanică redusă (COM 76...78). Adăugarea alcoolului până la 30% vol. în benzină asigură motorului performanțe identice celor obținute la alimentare motorului cu benzină pură cu cifra octanică înaltă. În cazul alimentării cu ecobenzine, motorul este mai receptiv la deschiderea clapetei

obturatorului în cazul turațiilor mari ale arborelui cotit ( $n = 3000 \text{ min}^{-1}$ ) datorită condițiilor mai bune de injectare, dispersare a combustibilului în fluxul de aer și de ardere a amestecului de lucru în camera cilindrului. Au fost stabilite regimurile optime de funcționare a motoarelor cu gradul de comprimare  $\varepsilon = 6,7$  și cu  $\varepsilon = 8,5$  care au următoarele valori: fracția alcoolului în ecobenzină-15...25% vol.; turația arborelui cotit- 2000...2500  $\text{min}^{-1}$  pentru  $\varepsilon = 6,7$  și 2500...3000  $\text{min}^{-1}$  pentru  $\varepsilon = 8,5$ ; sarcina motorului -  $P_i / P_e \geq 50\%$ .

5. S-a confirmat ipoteza teoretică despre sensibilitatea sporită a motoarelor alimentate cu ecobenzină la schimbarea componenței amestecului de ardere și temperaturii lichidului de răcire ce necesită menținerea acestor parametri în limite mai restrânse ca în cazul alimentării cu benzină. Acest lucru poate fi realizat prin alegerea corectă a randamentelor jicloarelor de aer  $Q_{aer}$  și de combustibil  $Q_{comb}$ . Benzina Premium-95 și ecobenzine E10, E20 necesită, practic, aceleași valori ale unghiului de avans la aprindere. Alimentarea motorului cu ecobenzine, în care concentrația etanolului depășește 30% vol., necesită micșorarea unghiului de avans cu 5...6 grade. Majorarea turațiilor arborelui cotit de la 2000 până la 3000  $\text{min}^{-1}$  necesită mărirea valorilor optime ale unghiului de avans la aprindere cu 5...7 grade, iar deschiderea clapetei obturatorului de la 40% până la 75% reduce cu 1...7 grade valorile optime ale unghiului  $\theta$ .

6. Rezultatele cercetărilor din acest capitol au fost folosite la elaborarea prescripțiilor tehnice *PT MD 75-03001224-031:2007* și standardului de firmă *SF 03001224-031:2012* „Amestecuri combustibile etanol-benzină pentru motoare cu aprindere prin scânteie. Ecobenzine”.

## 6. VALORIFICAREA REZULTATELOR OBTINUTE LA PRODUCEREA ȘI UTILIZAREA BIOCOMBUSTIBILILOR CU ALCOOLI MONOATOMICI. EFECTE ECONOMICE

### 6.1. Rezultatele încercărilor de exploatare

#### 6.1.1. Rezultatele încercărilor de exploatare a combinei de recoltat sorg zaharat

Încercările de exploatare au fost realizate în conformitate cu cerințele SM GOST R 2.103 și Reglementărilor tehnice „Cerințe generale pentru încercările tractoarelor, mașinilor și utilajelor” aprobate de către ministrul agriculturii prin ordinul nr.162 din 10.07.2006. Inițial, încercările de conformitate-verificare a combinei de recoltat sorg zaharat au fost efectuate în cadrul Institutului de Tehnică Agricolă „Mecagro”. Încercările de exploatare au fost efectuate pe câmpurile experimentale ale Institutului Științifico-Practic de Biotehnologii în Zootehnie și Medicină Veterinară și ale Institutului de Protecție a Plantelor și Agricultură Ecologică (fig.6.1).



*Figura 6.1. Secvențe din timpul încercărilor de exploatare a combinei de recoltat sorg zaharat în condițiile Institutului de Protecție a Plantelor și Agricultură Ecologică*

În tabelul 6.1 se prezintă indicatorii tehnologici și parametrii energetici ai combinei, obținuți în cadrul primei etape a încercărilor de exploatare.

Tabelul 6.1. Indicatorii tehnologici și energetici ai combinei de recoltat sorg zaharat

Nr. crt.	Denumirea indicatorilor	Valorile indicatorilor pentru varianta constructivă				
		inițială			perfecționată	
		mersul				
		în gol	de lucru		de lucru	
1	Treapta transmisiei tractorului MTZ 80	-	1M	2M	2M	3R
2	Viteza deplasării, km/h	0	2,36	4,12	4,21	5,54
3	Turații APP, min <sup>-1</sup>	975	969	963	968	970
4	Lățimea de lucru, m	-	1,4	1,4	1,4	1,4
5	Coefficienții:					
	5.1 Curățirii tulpinelor de frunze, K <sub>ac</sub>	(0,9)*	0,84	0,70	0,86	0,79
	5.2 Pătrunderii fragmentelor de tulpini în frunze, K <sub>p</sub>	(0,9)*	0,20	0,24	0,21	0,25
	5.3 Strivirii fragmentelor de tulpini, K <sub>s</sub>	(0,18)*	0,24	0,29	0,27	0,30
6	Productivitatea într-o oră timp de bază, ha	-	0,33	0,58	0,59	0,78
7	Rezistența la tracțiune, kN	0	5	5	4,7	4,7
8	Moment de torsiune APP, N*m	267	281	302	245	280
9	Patinarea propulsorilor, %	0	7	7	3	3
10	Puterea consumată, total, kW	29,8	37,88	44,88	41,49	48,7
	10.1 inclusiv: de tracțiune	0	3,24	5,6	5,2	6,4
	10.2 Autopropulsarea tractorului	0	2,36	4,1	3,9	5,0
	10.3 Acționarea APP	26,7	28	29,9	28,1	32,2
	10.4 Pierderi de patinare	0	0,44	0,74	0,35	0,46
	10.5 Pierderi de transmisie	2,36	3,1	3,8	3,2	3,9
	10.6 Acționarea pompei din sistemul hidraulic al tractorului	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
11	Coefficientul de solicitare a motorului	0,54	0,68	0,81	0,75	0,88
12	Consumul orar de combustibil, kg/h	8,98	10,3	11,5	10,9	12,6
13	Consumul specific de combustibil, kg/ha	-	31,2	19,8	18,5	16,2
14	Consumul specific al energiei, kWh/ha	-	115	77,8	70,8	62,8

Analiza rezultatelor încercărilor de exploatare demonstrează că, în dependență de cantitatea masei verzi, viteza de deplasare a combinei variază între 2,36 și 4,12 km/h, consumul specific de combustibil având valori de 31,2 și 19,8 kg/ha respectiv, productivitatea într-o oră timp de bază – 0,33 și 0,58 ha, sarcina motorului – 0,68 și 0,81. S-a constatat că puterea consumată de către ansamblurile combinei la mersul în gol are valori relativ înalte – puterea consumată de către APP a constituit 26,7 kW.

Valorile înalte ale puterii consumate s-au obținut datorită acționării hidraulice a organelor de lucru, care este asigurată de către 4 hidropompe, 4 regulatori ai fluxului și 5 motoare hidraulice. Este necesar de menționat, că acționarea hidraulică, având un șir de avantaje (posibilitatea reglării line a vitezei organelor de lucru și transmiterii energiei, practic, în orice loc al mașinii), posedă și un șir de inconveniente: consum sporit de energie, cerințe stricte referitoare la condițiile de exploatare etc.



Ținând cont de rezultatele obținute (tab. A 6.1 – A 6.4), au fost perfecționate următoarele ansambluri ale combinei: vindroverul, aparatul de alimentare, dispozitivul pentru tăierea paniculelor, camera pentru separarea frunzelor de tulpini, mecanismul de acționare. Modificările efectuate au permis majorarea vitezei de deplasare a combinei până la 5,54 km/h și, respectiv, a productivității până la 0,78 ha/h (tab. 6.1).

Perfecționarea sistemului de acționare hidraulică, prin reducerea numărului de motoare hidraulice și optimizarea parametrilor acestora, a micșorat semnificativ momentul de torsiune al arborelui prizei de putere necesar pentru condiții identice de lucru. De exemplu, puterea de acționare APP la treapta 2M de transmisie a tractorului s-a redus de la 29,9 până la 28,1 kW, cu reducerea simultană a consumului specific de combustibil de la 19,8 până la 18,5 kg/ha.

În cadrul încercărilor de exploatare s-a demonstrat că combina de recoltat sorg zaharat, elaborată în cadrul ITA “Mecagro”, satisface cerințele agrotehnice referitoare la sorgul zaharat. Combina asigură tăierea și mărunțirea calitativă a tulpinilor cu lungimea fragmentelor în limitele  $l_f = 150 \div 200$  mm.

Combina, în varianta perfecționată, a prezentat următorii parametri calitativi la încercările de exploatare în câmp:

-coeficientul de curățire a tulpinilor de frunze  $K_{ac2}=0,79 \div 0,86$  (în varianta inițială  $K_{ac1}=0,70 \div 0,84$ );

- coeficientul pătrunderii fragmentelor de tulpini în frunze  $K_{p2}=0,21 \div 0,25$  (în varianta inițială  $K_{p1}=0,20 \div 0,24$ ),

- coeficientul de strivire a fragmentelor de tulpini  $K_{s2}=0,27 \div 0,30$  (în varianta inițială  $K_{s1}=0,24 \div 0,29$ ).

Totodată, exploatarea combinei în condiții staționare cu încărcare manuală a vindroverului, a demonstrat posibilitatea fragmentării mai calitative: coeficientul de curățire a tulpinilor  $K_{ac}=0,88 \div 0,94$ ; coeficientul pătrunderii fragmentelor de tulpini în frunze  $K_p=0,07 \div 0,10$ ; coeficientul de strivire a fragmentelor tulpinilor  $K_s=0,15 \div 0,20$ . Calitatea mai înaltă a fragmentelor de tulpini, obținute în condiții de lucru staționar cu încărcarea manuală a vindroverului, se poate explica prin orientarea mai bună și alimentarea mai uniformă a tulpinilor.

Pe parcursul încercărilor combinei pe plantații de sorg zaharat, care corespund cerințelor agrotehnice, n-au fost înregistrate cazuri de înfundare a vindroverului, iar în componența produsului rezultat din urma recoltării au lipsit impurități și alte corpuri străine.

În cazul exploatării combinei în condiții extreme, cum sunt: grad înalt (peste 10%) de înăbușire cu buruieni cu tulpini subțiri (ovăz sălbatic, cuscuta), grad înalt de culcare a plantelor (peste 20%), au fost înregistrate cazuri de înfundare a plăcilor de desprindere a tulpinilor din

componenta vindroverului, precum și a aparatului de alimentare. Aceste inconveniente n-au influențat funcționarea normală a combinei, deoarece construcția combinei presupune înlăturarea promptă a înfundărilor prin inversarea rotațiilor mecanismului de acționare a combinei operată de către un reductor reversibil special preconizat pentru aceste situații.

### **6.1.2. Rezultatele încercărilor liniei tehnologice pentru stoarcerea sucului de sorg zaharat**

Încercările au avut următoarele obiective:

- efectuarea rodajului pentru asigurarea funcționării stabile a liniei tehnologice în conformitate cu sarcinile și cerințele tehnice înaintate acestui tip de utilaje;
- stabilirea proprietăților fizico-mecanice ale materiei prime (tulpinilor fracționate): cota de substanțe uscate, conținutul de umiditate în tulpini, coeficienții calității materiei prime, distribuția fracțiilor tulpinilor după lungime;
- determinarea parametrilor calitativi ai liniei tehnologice: gradul de extragere a sucului  $GE$ , productivitatea procesului de presare  $Q_{mv}$ , consumul energiei  $C_e$ .

Deoarece, în ultimii ani, n-au fost realizate cercetări cu privire la procesarea sorgului zaharat cu scopul stoarcerii sucului crud pentru condițiile Republicii Moldova, în calitate de reper de referință au fost folosite datele încercărilor de laborator obținute în anii 2005-2006 (tab.6.2). Aceste încercări au fost realizate cu tulpini întregi, cultivate pe lotul experimental al Institutului "Dimo" (s.Ivancea, r-l Orhei). Recoltarea, pregătirea (tăierea frunzelor, paniculelor) și încărcarea în presă a tulpinilor au fost efectuate manual.

Presă supusă încercării a fost reglată și ajustată conform recomandărilor rezultate din cercetările teoretice și experimentale prezentate în capitolul 3: interstițiul în pasajul de stoarcere finală –  $5\div 6$  mm; turația valțurilor –  $1 \text{ min}^{-1}$ ; forța de presare - 145 kN.

Încercările liniei tehnologice au fost efectuate în cadrul Institutului de Medicină Veterinară și Zootehnie (s. Maximovca, r-l Anenii Noi), unde sorgul zaharat a fost cultivat pe o suprafață de 5 ha și recoltat cu combina ITA „Mecagro” descrisă în p.6.1.1.

