

დიდია თანამედროვე ბაზრის მოთხოვნილება მაღალოქტანური და ეკოლოგიურად სუფთა ბენზინისადმი. არანაკლებ მნიშვნელოვანია გარემოს გათავისუფლება სოფლის მეურნეობის ნარჩენებისგან და რქოსანი საქონლის უზრუნველყოფა მაღალკალორიული და მაღალენერგეტიკული საკვებით.

მოწინავე ტექნოლოგიებმა მეცნიერებას აღმოაჩინა ენერჯის ისეთი ალტერნატიული წყარო, რომელიც ხასიათდება ბოლომდე დაწვის უნარით და ტრადიციულ საწვავებთან შედარებით საიმედოობით და კონკურენტუნარიანობით. ასეთ წყაროდ მეცნიერებამ მიიჩნია ეთილის სპირტი, რომელიც იწარმოება სახამებლისა და შაქრის შემცველი ნივთიერებებისგან, მათი სპირტული დუღილის შედეგად. ეთანოლის მიღების ძირითად ნედლეულს წარმოადგენს მარცვლეული კულტურები: გარდა ამისა კარტოფილი, შაქრის ლერწამი, მიწავაშლა, სოფლის მეურნეობის ყველა მცენარე და მათი ნარჩენები; აგრეთვე საკვები პროდუქტებისა და სასმელების წარმოებისას წარმოქმნილი ნარჩენები.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ ეთანოლის წარმოება შესაძლებელია ცელულოზასგანაც, რომელსაც შეიცავს ხის მერქანი, სიმინდის ღეროები, ბრინჯის ჩენჩო (ნაფცქენი) და განაცარი.

ეთანოლის წარმოებისადმი ხელშეწყობა მნიშვნელოვანი ხარისხით აამაღლებს სოფლის მეურნეობის დონეს, გაზრდის მის მიერ წარმოებული პროდუქტების მოცულობას, გააუმჯობესებს ქვეყნის ეკონომიკას და უზრუნველყოფს გარემომცველი გარემოს დაცვას გაჭუჭყიანებისაგან. ამასთან ერთად ეთანოლი განიხილება, როგორც ენერჯის ეკოლოგიურად უსაფრთხო განახლებადი წყარო.

ეთანოლის საწვავად გამოყენება ამცირებს ატმოსფეროში გამონაბოლქვი ტოქსიკური აირების დონეს. ეთანოლი დიდი რაოდენობით (~ 35%) შეიცავს ჟანგბადს, რომელიც ხელს უწყობს მის ბოლომდე დაწვას და გამორიცხავს არასრული დაწვის პროდუქტის - მხუთავი აირის გამოყოფას. ეთანოლის წარმოება განიხილება, როგორც ენერგოდამზოგი პროცესი. დადგენილია, რომ ეთანოლი 34%-ით მეტი ელექტროენერჯის მიღების შესაძლებლობას იძლევა, ვიდრე იხარჯება მის წარმოებაზე.

ეთანოლს უმატებენ საწვავებს, კერძოდ ბენზინებს, უმეტეს შემთხვევაში, საწვავის ოქტანური რიცხვის გაზრდისა და მისი წვის შედეგად წარმოქმნილი ნამწვი აირების ხარისხის გასაუმჯობესებლად.

თანამედროვე მსოფლიოში არსებობს ეთანოლის საავტომობილო საწვავებში გამოყენების ორი ძირითადი ხერხი:

1. ნარევის სახით (10%, მოც.) ეთანოლი და (90%, მოც.) არაეთილირებული ბენზინი, რომელმაც აშშ-ში „გაზოხოლის“ ანუ არაეთილირებული საწვავის E-10-ის სახელწოდება მიიღო.
2. საწვავის ძირითადი კომპონენტის (85%, მოც.) სახით ეთანოლი კომპაუნდირებულია (15%, მოც.) არაეთილირებული ბენზინით; აშშ-ში იგი იწარმოება მარკით E 85.

საზოგადოების მზარდი სურვილის დაკმაყოფილება მაღალხარისხიანი საწვავებით ნავთობგადამუშავების დარგის აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა მაღალოქტანური და ეკოლოგიურად სუფთა საავტომობილო ბენზინების წარმოებას და მოხმარებას. დღეისათვის აღნიშნული საწვავი დიდი რაოდენობით გამოიყენება, რასაც განაპირობებს თანამედროვე რთული და მზარდი სიმძლავრეების ავტომობილების წარმოება, ბაზრისა და გარემოს სისუფთავის დაცვისადმი შემოღებული მკაცრი მოთხოვნების გათვალისწინების აუცილებლობა.

ნავთობიდან მისი რექტიფიკაციით გამოყოფილ პირდაპირნახად ბენზინის ფრაქციას არ გააჩნია არც მაღალი ოქტანური რიცხვი და არც ეკოლოგიური სისუფთავე. ამ თვისებების მინიჭება შესაძლებელია პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის კონტაქტურ-კატალიზური რიფორმინგით შერჩეული კატალიზატორების თანაობისას და შემდგომში რიფორმატის რომელიმე ჟანგბადშემცველი ნაერთის, კერძოდ ბიოეთანოლით კომპაუნდირებით.

ბიოეთანოლი წარმოადგენს თხევად სპირტულ საწვავს. იგი ეკოლოგიურად სუფთა, მაღალოქტანური საწვავია; იწარმოება განახლებადი ბუნებრივი რესურსიდან. უმრავლეს ქვეყანაში ბიოეთანოლს იღებენ მარცვლოვანი კულტურების სახამებლიდან და შაქრის შემცველი ნედლეულიდან რამდენიმე საფეხურიანი გარდაქმნით.

საავტომობილო ბენზინის ხარისხისადმი გამკაცრებული ეკოლოგიური სტანდარტები, ნავთობის მარაგის შემცირება და თანამედროვე რთული კონსტრუქციების მქონე ავტოტრანსპორტის წარმოების სწრაფი ზრდა, მოითხოვს საავტომობილო ბენზინებში ალტერნატიული ბიოგანახლებადი მაღალოქტანური

კომპონენტების დამატებას. ყველაზე პერსპექტიულ მაღალექტანურ დანამატს წარმოადგენს ეთილის სპირტი (ეთანოლი).

მაღალი დეტონაციური მედეგობა, დაბალი ტოქსიკურობა, განახლებადი ნედლეულიდან მისი წარმოება ეთანოლს ანიჭებს პრივილეგიას სხვა ოქსიგენტებთან (მაღალექტანური დანამატები) შედარებით. ჯერ კიდევ მე-20 საუკუნის 80-იანი წლებიდან დაიწყო ეთანოლის მასობრივი გამოყენება საავტომობილო ბენზინებში, 5, 10 („გაზოხოლი“), 15 (E 15) და 22% ეთანოლის შემცველობით ბრაზილიაში, აშშ-ში, კანადაში და კოლუმბიაში.

ამჟამად, მსოფლიო ბაზარი ეთანოლს მოიხმარს დაახლოებით 40 მლრდ. ლიტრის რაოდენობით წელიწადში. მათგან 60% გამოიყენება როგორც დანამატი საწვავზე; 25%-ს მოიხმარს ქიმიური მრეწველობა, 15% მოიხმარება საკვები მიზნით. ამ უკანასკნელის წილი წლიდან წლამდე მუდმივად მცირდება. მსოფლიოში ეთანოლის წარმოება ყოველწლიურად 10%-ით იზრდება. ლიდერებს წარმოადგენენ ბრაზილია - 14; აშშ - 12; ჩინეთი - 2 მლრდ. ლიტრი წელიწადში.

ევროპარლამენტის და ევროკავშირის დირექტივით საავტომობილო ბენზინებში ბიოსაწვავის გამოყენებამ 2020 წლისთვის უნდა მიაღწიოს 20%-ს.

ამჟამად ბრაზილიის, აშშ-ს, კანადის და რიგი ქვეყნების ბენზინსამართ სადგურებში იყიდება ბენზინის ნარევი ეთანოლთან E 10 (10% ეთანოლი), E 85 (85% ეთანოლი), E 95 (95% ეთანოლი) და სუფთა ეთანოლი E 100. ტიპური საწვავი E 100 ამ ქვეყნების ყველა თანამედროვე ტიპის ავტომობილებისთვის უზრუნველყოფს უსაფრთხო ექსპლუატაციას.

აშშ-ში წარმოებული ბენზინის ყოველი მეოთხედი ტონა შეიცავს ეთილის სპირტს. აშშ-ში გამოიყენება საწვავი, ე.წ. „გაზოხოლი“, რომელიც 10%-მდე ეთილის სპირტს შეიცავს. იგი ემატება არაეთილირებულ ბენზინს ოქტანური რიცხვის ასამაღლებლად.

საწვავებში დადგენილია ეთილის სპირტის შემცველობა 5%-მდე (მოცულობითი), მასთან ერთად 3%-მდე მეთილის სპირტი და სხვა ოქსიგენტები - ჯამურად არა უმეტეს 10%-ისა (მოცულობითი); ჟანგბადის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 2,7%-ს (მას.). ეს მოთხოვნები დადგენილია არაეთილირებული ბენზინისათვის, რომლის ოქტანური რიცხვი კვლევითი მეთოდით 95-ზე და ძრავული მეთოდით 85-ზე ნაკლები არ არის.

ბენზინისა და ეთანოლის ნარევი, ცნობილი E 10-ის სახელწოდებით, გამოიყენება ყველა სახის ავტომობილებში. იგი აუმჯობესებს ძრავას მუშაობას, ეწინააღმდეგება ძრავების გადახურებას, ასრულებს ანტიფრიზის ფუნქციას საწვავის გატარების დროს და არ იწვევს წვის ფრქვევანას გაჭუჭყიანებას.

ეთანოლისა და ბიოეთანოლის წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიები გამოიყენებენ პრაქტიკულად სოფლის მეურნეობის ყველა სახამებლისა და შაქრის შემცველ ნედლეულს. სპირტისაგან განსხვავებით, რომლებიდანაც აწარმოებენ ალკოჰოლურ სასმელებს, საწვავი ეთანოლი არ შეიცავს წყალს და იწარმოება შემცირებული დისტილაციით (ორი სარექტიფიკაციო სვეტი ხუთის ნაცვლად), შეიცავს მეთანოლს, რახის ზეთს, აგრეთვე ბენზინს, რაც მას სასმელად უვარგისად ხდის.

