

ASTM



მადლენა ჩხაიძე

სიმინდის ნარჩენიდან მიღებული ბიობენზინის
საავტომობილო საწვავად გამოყენების შესაძლებლობის
გამოკვლევა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად სადოქტორო

პროგრამა „ტრანსპორტი“

შიფრი 0716

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2022 წ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის
ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით **მადლენა ჩხაიძის** მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: **სიმინდის ნარჩენიდან მიღებული ბიობენზინის საავტომობილო საწვავად გამოყენების შესაძლებლობის გამოკვლევა.**

და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

25 ივლისი 2022 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: პროფესორი გიორგი აბრამიშვილი

პროფესორი ნათელა ხეცურიანი

რეცენზენტი: ტ.მ.დ. პროფესორი რ.ქავთარაძე

რეცენზენტი: აკად.დოქტორი დ.ალადაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2022_წ

ავტორი: მადლენა ჩხაიძე

დასახელება : სიმინდის ნარჩენიდან მიღებული ბიობენზინის საავტომობილო საწვავად გამოყენების შესაძლებლობის გამოკვლევა.

სადოქტორო პროგრამა: „ტრანსპორტი“

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: ტრანსპორტის ინჟინერიის დოქტორი.

სხდომა ჩატარდა _____

ინდივიდუალური პროცენტების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა _____

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

ნავთობის მარაგების შემცირების გამო ნავთობური წარმოშობის ენერგომატარებლების დაზოგვითი ტექნოლოგიების განვითარება, გამონაბოლქვი ნაერთების ნორმების გამკაცრება, გარემოს დაბინძურება აიძულებს მსოფლიოს აითვისოს ენერჯის ახალი, განახლებადი წყაროები. ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების ერთ-ერთი მექანიზმი სწორედ განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებაა. ეს ტენდენციები მკვეთრად აისახება აშშ-ის, ევროკავშირის და სხვა მოწინავე ქვეყნების ენერჯეტიკის განვითარების პროგრამებში, სადაც ნაჩვენებია რომ 2040 წლისთვის მსოფლიო ენერჯეტიკულ ბაზარზე გლობალური პირველადი ენერჯის მოხმარებაში განახლებადი ენერჯის წყაროების წილის 30%-მდე გაზრდა და წარმოქმნილი სათბური აირების 50%-ით შემცირებაა ნავარაუდები. ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენება იწვევს ენერჯის დაბალ ნახშირბადშემცველ ნარევეებზე გადასვლას, რაც დადებით ეფექტს გვაძლევს როგორც ეკონომიკური, ასევე ეკოლოგიური კუთხით.

დღეისათვის საწვავის ბაზრის განვითარების ძირითად ტენდენციად ბიოენერჯეტიკა ითვლება, რომელიც უახლოესი 30-40 წლის განმავლობაში მსოფლიო სისტემის ენერჯით უზრუნველყოფის განვითარებაში უპირატესობას შეინარჩუნებს.

თანამედროვე მსოფლიოში კლიმატის ცვლილება, რომელიც ერთ-ერთი ყველაზე სერიოზული ეკოლოგიური პრობლემას წარმოადგენს, ასოცირდება "სათბურის ეფექტთან", რაც გამოწვეულია ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის (CO₂) კონცენტრაციის მკვეთრი მატებით. ეს კი ეწინააღმდეგება კიოტოს პროტოკოლის და რიო-დეჟანეიროს კლიმატური კონვენციის გადაწყვეტილებებს, რომლებიც განსაზღვრავს 21-ე საუკუნეში სათბური აირების ემისიების მნიშვნელოვან შემცირებას.