Linia tehnologică este prezentată în figura 6.2. Constructiv, această linie corespunde cerințelor tehnologice expuse în p. 3.2 al prezentei lucrări și asigură mecanizarea tuturor operațiilor tehnologice (încărcarea, dozarea, transportarea, presarea masei vegetale, evacuarea sucului extras). Schema tehnologică a liniei de procesare a sorgului zaharat este prezentată în figura 2.3. Acționarea blocului de alimentare a liniei tehnologice s-a realizat de către un motor electric cu puterea nominală egală cu 15kW și a blocului de presare – 30 kW.

Tabelul 6.2. Indicatori tehnologici ai liniei pentru procesarea sorgului zaharat

Nr. crt.	Denumirea indicatorilor	Valorile indicatorilor obținute din încercări de		
		Laborator (anii 2005-2006)	exploatare din etapele	
			I (anul 2007)	II (anii 2008-2009)
1	Distribuire fracții tulpini, % mas.:			
	- $l < 100$ mm,		45	45÷33
	- $l = 100 \div 150$ mm,		50	48÷60
	- $l > 150$ mm	100 (tulpini integre)	5	7
	Diametrul tulpinilor lângă rădăcină, mm	18÷30	10÷15	16÷24
	Coeficientul de curățire a tulpinilor de frunze, $K_{ac}$	1	0,73	0,79
	Conținut de umiditate, % mas.	84	65÷70	72÷71
	Cota masei uscate, % mas.	16	35÷30	28÷29
	Cantitate glucide în suc, % mas.	11÷12	14,5÷15,7	12,2
Masa în vrac, kg/m <sup>3</sup>	585	400	400	
2	Gradul de extragere a sucului GE,%	55÷61	36÷40	40÷45
3	Umiditatea remanentă a bagasei,%	77	56,8	61,3
4	Productivitatea procesului, t/h	9,7÷10,2	5,4÷9,0	3,1÷8,7

Linia tehnologică încercată în anul 2007 avea o productivitate de până la 9 t/h cu gradul de extragere până la 40%. Aici este necesar de menționat, că seceta din anul 2007 a influențat negativ vegetația plantelor, inclusiv a sorgului zaharat. Astfel, în acel an, s-a fixat o micșorare a diametrului tulpinilor și a conținutului de umiditate ce a rezultat o majorare a conținutului de glucide în suc până la 15,7% și o scădere a gradului de extragere GE de la 55÷61% (anii 2005-2006) până la 36÷40% (anul 2007). Umiditatea remanentă a bagasei s-a micșorat de la 77% , în anul 2006, până la 56,8% - în anul 2007.

Totodată, condițiile climaterice ale anului 2007 au demonstrat rezistența mult mai înaltă la secetă a sorgului zaharat în raport cu alte culturi (porumb, floarea- soarelui etc.).

În baza încercărilor realizate în etapa a doua din anii 2008 - 2009 au fost perfecționate camera de separare aerodinamică a frunzelor de tulpini, agregatul de tăiere a paniculelor și aparatul de alimentare. Astfel, la intrarea în linia tehnologică a fost montat un separator aerodinamic, precum și o presă intermediară cu trei valțuri. Aceste modificări au condus la majorarea calității materiei prime după cum urmează: cota masică a fracțiilor de tulpini cu lungimea 100 ÷150 mm a crescut de la 50% până la 60%; coeficientul curățării tulpinilor de frunze s-a majorat de la 0,73 până la 0,79; gradul de extragere a fost majorat până la 45%.



**Figura 6.2. Secvențe din timpul încercărilor de exploatare (etapa I) a liniei de extragere a sucului de sorg zaharat**

Pentru recepția mecanizată a materiei prime din mijloacele de transport basculante, a fost proiectat și aplicat un buncăr cu capacitatea efectivă de  $15 \text{ m}^3$ , care este dotat cu un mecanism de distribuire și dozare ritmică a tulpinilor în limitele  $0 - 15 \text{ t/h}$  și cu un vibrator, care asigură formarea unui strat de tulpini cu grosimea prestabilită și posibilitate de reglare în diapazonul de la 40 până la 100 mm.

Analiza parametrilor energetici demonstrează că puterea motoarelor electrice, folosite în construcția liniei tehnologice, asigură acționarea utilajelor liniei de suc zaharat în regim normal cu gradul de solicitare  $0,7 \div 0,8$ . La rândul său, motoare care acționează valțurile din blocurile de presare, au gradul de solicitare mai mic (până la  $0,38$ ). În acest caz este necesar de redus puterea instalată a motoarelor ținând cont de necesitatea menținerii unei rezerve de putere pentru buna funcționare a preselor la suprasolicitări.

Analiza rezultatelor obținute în procesul încercărilor de exploatare demonstrează, că utilajele liniei tehnologice pentru stoarcerea sucului din tulpini de sorg zaharat prin presare cu valțuri, elaborate la Institutul „Mecagro”, răspund cerințelor tehnice formulate anterior, asigurând gradul de extragere  $GE$  până la 45% cu productivitatea până la  $10 \text{ t/h}$ .



**Figura 6.3. Secvențe din timpul încercării în condiții de exploatare(etapa II) a liniei tehnologice de stoarcere a sorgului zaharat: a) recepția tulpinilor fracționate; b) distribuirea; c) alimentarea; d) dozarea; e) stoarcerea sucului; f) – evacuarea bagasei.**

În baza cercetărilor realizate (tab. A 6.5, A 6.6) au fost elaborate și implementate în practică îndrumările de exploatare 2606.00.000PS „Combina de recoltat sorg zaharat”, 2630.00.00.000 PS „Presă cu tăvălugi” și standardele de firmă SF 65-03001224-034:2008 „Combina de recoltat sorg zaharat”, SF 65-03001224-035:2008 „Presă cu tăvălugi” (tab. A 6.7 – A 6.12).

### **6.1.3. Încercarea motoarelor alimentate cu amestecuri din alcooli monoatomici cu benzină**

Încercările de exploatare au fost efectuate în două etape.

În prima etapă încercările s-au efectuat pe 3 automobile marca IJ 2717 dotate cu motor de tip VAZ 2103. Unul dintre aceste automobile a servit în calitate de martor (nr de înregistrare CIK 390 alimentat cu benzină Premium – 95).

În rezultatul încercărilor de exploatare s-a constatat că automobilul de control a consumat 4678 litri de benzină Premium – 95 la distanța parcursă 37724 km, consumul mediu de exploatare constituind 12,4 l/100 km. Automobilele experimentale au consumat, în mediu 4311 litre ecobenzină E20 la distanța 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).

În rezultatul încercărilor de exploatare s-a constatat o diferență în pornirea motoarelor testate la temperaturi joase. Astfel, pornirea motorului, alimentat cu E20, la temperaturi sub -10°C, este mai dificilă față de pornirea motorului alimentat cu benzină și a celui alimentat cu B20. În aceste cazuri pornirea motorului s-a realizat prin încălzirea aerului în timpul pornirii sau prin adaos de fracții ușoare de hidrocarburi (esteri).

În procesul încercărilor de exploatare a fost depistat încă un inconvenient al ecobenzinei E20 și anume acțiunea negativă asupra unor materiale din construcția motorului cum ar fi, de exemplu, membrana pompei de biocombustibil a cărei perioadă de funcționare a fost de 1,2 ori mai mică ca a motorului alimentat cu benzină.

La un an de la începutul încercărilor de exploatare, s-a constatat prezența coroziunii pe suprafețele interne ale rezervorului de combustibil, care este confecționat din oțel de construcție cu conținut redus de carbon. Produsele coroziunii din rezervor, acumulate în filtru, au micșorat durata de funcționare a acestuia de 1,5 ori față de filtrele folosite la motoarele alimentate cu benzină. De menționat că acțiunea corozivă a amestecului B20 este mult mai mică, putând fi comparată cu cea a benzinei Premium – 95.

În baza cercetărilor rezistenței la coroziune a diferitor materiale aflate în contact cu diferiți combustibili (de origine petrolieră, biologică cu și fără inhibitori de coroziune), am ajustat compoziția biocombustibilului E20 la cerințele de funcționare normală a motoarelor alimentate cu astfel de combustibili [125].

Cercetările proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale uleiurilor de motor (tab. 6.3), și studiul vizual, precum și măsurările suprafețelor de lucru ale motoarelor demonstrează (tab.A6.9), că gradul de uzură a motoarelor alimentate cu ecobenzine E20, B20 este identic cu cel de la motoarele alimentate cu benzină Premium-95.

Pe parcursul defectării periodice a cilindrilor motor, pistoanelor, segmentilor, chiulasei nu s-au depistat careva abateri de la starea normală a suprafețelor examinate. După realizarea resursei de 30 mii km, pe unele suprafețe ale grupului piston-cilindru au fost depistate depuneri locale neînsemnate de calamină (fig. 6.4), iar uzura suprafețelor interne ale cilindrilor n-a depășit 0,04 mm.

Măsurarea presiunii în cilindrii motoarelor testate, după realizarea resursei de 30 mii km, a arătat că compresia, practic, nu s-a schimbat, rămânând în limitele 1,0...1,1 MPa. Presiunea uleiului în sistemul de ungere al motoarelor a fost normală (0,2 ... 0,3 MPa).



**Figura 6.4. Aspectul suprafețelor de lucru ale pieselor din componența motoarelor VAZ, alimentate cu ecobenzine: a) chiulasa, b) cilindru-piston; c) arborele cotit**

Rezultatele studiului proprietăților fizico-chimice și de exploatare ale combustibililor utilizați în procesul încercărilor (benzina Premium-95, ecobenzine E20, B20) demonstrează că parametrii acestor combustibili corespund cerințelor standardului SM 226, prescripțiilor tehnice PT MD 75-03001224-031: 2007, standardului de firma SF 03001224 -031;2012.

Totodată, în procesul încercărilor de exploatare au fost depistate anumite schimbări ale componenței uleiurilor de motor (tab. 6.3). De exemplu, după parcurgerea resursei de 10 mii km, conținutul de zinc în uleiul de la motoarele testate a variat în limitele 0,08 ... 0,16% (în uleiul proaspăt conținutul de Zn era de 0,2%). Totodată, s-a constatat că conținutul de Zn din ulei scade mai pronunțat la parcursul primelor 2...3 mii km, după care scăderea conținutului de Zn este foarte mică.

Conținutul de calciu a crescut de la 0,0062%, în uleiul proaspăt, până la 0,106...0,20%, în cel utilizat pe parcursul a 10 mii km. Creșterea conținutului de calciu este cauzată de pătrunderea acestuia în motor prin filtru odată cu aerul din atmosferă.

Schimbarea conținutului de calciu în uleiurile motoarelor martor și celor alimentate cu ecobenzină este identică. Acest lucru atestă despre existența unor condiții egale de filtrare a aerului

la motorul de control și la cele experimentale. Astfel, rezultatele obținute denotă că tipul combustibilului nu influențează schimbarea conținutului de calciu pe parcursul exploatării motoarelor cu ardere internă. Anume din acest motiv variația conținutului de calciu în uleiul utilizat se află în limite relativ înguste (0,106...0,20%).

Majorarea concentrației calciului în uleiul de motor mărește coeficientul de frecare și intensitatea uzării cuplelor tribologice componente ale motoarelor cu ardere internă și este una din principalele cauze ale creșterii concentrației fierului în uleiul de motor. Este necesar de menționat că gradul majorării concentrației Fe nu este mare (în uleiul proaspăt  $C_{Fe}=0,008\%$ ). La motorul alimentat cu benzină concentrația fierului în uleiul utilizat are valori în limitele 0,012...0,049%, la motorul alimentat cu ecobenzină E20 – 0,014...0,080%. Rezultate similare au fost obținute și în cazul amestecului B20.

Analiza proprietăților fizico-mecanice ale uleiurilor uzate la motoarele alimentate cu diferite tipuri de combustibil a identificat că densitatea uleiurilor se majorează insignifiant. Astfel, densitatea uleiurilor utilizate după 10 mii km parcurs a fost de 890...897 kg/m<sup>3</sup>, față de 882 ... 888 kg/m<sup>3</sup> a uleiului proaspăt la 20°C.

Densitatea uleiului utilizat, probabil, este influențată atât de fracțiunile nearse, prezente în combustibil, cât și de impuritățile prezente în ulei și de produsele polimerizării uleiului.

Modificarea viscozității uleiurilor din motoarele testate, de asemenea nu este influențată semnificativ de tipul combustibilului folosit la alimentare. Astfel, viscozitatea cinematică a uleiului proaspăt este egală cu 104...108 mm<sup>2</sup>/s la 40°C și cu 13,8 mm<sup>2</sup>/s la 100°C, scade în uleiul utilizat în felul următor:

- în cazul alimentării cu benzină – până la 59...91 mm<sup>2</sup>/s la 40°C și 9...12 mm<sup>2</sup>/s la 100°C;
- în cazul alimentării cu ecobenzină – până la 62...96 mm<sup>2</sup>/s la 40°C și până la 10...13 mm<sup>2</sup>/s la 100°C.