ბოლო დროს შემუშავდა ბიოეთანოლის წარმოების ტექნოლოგია ცელულოზასგან, მარცვლის ღეროსა და ჩალისგან, ცელულოზიანი ნარჩენებისა და სხვა ცელულოზური წყაროსაგან, მაგ. ალვის ხის მერქანისა და კანადური ნეკერჩხლისაგან.

საწვავი ნარევი, რომლებიც შეიცავენ ეთანოლს, დღეს წარმატებით გამოიყენება ბენზინზე მომუშავე ყველა ტიპის ავტომობილის ძრავაში. ბიოეთანოლის სამრეწველო წარმოება და გამოყენება საწვავის სახით მნიშვნელოვნად ამცირებს სხვა ბევრ ფაქტორზე დამოკიდებულებას:

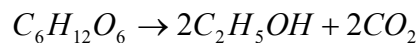
პირველი, ეთანოლის ოქტანური რიცხვი ბენზინის ოქტანურ რიცხვზე მაღალია, რაც ძრავის სიმძლავრის გაზრდის შესაძლებლობას იძლევა;

მეორე, ეთანოლის დამატება არსებითად ამცირებს მავნე ბოლქვების გამოყოფას, რომელიც თან ახლავს 100%-იან ბენზინის საწვავს;

მესამე, ეთანოლის წარმოება მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში უზრუნველყოფს ენერგეტიკულ დამოუკიდებლობას.

ეკონომიკური და ტექნიკური მოსაზრებებით, ეთანოლის გამოყენება საწვავად ავტომობილების ძრავაში ნატურალური სახით (100%) არამიზნობრივია (გამონაკლის წარმოადგენს ბრაზილია, სადაც ავტომობილების 24% მოიხმარს სუფთა სპირტს). როგორც წესი, ჩვეულებრივ ეთანოლი გამოიყენება ბენზინთან ნარევი. აშშ-ში დღესდღეობით, ყველა ავტომობილი და მსუბუქი ტვირთმზიდავეები მოიხმარენ 10%-დან 85%-მდე ეთანოლის შემცველ საწვავ ნარევეს.

ეთანოლის -  $C_2H_5OH$  -ის მიღების ფართოდ გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს შაქრის შემცველი ნივთიერებების დუღილი (ლუება) ერთუჯრედიანი სოკოების თანაობისას. ასეთ შაქრისშემცველ ნივთიერებას წარმოადგენს ყურძნის შაქარი, ანუ გლუკოზა  $C_6H_{12}O_6$ , რომელიც ფერმენტების მოქმედებით გარდაიქმნება ეთილის სპირტში. ფერმენტები გამოიმუშავდება საფუარის სოკოებით - უდაბლესი მცენარეული ორგანიზმებით. ეს ფერმენტები ბიოლოგიური კატალიზატორების როლს ასრულებენ გლუკოზის სპირტული დუღილის (ლუების) რეაქციებში:



გლუკოზა თავისუფალი სახით გვხვდება ყურძნის წვენიში. გლუკოზა შეიძლება მივიღოთ დისქარიდიდან -  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (რომელიც შედის შაქრის ქარხლის შედგენილობაში) მისი ჰიდროლიზით:

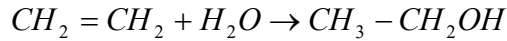


ეთილის სპირტის მიღება შეიძლება პოლისაქარიდიდან - სახამებლიდან -  $(C_6H_{12}O_5)_n$ . რომელსაც შეიცავს კარტოფილის ბოლქვები, ჭვავის, ხორბლის, სიმინდის მარცვლები. თავდაპირველად სახამებელს ფერმენტული ჰიდროლიზური რეაქციით გარდაქმნიან გლუკოზაში. ამისათვის დაქუცმაცებულ კარტოფილს ხარშავენ ცხელ წყალში და გაცივებისას უმატებენ ალკოს, რომელიც შეიცავს დიასტაზას (ფერმენტების რთულ ნარევს). იგი სახამებლის დაშაქრების პროცესში ასრულებს კატალიზატორის როლს. დაშაქრების შემდეგ სითხეს უმატებენ საფურს. საფურში არსებული ფერმენტებით (ზიმაზები) წარმოიქმნება სპირტი. ხსნარს გამოხდიან და გაასუფთავენ.

3 000 ტ მარცვლეულიდან ან 10 000 ტ კარტოფილიდან შეიძლება 790 ტ სპირტის მიღება (100%-ზე გადათვლით).

ამჟამად, დაშაქრებას ექვემდებარება მეორე პოლისაქარიდი - ცელულოზა ანუ უჯრედისი -  $(C_6H_{12}O_5)_n$ , რომელიც წარმოქმნის მერქნის ძირითად მასას. ცელულოზას ჰიდროლიზს ატარებენ 0,1-5% (მას.)-იანი გოგირდმჟავით 150-170°C-ზე დუღილის ტემპერატურისა და 0,7-1,5 მპა წნევის პირობებში. მიღებულ გლუკოზას ემატება საფური და გარდაიქმნება სპირტად.

5 500 ტონა ნახერხიდან შეიძლება მიღებულ იქნას 790 ტ სპირტი (100%-იანი). ეთილის სპირტი შეიძლება მიღებულ იქნას სინთეზური გზითაც ეთილენიდან. ცნობილია, რომ ნავთობის კრეკინგის დროს წარმოიქმნება ბევრი ეთილენი. ეთილენის ჰიდრატაციით კატალიზატორის თანაობისას მიიღება ეთილის სპირტი:



ეთილენის ჰიდრატაციის რეაქცია (გოგირდმჟავას თანაობისას) შესწავლილ იქნა ა.მ. ბუტლეროვის მიერ, რომელმაც იწინასწარმეტყველა კიდეც მისი სამრეწველო მნიშვნელობა. ეთილის სპირტი ფართო გამოყენებას პოულობს მრეწველობის მთელ რიგ დარგებში.

სახამებლიდან და ცელულოზასაგან მიღებული ეთილის სპირტი ძირითადად ტექნიკური მიზნებისთვის გამოიყენება. ერთ-ერთს წარმოადგენს ბოლო პერიოდში ფართოდ გავრცელებული მეთოდი ბენზინთან ერთად ნარევი მისი გამოყენება.

ეთანოლის გამოყენება ბენზინთან ერთად მნიშვნელოვნად ამცირებს ტოქსიკური ნამწვი აირების გამოყოფას. ეთანოლი საკმაო რაოდენობით (35%) შეიცავს ჟანგბადს, რაც უზრუნველყოფს ბენზინში არსებული ნივთიერებების და წარმოქმნილი ნამწვი აირების ბოლომდე დაწვას.

წიალისეული საწვავების - ნავთობის და ბენზინის წვისაგან განსხვავებით, ეთანოლი და მისი წვის პროდუქტები არ ხასიათდებიან ტოქსიკურობით და არ აბინძურებენ გარემოს.

ეთანოლის წარმოების ტექნოლოგია შაქრისშემცველი და მარცვლოვანი კულტურებიდან კარგად არის ცნობილი მრეწველობაში. ისინი ეთანოლის მიღების ძირითად საწყისს ნედლეულს და ამავე დროს ძვირადღირებულ მნიშვნელოვან სოფლის მეურნეობის პროდუქტებს წარმოადგენენ.

ეთანოლის წარმოება შეიძლება აგრეთვე იაფადღირებული სოფლის მეურნეობის ნარჩენებში არსებული ცელულოზისგან. ცნობილია, რომ ცელულოზას პირველადი გარდაქმნით მიიღება შაქარი, ხოლო შემდგომში შაქრის დუღილით საფუარის თანაობისას - ეთანოლი. ეთანოლის დენატურირებით მიიღება ბიო-ეთანოლი, ხოლო ბიოეთანოლის კომპაუნდირებით ბენზინთან - ბიობენზინი.

ბიოეთანოლი შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც თხევადი საწვავი არაეთილირებულ ბენზინის კომპაუნდირებისთვის და აგრეთვე ინდივიდუალური სახითაც. ბიოეთანოლით კომპაუნდირებულ ბენზინს ეზრდება ოქტანური რიცხვი და მცირდება მისი ხარჯი.