ავტოტრანსპორტის სფეროში ეკოლოგიური მოთხოვნების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს გამონაბოლქვ აირებში CO₂-ის რადიკალურად შემცირება. ლიდერი სახელმწიფოები, როგორცაა ამერიკის შეერთებული

შტატები, ჩინეთი და ევროკავშირი ყოველწლიურად ამკაცრებენ გამონახობულ ემისიებში CO₂-ის ნორმებს სატრანსპორტო საშუალებების ყველა სახეობისთვის, რაც განაპირობებს მათი ეკონომიურობის მნიშვნელოვან ზრდას და ახალი, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავების დამზადების აუცილებლობას. მაგალითად მაღალი დეტონაციური მდგრადობის ბენზინის მისაღებად გამოიყენება ოქსიგენატები (ჟანგბადშემცველი კომპონენტები), რომელთაგან უმეტესად გავრცელებულია ბიოეთანოლი, რომელიც მიიღება განახლებადი ბიონარჩენებიდან, რომლის გამოყენებას თან ახლავს ატმოსფეროში CO₂-ის შემცირება, ხოლო ძრავაში მისი წვის დროს მნიშვნელოვნად მცირდება მავნე ნაერთების შემცველობა ნავთობბენზინთან შედარებით.

ალტერნატიული, განახლებადი, ეკომეგობრული საწვავის წარმოება ძალზე მნიშვნელოვანია საქართველოსთვის, რომელიც თითქმის მთლიანად იმპორტირებულ ნავთობპროდუქტებზე არის დამოკიდებული. კვლევები ცხადყოფს, რომ სწორედ ტრანსპორტის წილად მოდის ქვეყნის მასშტაბით 74%, ხოლო თბილისში 79% ატმოსფეროში გაფრქვეული მავნე ემისიები. საქართველოში ბოლო ათწლეულში რესპირატორული და ონკოლოგიური დაავადებების რაოდენობა 20%-ით გაიზარდა. ამიტომ ჩვენი ქვეყნისთვის მნიშვნელოვანია განახლებადი ენერჯის წყაროებიდან და განსაკუთრებით მათი ნარჩენებიდან ეკომეგობრული ბიოსაწვავების წარმოება. ბიობენზინებს კი წარმატებით შეუძლია ჩაანაცვლოს ნავთობბენზინი საქართველოში არსებული შიგაწვის ძრავების მქონე სატრანსპორტო საშუალებებში. ქვეყნის ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების და ენერგომატარებლების დაზოგვითი ტექნოლოგიების განვითარების მექანიზმი ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენებაა.

წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს სიმინდისა და სოფლის მეურნეობის სხვა ნარჩენებიდან საწვავი ეთანოლის მიღება და ბიობენზინების წარმოება, რაც მნიშვნელოვანია ბიოეთანოლის ინდუსტრიის აღორძინებისა და სოფლის მეურნეობის განვითარებისათვის. გასული საუკუნის განმავლობაში მსოფლიოში ეთანოლის წარმოება გაიზარდა 8-ჯერ. ექსპერტების პროგნოზით 2040 წლისთვის ბიომასისგან დამზადდება საავტომობილო საწვავის მინიმუმ 20%. შემუშავებულია ბიობენზინის

წარმოების ტექნოლოგია ენერჯის განახლებადი წყაროებიდან და მეორადი ნედლეულიდან. ბიოეთანოლი მიეკუთვნება ბენზინების ეკოლოგიურად სუფთა მაღალოქტანურ დანამატს და მსოფლიოში ფართოდ გამოიყენება წიაღისეულ ბენზინებში საავტომობილო ძრავას მოდიფიკაციის გარეშე.

ჩვენს მიერ ლაბორატორიულ პირობებში მიღებულია 10 ლ საწვავი ეთანოლი სიმინდის და სოფლის მეურნეობის სხვა წარჩენებიდან. შესწავლილია ბიოეთანოლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები, რომელიც ASTM D-4806-20 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისია. მომზადდა E5 (5% ეთანოლი+95% ბენზინი), E10 (10% ეთანოლი+90% ბენზინი), და E20 (20% ეთანოლი+80% ბენზინი) ბიობენზინების საცდელი ნიმუშები „რომპეტროლის“ ფირმის „პრემიუმის“ მარკის ბენზინის ბაზაზე. შესწავლილ იქნა საცდელი ნიმუშების და საბაზო ბენზინის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები. დადგენილია, რომ საცდელი ნიმუშების პარამეტრები EN228 და EN15376 სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისია. ასევე განისაზღვრა საავტომობილო ბენზინის (E0) და E5, E10 და E20 ბიობენზინების ჯგუფური შედგენილობა „PerkinElmer Spectrum Version 10.4.2“ ინფრაწითელ სპექტრომეტრზე.