Una din cauzele posibile ale scăderii viscozității uleiului de motor poate fi evaporarea și arderea incompletă a combustibilului, mai ales în motorul rece. Drept rezultat, fracțiunile coadă ale combustibilului se amestecă cu uleiul, reducând viscozitatea acestuia.

Indicele de viscozitate este un indicator complex, care reflectă schimbarea viscozității uleiului în cazul schimbării temperaturii. Conform GOST 10541, indicele de viscozitate al uleiului proaspăt trebuie să fie mai mare de 115. Toate uleiurile studiate au indicele de viscozitate în limita 118...153.

Din cauza pătrunderii în ulei a fracțiilor coadă ale combustibilului și schimbării structurii moleculelor hidrocarburilor din componența uleiului, scade nu numai viscozitatea acestuia, dar și punctul de inflamabilitate: de la 215...217°C la uleiul proaspăt până la 145...169°C în uleiul



utilizat. Gradul micșorării punctului de inflamabilitate, practic, este același pentru toate tipurile de combustibil. Valoarea punctului de congelare în toate cazurile studiate se află în limita cerințelor GOST 10541 (sub - 30°C) și în uleiurile utilizate nu depinde esențial de tipul de combustibil folosit la alimentare.

Din cele reflectate în acest paragraf se poate concluziona că alimentarea motoarelor cu ecobenzină perfecționată E20 și B20 permite obținerea unor performanțe energetice, economice, ecologice (tab. A 6.13, A 6.14) și de siguranță în funcționare similare celor obținute la alimentarea motoarelor cu benzină Premium.

## 6.2. Justificarea tehnico-economică a elaborărilor

Dezvoltarea și înnoirea tehnicii agricole sunt caracteristici distincte ale funcțiunii de cercetare-dezvoltare a agriculturii durabile moderne. O etapă importantă în acest aspect este prezentată de implementarea în producție a tehnologiilor și utilajelor care țin seama de cele mai noi realizări ale inovării și cercetării.

Cuantificarea competitivității și eficienței elaborărilor inovative se efectuează cu ajutorul unui șir de indicatori, printre care raportului **calitate/preț** îi revine un rol special preponderent. În subcapitolul 6.1 al prezentei lucrări s-a demonstrat că calitatea funcțională a mijloacelor tehnice elaborate este suficientă pentru implementarea imediată a acestora în producție. Totodată, pentru argumentarea aplicării în producție a elaborărilor științifice, pe lângă cunoașterea indicatorilor puri calitativi, este necesar să se efectueze și o analiză tehnico-economică. La rândul său, evaluarea eficienței economice poate fi realizată folosind următorul algoritm: elaborarea fișei tehnologice de cultivare a sorgului zaharat; estimarea prețului de cost al produselor rezultate (masei verzi de sorg zaharat; sucului crud, stors din tulpinile sorgului; a bagasei; etanolului fermentat din suc; ecobenzinei). În cadrul tuturor componentelor algoritmului au fost folosite elaborările din prezenta teză și anume: combina, stația tehnologică, compoziția ecobenzinei, instalația de dozare-amestecare.

**Cultivarea și recoltarea sorgului zaharat.** Fișa tehnologică de cultivare a sorgului zaharat este prezentată și întocmită în baza rezultatelor cercetărilor multianuale ale dr. Gheorghe Moraru [76], a rezultatelor din prezenta teză, precum și ținând cont de recomandările specialiștilor din fitotehnie [196,197] și economie [198÷200].

Tabelul 6.3. Compoziția, proprietățile fizico-chimice și de exploatare ale uleiurilor de motor

Tipul probei,Nr. de înregistrare auto	Parcurs,km	Concentrația elementelor,mg/dm <sup>3</sup> (%)			Densitate(20°C),10 <sup>3</sup> , kg/m <sup>3</sup>	Viscozitate(40°C/100°C),mm <sup>2</sup> /S	Indice de viscozitate	Punct de inflamabilitate,°C	Punct de congelare,°C
		Zinc	Calciu	Fier					
<b>GOST 10541,TU 381011099-86</b>						<b>&gt; 12</b>	<b>&gt; 115</b>	<b>&gt; 210</b>	<b>&lt; - 30</b>
<b>1. Ulei proaspăt</b>									
SAE15/40 W	0	0,20	(0,0062)	(0,008)	0,882 - 0,888	104,11/13,80... 108,20/13,77	127-133	215 - 217	-35...44
<b>Ulei utilizat2. Benzină A-95</b>									
2.1. CIK 390	10160(11.2005-03.2006)	794(0,09)	1370(0,15)	113(0,012)	0,890	59,0/9,3	138	160	- 33
2.2. CIK 390	12000(07.2006-02.2007)	725,8(0,08)	1690(0,20)	297,7(0,04)	0,897	79,75/11,6	120	145	- 32
2.3. CIK 390	9488(02.2007-06.2007)	(0,112)	(0,106)	(0,049)	0,895	87,62/11,34	118	169	- 31
2.4. CIK 390	6076(06.2007-10.2007)				0,894	90,64/12,15	127	158	- 44
<b>3. Ecobenzină E 20</b>									
3.1. CHV 927	6200(11.2005-03.2006)	1004,5(0,12)	1880(0,20)	126,1(0,014)	0,890	61,77/10,15	151	148	- 33
3.2. CHV 927	8056(06.2006-12.2006)	955,5(0,11)	1650(0,19)	260,2(0,03)	0,896	73,54/10,06	119	178	- 34
3.3. CHV 927	10659(12.2006-06.2007)	(0,161)	(0,166)	(0,080)	0,890	84,86/11,18	120	166	- 34
3.4. CHV 927	7870(06.2007-10.2007)				0,894	96,28/13,05	133	157	- 44

Notă: Măsurările concentrației elementelor au fost efectuate în laboratorul de încercări prin metode de spectroscopie atomică al AȘ

În baza fișei tehnologice (tab. A 6.15) au fost calculate cheltuielile la cultivarea și recoltarea sorgului zaharat cu obținerea produsului de bază (tulpinilor) și celui secundar (paniculelor cu boabe). Rezultatul acestui calcul este prezentat în tabelele A 6.16 și A 6.17.

În tehnologia elaborată se propune folosirea combinei ITA „Mecagro”. Folosirea acestei combine este argumentată de faptul că combinele existente la momentul actual recoltează numai tulpinile, iar combina propusă este dotată cu ansambluri speciale, construcția cărora este brevetată de către noi [136, 202, 203] și care asigură recoltarea separată a tulpinilor și paniculelor cu boabe.

Recoltarea separată a paniculelor, practic, nu majorează costul total al lucrărilor, dar reduce cu cel puțin 5% costul produsului de bază, care oscilează în limita 180÷270 lei/t funcție de condiții de cultivare. Prețul de cost al tulpinilor de sorg zaharat, obținut în conformitate cu tehnologia propusă de către noi, este mai mic de cca 2,4 ori în raport cu costul masei verzi de porumb (518,3 lei/t) [199, tab.11].

Conform calculelor efectuate (tab. A 6.15 – 6.17) costul cultivării, recoltării și transportării la stația de procesare a unei tone de sorg zaharat constituie 180÷270 lei, iar costul doar al cultivării sorgului zaharat variază de la 90 până la 130 lei/t (6,3 - 9,1 \$/t). Pentru comparație, în condițiile Indiei și a Filipinelor, în anul 2006, costul cultivării unei tone de masă verde de sorg zaharat a constituit 2,58÷5,16 \$ [204]. Diferența costurilor de cultivare a masei verzi de sorg zaharat din Asia de Sud – Est și Moldova se explică prin diferite perioade de timp, în care au fost estimate costurile (anul 2006 și respectiv 2014), și diferite condiții pedoclimatice. Totodată, conform [204], în aceleași condiții, costul cultivării trestiei de zahăr este de 14,21 - 16,58 \$/t.

Datele obținute și prezentate în fișa tehnologică confirmă ipotezele înaintate în capitolul 1 al prezentei lucrări viza-vi de posibilitatea sporirii eficienței cultivării și recoltării sorgului zaharat în condițiile Republicii Moldova. Astfel, calculele realizate au arătat următoarele: cheltuielile pentru remunerarea muncii la lucrările de recoltare și transportare a masei verzi constituie 480,2 lei/ha (59,2%) din totalul de 811 lei/ha, iar consumul de combustibil este egal cu 77,6 kg/ha (36,3%) din totalul 213,5 kg/ha (tab. A 6.15-A 6.17). Diminuarea cheltuielilor pentru recoltarea și transportarea sorgului zaharat este obținută în prezenta lucrare, dar rămâne în continuare un obiectiv important.

**Procesarea.** Următoarea etapă importantă în valorificarea potențialului energetic al sorgului zaharat este stoarcerea sucului crud. Pentru realizarea acestei proceduri se propune utilizarea liniei tehnologice ITA „Mecagro” protejată cu brevetul de invenție 802 Z, MD, A 01 D 45/00, A01D 75/18 [205] și descrisă amănunțit în lucrarea [206]. Indicii tehnico-economici ai preseii propuse au fost comparați cu cei ai preseii AESC 5 (firma AMPRO, India).

Prețul de producție al sucului crud a fost calculat în baza datelor din capitolul 3.6 și a tarifelor de costuri din agricultură [199]. Au fost folosite metodologiile prezentate în lucrările [198 și 200]. Rezultatele calculului sunt prezentate în Anexa A 6.18.

Consumurile generale la procesarea sorgului zaharat  $C_{gen}$  (tab. A 6.18) sunt distribuite între produsul de bază și cel secundar. Necesitatea divizării este argumentată de faptul că produsul secundar (bagasă), fiind bine mărunțită la umiditatea relativă de cca 60%, este o substanță valoroasă, care conține hidrocarburi (celuloză, monoglucide, zaharoză), microelemente [76,78]. Prin urmare, bagasa poate fi folosită pentru fertilizarea solului, producerea biocombustibililor solizi (pelete, brichete), lichizi (etanol, butanol), gazoși (biogaz).

La momentul actual, conform practicii mai multor țări, cea mai reușită utilizare a bagasei este obținerea biogazului prin fermentare. De exemplu, în Germania și Polonia, în acest scop, este folosită pe larg masa verde de porumb [34], care în Moldova are costul de producție de 518,3 lei/t [199, tab.11]. Conform datelor prezentate de către Randy Powell [212], în anul 2012, în SUA costul bagasei umede a fost 28 \$/t.

Datorită compoziției chimice, bagasa de sorg zaharat are potențial energetic mai înalt în raport cu cea rezultată de la prelucrarea porumbului. Cu toate acestea, masa verde de sorg zaharat încă nu este asimilată de piața din Republica Moldova. De aceea, la prima etapă de implementare, comercializarea bagasei cu prețul de 200 lei/t este rezonabilă. Acest preț acoperă cheltuielile generate de stația de procesare a tulpinilor de sorg care constituie 495- 990 lei/h (9 t/h·0,55·200 lei/t). Astfel, producerea sucului crud necesită cheltuieli de producție în sumă de 983÷1733 lei/h sau 243÷428 lei/t, în cazul folosirii liniei tehnologice ITA „Mecagro”. Pentru același volum de producție, cheltuielile rezultate de la folosirea preseii martor constituie 529 - 629 lei/t (tab. A.6.18).

Eficiența economică de la implementarea utilajelor ITA „Mecagro” pentru stoarcerea sucului poate fi calculată cu relația [200]:

$$E_e = (C_v - C_n)V_a - E_n K, \quad (6.1)$$

în care  $C_v$  și  $C_n$  reprezintă costul producției sucului, obținut cu utilajul vechi și respectiv cu cel nou, lei/tonă;  $V_a$  - volumul anual al producției de suc crud cu utilajele elaborate, t/an;  $E_n$  - coeficientul normativ de eficiență economică,  $E_n = 0,15$  [200];  $K$  - investiții capitale adăugătoare, lei,  $K = C_{ut}^n - C_{ut}^v$  (tab. A 6.14).

Înlocuind valorile respective în formula 6.1 obținem:

$$E_e = (529 - 243)3373,65 - 0,15 \cdot 697100 = 964863,9 - 104565 = 860298,9 \text{ lei/an}$$

Astfel, efectul economic de la implementarea tehnologiei pentru obținerea sucului din sorg zaharat, propuse de către noi, constituie 860,3 mii lei/an. Sucul stors este folosit pentru producerea etanolului prin fermentare, distilare și deshidratare.

**Producerea etanolului.** După cum s-a mai menționat, astăzi sunt cunoscute două metode de obținere a alcoolilor monoatomici: a) prin fermentare cu participarea microorganismelor; b) prin sinteză chimică. Prima metodă este mai ieftină și mai pe larg folosită în economia mondială, inclusiv în cea autohtonă.

În Republica Moldova, cele mai mari cantități de etanol sunt produse din boabe de porumb. Acest lucru se datorează conținutului sporit de amidon [207] și recoltelor relativ mari de porumb obținute în condițiile Republicii Moldova [208]. În anul 2013, la majoritatea întreprinderilor specializate din RM, costul de producție a 1l de etanol (100% vol. alc.) a constituit 12 ... 12,4 lei, iar în 2014 acest cost a scăzut de 1,16 ori, constituind 10,4 ... 10,7 lei/l. Cauza principală, care a condus la micșorarea costului, este diminuarea prețului la boabele de porumb de la 3,3 ... 3,5 lei/kg până 2,2 ... 2,5 lei/kg (de 1,32 ori).