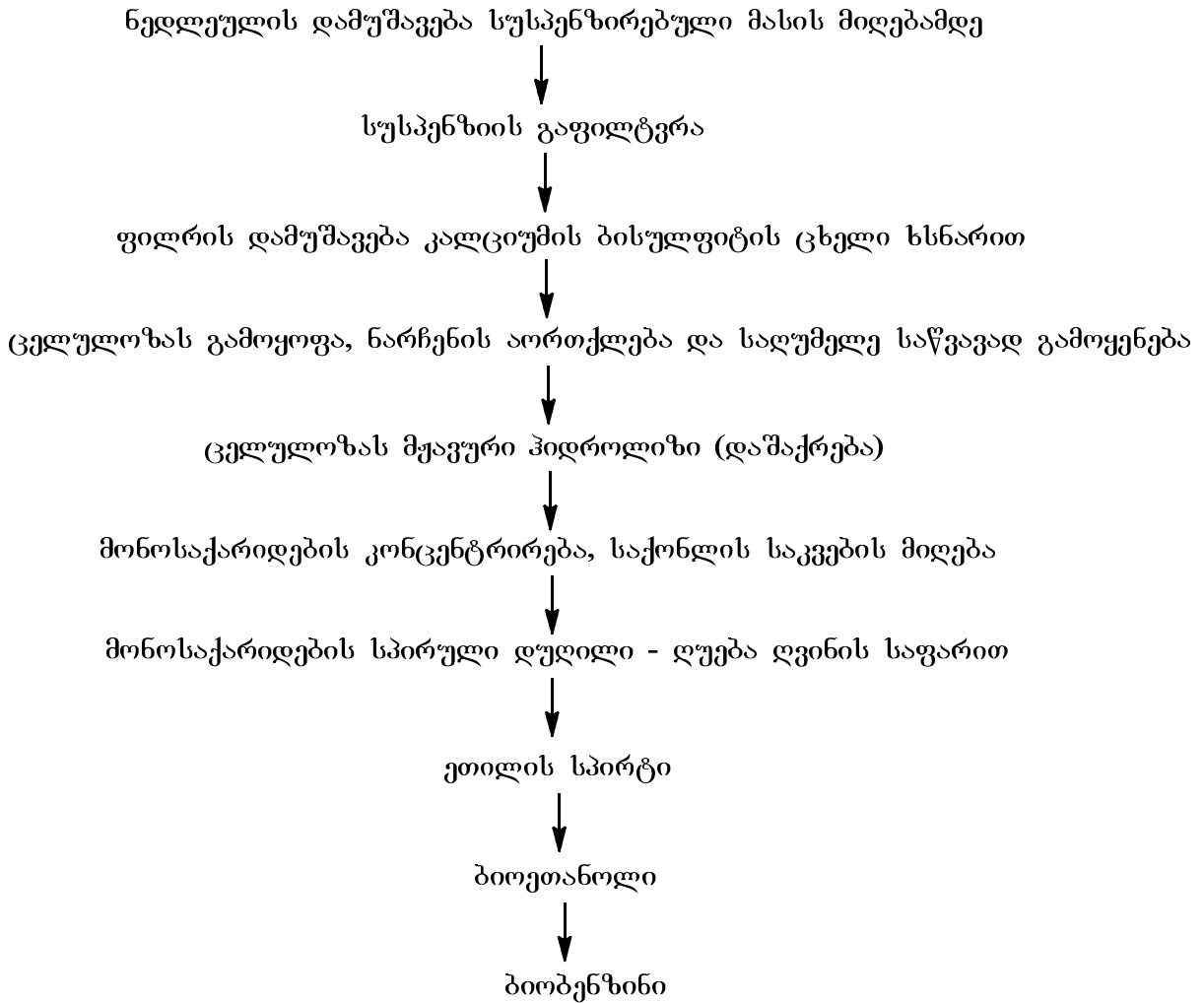
ბიოეთანოლი ჩვენს მიერ პირველად იქნა მიღებული საკვებად გამოუსადეგარი სოფლის მეურნეობის ნედლეულის გადამუშავების ნარჩენის, კერძოდ სიმინდის ღეროს ძირებიდან. თავდაპირველად აღნიშნული ნედლეულიდან განხორციელდა ცელულოზას გამოყოფა, ხოლო შემდგომში ცელულოზის რიგი გარდაქმნებით ბიოეთანოლის მიღება.

ბიოეთანოლით კომპაუნდირებული ბენზინი აკმაყოფილებს მის მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს, როგორც ოქტანური რიცხვის მაჩვენებლით, ასევე ეკოლოგიური სისუფთავით. ბიოეთანოლით კომპაუნდირებული ბენზინი გამდიდრებულია ჟანგბადით, რაც აუმჯობესებს მისი წვის უნარს; გამონაბოლქვი აირები არ შეიცავენ არც ტოქსიკურ ნივთიერებებს და არც მხუთავ აირს ნახშირბადის ოქსიდს.

საწვავი ნარევი, რომლებიც შეიცავენ ეთანოლს, დღეს წარმატებით გამოიყენება ბენზინზე მომუშავე ყველა ტიპის ავტომობილების ძრავაში. ბიოეთანოლის სამრეწველო წარმოება და გამოყენება საწვავის სახით ამცირებს სხვა ბევრ ფაქტორზე დამოკიდებულებას. ეთანოლის ოქტანური რიცხვი ბენზინის რიცხვზე მაღალია, რაც ძრავის სიმძლავრის გაზრდის შესაძლებლობას იძლევა. ამავე დროს ეთანოლის წარმოება მსოფლიოს ბევრი ქვეყნისათვის ენერგეტიკულ დამოუკიდებლობას უზრუნველყოფს.

ეკონომიკური და ტექნიკური მოსაზრებებით, მიზანშეწონილია ეთანოლის გამოყენება საწვავებად ავტომობილებში არა ნატურალური სახით (100%), არამედ ბენზინთან ნარევის სახით. მაგ., აშშ-ში დღესდღეობით, ყველა ავტომობილი და მსუბუქი ტვირთმზიდავეები მოიხმარენ 10-დან 85%-მდე ეთანოლის შემცველ საწვავ ნარევიებს.

*განახლებადი ნედლეულიდან ცელულოზას, მონოსაქარიდების, ეთილის სპირტის, ბიოეთანოლის და ბიბენზინის მიღების სქემა*



სიმინდის ღეროს ძირებიდან გამოყოფილი ცელულოზას დამუშავების პირველ სტადიაზე, კერძოდ მისი გოგირდმჟავური ჰიდროლიზით, მიიღება მონოსაქარიდები - ძვირფასი მაღალენერგეტიკული საქონლის საკვები. დღესდღეობით იგი მზადდება ძვირადღირებული შაქრისა და სახამებლის შემცველი კულტურებისაგან. საკვებად გამოუსადეგარი ნედლეულიდან მიღებული შაქრებით გამდიდრებული საქონლის საკვები კი იაფადღირებული იქნება.

აღნიშნული ნედლეულის მომდევნო დამუშავების სტადიაზე თანმიმდევრობით მიიღება ეთანოლი, ბიოეთანოლი და ამ უკანასკნელით შერეული ბენზინი, რომელიც იწვის სრულად და წვის შედეგად გამონახობლქვი აირები არ აჭუჭყიანებენ გარემოს.



არა ნაკლებ მნიშვნელოვანია აღნიშნული განახლებადი ნედლეულიდან ცელულოზას გამოყოფაც თავისუფალი სახით. ცელულოზა მნიშვნელოვანი ქიმიური ნედლეულია. მას ფართოდ გამოიყენებენ უკვამლო საფანტის, კინოფირების, პლასტმასების, სხვადასხვა ხარისხის ხელოვნური აბრეშუმის და ბოჭკოების, ლაქების, ქაღალდის, კარდონების და სხვ. წარმოებაში.

სიმინდის ყანის აღების შემდეგ, ველზე დარჩენილი სიმინდის ღეროს ძირები (15 – 25 სმ სიგრძის მქონე) მოგროვდა, გაირეცხა გამდინარე წყლით, დაიწურა, გამოშრა თერმოსტატში 100-110°C-ზე 3 – 4 სთ-ის განმავლობაში, დაქუცმაცდა ჯერ დანით 0,3 – 0,5 მმ-ის ზომამდე, ხოლო შემდეგ დაიფქვა კვარცის რგოლებით აღჭურვილ ლაბორატორიულ წისქვილში (МБЛ-100); დაინაყა - გაისრისა - გაიხეხა მყარ აბრაზივთან (კვარცის ფხვნილი) ერთად როდინში ფაიფურის ფილთაქვით სუსპენდირებულ მდგომარეობამდე.

დაფქვილი მასა 1 კგ-ის რაოდენობით დამუშავდა ცხელი კალციუმის ჰიდროსულფიტის ხსნარით, რითაც სარეაქციო მასა გათავისუფლდა ლიგნინის მოლეკულებისაგან. ფილტრით და ცენტრიფუგით ცელულოზიანი მასა გამოიყო ხსნარიდან, გაირეცხა დისტილირებული წყლით რამდენჯერმე და დამატებით, თანმიმდევრობით დამუშავდა სხვადასხვა კონცენტრაციის მარილის, კერძოდ ამონიუმსულფატის უჯერი (50%-იანი) და ნაჯერი (100%-იანი) ხსნარებით და ორგანული გამხსნელებით (აცეტონი, ქლოროფორმი), შესაბამისად ცილების, ლიპიდების და მინარევების მოცილების მიზნით. აღნიშნული ხსნარები და გამხსნელები საკვლევ მასას ემატებოდა დაახლოებით 1 : 1, (მოც.) თანაფარდობით. ექსტრაქტებიდან ცენტრიფუგით გამოყოფილ იქნა თეთრი ფერის მყარი ცელულოზა, რომლის არსებობაც დადასტურდა შვეიცარიის რეაქტივით - ახლადმომზადებული სპილენძამიაკური ხსნარით. იგი შემდეგნაირად მომზადდა: 10 გ  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  გაიხსნა 100 მლ დისტილირებულ წყალში, დაემატა NaOH სპილენძის ჰიდროქსიდის -  $Cu(OH)_2$ -ის სრულად გამოლექვამდე. ხსნარი გაიფილტრა, ფილტრი - ნალექი ანუ  $Cu(OH)_2$  გაირეცხა რამდენჯერმე დისტილირებული წყლით სულფატიონების მოსაცილებლად. ფილტრის ქაღალდი გაიწურა ნალექის სრულად გაფილტვრის მიზნით. გაფილტრულ ნალექს ხსნიან 25% ამიაკის წყალხსნარის ( $NH_4OH$ ) მინიმალურ რაოდენობაში.

ცელულოზას იდენტურობის დადგენის შემდეგ, ჩატარდა მისი მჟავური ჰიდროლიზი სხვადასხვა კონცენტრაციის მქონე გოგირდმჟავით. გოგირდმჟავის ოპტიმალური კონცენტრაციის და ჰიდროლიზის ტემპერატურისა და პროცესის ხანგრძლივობის დადგენის მიზნით.