საცდელ ნიმუშებში E0, E5, E10 და E20 ინდივიდუალური ნახშირწყალ-ბადების განსაზღვრისთვის კვლევები ჩატარდა „Кристаллюкс-4000M“ გაზურ ქრომატოგრაფზე NetChromv2 პროგრამული უზრუნველყოფით. შესწავლილი და იდენტიფიცირებულია საკვლევ ობიექტებში შემავალი ინდივიდუალური ნახშირწყალბადები. მიღებული შედეგები ASTM D7096 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისია. ჩატარებულია საწვავების შედარებითი დახასიათება.

შესწავლილია ბიოეთანოლის გავლენა საავტომობილო ძრავას ეკოლოგიურობაზე. კვლევის ობიექტებს წარმოადგენდა “რომპეტროლის” ფირმის “რეგულარის” და “პრემიუმის” მარკის ბენზინები და ბიოეთანოლი საცდელი დანამატი, რომელიც ბენზინებს ემატებოდა 10%, 20% და 30% ოდენობით.

საცდელი დანამატის ეკოლოგიური თვისებების კვლევა განხორციელდა საავტომობილო ძრავების, SAK - 670 მარკის (გერმანია) საგამოცდო სტენდზე.

რომელზეც დამონტაჟებულია ავტომობილ “BMW-316”-ის ძრავა ქუროთი და გადაცემათა კოლოფით. სტენდი მოიცავს სამუხრუჭო და მაბრუნე მომენტის გამზომ, ასევე მუხლა ლილვის სიხშირის და საწვავის ხარჯის მზომ ხელსაწყოებს. კვლევებით დადგენილია, რომ ბიოეთანოლი შედარებით მეტ ეფექტიანობას ამჟღავნებს დაბალოქტანურ ბენზინებზე. დადგენილია, რომ საცდელი ბიოეთანოლის დამატებისას „სუპერისა“ და „რეგულარის“ მარკების ნავთობბენზინების ეკოლოგიური თვისებები უმჯობესდება. მაგალითად ბენზინზე რომპეტროლის დანამატად 10-30% საცდელი ბიოეთანოლის გამოყენების შემთხვევაში, BMW-316 მარკის საავტომობილო ძრავას გამონაბოლქვ აირებში მავნე კომპონენტების შემცველობა უქმ სვლასა და სრულ დატვირთვებზე, შესაბამისად მცირდება: CO-სი 11÷15 10÷14 %-ით; CH-ის 21÷25 და 20÷23%-ით; NOx - ის 7÷10 და 6÷9%-ით. განსაკუთრებით, საყურადღებოა „გლობალური დათბობის“ მთავარი მიზეზის CO₂ შემცირება, შესაბამისად 8÷14 და 10÷17 %-ით. რაც მიუთითებს საწვავი ეთანოლის გამოყენების გაფართოების პერსპექტივაზე. ამასთან ძრავას სიმძლავრე მცირდება 1÷2 %-ით და საწვავის საათური ხარჯი იზრდება 1÷1,2 %-ით. იმის გათვალისწინებით, რომ საწვავი ამ შემთხვევაში შეიცავს 10÷30% ბიოეთანოლს, რეალურად ადგილი აქვს საბაზო ნავთობბენზინის ხარჯის დაახლოებით 8-18%-ით შემცირებას.

გარდა ამისა ნავთობბენზინის „რეგულარის“ მარკის და E20 (20% საცდელი ბიოეთანოლის + 80% ნავთობბენზინი) ბიო ბენზინის ტესტირება BMW-510 მარკის M1 კატეგორიის ავტომობილის გამონაბოლქვ აირებში CO-ს შემცველობის დასადგენად ძრავას უქმი სვლის რეჟიმზე მუშაობისას, ჩატარდა ავტოსატრანსპორტო საშუალებების ტექნიკური ინსპექტირების ცენტრში - „ჭაპანი“ (ქ.თბილისი). დადგენილია, რომ უქმი სვლისას 1000 და 2250 წმ⁻¹ ბრუნვის სიხშირისას, გამონაბოლქვ აირებში CO-ს შემცველობამ შეადგინა, შესაბამისად, 0,38 და 0,39%-ი, რაც მნიშვნელოვნად ნაკლებია სტანდარტით დაშვებულ ნორმაზე - 0,6 % და 5% -ით ნაკლები საბაზო ბენზინთან შედარებით.