Conform [59,67, 209, 210] cota costului materiei prime în costul de producție al etanolului variază de la 50% până la 80%. În perioada de 8 ani (01.2005 ÷ 01.2013) în SUA costul de producție al etanolului a crescut de la 0,4 \$/l până la 0,66 \$/l (de 1,65 ori). Principala cauză este majorarea de 2,2÷2,3 ori a prețului boabelor de porumb [211]. În octombrie 2014, costul etanolului s-a micșorat până la 0,56 \$/l. Această scădere a fost influențată de micșorarea costului porumbului.

Deoarece materia primă are importanță majoră în formarea costului de producție al etanolului, producătorii acestuia sunt în căutarea materiei prime ieftine. La momentul actual, în economia mondială, cel mai ieftin etanol este obținut din trestia de zahăr. Conform [59,67,210] costul etanolului, obținut din trestia de zahăr, constituie cca 72...82% din costul etanolului obținut din boabe de porumb.

Având costul de producție al sucului, produs din sorg zaharat în condițiile din Republica Moldova, cu valoarea de 243 și 428 lei/t (tab. A 6.18), vom calcula costul de producție al etanolului, utilizând metodica ANRE și recomandările specialiștilor în domeniu [76, 78, 207, 209].

Rezultatele calculului (tab. A. 6.19) demonstrează, că costul de producție al etanolului obținut din suc de sorg zaharat depinde, în mare măsură, de costul materiei prime (sucului), care la rândul său este dependent de factorii tehnologici (în special de gradul de stoarcere a sucului) și organizatorici (utilizarea eficientă a produselor secundare). De exemplu, majorarea prețului de comercializare al bagasei cu 100 lei/t asigură reducerea costului sucului de cca. 1,5 ori și respectiv a etanolului de 1,23 ori.

În tabelul 6.4 este prezentată structura costului de producție a etanolului. Din acest tabel se vede clar că ponderea ce-a mai mare în costul de producție al etanolului aparține materiei prime – 57 ... 60% în cazul obținerii din boabe de porumb și 46÷60%, în cazul producerii din sorg zaharat.

În baza datelor obținute (tab. A 6.19) este evident că etanolul poate fi produs din suc de sorg zaharat la un preț de producție egal cu 6,76 lei/l, care este de 1,4 ori mai mic ca cel al etanolului obținut din boabe de porumb și de 1,18 ori mai mic ca cel al etanolului produs în SUA [211]). Costul mai mic al etanolului, produs din suc de sorg zaharat, se explică prin costul mai mic al materiei prime și prin faptul că nu este necesară mărunțirea boabelor și transformarea amidonului în glucide.

Eficientizarea în continuare a tehnologiei de producție a alcoolilor monoatomici din suc de sorg zaharat este posibilă prin:

- a) majorarea gradului de stoarcere a sucului din tulpinile plantelor;
- b) valorificarea potențialului produselor secundare, în primul rând al bagasei;
- c) utilizarea hibrizilor de sorg zaharat cu fracția înaltă a glucidelor;
- d) reducerea cheltuielilor de transport.

Tabelul 6.4. Structura costului de producție al etanolului

Denumirea cheltuielilor	Cota cheltuielilor de producție(%)	
	din boabe de porumb	din suc de sorg zaharat
Materia primă	57÷60	46÷60
Servicii de transport	6÷7	14,8÷20
Remunerarea muncii	1,6÷2,1	1,3÷1,8
Consumuri și cheltuieli operaționale (gaz, energie electrică, fermenți etc.)	30÷32	21÷28
Uzura mijloacelor fixe	2,5÷3,2	2,2÷3
Cheltuieli de regie	1÷2	1÷2

**Prepararea amestecurilor combustibile.** Pentru prepararea amestecurilor alcool monoatomic-benzină au fost elaborate procedeul și instalații de dozare continuă a lichidului (Brevet de invenție 765 Y, MD, G 01 F 13/00, G 01 F 15/02) [213]. Cu scopul estimării eficienței acestor invenții și a eficienței de la folosirea ecobenzinelor au fost efectuate calculele respective, folosind în calitate de prototip instalația USB 18/3 (Ucraina) [214].

Rezultatele obținute (tab. A 6.20) demonstrează că prețul de cost al ecobenzinei E20, formată din etanol, produs în baza tehnologiei și mijloacelor tehnice elaborate în prezenta lucrare, benzină Normală 80 cu componență nemodificată, constituie 9,52 ÷ 10 lei/l. Acest cost este cu 9 - 13% mai mic în raport cu costul benzinei Premium 95 (10,97 lei/l ,cost la intrare în țară). Prin urmare înlocuirea benzinei Regular 92 (10,84 lei/l) și Premium 95 cu ecobenzina E20 asigură micșorarea costului cu 0,84 ÷ 1,45 lei/l.

În ultimii 15 ani importul anual al benzinei în RM varia în limita 121 ÷ 220 mii tone (161,3 ÷ 293,3 mii m<sup>3</sup>) [208, 215]. Din cantitatea menționată cota benzinei Regular 92, Premium 95

constituie cel puțin de 80%. Folosind valorile medii (scăderea costului al ecobenzinei  $\Delta C=1,15$  mii lei/m<sup>3</sup>, volumul anual de import  $V_{an}=227,3$  mii m<sup>3</sup>), se remarcă posibilitatea reducerii cheltuielilor anuale cauzate de importul benzinei cu 209,1 mil. lei/an ( $227300 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \cdot 1150 \text{ lei/m}^3$ ) (14,64 mil. \$/an).

Pentru a produce 182 mii m<sup>3</sup> de ecobenzină E20 ( $227300 \text{ m}^3 \cdot 0,8$ ) sunt necesare 36,4 mii m<sup>3</sup> de etanol. La momentul actual, conform datelor existente, capacitățile disponibile în Republica Moldova pot asigura producția acestui volum de etanol.

Etanolul, produs în condițiile autohtone, înlocuiește etanolul importat, care poate costa 0,8 - 1,0 \$/l [216]. În acest caz volumul importului va fi redus cu 29,12 mil. \$/an ( $800 \text{ \$/m}^3 \cdot 36400 \text{ m}^3$ ) sau cu 415,7 mil. lei.

Estimarea efectului economic de la implementarea unei instalații Biomixt pentru prepararea amestecurilor combustibile constituie:

$E_e=(C_v-C_n) \cdot V_a - E_n \cdot K=(9520,2-9519) \cdot 37800 - 0,15 \cdot (138000-342000) \approx 75960$  lei/an, unde  $C_v, C_n$  reprezintă costul de producție al amestecului E20, obținut cu instalația-prototip și, respectiv, cu cea propusă, lei/m<sup>3</sup>;  $V_a$ -volumul anual de producție al amestecului E20 pe o instalație Biomixt, m<sup>3</sup>/an;  $E_n$ - coeficientul normativ de eficiență economică,  $E_n=0,15$  [200];  $K$ -investiții capitale adăugătoare, lei,  $K=C_{ur}^n - C_{ur}^v$  (tab. A 6.20).

Pentru producerea în Republica Moldova a cantității necesare de amestec etanol-benzină E20 (182 mii m<sup>3</sup>/an) sunt necesare 5 instalații Biomixt (tab, A. 6.21). Folosirea acestui număr de instalații va asigura un efect economic egal cu 380 mii lei/an (26,6 mii \$/an).

### 6.3. Concluzii la capitolul 6

Obiectivele principale ale încercărilor în condiții de exploatare au constat în obținerea informației veridice referitoare la parametrii tehnico-economici ai combinei de recoltat sorg zaharat și ai liniei tehnologice pentru stoarcerea sucului de sorg zaharat. În plus s-a studiat influența combustibililor alternativi asupra parametrilor funcționali ai motoarelor cu ardere internă, precum consumul specific și orar, presiunea în cilindri, caracterul uzurii grupului cilindru-piston.

În urma analizei datelor obținute în condiții de exploatare a obiectelor supuse încercărilor au fost formulate următoarele concluzii referitoare la tema cercetărilor realizate în acest capitol:

1. S-a stabilit că mijloacele tehnice elaborate corespund întocmai parametrilor tehnico-economici stabiliți în etapele de concepere, elaborare și proiectare cu privire la recoltarea și procesarea tulpinilor de sorg zaharat, precum și celor referitori la prepararea combustibililor alternativi pe baza alcoolilor monoatomici în amestec cu benzină.

2. S-a confirmat că combina elaborată și fabricată în baza cercetărilor noastre asigură calitatea necesară a tulpinilor fracționate cu productivitatea orară de  $0,59 \div 0,78$  ha (timp de bază). Pentru agregarea combinei este necesar să se folosească tractoare cu puterea motorului  $P \geq 58$  kW. Aceste performanțe se pot realiza doar în cazul cultivării sorgului zaharat conform cerințelor agrotehnice (gradul înăbușirii cu buruieni cu tulpini subțiri – mai mic de 10%, iar gradul de culcare a plantelor de sorg – nu trebuie să depășească 20%).

3. Linia tehnologică 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  $GE = 45 \div 55\%$ . S-a confirmat corectitudinea regimurilor tehnologice stabilite în perioada de cercetare– proiectare (interstițiul pasajului dintre valțuri  $s = 5,5 - 6,5$  mm; turația valțurilor  $n = 11 \text{ min}^{-1}$ ; forța de presare  $P \leq 150 \text{ kN}$ ; umiditatea tulpinilor  $\varphi_{opt} = 75 \dots 85\%$ ; coeficientul de curățire a tulpinilor  $K_{ac} > 0,96$ ).

4. Încercările de exploatare au demonstrat posibilitatea și eficiența utilizării amestecurilor etanol-benzină, butanol-benzină la alimentarea motoarelor cu aprindere prin scânteie. 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. Totodată, pe parcursul încercărilor motoarelor alimentate cu amestecuri E20, s-au constatat dificultăți la pornirea acestora la temperaturi sub  $-10^{\circ}\text{C}$  și s-au semnalat modificări distructive ale unor piese componente. Aceste inconveniente au fost lichidate în procesul încercărilor, prin adaos de fracții ușoare de hidrocarburi (esteri) în combustibil și prin utilizarea inhibitorilor de coroziune în compoziția ecobenzinei.

5. Defectarea unor piese ale motoarelor supuse încercărilor după realizarea resursei de 30 mii km n-a semnalat careva diferențe ale gradului de uzură la piesele motoarelor alimentate cu benzină față de cele de la motoarele alimentate cu combustibilii etanol-benzină și butanol-benzină. Consumul specific de combustibil a constituit: pentru motoarele alimentate cu benzină Premium-95 - 12,4 l/100km; a celor alimentate cu amestecul B20 – 12,3 l/100km și a celor alimentate cu amestec E 20 – 13,15 l/100km.

6. Procesul tehnologic de cultivare și recoltare a sorgului zaharat, întocmit în baza elaborărilor originale din această teză de doctorat și adaptat la condițiile Republicii Moldova, permite producția tulpinilor la un cost de producție de la 180 până la 270 lei/t, funcție de condițiile de cultivare. 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 m<sup>3</sup>/an) sunt necesare 467 mii t de suc de sorg zaharat anual. Pentru procesarea 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. \$.

7. 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, produs în RM și cu 15% mai mic ca cel produs în SUA (0,55÷0,66 \$/l) și este aproximativ egal cu costul etanolului obținut în Brazilia din trestia de zahăr.

8. Elaborările realizate în prezenta teză permit de a produce amestecuri combustibile E20 în baza alcoolilor monoatomici și benzinei Normală 80, care are compoziție nemodificată și cifra octanică redusă. 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 datorită reducerii cheltuielilor pentru procurarea benzinei. 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 teză asigură efectul economic comun calculat cu valoarea pînă **20** mil.\$/an.

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Studiile și cercetările teoretice și experimentale întreprinse de către autor în vederea perfecționării bazei tehnico-științifice de cercetare-dezvoltare și de elaborare a tehnologiei și a mijloacelor tehnice de producere și utilizare a biocombustibililor cu alcooli monoatomici pentru MAS au permis formularea unor concluzii finale care constituie *rezultatele științifice noi pentru soluționarea unei probleme științifice, aplicative, de importanță majoră* referitoare la tema analizată, după cum urmează:

1. S-a realizat o analiză sistemică a stadiului cercetărilor științifice din țară și străinătate privind tendințele tehnologice și tehnice de valorificare a potențialului de biomasă existent în Republica Moldova, s-a demonstrat raționalitatea folosirii sorgului zaharat în calitate de materie primă la producția alcoolilor monoatomici, în special a etanolului și butanolului, în condițiile Republicii Moldova, au fost argumentate tehnologia de cultivare a sorgului zaharat și necesitatea elaborării unui complex de mijloace tehnice necesare atât pentru realizarea tehnologiei respective, cât și pentru procesarea ulterioară a sorgului zaharat pentru obținerea etanolului și butanolului, s-a demonstrat posibilitatea reducerii consumului de combustibili fosili și soluționarea problemelor economice, ecologice și sociale prin valorificarea potențialului energetic al alcoolilor monoatomici [34,35].