თავდაპირველად ჩატარდა ექსპერიმენტები ცელულოზას ჰიდროლიზისთვის საჭირო განზავებული გოგირდმჟავის კონცენტრაციის და რაოდენობის დასადგენად. 1%-იანი გოგირდმჟავას გამოყენებისას ცელულოზას ჰიდროლიზი არ განხორციელდა. 5%-იანი გოგირდმჟავას ხსნარის გამოყენებისას ცელულოზას ჰიდროლიზი მცირედ განხორციელდა, 7%-იანი გოგირდმჟავასთან ცელულოზას დუღილის შედეგად მიღებული ჰიდროლიზატების - მონოსაქარიდების რაოდენობაც არ იყო მისაღები, იგი 33%-ს შეადგენდა. შემდეგ ცელულოზას ჰიდროლიზი ჩატარდა 10%-იან გოგირდმჟავასთან 10-12 სთ-ის განმავლობაში დუღილის პირობებში. შედეგი დამაკმაყოფილებელი იყო. გოგირდმჟავას კონცენტრაციის შემდგომო გაზრდა იწვევდა ცელულოზას დაქანგვას, რაც ფერის შეცვლით, კერძოდ გამუქებით გამოიხატა ე.ი. ეფექტურ მაჰიდროლიზებელ აგენტს ცელულოზასთვის წარმოადგენს 10%-იანი გოგირდმჟავა. დადგინდა ცელულოზას და 10%-იანი  $H_2SO_4$  -ის თანაფარდობაც.

გამომდინარე ზემოთ განხილულიდან, ცელულოზას ჰიდროლიზი ჩატარდა 10%-იან გოგირდმჟავასთან დუღილის პირობებში 10-12 საათის განმავლობაში მუდმივი მორევის პირობებში, თანაფარდობით ცელულოზა : გოგირდმჟავა - 1 : 5 ჰიდროლიზის პროდუქტის - გლუკოზას გამოსავალია 63%, გლუკოზას ხსნარის რეფრაქციის მაჩვენებლის,  $n_D^{20} = 1,4220$  მიხედვით.

გარდატეხის მაჩვენებლის დამოკიდებულება გლუკოზის ხსნარის კონცენტრაციაზე გამოისახება %-ში და იანგარიშება ფორმულით:

$$n = n_0 + CF, \text{ აქედან } C = \frac{n - n_0}{F}$$

სადაც  $n$  – ხსნარის გარდატეხის მაჩვენებელია;

$n_0$  – გამხსნელის გარდატეხის მაჩვენებელია;

$F$  - გარდატეხის მაჩვენებლის ნამატი სიდიდეა გლუკოზის ხსნარის კონცენტრაციის 1%-ით გაზრდის შემთხვევაში. მას ფაქტორი ეწოდება და იგი

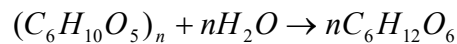
ექსპერიმენტულად გამოითვლება. გლუკოზის ხსნარის შემთხვევაში ფაქტორი 0,00142-ის ტოლია.

გლუკოზის ხსნართან ერთად განისაზღვრა გამხსნელის – დისტილირებული წყლის გარდატეხის მაჩვენებელი (მათი 30 წუთით 20°C-იანი წყლის აბაზანაში დაყოვნების შემდეგ).

გლუკოზის ხსნარის რეფრაქცია ანუ გარდატეხის მაჩვენებელია  $n_D^{20} = 1,4220$ ; დისტილირებული წყლის -  $n_D^{20} = 1,333$ . მონაცემების ჩასმით ფორმულაში, მიიღება:

$$\% \text{ გლუკოზა} = \frac{1,4220 - 1,333}{0,00142} = 63\%$$

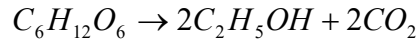
ჰიდროლიზის პროდუქტები - ჰიდროლიზატები წარმოადგენენ მონოსაქარიდებს, კერძოდ გლუკოზის მოლეკულებს:



მათი არსებობა დადასტურდა ნორმალური კონცენტრაციის იოდის ხსნარით და ტრომერის რეაქციით: იოდის ხსნარი გაუფერულდა; ტრომერის რეაქციის შემთხვევაში კი ჰიდროლიზის პროდუქტს სინჯარაში დაემატა 2N NaOH-ის 5 წვეთი და 0,2 N  $CuSO_4$ -ს 1 წვეთი, მასა შეინჯღრა. ხსნარის ზედა ნაწილი გაცხელდა ადუღებამდე სპირტქურის ალზე (ქვედა ნაწილი რჩება საკონტროლოდ, გაუცხელებლად). წარმოიქმნა მოლურჯო-მოცისფრო შეფერილობის ხსნარი, რაც ადასტურებს ცელულოზას ჰიდროლიზის გლუკოზამდე.

მონოსაქარიდი - გლუკოზა უფერო კრისტალური ტკბილი გემოს ნივთიერებაა; კარგად იხსნება წყალში, შვეიცერის რეაქტივში, კონცენტრირებულ  $ZnCl_2$ -ში და კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში. აგებულების მიხედვით გლუკოზა არსებობს  $\alpha$  - და  $\beta$  - ანომერების სახით.  $\alpha$  - გლუკოზა წარმოადგენს სახამებლის მონომერს, ხოლო  $\beta$  - გლუკოზა - ცელულოზას მონომერს. ცელულოზას ჰიდროლიზით მიიღება  $\beta$  - გლუკოზას ნაშთები. გლუკოზა ფართოდ გამოყენებადი ნაერთია. მას გააჩნია მაღალი კვებითი ღირებულება (რქოსანი საქონლისთვის) და ამვე დროს ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში, როგორც შუალედური პროდუქტი. იგი წარმოადგენს უნივერსალურ ანტიოქსიდანტს და გამოიყენება ორგანიზმების ინტოქსიკაციის დროს.

მიღებულ მონოსაქარიდებს გლუკოზის ხსნარს დაემატა ღვინის საფუარი - მცენარეული წარმოშობის ერთუჯრედიანი სოკო, რომელიც იკვებება შაქრით და იწვევს მის ღუებას და შედეგად ეთანოლისა და ნახშირბადის დიოქსიდის წარმოქმნას:



ღუების პროცესში ეთანოლი ინარჩუნებს დიდი რაოდენობით ენერგიას, რომელსაც თავიდანვე შეიცავდა შაქარი. სწორედ, ამით აიხსნება ამ ტიპის საწვავის - ეთანოლის უპირატესობა სხვა საწვავებთან შედარებით.

მონოსაქარიდების ღუება ღვინის საფუარის თანაობისას მიმდინარეობდა 48 საათის განმავლობასი 38°C ტემპერატურის პირობებში.

აღებული მასიდან გაფილტვრით გამოიყო მყარი ნაწილაკები და საფუარის ნარჩენები. ეთანოლ-წყლის ნარევის ორჯერადი რექტიფიკაციით მიღებულ იქნა 91-92%-იანი ეთილის სპირტი. კონცენტრაციის ამაღლების მიზნით რექტიფიკატი გატარდა ადსორბენტზე - გააქტივებულ სილიკაგელზე და მიღებულ იქნა 96%-იანი ეთილის სპირტი. ეთილის სპირტის მახასიათებლებია: სიმკვრივე 20°C-ზე, კგ/მ<sup>3</sup> - 794; ოქტანური რიცხვი: ძრავური მეთოდით - 93, კვლევითი მეთოდით - 108; დუღილის ტემპერატურა, °C - 78,4; გამყარების ტემპერატურა - მინუს 114,6; წვის მასური სითბო, კჯ/კგ - 27720; ჟანგბადის შემცველობა, %(მას.) - 34,7; ნაჯერი ორთქლის წნევა 38°C-ზე, კპა - 17.

1 კგ სიმინდის ღეროს ძირებისაგან მიღებულ იქნა 96%-იანი 120 მლ ანუ 96 გ ეთილის სპირტი.

ეთილის სპირტმა განიცადა დენატურირება. ამ მიზნით მას დაემატა მეთილის სპირტი და რახის ზეთი მცირე (1-2%) რაოდენობებით; შედეგად მიღებულ იქნა ბიოეთანოლი.

ეთანოლი გამოიყენება ბენზინის ოქტანური რიცხვის გასაზრდელად, ბენზინის სრული წვისთვის და გამონაბოლქვი აირების ხარისხის გასაუმჯობესებლად.

ეთანოლი გამოიყენება როგორც ალტერნატიული საწვავი ბენზინის შესაცვლელად; სპირტ-ბენზინის 85% (მოც.) და უფრო მეტი რაოდენობით

ეთანოლის შემცველობის ნარევი გამოიყენება უნივერსალური მოხმარების ავტომობილებში.

ეთანოლი გამოიყენება ეთილ-მესამეულ-ბუთილის ეთერის საწარმოებლად. ემბე თავის მხრივ გამოიყენება ოქტანური რიცხვის ასამაღლებლად და ავტომობილების ნამუშევარი აირების მახასიათებლების გასაუმჯობესებლად.

დღეს ბევრი ავტომობილი იყენებს ეთანოლთან შეთავსებად საწვავს.

საწვავი ეთანოლი წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას ყველა ტიპის ავტომობილებში და ძრავებში, რომლებიც ბენზინზე მუშაობენ. ეთანოლი ან ეთანოლიანი ნარევი არასოდეს არ გამოიწვევს სათბობი ინჟექტორების ღრეჩოების გაჭუჭყიანებას. ეთანოლი იწვის 100%-ით და არ ტოვებს ნარჩენებს, იგი არ წარმოქმნის დანალექს. პრაქტიკაში ეთანოლიანი ნარევი უზრუნველყოფს ინჟექტორების სისუფთავეს, რაც ძრავას მუშაობას აუმჯობესებს. ეთანოლი არ ზრდის კოროზიას და არ აზიანებს შემამჭიდროველ შუაადებს და სარქველებს.

ეთანოლიანი საწვავი არ წარმოქმნის აირების და ორთქლის საცობებს, რაც ახასიათებდა ძველ ბენზოტუმბოებს ბენზინსადენში. ეთანოლიანი საწვავი არ საჭიროებს ბენზინსადენში ანტიფრიზის დამატებას. ანტიფრიზი შეიცავს მეთანოლს, ეთანოლს ან იზოპროპანოლს. ყველა სპირტი შთანთქავს წყალს და ამიტომ წვის სისტემაში კონდენსატი არ გროვდება და არ იყინება.

ეთანოლი ეხმარება ავტომობილის ძრავას გაცივებაში, რადგან ეთანოლი საწვავში იწვის უფრო დაბალ ტემპერატურაზე საწვავთან შედარებით. სწორედ ამ მიზნისთვის რალში მონაწილე ავტომობილების ძრავებში ხშირად იყენებენ სუფთა სპირტს.