ჩატარდა კვლევები საცდელი საწვავების შენახვის ხანგრძლიობის შესწავლის მიზნით. საცდელი ნიმუშები განთავსებული იყო თავდახურულ ლაბორატორიულ ქიმიურ ჭურჭელში ოთახის ტემპერატურაზე. ერთი წლის

განმავლობაში პერიოდულად (ყოველთვიურად) ვახდენდით საცდელი ნიმუშების სპექტრალურ ანალიზს ინფრაწითელი სპექტრომეტრის და გაზური ქრომატოგრაფის საშუალებით. დადგენილია, რომ საცდელმა ნიმუშებმა შენახვის პერიოდში ცვლილება არ განიცადა.

საქართველოში პირველად იქნა მიღებული ბიოსაწვავი, რომლის გამოყენება შესაძლებელია შიგაწვის ძრავას მქონე სატრანსპორტო საშუალებებში. ბიოეთანოლის წარმოებისთვის გამოყენებულია სიმინდის და სოფლის მეურნეობის სხვა ნარჩენები, რაც უზრუნველყოფს ნარჩენების რაციონალურ მართვას, ენერგოდაზოგვითი ტექნოლოგიების განვითარებას და გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებას.

Summary

The reduction of oil reserves, development of energy-saving technologies, tightening of standards for exhausted gases, pollution of the environment is forcing the world to find and develop new, renewable energy sources. One of the mechanisms for improving the ecological situation is exactly the use of renewable energy sources. These trends are strongly reflected in programs for development of the energetic of the United States, the European Union and other developed countries, which show that by 2040 the share of renewable energy sources in global primary energy consumption is supposed to grow up to 30%, and the greenhouse gas emissions will be shortened by 50%. The use of renewable energy sources leads to transition to low-carbon mixtures, which gives us a positive effect from both an economic and environmental point of view. Today bioenergy is considered to be the main tendency of development of the fuel market, which will retain its preference in the development of energy supply of the world for the next 30-40 years.

Change of climate in the present-day world, being one of the most serious environmental problems, is associated with the "greenhouse effect", caused by a drastic increase in the concentration of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere. This is contrary to the regulations of the Kyoto Protocol and the Rio de Janeiro Climate Convention, which declare significant reductions in greenhouse gas emissions in the 21st century.

The main task of environmental requirements in the sphere of road transport is to reduce radically the CO₂ content in the exhaust gases. Leading countries such as the US, China and the EU are tightening up CO₂ emission standards for all types of vehicles every year, stipulating for significant growth of their efficiency and the need to produce new, ecologically clean fuels. For example, to obtain gasoline with high antiknock rating, oxygenates (the oxygen-containing components) are used, the most common of which is bioethanol, obtained from renewable biological wastes. Its use is accompanied by a decrease in the CO₂ content in the atmosphere, and its combustion in the engine significantly reduces harmful compounds as compared with the petroleum gasoline.

The production of alternative, renewable, environmentally friendly fuels is very important for Georgia, which is almost entirely dependent on imported petroleum products. Researches show that transport accounts for 74% of harmful emissions into atmosphere in the whole country and 79% in Tbilisi. The number of respiratory and oncological diseases in Georgia has increased by 20% over the past 10 years. Therefore, it is important for our country to produce environmentally friendly biofuels from renewable energy sources and especially from the wastes. Biogasolines can successfully replace petroleum gasolines in

vehicles with internal combustion engines that are present in Georgia. The mechanism for improving the ecological state of the country and the development of energy-saving technologies for energy carriers is the use of renewable energy sources.

The purpose of this Ph.D. thesis is to obtain fuel ethanol from agricultural wastes and the production of biogasolines, which is important for the revival of the bioethanol industry and the development of agriculture. Over the past century the ethanol production in the world has increased 8 times. Experts predict that by 2040 at least 20% of motor fuel will be produced from biomass. A technology for production of biogasoline from renewable energy sources and secondary raw materials has been developed. Bioethanol is an environmentally friendly high-octane gasoline additive that is widely used in fossil gasolines without modification of car engine.