2. Au fost argumentate cerințele inițiale pentru executarea mecanizată a operațiilor de recoltare și procesare a sorgului zaharat cu utilizare completă a produselor obținute, s-a demonstrat prin criterii tehnici, sociali și economici necesitatea elaborării, pentru condițiile Republicii Moldova, a unei combine cu productivitatea  $13\div 22$  t/h, agregată de tractor cu puterea motorului  $N \geq 58$  kW, s-au sistematizat aspectele fundamentale și bazele teoretice ale modelului fizic de tăiere, antrenare și deplasare a masei vegetale în vindrover cu organe de lucru rotative luând în considerare interacțiunea acestor organe în dinamică și s-au argumentat teoretic parametrii constructivi ai vindroverului, s-au justificat parametrii combinei și a stației pentru extragerea sucului (10 tone de tulpini pe oră) [136, 201-203, 205], s-a argumentat și propus metoda de stabilire a numărului de mijloace necesare pentru transportarea materiei prime și a sucului de sorg zaharat obținut la stația de procesare [130].

3. S-a conceput, elaborat și patentat metoda de dozare și amestecare în flux a componentelor biocombustibililor lichizi, pentru realizarea căreia au fost elaborate două tipuri de instalații cu comandă automată, care se bazează pe principiul de curgere a lichidului sub presiune printr-un canal de evacuare calibrat [150, 172, 213], s-a demonstrat teoretic și confirmat experimental că transportarea lichidului prin orificii sau prin conducte calibrate posedă un caracter stabil, iar eroarea de dozare a raportului componentelor este minimă ( $\delta < 0,5\%$ ) în cazul când

valorile suprapresiunii  $\Delta p$  sunt mai mari de 0,2 MPa, iar numărul Reynolds  $Re > 10^4$  [128, 151, 159].

4. S-a demonstrat teoretic [34] posibilitatea reducerii pierderilor de căldură la alimentarea motoarelor cu amestecuri din etanol și benzină în comparare cu pierderile rezultate de la arderea benzinei, ce conduce la creșterea randamentului termic al motorului și la micșorarea conținutului de toxice în gazele de eșapament, s-au estimat complex proprietățile fizico-chimice și de exploatare ale combustibililor (benzină, etanol, butanol, amestecuri din alcooli monoatomici cu benzină): distilarea, presiunea de vapori Reid (PVR), cifra octanică, activitatea corozivă, comportarea la temperaturi joase, gume actuale, densitatea și viscozitatea [123-125].

5. Prin încercări de stand s-a demonstrat că, adaosul până la 30% de alcool monoatomic în benzină cu componență nemodificată (cifra octanică redusă, COM 76...78) asigură motorului performanțe identice celor înregistrate la alimentarea MAS cu benzină cu cifra octanică înaltă [156]. Pentru motoare cu diferite grade de comprimare ( $\varepsilon=6,7$  și  $\varepsilon=8,5$ ) sunt stabilite valorile optime ale regimurilor de funcționare, inclusiv fracția alcoolului în ecobenzină - 10 ... 25% vol. Aceste regimuri asigură motoarelor o funcționare stabilă și eficientă, reducând concentrația în gazele de eșapament a oxidului de carbon  $CO$  și hidrocarburilor  $CH$ . S-a constatat că caracteristicile de reglaj ale MAS alimentate cu benzină și celor alimentate cu ecobenzine posedă tendințe identice odată cu schimbarea componenței combustibilului și unghiului de avans la aprindere.

6. S-au obținut ecuațiile de regresie, care descriu adecvat 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 [206], de asemenea, au fost obținute ecuații de regresie cu privire la influența fracției volumetrică a etanolului, sarcinii motorului, turațiilor arborelui cotit asupra puterii MAS și consumului specific de combustibil.

7. În baza încercărilor de exploatare [129], s-a demonstrat că combina elaborată asigură calitatea necesară a tulpinilor fracționate cu productivitatea calculată de  $0,59 \div 0,78$  ha/h (timp de bază), fiind agregată de un tractor cu puterea motorului  $P \geq 58$  kW, 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  $GE = 45 \div 55\%$ .

8. Încercările de exploatare a automobilelor alimentate cu diferiți combustibili au confirmat ipotezele înaintate anterior referitor la posibilitatea și eficiența utilizării ecobenzinelor. S-a demonstrat, că pentru obținerea amestecurilor etanol-benzină, butanol-benzină 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 [34].

**9.** Procesul tehnologic de recoltare-procesare a sorgului zaharat și mijloace tehnice respective sunt implementate la Institutul de Tehnică Agricolă „Mecagro”, Institutul Științifico-Practic de Biotehnologii în Medicină Veterinară și Zootehnie. Procesul tehnologic de producere a amestecurilor combustibile E20, prescripțiile tehnice și standardul de firmă „Amestecuri combustibile etanol-benzină pentru MAS. Ecobenzine” sunt implementate la ITA “Mecagro” și SRL „Garma-Grup” (s. Fârladeni, r. Hâncești).

**10.** Estimările tehnico-economice ale elaborărilor realizate în teza de doctorat au arătat că implementarea liniei tehnologice propuse va asigura un efect economic 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 m<sup>3</sup>/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 cca. **6 mil. \$**. 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. 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 în prezenta teză asigură efectul economic comun calculat cu valoarea pînă la **20 mil. \$/an**.

**11.** Rezultatele cercetărilor au fost folosite la fondarea bazei integrale pentru soluționarea complexă a problemelor ce țin de studii marketing-cercetare-proiectare-implementare în Republica Moldova. Drept urmare sunt formulate recomandări 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 MAS alimentate cu ecobenzine. Sunt elaborate prescripții tehnice PT MD 75-03001224-031:2007, 3 standarde de firmă SF 03001224-031; 2012 „Amestecuri combustibile etanol-benzină pentru motoare cu aprindere prin scânteie. Ecobenzine”, SF 65-03001224-034:2008 „Combina de recoltat sorg zaharat”, SF 65-03001224-035:2008 „Presă cu tăvălugi”, obținute **21** brevete de invenții.

**Avantajele și valoarea elaborărilor** din prezenta teză de doctorat se evidențiază de cele existente prin:

1. Soluțiile tehnice originale, argumentate științific și confirmate prin încercări de laborator și de exploatare a combinei de recoltat, a liniei tehnologice de procesat sorg zaharat și a instalațiilor de preparare a biocombustibililor lichizi;

2. Tehnologiile și mijloacele tehnice de producere și utilizare a biocombustibililor cu alcoolii monoatomici (combina de recoltat sorg zaharat, linia tehnologică de stoarcere mecanică a sucului din tulpini de sorg zaharat, instalații de dozare-amestecare a componentelor biocombustibililor lichizi) cu caracteristici funcționale superioare și pretate la condițiile de exploatare specifice Republicii Moldova;

3. Recomandările privind exploatarea mijloacelor tehnice elaborate și utilizarea amestecurilor combustibile etanol-benzină, butanol-benzină la alimentarea MAS (sunt elaborate și aprobate îndrumare de exploatare a combinei, preseii, instalațiilor de dozare-amestecare și prescripțiile tehnice PT MD 75-03001224-031:2007, 3 standarde de firmă SF 03001224-031: 2012 „Amestecuri combustibile etanol-benzină pentru motoare cu aprindere prin scânteie. Ecobenzine,” SF 65-03001224-034:2008 „Combina de recoltat sorg zaharat”, SF 65-03001224-035:2008 „Presă cu tăvălugi”);

4. Metode de studiere experimentală a proprietăților tulpinilor sub acțiunea forțelor de comprimare, agresivității corosive a combustibililor, inclusiv a alcoolilor monoatomici, asupra diferitor elemente constructive ale motorului;

5. Folosirea rezultatelor obținute în realizarea procesului de pregătire și perfecționare a cadrelor în domeniile Ingineriei agrare și Producția și utilizarea energiei din biomasă;

6. Baza de date pentru proiectarea, fabricarea și exploatarea combinei de recoltat și a utilajelor tehnologice de procesare a sorgului zaharat , de deshidratare a alcoolilor monoatomici, de preparare a amestecurilor combustibile.

**Impactul rezultatelor obținute în dezvoltarea științei și economiei naționale** este asigurat de:

- ✓ Obținerea de cunoștințe noi referitoare la valorificarea potențialului de biomasă existent în Republica Moldova prin folosirea acestui potențial pentru obținerea biocombustibililor lichizi cu alcoolii monoatomici;
- ✓ Perfecționarea metodelor și instalațiilor de estimare a proprietăților fizico-mecanice ale tulpinilor plantelor energetice și a proprietăților fizico-chimice, de exploatare ale biocombustibililor;
- ✓ Stabilirea condițiilor optime de combustie a amestecurilor formate din alcoolii monoatomici și benzină (conținutul de alcool ,sarcina motorului, temperatura camerei de

ardere), care asigură randament sporit al motorului și reducerea concentrației substanțelor toxice în gazele de eșapament;

- ✓ Utilizarea rezultatelor din prezenta teză în procese de instruire a studenților, masteranzilor, doctoranzilor și producătorilor din sectorul agroalimentar în domeniile ingineriei agrare, bioenergeticii și celor adiacente;
- ✓ Folosirea rezultatelor obținute în elaborarea documentelor normative, care reglementează producția amestecurilor combustibile alcool monoatomic-benzină.

**Problema științifică importantă soluționată** în teza de doctorat se referă la studierea tehnico-științifică a proceselor de obținere și valorificare a potențialului de biomasă disponibil în Republica Moldova în scopuri energetice prin elaborarea tehnologiei și mijloacelor tehnice pentru recoltarea - procesarea sorgului zaharat și utilizarea alcoolilor monoatomici (etanolului și butanolului) în amestec cu benzină în calitate de combustibil a MAS.

#### **Sugestii privind cercetările de perspectivă**

Rezultatele obținute până în prezent în domeniul biocarburanților lichizi din cadrul acestei lucrări permit dezvoltarea unor noi direcții de cercetare precum:

1. Investigarea altor surse de materie primă, disponibilă în Republica Moldova, pentru obținerea biocombustibililor lichizi, cum sunt potențialul energetic disponibil, parametrii de dezvoltare a culturii, capacitatea energetică, proprietățile fizico-mecanice etc.;
2. Cercetarea biocarburanților obținuți din sursele de biomasă identificate și argumentarea folosirii acestora pentru obținerea biocombustibililor lichizi;
3. Determinarea proprietăților fizico-chimice ale constituenților combustibililor noi, elaborarea rețetelor de amestecuri alcool monoatomici- benzină;
4. Realizarea unui ciclu de cercetări cu scopul extinderii domeniilor de utilizare a metodelor și mijloacelor tehnice elaborate în prezenta teză de doctorat prin universalizarea acestora și prin sporirea fiabilității și disponibilității acestor mijloace;
5. Identificarea bunei practici de organizare interdisciplinară a ofertelor de inovare promovate în Uniunea Europeană și corelate cu cele existente la noi în țară cu privire la asigurarea calității biocombustibililor lichizi;
6. Determinarea influenței combustibililor noi asupra caracteristicilor de exploatare a motoarelor alimentate cu acest tip de combustibil și a impactului asupra mediului înconjurător.

## BIBLIOGRAFIE

1. “World Consumption of Primary Energy Type and Selected Country Groups, (XLS). Energy Information Administration, U.S. Department of Energy. [http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table 18.xls](http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table%2018.xls). Retrieved o 2007-01-20. (citat 20.09.2015).
2. U.S. Census Bureau – World POP Clock Projection. <http://www.census.gov/popclock/>(citat 20.09.2015).
3. World population prospects: the 2004 revision population database. [http://www.un.org/esa/population/publications/WPP2004/2004Highlights\\_finalrevised.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/WPP2004/2004Highlights_finalrevised.pdf)
4. The World at un.org. <http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2008/2008wpds.aspx>
5. Population Growth over Human History. [http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/human\\_pop/human\\_pop.html](http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/human_pop/human_pop.html).
6. Geo H. The population of continents, regions and countries (Jul. 1, 2008). <http://www.geohive.com/>
7. World Population Prospects: The 2008 Revision Population Database. [http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2008/wpp2008\\_highlights.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2008/wpp2008_highlights.pdf)
8. World Population Clock – Worldometers. <http://www.census.gov/population/international/data/idb/informationGateway.php>
9. Fisher J.C. Energy Crisis in Perspective. New York: John Wiley & Sons, 1974. 145 p.
10. Hafele W. Energy in a Finite World: A Global Systems Analysis, Ballinger. Cambridge: MA, USA, 1981.137 p.
11. “International Energy Outlook 2007”. United States Department of Energy - Washington, DC. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>. Retrieved on 2007-06-06.
12. “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.
13. “World Energy Intensity: Total Primary Energy Consumption per Dollar of Gross Domestic Product using Purchasing Power Parities, 1980-2004” (XLS). Energy Information Administration, U.S. Department of Energy. August 23 2006. [http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table 1p.xls](http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table%201p.xls). Retrieved on 2007 -04-03.