საწვავი - ბენზინის ნარევი ეთანოლთან შეიძლება გამოყენებულ იქნას ყველა ტიპის ძრავაში, სადაც მოიხმარება არაეთილირებული ბენზინი, დაწყებული ყველგანმავალით ჯაჭვიან ბენზინხერხებამდე, გაზონების შემჭრელებიდან პირადი მოხმარების კატერებში, ყველა მცირე სიმძლავრის ძრავაში, აეროთხილამურებში და ა.შ.

რაც შეეხება ეთანოლიანი ბენზინის ღირებულებას - ბენზინის ეთანოლთან ნარევს გააჩნია უფრო დაბალი საბაზრო ღირებულება, ვიდრე ნავთობიდან წარმოებულ ბენზინს იგივე ოქტანური რიცხვით. ბენზინის ღირებულება ყოველთვის განისაზღვრებოდა ოქტანური რიცხვით. რაც მაღალია მისი ოქტანური

რიცხვი, მით უფრო ძვირია ბენზინი. ზოგიერთ ბაზარზე ეთანოლი მხოლოდ მაღალოქტანური ბენზინის კომპონენტს წარმოადგენს.

ეთანოლიანი ბენზინი უფრო იაფია, ვიდრე ნავთობიდან წარმოებული ბენზინი იგივე ოქტანური რიცხვით.

ეთანოლის წარმოება საკვებად გამოუსადეგარი ნედლეულიდან არ გამოიწვევს საკვები დანიშნულების მქონე ხორბლის რაოდენობის შემცირებას. იგი მოუტანს კარგ მოგებას სოფლის მეურნეობას, რადგან უზრუნველყოფილი იქნება გაყიდვისაგან შემოსავალი. ეთანოლის როგორც საწვავის და ასევე საკვები სპირტის საწარმოებლად ძირითადად მოიხმარება მხოლოდ ხორბლის სახამებელი. ნაშრომში შემოთავაზებულ ეთანოლის წარმოების პროცესში კი ხელუხლებელი რჩება მაღალი ხარისხის ვიტამინებით მდიდარი საკვები პროდუქტები - მშრალი ბარდა ანუ მარცვლის გლუტენიანი საკვები და ეთანოლის საწარმოებლად გამოყენებულია სიმინდის ღეროს ძირები.

ეთანოლის წარმოება უზრუნველყოფს ბევრი ძვირფასი პროდუქტის მიღებას, რომლებიც სასარგებლოა ადამიანებისა და ცხოველებისთვის.

ეთანოლის წარმოების ახალი ტექნოლოგიის დანერგვა გარემოს დაცვის ღონისძიებების თვლსაზრით მისი წარმოების ხარჯებს მუდმივად შეამცირებს.

ეთანოლის გამოყენებისას მცირდება ავტომობილების გამონაბოლქვ აირებში მავნე ნივთიერებების რაოდენობა. იგი წარმოადგენს განახლებად საწვავს და გაჩნია ისეთი უპირატესობები, რომლებიც არ ახასიათებს ნავთობიდან წარმოებულ ბენზინს. ნავთობური მრეწველობა წლების მანძილზე ბევრ ქვეყანაში სუბსიდიებით მუშაობდა, რაც არ ითქმის ეთანოლის წარმოებაზე. სპირტის წარმოება წლიდან წლამდე უფრო ეფექტური და ნაკლებად ენერგოტევადი ხდება. მოსალოდნელია, რომ როდესაც ცელულოზას გარდაქმნა ეთანოლში დარეგულირდება, ეთანოლის წარმოების ხარჯები მნიშვნელოვნად შემცირდება. მუდმივად მწვანე ბოჭკოვანი კულტურები და მყარი ნარჩენები გამოყენებას ჰპოვებენ ეთანოლის საწარმოებლად.

ეთანოლი ყველაზე უსაფრთხო კომპონენტია ბენზინში. ეთანოლიანი ბენზინი სწრაფად განიცდის ბიოდაშლას ზედაპირულ წყლებში, გრუნტის წყლებში და ნიადაგში.

ბოლო პერიოდში ეთანოლის წარმოება და მისი გამოყენება საავტომობილო საწვავების. კერძოდ ბენზინის კომპაუნდირებისათვის მნიშვნელოვნად იზრდება. ამის მიზეზებს წარმოადგენს ეთანოლიანი საწვავის მაღალი საექსპლუატაციო მახასიათებლები და მისი კონკურენტუნარიანი ფასი ჩვეულებრივ ბენზინთან შედარებით. არსებობს სხვა ფაქტორებიც, მაგ. საწვავზე დეფიციტის შემცირება; აგროსამრეწველო კომპლექსისათვის პირველადი კულტურების წარმოების ზრდა, რაც ფასების სტაბილიზაციას უზრუნველყოფს; გარემომცველი გარემოს დაცვა მხუთავი გაზისა და მავნე კანცეროგენული ნაერთებისაგან;

ეთანოლის მაღალი ოქტანური რიცხვი ბენზინთან შედარებით იწვევს ძვირადღირებული მაღალოქტანური დანამატების და კომპონენტების გამოყენების შეზღუდვას;

ეთანოლი ტენის კარგი აბსორბენტია, რაც ზამთრის პერიოდში ანტიფრიზის გამოყენების თავიდან აცილების საშუალებაა;

ეთანოლს ახასიათებს მცირე გამრეცხი მოქმედებაც, რაც საწვავის მიწოდების სისტემის სისუფთავეს უზრუნველყოფს.

ბევრი ქვეყანა ამჟამად ან ახორციელებს ეთანოლის მსხვილმასშტაბურ წარმოებას და მოხმარებას ან ცდილობს აღნიშნული სფეროების გაფართოებას.

ეთანოლი საწვავში ამცირებს კანცეროგენულ ნივთიერებას, მაგ. ბენზოლს და სხვა არომატულ ნივთიერებებს.

ეთანოლი იწვის ღია ცისფერი ალით, არ წარმოქმნის ნამწვს და გამოყოფს დიდი რაოდენობით ენერგიას, რის გამოც იგი ითვლება იდეალურ საწვავად.

ეთანოლი კარგი გამხსნელი, ეფექტური ანტიდეტონატორი და ეკოლოგიურად სუფთა ოქსიგენტია; კარგად შეერევა წყალს და ბევრ ორგანულ გამხსნელს.

### ***ბენზინის ფრაქციის მიღება და მისი კონტაქტურ-კატალიზური გაკეთილშობილება***

კვლევის ობიექტად შეირჩა საცხენისის ადგილმდებარეობის ნავთობი. იგი წარმოადგენს მსუბუქ ნავთობს და ხასითდება ბენზინის ფრაქციის შედარებით მაღალი შემცველობით.

შესწავლილ და დადგენილ იქნა საცხენისის ნავთობის მახასიათებლები:

**ცხრილი 1. საცხენის ნავთობის მახასიათებლები**

№	მახასიათებლები	მნიშვნელობა
1	სიმკვრივე, $\rho_4^{20}$ კგ/მ <sup>3</sup>	797
2	კოქსის შემცველობა, %	0,1
3	წყლის შემცველობა, %	0,38
4	ნაჯერი ორთქლის წნევა, კა	500

აღნიშნული ნავთობიდან გამოიყო ბენზინის ფრაქცია დუღილის ტემპერატურულ ინტერვალში, დულ. დასაწყ. – 180°C. ფრაქციის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები და ქიმიურ-ჯგუფური შედგენილობა წარმოდგენილია ცხრილებში 2 და 3.

**ცხრილი 2. პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის მახასიათებლები**

№	მახასიათებლები	მნიშვნელობები
1	სიმკვრივე, $\rho_4^{20}$ კგ/მ <sup>3</sup>	790
2	გამოსავალი, %	21,3
3	ფეთქვის ტემპ. დახურულ ტიგელში, °C	34
4	გამყარების ტემპერატურა, °C	მინუს 49
5	მჟავური რიცხვი, მგ KOH/1გ ნავთობპროდუქტზე	0,011
6	გამოცდა სპილენძის ფირფიტაზე	იჭერს
7	ოქტანური რიცხვი	59
8	რეფრაქცია	1,4200
9	ფერი	უფერო
10	ფრაქციული შედგენილობა, %, °C	
	დულ. დასაწყ.	38
	10% გამოიხადა	58
	50% გამოიხადა	105
	90 % გამოიხადა	170
	96% გამოიხადა	180
	ნარჩენი	1,5



**ცხრილი 3. პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის ქიმიურ-ჯგუფური შედგენილობა**

ნორმალური პარაფინული ნახშირწყალბადების შემცველობა, %	იზოპარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების შემცველობა, %	არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა, %
31,8	34,3	33,9

ჩატარდა პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის კატალიზური რიფორმინგი და რიფორმირებული ბენზინის კომპაუნდირება მაღალოქტანური ჟანგბად-შემცველი ნივთიერებით, კერძოდ ბიოეთანოლით, რომელიც ბოლო პერიოდში ფართოდ გამოიყენება საავტომობილო ბენზინების ხარისხის გასაუმჯობესებლად. ბიოეთანოლი მიიღება შაქრის შემცველი სოფლის მეურნეობის ნედლეულისაგან რიგი გარდაქმნების შედეგად.

სამუშაოს მიზანს შეადგენდა პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის ხარისხის ამაღლება, კერძოდ ოქტანური რიცხვის გაზრდა, ძვირადღირებული სამრეწველო 0,5% Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> კატალიზატორის ნაცვლად, ახალი, იაფადღირებული შერჩეული კატალიზატორების თანაობისას.

კონტაქტურ-კატალიზური გარდაქმნისათვის კატალიზატორებად გამოყენებულ იქნა ჩვენს მიერ დამზადებული 0,5% Pt/მოდიფიც. გუმბრინზე და 0,25%Pt + 0,25% Ti/მოდიფიც. გუმბრინზე. თავდაპირველად შესწავლილ იქნა ბუნებრივი და გააქტივებული გუმბრინის კატალიზური თვისებები ნორმალური ჰექსადეკანის გარდაქმნის მაგალითზე.