We have obtained 10 liters of ethanol fuel from corn and other agricultural wastes in the laboratory conditions. Physical and chemical properties of bioethanol have been studied in accordance with the requirements of ASTM D-4806-20. Test samples of biogasolines – E5 (5% ethanol + 95% gasoline), E10 (10% ethanol + 90% gasoline) and E20 (20% ethanol + 80% gasoline) were prepared on the basis of Rompetrol's Premium grade gasoline. The physical and chemical characteristics of the test samples and base gasoline have been studied. The parameters of the test sample were found to meet the requirements of EN228 and EN15376: 2014 standards. The group composition of motor gasoline (E0) and of biofuels E5, E10 and E20 was also determined using the infrared spectrometer ("PerkinElmer Spectrum, Version 10.4.2").

Studies to determine individual hydrocarbons in samples under investigation – E0, E5, E10 and E20 were carried out using the gas chromatograph Crystallux-4000M with NetChrom, v2 software. Certain hydrocarbons contained in the research objects have been studied and identified. The obtained results meet the requirements of the ASTM D7096 standard. Comparative characterization of fuels was carried out.

The effect of bioethanol on the ecological compatibility of the automobile engine has been studied. The objects of research were Regular, Premium and Super brands of Rompetrol gasoline, as well as a bioethanol test additive, which was added to gasoline in the amount of 10%, 20% and 30%.

The study of ecological properties of the test additive was carried out on the test stand SAK - 670 (Germany), on which the engine and gearbox of BMW-316 motor vehicle was installed. The stand included brake and torque gauges, as well as crankshaft rotation frequency and fuel consumption measuring instruments. Studies have established that

bioethanol is more effective than low-octane gasoline. It has been established that the environmental properties of Super and Regular brands of petroleum gasoline improve upon addition of experimental bioethanol. For example, in case of using of 10-30% trial bioethanol as an additive to Rompetrol gasoline, the content of harmful components in the exhaust gases of the BMW-316 engine at idle running and at full load is reduced: CO 11÷15% and 10÷14%; CH 21÷25% and 20÷23%; NO_x 7÷10% and 6÷9%, respectively. Especially noteworthy is the reduction of CO₂, the main cause of "global warming", by 8÷14% and 10÷17%, respectively. This points to the prospects for increased use of combustible ethanol. At the same time, the engine power decreases by 1÷2% and the hourly fuel consumption increases by 1÷1.2%. Taking into account that in this case the fuel contains 10–30% of bioethanol, there is actually a reduction in the cost of base petroleum gasoline by about 8÷18%.

In addition, testing of the “Regular” and E20 (20% of trial bioethanol + 80% petroleum gasoline) biogasolines to determine the CO content in the exhaust gases of the BMW-510 brand M1 category motor vehicle while the engine is in regimen of idle running was conducted at the vehicles technical inspection center - "Chapani" (Tbilisi). It was established that during idling at rotation frequency of 1000 and 2250 sec⁻¹, the content of CO in the exhaust gases amounted to 0.38 and 0.39%, respectively, which is significantly less than the norm of 0,6% allowed by the standard and 5% less compared to the basic gasoline.

Studies have been carried out to determine the shelf life of the test fuels. The test samples were kept in the laboratory in closed chemical vessels at room temperature. During the year, we periodically (monthly) carried out spectral analysis of the samples under study using an infrared spectrometer and using a gas chromatograph.

It was found that the samples under study did not change during storage.

In Georgia the biofuel has been obtained for the first time and it can be used in vehicles with internal combustion engines. For production of bioethanol the corn and other agricultural wastes are used which ensures rational waste management, the development of energy-saving technologies and an improvement in the ecological state of the environment.