14. Иванов А.С. Глобальная энергетическая безопасность - проблема всего мирового сообщества. В: Мировая экономика. Российский внешнеэкономический вестник, Москва, нр. 9, 2007, с. 59-70.
15. Balanțaenergetică aRepubliciiMoldova. <http://www.statistica.md/pageview.php?l=ro&idc=263&id=2197> (citat 01.08.2015).
16. Медведев Л. Энергетика в экономике Республики Молдова. Кишинэу, 2007. 252 с.
17. Кудряшева А. А., Дука Г., Маковейчук Г. Е., Билык С. А., Порубин Д. Энергетические ресурсы человечества. In: Akademos, 2011, Nr. 3 (22). p. 49÷54 ISSN 1857-0461.
18. Direction general for Energy (DG XVIII). Energy in Europe. European Energy to 2020. A scenario approach. Special ISSUE- Spring 1996. 35 p.
19. European Commission EUR 22399 – Renewable Energy Technologies – Long Term Research in the 6 Framework Program 2002-2006. Luxemburg, 2007. 160 p.
20. Biofuels in the European Union. A vision for 2030 and beyond. Final report of the Biofuels Research Advisory Council. Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems 2006,43p.
21. Livre vert sur la sécurité de l’approvisionnement en énergie. Document technique, Commission Européenne, 2005. 45p.
22. Rezoluția Parlamentului European asupra strategiei privind biomasa și combustibili regenerabili. În: Jurnalul Oficial al UE nr.C 317E din 23.12.2006, p.890-897.
23. Todos P., Sobor I., Ungureanu D. și al. Energia regenerabilă: studiu de fezabilitate. Chișinău, 2002. 158 p.
24. BP Statistical Review of World Energy, Iune 2013.
25. Directiva 2003/30/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 8 mai 2003 de promovare a utilizării biocombustibililor și altor combustibili regenerabili pentru transport.În: Jurnalul Oficial al UE nr. L 123 din 17.05.2003, p.42-46.
26. Clearing the air on ethanol. Environmental Science & Technology. 2007-04-18. [http://pubs.asc.org/subscribe/journals/esthag-w/2007/apr/science/ee\\_ethanol.html](http://pubs.asc.org/subscribe/journals/esthag-w/2007/apr/science/ee_ethanol.html) Retrieved on 2008-01-04.
27. Mark Z. Jacobson (2007-03-14). Effects of Ethanol (E85) versus Gasoline Vehicles on Cancer and Mortality in the United States. ACS Publications. <http://pubs.asc.org/cgi-bin/sample.cgi/esthag/asap/html/es062085v.html> Retrieved on 2008-01-04.
28. Etheridge D.M., Steele L.P., Langenfelds R.L. & Francey R.J. Historical CO<sub>2</sub> record from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. CarbonDioxideInformationAnalysisCenter, Oak Ridge National



- Laboratory U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn.U.S.A. (1998) [<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html>].
29. 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.
  30. Долинский А.А. и др. Киотский протокол, климат и декарбонизация. В: Материалы международной конференции „Энергия из биомассы”, Киев. 2004.с.209-211.
  31. 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.
  32. 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.
  33. Arion V. și alții. Biomasa și utilizarea ei în scopuri energetice. Chișinău, 2008. 268p.
  34. Hăbășescu I., Cerempei V. și alții. Energie din biomasă: tehnologii și mijloace tehnice, Chișinău: Bons Offices, 2009.368 p.
  35. Hăbășescu I., Cerempei V. Potențialul energetic al masei vegetale din agricultura Republicii Moldova. In: Materialele conferinței internaționale “Energetica Moldovei-2012”.Chișinău, 2012. p.355-360.
  36. Гаврланд Б. Биомасса для энергетического использования. Chișinău, 2008. 155с.
  37. Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е., Перспективные топлива для автомобилей. Москва: Транспорт, 1979.152с.
  38. Сайдахмедов С.И. Этанол как октаноповышающая добавка к бензинам. В: Узб. Химич журнал, 2005, Nr. 3, с.48÷51.
  39. Лебедев О.В., Мусурманов Р.К., Шарипов К.А. Некоторые аспекты использования биоэтанола в качестве добавок к нефтяным топливам. В: Узб. Химич журнал, 2005, Nr. 3, с.31÷36.
  40. Макаров В.В. и др. Спирты как добавки к бензинам. В.: Автомобильная промышленность. 2005, №8.
  41. 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.
  42. Lii Xingcai, Hou Yuchun, Zu Linlin, Huang Zben. Experimental study on the autoignition and combustion characteristics in the homogeneous charge compression ignition (HCCI) combustion operation with ethanol/n-heptane blend fuels by port injection. In: J. Fuel, 2006, 85, Nr. 17-18. p.2622÷2631.

43. 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.
44. 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.
45. Schaffrath M. Alternativkraftstoff and nenartige Autriebssystem fur Kraftfahrzeuge. In: MTZ, 1975, V. 36, N6, p.181-186.
46. Schaffrath M. Nichtkonventionellt Energies system. In: MTZ, 1974, V.35, N10, p. 325-332.
47. Manea Gh., Georgescu M. Metanolul–combustibil neconvențional. București: Tehnica, 1992. 84 p.
48. Смаль Ф. В., Арсенов Е.Е. Составы продуктов сгорания перспективных автомобильных топлив. В: Сборник “Защита воздушного бассейна от загрязнения токсичными выбросами транспортных средств”, Т.2. Харьков, изд. НПИМ АН УССР, 1977, с. 299-312.
49. SchmitzN., HenkeI. BioethanolalsKraftstoff. In: J. Fortschr. Landwirtschaft. 2007, Nr.5. p.64÷65.
50. Triebhausgasrelevanz von Biokraftstoffen: Europäische Well-to-Wheels-Studie aktualisiert Erdol-Erdgas-Kohle. 2006, v. 122, Nr.4. 114 p.
51. Butanol. <http://www.bpdupontbiofuels.com>.
52. BP und Du Pont suchen neue Biokraft stoffe. Erdol-Erdgas-Kohle, 2006. v. 122, Nr.10. p. 322.
53. World Watch Institute, German Agency for Technical Cooperation (GTZ). Biofuels for transportation-Global potential and implications for sustainable agriculture and energy in the 21st century. 2006, june.
54. Gheorghisor M. Carburanți, lubrifianți și materiale auto speciale. București: Paralela, 2003. 323 p.
55. Kim S., Dale B.E. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. In: J. Biomass and Bioenergy. 2004, 26, Nr. 4. P. 361÷375.
56. Alternative Fuels. Bioethanol <http://www.doe.gov.ph/AF/Bioethanol.html>.
57. Maiorella B.I. Ethanol. In: Collection “Comprehensive Biotechnology”, Editor Moo-Young M., Pergamon Press. v.3, 1985. p. 861-914.
58. GoldembergI., Teixeira C., Mario N., Lucon O. Ethanol learning curve-the Brazilian experience. In: J. Biomass and Bioenergy. 2004, 26, Nr. 3. p. 301÷304.
59. Bioethanol: Production and Use. [http://www.erec.org/fileadmin/erec\\_docs/Project Documents/REST MAC/Brochure5Bioethanol lows.pdf](http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Project Documents/REST MAC/Brochure5Bioethanol lows.pdf).

60. Turon M. Ethanol as Fuel: An Environmental and Economic Analysis, U.C. Berkley, Chemical Engineering. 1998. p. 325÷343.
61. Bioethanol, <http://www.ecomagazin.ro/info/bioetanol/>.
62. Brusstar M., Bakenhus M. Economical, High-Efficiency Engine Technologies for Alcohol Fuels. (PDF). U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/otaq/presentations/epa-fev-isaf-no55.pdf>. Retrieved on 2008-01-14.
63. Brochure 5 Bioethanol low Bioethanol Production and Use. Creating Markets for Renewable Energy Technologies EU, RES Technology Marketing Campaign, European Biomass Industry Association EUBIA 4/2007. 12 p.
64. Ethanol Facts: Engine Performance. <http://www.ethanolrfa.org/resource/facts/engine/>. Retrieved on 2008-01-14.
65. Ford U.K. Projects across Europe: The Swedish example. Ford Motor Company. [http://www.ford.co.uk/ns7/environment/ environment/env\\_euro\\_projects/-/-/-/](http://www.ford.co.uk/ns7/environment/ environment/env_euro_projects/-/-/-/). Retrieved on 2008-01-14.
66. Biofuels: The Promise and the Risks, in World Development Report 2008 (PDF). The World Bank. 2008. pp. 70-71. [http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/ Resources/2795087-1192112387976/WDR08\\_05\\_Focus\\_B.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/ Resources/2795087-1192112387976/WDR08_05_Focus_B.pdf). Retrieved on 2008-01-14.
67. Zervos A., Lios CH., Schrafer O. Tomorrow's world. In: Renewable energy world. 2005, v.7, n.4.
68. Racos Ch. Hotting up. In: Renewable energy world. 2005, v.7, n.4.
69. Bioethanol: <http://www.eubia.org>.
70. Eric K. (August 2008), FFVs flourish in Sweden. Ethanol Producer Magazine. [http://www.ethanolproducer.com/article.jsp?article\\_id=4463](http://www.ethanolproducer.com/article.jsp?article_id=4463). Retrieved on 2008-08-22.
71. Михненко Е., Олийничук С. Биоэтанол: Современное состояние и прогрессивные технологии. В: МатериалыМеждународнойконференции «Энергияизбиомассы». Киев. 2004.с. 251-252.
72. Карпов С. А., Сайдахмедов С. И., Пыханов М. А. Развитие технологии производства этанола в качестве альтернативного источника топлива из целлюлозного сырья. В: Ж. Нефтеперераб. инефтехимия. 2007, №. 4. с. 33÷38.
73. Пастернак Е. Биоэтанол – обсуждение продолжается. In: Chem. J. 2007, №.6. p.36÷38.
74. Carbon and Sustainability Reporting Within the Renewable Transport Fuel Obligation. Bioethanol Production and Use Creating Markets for Renewable energy Technologies EU, RES Technology Marketing Campaign, European Biomass Industry Association EUBIA. 2007.

75. Muguel B., Daniel S., David M., Mariano S. A guide to non-petroleum transportation liquid fuels: status, technology, economics, policies. A comparative analysis of biofuels, Gas-to-liquids and coal-to-liquids. Brussels: EnergyCharterSecretariat.2007. 79 p.
76. Морару Г. А.Перспективы использования сахарного сорго для обеспечения жизнедеятельности человека. În: Agricultura Moldovei, nr. 1, 2000. p.16-19.
77. Исаков И., Сорго. Москва: Россельхозиздат. 1975.190 с.
78. Goian M. și alții. Sorgul zaharat. Timișoara: USAB. 1991. 178 p.
79. Cultura sorgului zaharat și industrializarea lui totală. Perspective pentru dezvoltarea durabilă a agriculturii românești. Coordonator dr. ing. Ioan Antohe. București: Chiminform Data, 2006. 302 p. ISBN 973-88183-1-1; 978-973-88183-1-6.
80. Liebhard P. Zuckerhirse ein nachwachsender Rostoff für die Bioalkoholerzeugung (Sommelreferat). Die Bodenkultur, 1988, Band 39, Heft 1. s.15...37.
81. Belum V.S. Reddy; A Ashok Kumar and S Ramesh. Sweet sorghum: A Water Saving Bioenergy Crop (PDF). International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics. <http://iwmi.cgiar.org/EWMA/files/papers/Paper%20for%20Bioenergy%20and%20water-BelumReddy.pdf>. Retrieved on 2008-01-14.
82. ICRISAT develops sweet sorghum for ethanol production <http://www.icrisat.org/Media/2004/media13.htm>. Retrieved on 2008-01-14.
83. Ethanol Production Plant, fuel Stock E 85, Cellulosic Corn Ethanol, Prices. <http://www.oilgae.com/energy/sou/ae/re/be/alc/eth/eth.html>. Retrieved on 2008-01-14.
84. Куркаев В.Т., Ерошкина С.М., Пономарев А.А., Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии растений, Москва: Колос, 1977 . 240 с.
85. Мельников С. В. *Механизация и автоматизация животноводческих ферм*, Ленинград: Колос, 1978. 560с.
86. Резник Н.Е., Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов, М.:Машиностроение, 1975-340 с
87. Кукуруза на корм. / Пер. с англ. Е. Н. ФОЛЬКМАН – Москва: Колос, 1983. 343 с.
88. *Справочник конструктора сельскохозяйственных машин*. Под ред. М. И. Клецкина, Т. З. Москва: Машиностроение, 1986 .743 с.
89. Giuliano G., Pietro Moncada P.C., Henri Zibetta., Promising industrial energy crop: Sweet Sorghum, Commission of the European Communities, 1992. 73p.
90. Сапронов А.Р. Технология сахара. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 292с.
91. Smith et alt. Evolution of Sweet Sorghum for fermentable Sugar production Potential. In: Crop Science, 1987, vol. 27, nr. 4, pp. 788-790.