ბუნებრივი გუმბრინი იაფადღირებული და ადვილად ხელმისაწვდომი საქართველოს სოფლის გუმბრის თიხამიწაა. ბუნებრივი გუმბრინი დაქუცმაცდა, გაიცრა და გამოირჩა 90 – 100 მეშ-ის ზომის ფრაქცია.

ბუნებრივი გუმბრინის გააქტივება (მოდიფიცირება) მოხდა შემდგნაირად: გაცრის შედეგად გამორჩეული ფრაქცია (90 – 100 მეშ) მოთავსდა სამყელიან მრგვალძირა კოლბაში. დაემატა 20%-იანი მარილმჟავას ხსნარი, თანაფარდობით 1 : 3 (თიხამიწა : მარილმჟავა) და ენერგიული მუდმივი მორევის პირობებში სარეაქციო მასა დუღდა 6 საათის განმავლობაში. ერთი საათით დაყოვნების შემდეგ, დეკანტაციით სარეაქციო მასას მოცილდა მარილმჟავას ხსნარი. თიხამიწა

მოთავსდა ბიუხნერის ძაბრზე და გაირეცხა წყლით რამდენიმეჯერ  $Cl^-$  (ქლორის იონების) იონების მოცილებამდე, რაც მოწმდებოდა  $AgNO_3$  -ის ხსნარით.

გააქტივებული გუმბრინი გაშრა თერმოსტატში 100 – 150°C-ზე და გაანალიზდა. დადგინდა ბუნებრივი და მოდიფიცირებული თიხამიწის ქიმიური შედგენილობა მოდიფიცირების შემდეგ თიხამიწაში შემცირდა კრეკინგის გამომწვევი ოქსიდების შემცველობა.

ბუნებრივი და გააქტივებული გუმბრინის ქიმიური შედგენილობა წარმოდგენილია ცხრილში 4.

**ცხრილი 4. ბუნებრივი და გააქტივებული გუმბრინის შედგენილობა**

გუმბრინი	ოქსიდები, %								დანაკარგები და უცნობი ოქსიდები, %	ხვედრი ზედაპირი მ <sup>2</sup> /გ
	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$TiO_2$	$K_2O$	$Na_2O$		
ბუნებრივი	63,65	14,8	6,27	2,85	2,83	0,01	1,0	1,7	6,89	783
გააქტივებული	72,3	18,0	2,56	1,27	0,63	0,1	1,1	0,4	4,64	260

ბუნებრივი და მოდიფიცირებული გუმბრინი დაიწნება 3 × 4 მმ ზომის აბებად. აბები გამოიწვა 500°C ტემპერატურაზე კრისტალიზაციური წყლის მოსაცილებლად. ასეთი წესით მომზადებულ გუმბრინს აბებზე დაეფინა 0,5% Pt  $H_2PtCl_6$  - პლატინაქლორწყალბადმჟავა წყალხსნარის სახით. ლითონ პლატინის დაფენამდე გაანგარიშდა, როგორც პლატინის ასევე მისი შემცველი ნაერთის საჭირო რაოდენობები: ამისთვის აიწონა გამომწვარი გუმბრინის აბები: 100 მლ გუმბრინის აბების ნაყარი წონაა 76 გ; აღნიშნული რაოდენობის გუმბრინის აბებზე 0,5% Pt (პლატინის) დასაფენად საჭიროა:

$$\begin{aligned}
 &1) 99,5 \text{ გ (გუმბრინი)} \text{ --- } 0,5 \text{ გ Pt} \\
 &76 \text{ გ} \text{ ----- } X \\
 &X = 0,38 \text{ გ Pt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &2) 0,38 \text{ გ Pt -ს შეიცავს } y \text{ რაოდენობა } H_2PtCl_6 \\
 &410 \text{ გ } H_2PtCl_6 \text{ ----- } 195 \text{ გ Pt} \\
 &y \text{ ----- } 0,38 \text{ გ} \\
 &y = 0,8 \text{ გ } H_2PtCl_6
 \end{aligned}$$

0,8 გ  $H_2PtCl_6$  გაიხსნა 25 მლ დისტილირებულ წყალში, მარილმჟავით ოდნავ შემჟავდა და დაესხურა გუმბრინის აბებს. თერმოსტატში 100-150°C-ზე გაშრობის შემდეგ, კატალიზატორი მოთავსდა გამდინარე ტიპის რეაქტორში, კერძოდ მის შუა ნაწილში და დაექვემდებარა აღდგენას. აღდგენა მიმდინარეობდა წყალბადის ნაკადის მუდმივი მიწოდების და ტემპერატურის თანდათან გაზრდის პირობებში 50°C-იდან 400°C-მდე.

აღსადგენი ხელაწყო შედგება ღუმლისგან და მასში მოთავსებული თერმულად მდგრადი მინის მილისაგან, რომლის ერთი ბოლო დაკავშირებულია საწვეთურთან, ხოლო მეორე ბოლო - მიმდებთან. წყალბადი მიიღება წყალბადის გენერატორით 40%-იანი KOH-ის ხსნარის ელექტროლიზით. მიღებული წყალბადი შრება და სუფთავდება - ე.წ. „ტიშჩენკოს“ ჭურჭელში მოთავსებულ  $CaCl_2$ -ით, შემდეგ  $H_2SO_4$ -ით და Cu-ის ბადით. სპილენძის ბადე ამავე დროს ასრულებს ნაპერწკლის ან აფეთქების შემაფერხებლის როლს.

კატალიზატორის აღდგენა ითვლება დამთავრებულად, როცა მიმღებში შეწყდება წყლის წვეთების გამოყოფა 350-400°C ტემპერატურაზე. აღდგენას ჭირდება დაახლოებით 28-30 სთ.

ამის შემდეგ შემოწმდა კატალიზატორის აქტივობა ციკლოჰექსანის ბენზოლში დეჰიდრირების მაგალითზე. ამისთვის ციკლოჰექსანი 50 მლ-ის რაოდენობით, 0,5 სთ<sup>-1</sup> მოცულობითი სიჩქარით გატარდა კატალიზატორზე საწვეთურის დახმარებით. მოცულობითი სიჩქარე გულისხმობს ერთ საათში 100 მლ კატალიზატორზე 50 მლ ნივთიერების გატარებას, ე.ი.  $v = \frac{50}{100}$  მლ ც-ნი/ მლ კატ. ციკლოჰექსანის დეჰიდრირება ჩატარდა 300-310°C-ზე. მიღებული პროდუქტის გარდატეხის მაჩვენებელით შემოწმდა კატალიზატორის აქტივობა. მიღებული ბენზოლიანი ნარევის გარდატეხის მაჩვენებელია  $n_D^{20}=1,4866$ , რაც შეესაბამება Pt/გუმბრინიანი კატალიზატორის აქტივობის 85%-ს.

კატალიზატორი – 0,5% Pt/მოდიფიც. გუმბრინი 100 მლ-ის რაოდენობით ჩაიტვირთა გამდინარე ტიპის საკატალიზო რეაქტორში და მასზე ჩატარდა პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის კონტაქტურ-კატალიზური გარდაქმნა წინასწარ დადგენილ ოპტიმალურ პირობებში.

პირდაპირნახადი ბენზინი ფრაქციის კონტაქტურ - კარალიზური გარდაქმნის ოპტიმალური პირობებია: ტემპერატურა - 450°C , წნევა - ატმოსფერული, ნედლეულის გატარების მოცულობითი სიჩქარე,  $v = 0,5$  სთ<sup>-1</sup>, წყალბადის ნაკადის მუდმივი მიწოდების თანაფარდობა, ნედლეული: წყალბადი - 1 : 3.

კატალიზური გარდაქმნის შედეგად მიღებული კატალიზის გაანალიზების შემდეგ, დადგინდა რომ მას გაზრდილი ჰქონდა ოქტანური რიცხვი 72-მდე, მაგრამ ამავე დროს გაზრდილი იყო არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობა, რაც თანამედროვე ეკოლოგიური თვალსაზრისით არასასურველი ფაქტორს წარმოადგენს.

აღნიშნულის გათვალისწინებით, და აგრეთვე პლატინის კატალიზატორის გაიაფების მიზნით დამზადდა ახალი ბილითონური კატალიზატორი პლატინისა და ტიტანის შემცველობით მოდიფიცირებული გუმბრინის სარჩულად გამოყენების საფუძველზე. კვლევების შედეგად დადგინდა აღნიშნული ლითონების შემცველობის ოპტიმალური თანაფარდობა კატალიზატორში, რომელმაც უზრუნველყო უპირატესად იზომერიზაციის რეაქციის წარმართვა.

უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ კატალიზატორებში ლითონების - პლატინისა და ტიტანის რაოდენობების ცვლა წარმოებდა მათი ჯამის შეუცვლელად 0,5%-ის ფარგლებში.

ზემოთ განხილულის გათვალისწინებით დამზადდა ახალი ბილითონური პლატინისა და ტიტანის თანაბარი რაოდენობით შემცველი კატალიზატორი, პლატინა : ტიტანი, 1 : 1, თანაფარდობით. ე.ი. კატალიზატორში თითოეული ლითონის შემცველობა განისაზღვრა 0,25%-ის რაოდენობით.

კატალიზატორში პლატინისა და ტიტანის და აგრეთვე მათი შემცველი ნაერთების საჭირო რაოდენობები; გაანგარიშდა ზემოთ აღწერილი მეთოდით და მომზადდა ბილითონური კატალიზატორი - 0,25%Pt + 0,25%Ti/მოდიფიც.გუმბრინი. ბილითონური კატალიზატორი აღდგა მონოლითონური კატალიზატორის აღდგენის ანალოგიური მეთოდით. ციკლოპექსანის დეჰიდრირებით მიღებული ბენზოლიანი ნარევის რეფრაქცია იყო  $n_D^{20}=1,4886$ , რაც შეესაბამება ბილითონური კატალიზატორის აქტიობის 86,3%-ს.