შინაარსი

1	რეზიუმე	4
2	ცხრილების ნუსხა	14
3	ნახაზების ნუსხა	16
4	გამოყენებული აბრევიატურების ნუსხა	19
5	შესავალი	20
6	თავი პირველი 1. ლიტერტურული მიმოხილვა	27
7	2. განახლებადი ენერჯის წყაროები	29
8	2.1 წყლის ენერჯია	31
9	2.2 მზის ენერჯია	32
10	2.3 ქარის ენერჯია	33
11	2.4 ბიომასის ენერჯია	35
12	3. ბიოსაწვავის სახეები	36
13	3.1 ბიომასის პოტენციალი საქართველოში	39
14	4. თხევადი ბიოსაწვავი	40
15	5. ძრავის გამონაბოლქვი აირების ტოქსიკურობა	42
16	6. გამონაბოლქვი აირების შემადგენლობა	43
17	7. ბიოდანამატი - ბიოეთანოლი	46
18	8. ბიოეთანოლის გავლენა შიგა წვის ძრავაზე	50
19	თავი მეორე 2. ექსპერიმენტული ნაწილი კვლევის შედეგები და მათი განსჯა	55
20	2.1. კვლევის ობიექტები და მეთოდები	55
21	2.1.1. კვლევის ობიექტები	55
22	2.1.2 კვლევის მეთოდები	55
23	2.1.3 ძრავას გამონაბოლქვ აირებში HC, CO, CO ₂ NO _x კომპონენტების განსაზღვრა	64

24	2.2 საცდელი ბიოეთანოლის სიმინდის ნარჩენებიდან მიღების ტექნოლოგიის დამუშავება და დამზადება	74
25	2.2.1. ბიოეთანოლის მიღების ტექნოლოგია	77
26	2.3 საცდელი ბიოეთანოლის ფიზიკურ ქიმიური მახასიათებლები	81
27	2.4. საცდელი ბიოეთანოლის როგორც ბენზინის დანამატის გავლენის კვლევა საავტომობილო ძრავას ტექნიკურ (მაბრუნე მომენტი, სიმძლავრე, საწვავის საათური ხარჯი) და ეკოლოგიურ (გამონაბოლქვ აირებში CO, CH, CO ₂ , NO _x -ის) მაჩვენებლებზე.	94
28	2.5 საცდელი ბიობენზინების შენახვის დასაშვები ვადების კვლევა;	101
29	3. დასკვნები	105
30	გამოყენებული ლიტერატურა	107

ცხრილების ნუსხა

1	ცხრილი 2.1.1.	აირანალიზატორის ტექნიკური მახასიათებლები	66
2	ცხრილი 2.1.2	BEA 460 აირანალიზატორის მუშაობის გარემო პირობები	68
3	ცხრილი 2.1.3.	ხმაურის დასაშვები ცდომილებები	69
4	ცხრილი 2.2.1.	ჰაერის დაბინძურების სავარაუდო ემისიის წყაროები	75
5	ცხრილი 2.3.1.	ეთანოლის ფიზიკურ –ქიმიური მახასიათებლები	81
6	ცხრილი 2.3.2.	საცდელი ბიოეთანოლის და ბენზინის „რეგულარი“-ის მახასიათებლები	82
7	ცხრილი 2.3.3.	საცდელი ბიოეთანოლის და სხვადასხვა საწვავების კალორიულობა	83
8	ცხრილი 2.3.4.	საცდელი ნიმუშების დასახელება და აბრივიატურა	84
9	ცხრილი 2.3.5.	„რეგულარი“-ის და ნარეგების E5, E10, E15, E20 კალორიულობა	84
10	ცხრილი 2.3.6.	საცდელი ნიმუშების ფიზიკურ – ქიმიური მახასიათებლები.	85
11	ცხრილი 2.3.7.	საკვლევი ნიმუშების ფიზიკურ – ქიმიური მახასიათებლები.	86
12	ცხრილი 2.4.1.	ბენზინის მარკის („სუპერი“ „რეგულარი“) გავლენა BMW-316 მარკის ძრავას სიმძლავრით (Me, Ne), საწვავეკონომიურ ($G_{სთ}$) და ეკოლოგიურ (CO, CH, CO ₂ , NO _x) მაჩვენებლებზე, მუხლუხა ლილვის ბრუნვის სიხშირისა (n), დატვირთვის რეჟიმისგან დამოკიდებულებით	96
13	ცხრილი 2.4.2.	საცდელი ბიოეთანოლის დანამატის გავლენა BMW-316 მარკის ძრავას სიმძლავრით (Me, Ne), საწვავეკონომიურ ($G_{სთ}$) და ეკოლოგიურ (CO, CH, CO ₂ , NO _x) მაჩვენებლებზე, მუხლუხა ლილვის ბრუნვის სიხშირისა (n), მუშაობის რეჟიმისა	97