92. Дозаторы. Классификация.- <http://sentik.ru/blog/2009-01-06-39>.
93. Унифицированные пневматические системы автоматизированного порционного и непрерывного дозирования для жидких продуктов различной вязкости.- <http://akvus.ru/dozator.htm>.
94. Весовые дозаторы жидкости производства ЗАО "Веда".- <http://tenzoveda.ru/dozatori-jidkosti/>.
95. Истечение жидкости из отверстий, насадков и из-под затворов.-<http://gidravli.narod.ru/istechenie.html>.
96. Истечение жидкости из отверстий и насадков.-<http://abc.vvsu.ru/Books/gidravliup/page0008.asp>.
97. Гельперин Н.И.Основные процессы и аппараты химической технологии.Москва: Химия,1981.368с.
98. Трубочные и шланговые насосы Ватсон-Марлоу.- <http://www.watson-marlow.ru/>.
99. Перистальтические насосы серии DSC.-<http://www.vipt.ru/p39/t90/index.html>.
100. Конструкция и принцип работы перистальтического насоса ELRO.-<http://www.google.ru/imgres?imgurl=http://www.1nasos.ru/images/>.
101. Представление о дозирующих насосах.- [http://www.chemport.ru/chemical\\_encyclopedia\\_article\\_1210.htm](http://www.chemport.ru/chemical_encyclopedia_article_1210.htm).
102. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры.Москва: Энергоатомиздат, 1983.277с.
103. Горшков А. М.,Насосы. Москва: Государственное Энергетическое Издательство, 1947, 388с.
104. Роторные насосы — устройство, классификация, типы и принцип работы.- <http://www.impel.com.ua/articles/rotornasos.shtml>.
105. Поршневой насос.- <http://www.google.ru/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/>.
106. Поршневые дозировочные насосы.- [http://www.mediana-filter.ru/vodopodgotovka\\_dosing.html](http://www.mediana-filter.ru/vodopodgotovka_dosing.html).
107. Использование насосов Hydra Cell в качестве насосов-дозаторов.- <http://pumpunion.ru/examples/?example-hydra-cell-doza>.
108. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. Основные параметры и их расчет. Москва: Машиностроение,1964. 274 с.
109. Якубчик П.П.Насосы и насосные станции/Учебное пособие. Санкт-Петербург, ПГУПС, 1997. 424 с.

110. Механика жидкости - поток через трубку Вентури.- <http://iamechatronics.com/notes /78-lessons-in-instrumentation/401-fluid-mechanics-flow-through-a-venturi-tube>.
111. Струйные насосы-дозаторы (эжекторы) химреагентов.-<http://www.ejector.ru /3034r.Shtml>.
112. Эжектор.- <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%B6%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80>.
113. Егорушкин В. Е., Цеплович Б. И. Основы гидравлики и теплотехники. Москва: Машиностроение, 1981. 445с.
114. Расчет эжекторов.- <http://nasosinfo.ru/node/28>.
115. Асламазов Л.Г., Закон Бернулли/Квант, №5, 1984.с. 30÷38.
116. Установка смесевых бензинов УСБ 18 (60).- <http://www.marketeo.pl/>.
117. Лямаев Б. Ф., Гидроструйные насосы и установки. Ленинград: Машиностроение, 1988.356 с.
118. Соколов Е.Я., Зингер Н.М., Струйные аппараты. Москва: Энергоатомиздат, 1989. 387 с.
119. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф., Кавитация. Москва: Мир, 1974.425с.
120. [Производство смесевых бензинов.-http://www.ukrbudmash.com.ua/](http://www.ukrbudmash.com.ua/).
121. Струйные компрессоры.- <http://www.g-mar.ru/Statyi6.htm>.
122. Струйные насосы.- <http://xn 7sbeckfbano8c3ak8mb.xn--p1ai/viewtopic.php?f=2 6&t =26>.
123. Povar I., Cerempei V., Pintilie B. Physicochemical properties of the Gasoline and Alcohol Biofuel mixtures. In: Chemistry journal of Molodova, v.6 (2). p. 48÷52.
124. Cerempei V. Phase stability of monoatomic alcohol-gasoline mixtures for different compositions and hidrodynamic conditions. In: Chemistry Journal of Moldova. 2011, Nr. 6 (1). pp.73 - 76.
125. Cerempei V. Study concerning the corrosive activity properties of monoatomic alcohol-gasoline blends. In: Chemistry Journal of Moldova. 2011, Nr. 6 (2). pp. 36 - 45.
126. Климовский Д., Стабников В. Технология спирта. Москва: Пищепромиздат, 1965. 386с.
127. Andrew H. New Approach to Molecular Configuration Applied to Aqueous Pore Transport.In:The Journal of General Physiology, Nr. 50, 1967. p.252 ... 257.
128. Hăbășescu I., Cerempei V., Molotcov Iu., Ruschi D. Argumentarea parametrilor instalației pentru prepararea amestecurilor combustibile. In: Materiale Conferinței Internaționale „Energetica Moldovei – 2012”, Chișinău, 2012. pp.343 ... 350.

129. Хэбэшеску И.Ф., Черемпей В.А., Райков В.Л. Испытания комбайнов для уборки грубостебельных культур. In: Materiale Conferinței Științifico-Practice Internaționale. Chișinău, UASM, 2011. pp.137 ... 143.
130. Hăbășescu I., Cerempei V., Balaban N., Molotcov Iu., Raicov V. Contributions to the Research, Production and Utilization of Liquid Biofuels in the Republic of Moldova. In: Proceedings of the 5th UEAA General Assembly and the Associated Workshop „Renewable Energy Resources, Production and Technologies”, Riga, Latvia, 28÷31.05.2008. pp. 103 ... 109.
131. Особов В.И. Васильев Г. К. Сеноуборочные машины и комплексы. Москва:Машиностроение, 1983. 304с.
132. Клепин Н.И. Сакун В.А. *Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.* Москва:Колос, 1980. 671 с .
133. Фомин В.И.*Исследование бесподпорного среза трав.-* Труды ВИСХОМ, 1962, вып. 39. с. 38...51.
134. Резник Н.Е.*Силосоуборочные комбайны.* Москва: Машиностроение, 1964.245с.
135. Райков В. Расчет режущих и ориентирующих механизмов роторной жатки. In: Culegere „Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultură”. Chișinău: ITA „Mecagro”. 2011. pp.146 ... 60.
136. Brevet de invenție. 395, MD, F04B 13/02(2006.01); B01F 15/04(2006.01); F02M 37/04.Secerătoare pentru recoltarea culturilor cu tulpini groase / Ion Hăbășescu, Valerian Cerempei, Nicolae Balaban, Victor Raicov. Cerere depusă 2011.05.18,BOPI nr 3/2012.
137. Шепель Н.А. Сорго. Волгоград: Комитет по печати, 1994. 448с.
138. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств, Под ред. А.Я.Соколова. Москва: Машиностроение, 1969.640 с.
139. В.Н. Стабников, Процессы и аппараты пищевых производств. Москва: Пищевая промышленность, 1976. 664 с.
140. Шатилов К.В. и др., *Кукурузоуборочные машины.* Москва: Машиностроение, 1981 .224 с.
141. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Москва: Металлургия, 1969.277 с.
142. Целиков А.И. Теория расчета усилий в прокатных станах. Москва: Металлургия, 1962. 289 с.
143. Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. Москва: Колос, 1994. 170с.
144. Липатов Н.Н., Процессы и аппараты пищевых производств.Москва: Экономика, 1987.

145. Истечение жидкости из отверстий и насадков.-<http://abc.vvsu.ru/Books/gidravlu/page0008.asp>.
146. Сиов Б.Н. Истечение жидкости через насадки. Москва: Машиностроение, 1968. 275с.
147. Истечение через малые отверстия в тонкой стенке при постоянном напоре.-  
<http://gidravli.narod.ru/istechenie.html>.
148. Бэтчелор Дж., Введение в динамику жидкости/ Пер. с англ. Москва: Мир.1973.
149. Ртищева А. С., Теоретические основы гидравлики и теплотехники.- Ульяновск,2007.
150. Brevet de invenție 363 Y, MD, F 04 B 13/02, B 01 F 15/04, F 02 M 37/04. Dispozitiv pentru dozarea și amestecarea lichidelor / Ion Hăbășescu, Valerian Cerempei, Iurii Molotcov (MD). Cererea depusă 21.10.2010, BOPI nr 4/2011.
151. Hăbășescu I., Cerempei V., Molotcov Iu. Tehnologii și utilaje pentru deshidratarea etanolului, dozarea și amestecarea componentelor biocombustibilului. În: Energie din biomasă: tehnologii și mijloace tehnice. Chișinău: Institut de Tehnică Agricolă „Mecagro”, 2009, p. 154 -168.
152. Киселев П.Г. и др. Справочник по гидравлическим расчетам/Учебное пособие. Москва: Энергия, 1972. 454с.
153. Вильнер Я.М., Ковалев Я.Т., Некрасов Б.Б. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Минск:Вышэйшая школа, 1976. 368с.
154. Френкель Н.З., Гидравлика/ Учебник для ВУЗов. Москва - Ленинград: Госэнергиздат, 1956.345с.
155. Идельчик И. Е., Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. Штейнберга М. О., 3-е изд.Москва: Машиностроение, 1992. 375с.
156. Hăbășescu I., Cerempei V., Esir M., Novorojdin D., Indicii de performanță ai motorului cu aprindere prin scântei, alimentat cu amestec etanol-benzină. În: Materiale conferinței internaționale “Energetica Moldovei-2005”, Chișinău, 2005, pp.672 ..683.
157. Спиртовые топлива.-<http://autom.boom.ru/>.
158. Альтернативные топлива.-<http://www.xumuk.ru/>.
159. Хэбэшеску И.Ф., Черемпей В.А., Молотков Ю.А. и др. Исследование конструктивных параметров установки для приготовления топливных смесей. În: Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultura. Chișinău, 2008. pp. 91 .. 100.
160. Михайлин А.А., Лепешкин А.В. Гидравлические и пневматические системы/ 5-е изд. стереотип. Москва: Академия, 2008. 283с.
161. Теплотехнический справочник. Том 2.: Под ред. Юренева В.Н., Лебедева П.Д.Москва: Энергия, 1976. 375 с.



162. Синицын Б. Н., Ерохин А. С. Дозаторы непрерывного действия - средства автоматизации процессов дозирования. Обзорная информация. Москва: МДНТИ, 1982. 38с.
163. Видинеев Ю. Д., Автоматическое непрерывное дозирование жидкостей. Библиотека по автоматике. Вып. 266. Москва: Энергия, 1967. 77с.
164. Безменов В. С., Ефремов В. А., Руднев В. В., Автоматизация процессов дозирования жидкостей в условиях малых производств. Москва: 2010. 69с.
165. Безменов В.С., [Пневматические системы автоматизированного дозирования жидкостей](#). Принципы и методы построения.- LAP Lambert Academic Publishing. Book language: Russian, 2011.
166. Физические свойства воздуха. Википедия.- <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85>.
167. Закон Генри- Дальтона. Википедия. -<http://ru.wikipedia.org/wiki/%BD%D0%B0>.
168. Растворимость некоторых газов в воде при нормальных условиях.- <http://www.chemport.ru/data/data15.shtml>.
169. Растворимость воздуха в воде. Деаэрация. Закон Генри. Коэффициенты Генри для воздуха <http://www.dpva.info/Guide/GuideMedias/GuideAir/AirSolubilityIn Water/>.
170. Закон Бойля-Мариотта.-<http://elementy.ru/trefil/15>.
171. Ратбиль Е. Э., Закон Бойля-Мариотта. Москва: Дрофа, 2010. 159с.
172. Brevet de invenție. 411 Z, MD, G01F 11/00, G01F 11/02; G01F 13/00; F17D 3/01. Instalație de dozare continuă a lichidului (variante). Ion Hăbășescu, Valerian Cerempei, Iurii Molotcov, cerere depusă 21.10.2010, BOPI nr.8/2011.
173. 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.
174. Troy A. Semelsberger, Rodney L. Borup Fuel effects on start-up energy and efficiency for automotive Pem fuel cell systems. In: Int. Journal of Hydrogen Energy, 2005, Nr 30, pp.425...435.
175. Theophilos I. Thermodynamic analysis of ethanol processors for fuel cell applications. In: Journal of Power Sources, 2001, nr 92, pp.17...25.
176. Douvartzides S.I., Coutelieres F.A., Demin A.K., Tsiakaras P.E. Fuel Options for Solid Oxide Fuel Cells: a Thermodynamic analysis. In: AICHE Journal. 2003, Nr 1, vol 49, p.248...247.
177. Jose C., Miguel L., Norma A. Thermodynamic analysis of hidrogen production from ethanol using CaO as a CO<sub>2</sub> sorbent. In: Journal of power sources, 2004, nr 138, p.61...67.