ბილითონურ კატალიზატორზე 0,25%Pt + 0,25%Ti/მოდფიც.გუმბრინი. გუმბრინი ჩატარდა პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის კონტაქტურ-კატალიზური გარდაქმნა წინასწარ დადგენილ ოპტიმალურ პირობებში: ტემპერატურა - 450°C, წნევა - ატმოსფერული, ნედლეულის მიწოდების მოცულობითი სიჩქარე -  $v = 0,5$  სთ<sup>-1</sup>, წყალბადის ნაკადის მუდმივი მიწოდება, თანაფარდობით, ნედლეული: წყალბადი - 1 : 3. კატალიზატი გაანალიზდა. ანალიზის შედეგები: გამოსავალი, ოქტანური რიცხვი, ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები, ქიმიურ-ჯგუფური შედგენილობა წარმოდგენილია ცხრილში 5.

რიფორმატების - კატალიზატების გამოსავალი როგორც მონო - და ასევე ბილითონური კატალიზატორების თანაობისას საკმაოდ მაღალია, განსაკუთრებით ბილითონური კატალიზატორის თანაობისას.

რაც შეეხება ქიმიურ-ჯგუფურ შედგენილობას: პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის ბილითონურ კატალიზატორზე კონტაქტურ-კატალიზური გარდაქმნით მიღებულ კატალიზატორში გაზრდილია იზომერული ნახშირწყალბადების რაოდენობა, არომატული ნახშირწყალბადების შემცირების ხარჯზე (ცხრილები 2 და 5), რაც ეკოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია.

იზომერიზაციის შედეგად ბენზინის ოქტანური რიცხვი გაიზარდა 9 – 12 ერთეულით საწყისი პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის ოქტანურ რიცხვთან შედარებით. კატალიზატორებში ოქტანური რიცხვის გაზრდა ძირითადად განპირობებულია იზომერული ნახშირწყალბადების რაოდენობის გაზრდით და ნაწილობრივ არომატული ნახშირწყალბადების შემცირებით.

არომატული ნახშირწყალბადების შემცირებული რაოდენობა ბენზინში, წინაპირობაა ბენზინის ხარისხისადმი წაყენებული ეკოლოგიური მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად.

პირდაპირნახადი ბენზინების იზომერიზაციას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება. ბენზინის ფრაქციის იზომერიზაცია ძირითადად გულისხმობს  $C_5 - C_{10}$  ნორმალური აგებულების ნახშირწყალბადების იზომერიზაციას სხვადასხვა იზომერატებში. იზომერიზაციის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან თვისებას წარმოადგენს იზომერატების ოქტანურ რიცხვებს შორის სხვაობა. ოქტანური რიცხვი ისაზღვრება ორი მეთოდით: ძრავული და კვლევითი. გარდა ამისა, იზომერების რაოდენობის

ცხრილი 5. საცხენისის ნავთობიდან გამოყოფილი პირდაპინახადი ბენზინის ფრაქციის გარდაქმნით მიღებული რიფორმატების მახასიათებლები

№	მახასიათებელი კატალიზატორები	კატალიზატორის გამოსავალი, %	ოქტანური რიცხვი	სიმკრივე, $\rho_4^{20}$ კგ/მ <sup>3</sup>	რეფრაქცია $n_D^{20}$	გაყინვის ტემპერატურა, °C	მუყავური რიცხვი, მგ KOH/1გ ბენზინზე	კოქსი %	ქიმიურ-ჯგუფური შედგენილობა		
									ნ. პარაფინული ნახშირწყალბადების შემცველობა, %	იზოპარაფინული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების შემცველობა, %	არმატული ნახშირწყალბადების შემცველობა, %
1	0,5% Pt/მოდულიზირებული გუმბრინი	83,6	70	795	1,3906	-72	0,01	1,5	9,9	74,6	15,5
2	0,25Pt + 0,25%Ti/მოდულიზირებული გუმბრინი	88,9	72	802	1,3933	-80	0,01	1,6	8,6	78,3	13,1

გაზრდა რიფორმატებში იწვევს არომატული ნახშირწყალბადების და პირველ რიგში, ბენზოლის რაოდენობის შემცირებას, რაც აუმჯობესებს ბენზინის ხარისხს და მას ეკოლოგიურ სისუფთავეს ანიჭებს.

მეორე ძირითადი თვისებაა - ის, რომ იზომერული ნაერთი ნაჯერი ორთქლის წნევაზე ნაკლებ გავლენას ახდენენ. ამ ფაქტს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან დღეისათვის სწორედ ამ თვისების სასაქონლო ბენზინებზეა მოთხოვნილება გაზრდილი. იზომერიზაციის რეაქციის წარმართვის გარდა, ბილითონური კატალიზატორი იაფადღირებულიც არის რიფორმინგის სამრეწველო კატალიზატორთან - 0,5% Pt / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> შედარებით.

კატალიზატორის გაიაფება გამოიწვია მასში პლატინის რაოდენობის შემცირებამ 0,5%-დან 0,25%-მდე და აგრეთვე სარჩულად საქართველოს ალუმოსილიკატების - გუმბრინის გამოყენებამ ალუმინის ოქსიდის ნაცვლად.

### **ბიოეთანოლი და ბიობენზინი**

ექსპერიმენტული სამუშაოს შემდგომ ეტაპს წარმოადგენდა რიფორმირებული იზომერული ნახშირწყალბადების მაღალი შემცველობის მქონე ბენზინების კომპაუნდირება ბიოეთანოლით მათი ოქტანური რიცხვის უფრო მეტად ამაღლების და წვის უნარის გაუმჯობესების მიზნით.

ცნობილია, რომ ეთანოლის დამატებით ბენზინი მდიდრდება ჟანგბადით, რაც უზრუნველყოფს საწვავის სრულ წვას და გამონაბოლქვ აირებში ნახშირბადის ოქსიდის 30%-ით შემცირებას; მცირდება აგრეთვე ტოქსიკური ნივთიერებების 30%-ით და მსუბუქი ორგანული ნივთიერებების 25%-ზე მეტი რაოდენობით გამოტყორცნა. ყოველივე ამის გათვალისწინებით, გადაწყდა ეთანოლის მიღება სოფლის მეურნეობის არა ტრადიციული ძვირფასი ნედლეულიდან (შაქრის ლერწამი, ქერი, სიმინდი, ხორბალი, შვრია, ბრინჯი და ა.შ.), არამედ საკვებად გამოუსადეგარი ნედლეულისაგან, კერძოდ, ყანაში დარჩენილი სიმინდის ღეროს ძირებიდან.

ზემოთ აღწერილია სიმინდის ღეროს ძირებში არსებული ცელულოზას გამოყოფისა და მისი გარდაქმნით ბიოეთანოლის მიღების შესაძლებლობა. აღნიშნული ნედლეულის გამოყენება ეთანოლის და შემდგომში ბიოეთანოლის მისაღებად ლიტერატურაში ცნობილი არ არის; ჩვენს მიერ პირველად არის განხორციელებული. რიფორმირებულ ბენზინებს ოქტანური რიცხვის ამალღების მიზნით დაემატა ცელულოზადან მიღებული ბიოეთანოლი 5%-ის რაოდენობით.

ეთანოლიდან ბიოეთანოლის მიღება მოხდა შემდეგნაირად: ეთანოლის 5 მლ-ს დაემატა სტაბილიზატორის სახით 1 მლ მეთილის სპირტი და 1 მლ რახის ზეთი.

ბიოეთანოლით კომპაუნდირებული ბენზინის მახასიათებლები წარმოდგენილი 6 ცხრილში.

**ცხრილი 6. კომპაუნდირებული ბიობენზინის მახასიათებლები**

№	მახასიათებლები	მნიშვნელობა
1	სიმკვრივე, $\rho_4^{20}$ 20°C, კგ/მ <sup>3</sup>	770
2	ოქტანური რიცხვი: ძრავული მეთოდით	82
3	დუღილის ტემპერატურა, °C	30 – 215
4	აორთქლების სითბო, კჯ/კგ	306
5	ნაჯერი ორთქლის წნევა, 38° C	92

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ბიოეთანოლით კომპაუნდირებულ ბიობენზინს გაეზარდა ოქტანური რიცხვი 82-მდე (ძ.მ.) და გაუმჯობესდა წვის უნარი.

5%-ით და არა მეტი რაოდენობით ბიოეთანოლის დამატება განაპირობა იზომერული ნახშირწყალბადებით მდიდარმა რიფორმატმა.

ბიოეთანოლის დამატება ბენზინთან ცვლის საწვავი ნარევის ნაჯერი ორთქლის წნევას. ნაჯერი ორთქლის წნევა წარმოადგენს საავტომობილო საწვავების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საექსპლუატაციო მახასიათებელს. მიუხედავად იმისა, რომ ეთილის სპირტს გააჩნია უფრო დაბალი ნაჯერი ორთქლის წნევა, ვიდრე საშუალო ბენზინს, მისი კომპაუნდირება ეთანოლით მაინც ზრდის ნარევის ნაჯერი ორთქლის წნევას.

პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის კატალიზური გარდაქმნით მიღებული იზომერული ნახშირწყალბადებით მდიდარი რიფორმატის კომპაუნდირება



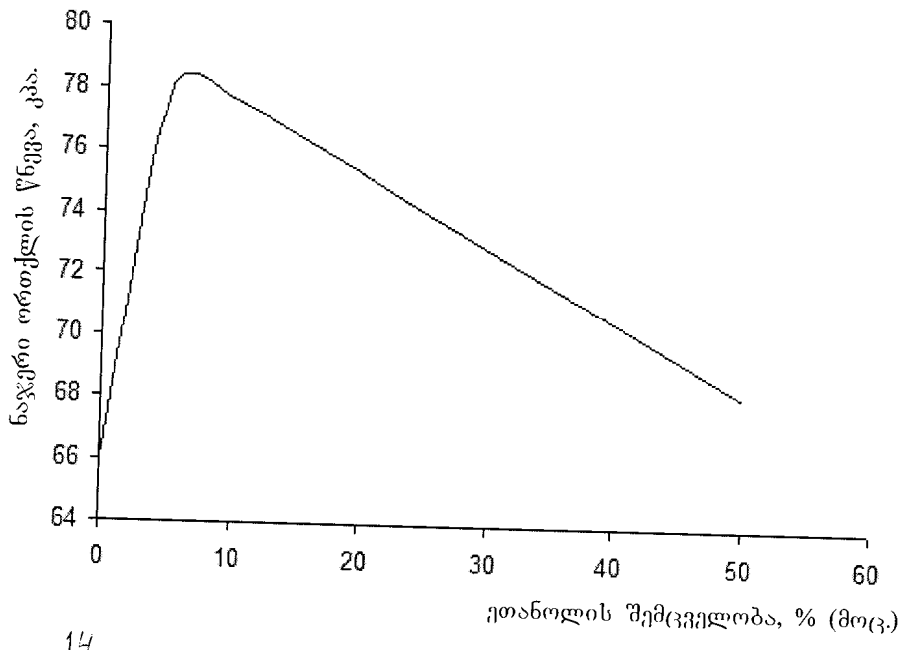
განხორციელდა ცელულოზიდან წარმოებულ ეთანოლთან. დასამატებელი ეთანოლის რაოდენობის დადგენის მიზნით დამზადდა მისი სხვადასხვა შემცველობის (5-დან 50%-მდე, მოც.) ნარევი რეფორმირებულ ბენზინთან. განისაზღვრა ნარევის ნაჯერი ორთქლის წნევა. ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით აიგო მრუდი, რომელიც წარმოდგენილია მე-6 ნახაზზე.

6% (მოც.) ეთანოლის დამატების შემთხვევაში კომპოზიციის ნაჯერი ორთქლის წნევა მკვეთრად იზრდება (78,5 კპა), ხოლო სპირტის კონცენტრაციის შემდგომი გაზრდით ბენზინში, აღნიშნული მახასიათებელი თანდათანობით მცირდება.

საწვავის ასეთი ანომალური მოქმედება აიხსნება იმით, რომ ეთანოლის კომპაუნდირება ნახშირწყალბადებთან წარმოქმნის აზეოტროპს, რომელსაც გააჩნია უფრო მაღალი ნაჯერი ორთქლის წნევა, ვიდრე კომპოზიციის წარმომქმნელ ორივე კომპონენტს ცალ-ცალკე. ეთანოლის მცირე რაოდენობით 5 – 6% (მოც.) შემცველი კომპოზიციის ნაჯერი ორთქლის წნევის მნიშვნელობა ახლოსაა აზეოტროპის ანალოგიური მახასიათებლის მნიშვნელობასთან. ეთანოლის კონცენტრაციის გაზრდით ნარევი, ნარევის ნაჯერი ორთქლის წნევა თანდათანობით მცირდება, რადგან უახლოვდება სუფთა ეთანოლის იგივე მახასიათებლის მნიშვნელობას. უნდა აღინიშნოს, რომ ეთანოლის მცირე კონცენტრაციის 5 – 6% (მოც.) შემთხვევებშიც ეთანოლშემცველი საწვავის ნაჯერი ორთქლის წნევის მნიშვნელობა (78,5 კპა) აკმაყოფილებს ეთანოლიანი საწვავებისათვის მიღებული სტანდარტის „ГОСТ Р 5201-2004“ მონაცემებს. სტანდარტით ეთანოლშემცველი საწვავის ნაჯერი ორთქლის წნევის ცვლილების ინტერვალია 45 – 100 კპა.

ბიოეთანოლის მცირე რაოდენობით დამატება ბენზინზე ზღუდავს მის ტოქსიკურ ზემოქმედებას ადამიანის ორგანიზმზე. ბიოეთანოლის ბიოლოგიური ზემოქმედება ადამიანის ჯანმრთელობაზე განისაზღვრება სისხლში ეთანოლის შემცველობით, მგ/დლ-ში. მინიმალური შემცველობის ინტერვალია 0,02-0,15 მგ/დლ, ხოლო მაქსიმალური - 25 მგ/დლ.

ადამიანის ორგანიზმზე ბიოეთანოლის ზემოქმედება მისი ორთქლის შესუნთქვით ხდება ავტობობლებში და ავტოგასამართ სადგურებში. ბიოეთანოლის ორთქლის მაღალი შემცველობა იწვევს თვალის და ზედა სასუნთქი გზების



ნახ. 6. სპირტ-ბენზინის კომპოზიციის ნაჯერი ორთქლის წნევის დამოკიდებულება ეთანოლის შემცველობაზე კომპოზიციაში

ლორწოვანი გარსის გაღიზიანებას, თავის ტკივილს და მძინარებას, მაგრამ მას ხანმოკლე ხასიათი აქვს და არ გადაიზრდება ადამიანისათვის ქრონიკულ დაავადებაში.

ბიობენზინიდან გამოყოფილი ბიოეთანოლის ორთქლი არ მოახდენს ადამიანის ორგანიზმზე არანაირ ტოქსიკურ ზემოქმედებას, რადგან იგი ძალიან მცირე დოზით ხვდება და სწრაფადვე გამოდის ორგანიზმიდან. მხოლოდ ბიოეთანოლის დიდი რაოდენობით მოხმარებამ შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანის ორგანიზმში პათოლოგიური ცვლილებები. ბიობენზინში ბიოეთანოლის მცირე რაოდენობა სასურველია აგრეთვე იმ მიზეზითაც, რომ შენარჩუნებულ იქნას შუასადებების საზეთების აგრეგატული მდგომარეობა და არ მოახდინოს უარყოფითი გავლენა-გაჯირჯვება რეზინის შემცველ ტექნიკურ დეტალებზე.

ბიოეთანოლის შერევით მომზადებული ბიობენზინი წვის დროს გამოყოფს მცირე რაოდენობით ნახშირწყალბადებს, აზოტის ოქსიდებს და როგორც ალტერნატიული საწვავი აკმაყოფილებს გარემომცველი გარემოს სისუფთავისადმი წაყენებულ ყველა ეკოლოგიურ პარამეტრს.

ბიობენზინი მოხმარების პროცესში გამოყოფს ჭარბი რაოდენობით ნახშირბადის დიოქსიდს, რომელიც ხელს უწყობს მწვანე ნარგავების ზრდა-განვი-

თარებას, სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობის გაზრდას და შესაბამისად ქვეყნის ეკონომიკურ აღმავლობას.

## დასკვნა

1. ჩატარებულია კვლევები ბიოეთანოლის მისაღებად საკვებად გამოუსადეგარი სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან, კერძოდ ყანის ალების შემდეგ ველზე დარჩენილი სიმინდის ღეროების ძირებიდან. ძირების დამუშავებით მისგან გამოიყო ცელულოზა, რომელმაც განიცადა ჰიდროლიზი მონოსაქარიდებამდე - გლუკოზამდე; გლუკოზის ღუეებით ღვინის საფუარის თანაობისას, მიღებულ იქნა ეთანოლი; ხოლო მისი დენატურირებით - ბიოეთანოლი. აღნიშნული მეთოდით ბიოეთანოლის მიღება პირველად განხორციელდა.

2. ცელილოზა, გლუკოზა და ეთანოლი ფართოდ გამოყენებად ნედლეულებს წარმოადგენენ მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში.

3. საცხენინის ადგილმდებარეობის ნავთობიდან გამოყოფილია პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქცია, დუღ. დასაწ. – 180°C. მისი ოქტანური რიცხვი 59-ია.

4. ოქტანური რიცხვის ამაღლების მიზნით ჩატარდა პირდაპირნახადი ბენზინის ფრაქციის კონტაქტურ-კატალიზური გარდაქმნა, ძვირადღირებული სამრეწველო კატალიზატორის ნაცვლად, ახალი მონო- და ბილითონური შედარებით იაფადღირებული კატალიზატორების თანაობისას წინასწარ დადგენილ ოპტიმალურ პირობებში.

5. მონოლითონური კატალიზატორის სახით გამოყენებული იყო 0,5% Pt, დაფენილი საქართველოს ადგილმდებარეობის მოდიფიცირებულ თიხამიწა-გუმბრინზე, ხოლო ბილითონური კატალიზატორის სახით - 0,25%Pt + 0,25% Ti, ასევე დაფენილი მოდიფიცირებული გუმბრინზე. აღნიშნული მონო- და ბილითონური კატალიზატორები პირველად იქნა გამოყენებული პირდაპირნახადი ბენზინის რიფორმინგის პროცესში.

6. ბილითონურ (პლატინა + ტიტანი) კატალიზატორში ლითონ ტიტანს უპირატესად მიყავს იზომერიზაციის და ნაკლებად არომატიზაციის რეაქცია. შედეგად რიფორმატში გაზრდილია იზომერული და შემცირებულია არომატული ნახშირწყალბადების რაოდენობა. მიღებული რიფორმატი ოქტანური რიცხვის

მაჩვენებლით და იზომერატების გაზრდილი რაოდენობით აკმაყოფილებს ბენზინის საექსპლუატაციო თვისებებს და მისი ხარისხისადმი წაყენებულ ეკოლოგიურ მოთხოვნებს.

7. იზომერული ნახშირწყალბადების მაღალი შემცველობის რიფორმატს დაემატა 5%-ის რაოდენობით ბიოეთანოლი, რამაც ბიობენზინის ოქტანური რიცხვი 82 ერთეულამდე გაზარდა (მ.მ.) და გააუმჯობესა მისი წვის უნარი.

### *გამოყენებული ლიტერატურა*

1. მ. ანდლულაძე. მეთოდური მითითებები ბიოორგანული და ბიოლოგიური ქიმიის ლაბორატორიული პრაქტიკუმის ჩასატარებლად. თბილისი, სტუ, 1991
2. მ. ანდლულაძე, თ. შაქარაშვილი, მ. თედეთი, გ. ლოლაშვილი. ბენზინის ოქტანური რიცხვის გაზრდა ბიოდანამატების გამოყენებით. თბილისი, საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 9(2), 2009
3. თ. შაქარაშვილი, მ. ანდლულაძე, ნ. კუციავა. ნავთობის მრეწველობის განვითარების მოკლე ისტორიული ცნობები. თბილისი, სტუ, 2013.