		და ბენზინის მარკისაგან („სუპერი“, „რეგულარი“) დამოკიდებულებით.	
14	ცხრილი 2.4.3	საცდელი ბიოეთანოლის დანამატის გავლენა BMW-316 მარკის ძრავას სიმძლავრით (Me, Ne), საწვავეკონომიურ (G _{სტ}) და ეკოლოგიურ (CO, CH, CO ₂ , NO _x) მაჩვენებლებზე, მუხლუხა ლილვის ბრუნვის სიხშირისა (n), მუშაობის რეჟიმისა და ბენზინის მარკისაგან („სუპერი“, „რეგულარი“) დამოკიდებულებით.	98
15	ცხრილი 2.5.1.	საბაზო ბენზინის „რეგულარის“ E0 და საცდელი ბიობენზინის E20 ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები ერთი წლის განმავლობაში შენახვის შემდეგ.	103

ნახაზების ნუსხა

1	ნახაზი.1	ენერგო რესურსების პროგნოზი 2040 წლამდე	28
2	ნახაზი.2	ენერგომატარებლების მსოფლიო მოხმარება	29
3	ნახაზი.3	ენერგიის განახლებადი და არაგანახლებადი წყაროები	30
4	სურათი 1	ჰიდროელექტროსადგური	31
5	სურათი 2	მზის პანელები	33
6	სურათი 3	ქარის ელექტროსადგური	34
7	ნახაზი.4	სახამებლის და ცელულოზას შემცველი ნედლეულის კონვერსია	38
8	ნახაზი.5	გამონაბოლქვ აირებში ტოქსიკური ნივთიერებების პროცენტული შემცველობა	43
9	ნახაზი.6	ეთანოლის წარმოებისა და მოხმარების პროგნოზი 2025 წლისათვის.	47
10	ნახაზი.7	ბიოეთანოლის მიღება.	48
11	ნახაზი.8	ბიოეთანოლის წარმოების ქარხანა	49
12	ნახ.2.1.1	ნავთობის გამოხდის ხელსაწყო	57
13	ნახ.2.1.2.	ხელსაწყო კინემატიკური სიბლანტის განსაზღვრისთვის	58
14	ნახ. 2.1.3.	ქრომატოგრაფი Кристаллюкс-4000M	60
15	ნახ.2.1.4.	ინფრაწითელ სპექტრომეტრი PerkinElmer Spectrum Two	61
16	ნახაზი 2.1.5.	საგამოცდო სტენდი1 – ელექტრომუხრუჭი; 2 – მაბრუნე მომენტის გამზომი ხელსაწყო; 3 –BMW 316 ძრავა	62
17	ნახაზი 2.1.6.	ელექტრომუხრუჭის სქემა	62
18	ნახაზი 2.1.7.	“ბომის” წარმოების “BEA - 460” მარკის აირანალიზატორი	63
19	ნახაზი 2.1.7 ა.	BOSCH ფირმის BEA 460 მარკის აირანალიზატორი	64