178. Benito M., Sanz I., Isabel R., Padilla R., Arjono R., Daza L. Bio-ethanol steam reforming: Insights on the mechanism for hydrogen production. In: Journal of power Sources, 2005, Nr 151, pp.11...17.
179. Povar I., Cerempei V., Lupașcu T., Țimbaliuc N., Pintilie B., Spinu O., Hăbășescu I., Molotcov Iu., Chirău I., Ruschi D. Development of the optimal compositions of biofuel mixtures by physicochemical modeling. In: Renewable Wood and Plant Resources: Chemistry, Technology, Pharmacology, Medicine. Book of Abstracts Int. conf. Sankt-Petersburg, 2011, p.170.
180. Povar I., Cerempei V., Lupașcu T., Țimbaliuc N., Pintilie B., Spinu O., Hăbășescu I., Molotcov Iu., Chirău I., Ruschi D. Physico-chemical model for assessing biofuel mixture proprieties. In: Energy and Climate Change. Book of Abstracts 4th Promiteas International Scientific Conference. 2011, Athens, Greece. p. 97.
181. Povar I., Lupașcu T., Cerempei V., Țimbaliuc N., Pintilie B., Spinu O., Hăbășescu I. Physico-chemical approach for evaluating biofuel blend properties. In: The environment and industry. Book of Abstracts the International Symposium: Bucharest, 2011. p. 99-100.
182. Черепица С.В. и др. Методика газохроматографического анализа автомобильных бензинов. В.: Химия и технология топлив и масел. 2001, №4, с.44-48.
183. Вырубов Д.Н., Иващенко Н.А., Ивин В.В. и др.: Двигатели внутреннего сгорания: под ред. Орлина А.С., Круглова Н.Г.. Москва: Машиностроение.1983, 372с.
184. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей.Москва: Высшая школа, 1980. 400 с.
185. Ленин И.М., Попык К.Г., Малашкин О.М. и др. Автомобильные и тракторные двигатели: под ред. Ленина И.М.. Москва: Высшая школа , 1969. 656 с.
186. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания.Москва: Машиностроение, 1973. 200с.
187. Лышко Г.П и др. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. Кишинев, ГАУМ, 1997.486с.
188. Архангельский В.М., Воинов А.Н., Степанов Ю.А. и др.Автомобильные двигатели: под ред. Ховаха Н.С. Москва: Машиностроение, 1977. 591с.
189. 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.
190. Apostolache N., Sfințeanu D. Automobilul cu combustibili neconvenționali. București: Tehnica, 1989, 125 p.

191. Borta V.M., Segal B. Alcoolul etilic, carburant. București: Tehnica, 1988, 156 p.
192. Anghelache Ioan. Benzina auto din petrol și din surse nepetroliere. București: Tehnică, 1986, 97p.
193. Ebert Jessica, Biobutanol: the next big biofuel. [www.bioethanol.ru](http://www.bioethanol.ru)
194. Глинка Н.Л. Общая химия. Ленинград: Химия, 1976, 684 с.
195. Устюхин Г.А. *Характеристики поршневых двигателей внутреннего сгорания и их анализ*. Методические указания. Кишинев: КСХИ, 1984, 46с.
196. Справочник типовых норм выполнения сельскохозяйственных работ. Chișinău: Cartea moldovenească, 1988. 143p.
197. Технологические карты по возделыванию полевых культур. Chișinău: Cartea moldovenească, 1988. 242p.
198. Bajura T. Economia agrară și dezvoltarea spațiului rural. Chișinău: CEP USM, 2007. 289p.
199. Tarife de costuri în agricultură: Ghid practic/Bajura T., Vasilașcu I. și alți. Chișinău: INCE, 2013.143p.
200. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Москва: ВНИПИ, 1982. 42с.
201. Brevet de invenție. 355 Y, MD, A 01 D 45/00, A 01 D 45/02. Combină pentru tăierea și mărunțirea paniculelor plantelor cu tulpini înalte / Ion Hăbășescu, Valerian Cerempei, Nicolae Balaban, Victor Raicov (MD). Cererea depusă 22.12.2010, BOPI nr 4/2011.
202. Brevet de invenție. 382 Y, MD, A 01 D 61/00, A 01 D 45/00, A 01 D 45/10, A 01 D 43/06. Aparat de alimentare a combinei pentru recoltarea plantelor cu tulpini groase / Ion Hăbășescu, Valerian Cerempei, Nicolae Balaban, Victor Raicov, Iurii Molotcov (MD). Cererea depusă 22.12.2010, BOPI nr 6/2011.
203. Brevet de invenție 802 Z, MD, A 01 D 45/00, A01D 75/18, Extractor de tulpini pentru secerătoarea cu rotor/ Ion Hăbășescu, Valerian Cerempei, Nicolae Balaban, Victor Raicov (MD). Cererea depusă 15.01.2014, BOPI nr 2/2015.
204. Sweet Sorghum, Bioethanol Technology, William D.Dar, Director General, ICRISAT. <http://www.icrisat.org/Biopower/philippines-event/DarSweetSorghumMay07.pdf>.
205. Brevet de invenție. 209 Y, MD, M 30 B 9/20. Presă cu valțuri pentru extragerea mustului din tulpini de sorg zaharat / Ion Hăbășescu, Valerian Cerempei, Nicolae Balaban, Elena Stroiescu (MD). Cererea depusă 30.12.2009, BOPI nr 5/2010.

206. Hăbășescu I., Cerempei V., Balaban N., Experimental argumentation of press parametres for squeezing juice from plant stems. In: INMATEH – Agricultural Engineering, vol.44, Nr. 3, 2014. pз.79 ... 86.
207. Лихтенберг Л.А. Производство спирта из зерна. Москва: Пищевая промышленность, 2006. 324с.
208. Anuarele statistice ale Republicii Moldova 1993÷2012 Chișinău. 1993 - 2012.
209. Мартыненко Э.А. Технология коньяка. Симферополь: Таврида, 2003. 320с.
210. Мирзоев В., Пущик Е. Бензин и этанол – мировые перспективы. 26.09.2010. 18с. [www.infobio.ru/analytics/417.html](http://www.infobio.ru/analytics/417.html)
211. Ethanol profitability. IOWASTATEUNIVERSITY, ethanol costs. <https://www.google.md/>
212. Randy Powell, BioDimensions Inc. First Generation Processing. USCP Sorghum Renewables summit. Aprilie 19-20,2012, pag.11. [http://sorghumcheckoff.com/wp-content/uploads/2012/08/First-Generation-Processing-Randy-Powell\\_web.pdf](http://sorghumcheckoff.com/wp-content/uploads/2012/08/First-Generation-Processing-Randy-Powell_web.pdf).
213. Brevet de invenție, 765 Y, MD, G 01 F 13/00, G 01 F 15/02. Instalație și procedeu de dozare continuă a lichidului / Ion Hăbășescu, Valerian Cerempei, Iurii Molotcov (MD). Cererea depusă 09.09.2013, BOPI nr 4/2014.
214. Установка производства смесевых бензинов УСБ-18 (60) <http://www.equipment.ru/equip11275.html>
215. Калак Д.Неспокойная стабильность на рынке нефтепродуктов. În: Экономическое обозрение, Nr. 13, 10.04.2015, p.8.
216. Калак Д. Низкий спрос на “высокий градус”. În: Экономическое обозрение, Nr. 5, 13.02.2015, p.8.
217. Marian, Gr. Tehnici și tehnologii în managementul reziduurilor agrosilvice: Ch.: 2014, Iunie prim, 265 p.

## **DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII**

Subsemnatul Cerempei Valerian, declar pe proprie răspundere că materialele prezentate în teza de doctorat, se referă la propriile activități și realizări, în caz contrar urmând să suport consecințele, în conformitate cu legislația în vigoare.

**Valerian Cerempei**

## MULȚUMIRI

În încheiere doresc să adresez mulțumiri consultantului științific, membrului corespondent AȘM **Ion Hăbășescu** pentru aportul personal în realizarea acestei lucrări și îndrumarea în activitatea mea tehnico-științifică și profesională.

Mulțumesc colectivului Institutului de Tehnica Agricolă „Mecagro”, în special, șefului de laborator Mijloace Tehnice **Nicolae Balaban**, cercetătorului științific **Victor Raicov**, șefului de laborator Surse Regenerabile de Energie **Iurie Molotcov** pentru ajutorul acordat în realizarea cercetărilor experimentale și încercărilor mijloacelor elaborate, inginerilor **Ludmila Arcer**, **Oleg Guțu**, **Zinaida Ivașcu** – pentru ajutorul acordat la oformarea tezei.

Mulțumesc directorului de laborator Biocombustibili UASM, profesorului universitar **Grigore Marian** pentru ajutor metodic în valorificarea potențialului energetic al biomasei, șefului catedrei Transport Auto UASM **Dumitru Novorojdin**, șefului catedrei Transport Auto UTM **Ilie Manole** pentru ajutorul acordat în realizarea cercetărilor de stand ale motoarelor; șefului de laborator Estimarea Calității Produselor Petroliere INSM **Boris Pintilie**, șefului de laborator IC AȘM **Igor Povar** – pentru ajutorul acordat în studierea proprietăților biocombustibililor; cercetătorului științific IFA AȘM **Dumitru Croitoru** – pentru ajutorul acordat în realizarea cercetărilor tribologice.

Mulțumesc cercetătorului științific coord. Institutului GFPP AȘM **Gheorghe Moraru**, directorului adj. INCE ASM, profesorului universitar **Tudor Bajura**, cercetătorului științific coord. INCE **Ion Vaselașcu**, directorului Inspectoratului de stat Supravegherea producției alcoolice **Andrei Gurin**, cercetătorului științific Institutului de Horticultură **Mihai Stățiuc** pentru ajutorul acordat în estimarea tehnico-economică a elaborărilor din prezenta teză.

Mulțumesc directorului SRL “Garma-Grup” **Tudor Ungureanu** pentru suportul acordat în implementarea tehnologiei de producere a ecobenzinei.

Mulțumesc **familiei mele** pentru răbdare și înțelegere.

Mulțumesc bunului **Dumnezeu**.

## CURRICULUM VITAE

**Numele de familie și prenumele** Cerempei Valerian

**Data și locul nașterii:** 01.01.1955, s. Șofrâncani, Edineț

**Cetățenia:** Republica Moldova



**Studii:** superioare, Institutul Agricol din or. Chișinău, 1972-1977, Inginer-mecanic; Institutul de Fizică Aplicată AȘM, 1980-1983, Procese electrochimice, Reparația mașinilor și recondiționarea pieselor uzate, Doctor în științe Tehnice

**Stagii:** Firme CLAAS, Amazone (Germania), martie – aprilie 1996, Tehnologii moderne de producție a tehnicii agricole; Universitatea din Dakota de nord (SUA), septembrie-octombrie 2008; Centrul de consultanță Staroe Pole (Polonia), iulie-august 2009, Surse regenerabile de energie

**Domeniile de interes științific:** Procese electrochimice, Menținerea tehnică a mașinilor agricole, Mecanizarea Agriculturii, Producția și utilizarea biocombustibililor

### Activitatea profesională:

1977-1980 Inginer, cercetător științific inferior Institutul Agricol or. Chișinău  
1980-1983 Aspirant la Institutul de Fizică Aplicată al AȘM  
1983-1991 Cercetător științific inferior, cercetător științific superior, Asistent catedra „Tehnologia materialelor și reparația mașinilor” Institutul Agricol or. Chișinău  
1991-1996 Secretar științific, Director general adjunct pentru știință, ICȘCTMEA „Mecagro”  
1996-2000 Director adjunct al SA „Mecgrato” or. Cupcini  
2001-2002 Director executiv SRL „MehAgro Grup”, or. Cupcini  
2002-2004 Director SRL „Power” or. Edineț,  
2004 Director adjunct pe probleme de știință, director ÎS ITA „Mecagro”  
până în prezent

**Participări în proiecte științifice :** 5 proiecte instituționale în cadrul MAIA, AȘM; 5 proiecte în cadrul Programelor de Stat; 1 proiect internațional STCU-AȘM.

**Participări la forumuri științifice:** 20 foruri din Rusia, Ucraina, Romania, Grecia, Letonia, Moldova

**Publicații:** 190 lucrări științifice, inclusiv 2 monografii, 60 invenții

**Activitate obștească:** Membru al Consiliului Științific al ITA „Mecagro”, membru Adunării Secției de Științe Agricole a AȘM, membru seminarului științific de profil la specialitatea 255.01 „Tehnologii și mijloace tehnice în agricultură și dezvoltarea rurală”, membrul colegiului de redacție al revistei ”Agricultura Moldovei”

**Cunoașterea limbilor** română, rusă, ucraineană, germană ( cu dicționar)

**Adresa:** mun. Chișinău, str. Miron Costin 7, ITA Mecagro, tel. +373 22 44 00 87, mob. 79677728, email - institut@mecagro.md