20	ნახაზი 2.1.7 ბ.	BEA 460 მარკის აირანალიზატორი:	65
21	ნახაზი 2.1.7 გ.	BEA 460 მარკის აირანალიზატორის სქემა	66
22	ნახაზი. 2.1.7 დ	AMM – ბენზინის გამონაბოლქვი აირის მოდული	67
23	ნახაზი 2.1.8	მზომი აპარატურის კომლექსი	71
24	ნახ.2.1.9	BMW მარკის ავტომობილის ტესტირება გამონაბოლქვში CO -ს შემცველობაზე, ტექნიკური ინსპექტირების ცენტრში - „ჭაპანი“ .	72
25	ნახაზი 2.1.10	BMW მარკის ავტომობილის ძრავა ბრუნვის სიხშირის მზომი სადენით	73
26	ნახაზი 2.2.1	ეთანოლის მიღების სქემა.	77
27	ნახაზი 2.2.2	ნავთობის სარექტიფიკაციო აპარატი	78
28	ნახაზი 2.2.3.	ბიოეთანოლის ზოგადი მიღების სქემა	79
29	ნახ. 2.2.4	მორდენიტის სტრუქტურა (Na ₂ ,Ca,K ₂) ₄ (Al ₈ Si ₄₀)O ₉₆ *28H ₂ O;	79
30	ნახაზი 2.2.5.	ბიოეთანოლის გაუწყლოების სქემა	80
31	ნახაზი 2.3.1.	საცდელი ბიოეთანოლის ინფრაწითელი სპექტრი	82
32	ნახაზი 2.3.2.	საცდელი E0, E 5, E10 და E20 ნიმუშების ინფრაწითელი სპექტრები.	88
33	ნახაზი 2.3.3.	ნავთობბენზინის E0 და ბიობენზინის E5 სპექტრები	89
34	ნახაზი 2.3.4.	ნავთობბენზინის E0 და ბიობენზინის E 10ს სპექტრები	89
35	ნახაზი 2.3.5.	ნავთობბენზინის E0 და ბიო ბენზინის E 20 სპექტრები	90
36	ნახაზი 2.3.6.	საცდელი ნიმუშების ინფრაწითელი სპექტრები	90
37	ნახაზი 2.3.7.	საბაზო ბენზინის E 0 ქრომატოგრამა	91

38	ნახაზი 2.3.8.	ბიო ბენზინის E5 ქრომატოგრამა	91
39	ნახაზი 2.3.9.	ბიო ბენზინის E 10 ქრომატოგრამა	92
40	ნახაზი 2.3.10.	ბიო ბენზინის E 20 ქრომატოგრამა	92
41	ნახაზი. 2.3.11	საცდელი ნიმუშების შედარებითი დახასიათება	93
42	ნახაზი 2.5.1.	ბიო ბენზინის E20 იფრაწითელი სპექტრები შენახვის ხანგრძლივობისაგან დამოკიდებულებით.	101
43	ნახაზი 2.5.2.	ბიო ბენზინის E20 ქრომატოგრამები შენახვის ხანგრძლივობისაგან დამოკიდებულება.	102

გამოყენებული აბრევიატურების ნუსხა

1	JEA - საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტო
2	NASA - აერონავტიკის და კოსმოსური სივრცის კვლევის ეროვნული სამმართველო აშშ-ში.
3	Choren Industries GmbH - გერმანული ქიმიური მრეწველობის კომპანია
4	RBR (Renewable Bio Resources) - განახლებადი ბიო რესურსები
5	Fuels Ethanol - საწვავი ეთანოლი
6	E5, E7, E10, E20 E30 და E85 - ბენზინ-ეთანოლის ნარევიები შესაბამისად 5%, 7%, 10%, 20%, 30%, 85% ეთანოლის დანამატით
7	TSI(Turbo Stratified Injection) – ძრავა, რომელშიც საწვავის გაფრქვევა ხდება ცილინდრში, ხოლო ჰაერი ცხელდება ორმაგი ტურბო შებერვით
8	DOE(Departament of Energy) - აშშ-ს ენერგეტიკის დეპარტამენტი
9	GHG - გამოყოფილი თბური აირები
10	CI - ნახშირბადის ინტენსივობა
11	GREET® - რეგულირებადი ემისიები და ტექნოლოგიებში გამოყენებული ენერგია
12	LCA (Life cycle assessment) - კომერციული პროდუქტის სიცოცხლის ციკლის შეფასების მეთოდოლოგია
13	GOST , EN და ASTM D – გამოყენებული ნორმატიული დოკუმენტაცია
14	⁰ API - სიმკვრივე გრადუსებში

შესავალი

წიაღისეული საწვავების მარაგების შემცირება, მათი დაზოგვითი ტექნოლოგიების განვითარების აუცილებლობა და გარემოს დაბინძურება აიძულებს მსოფლიოს აითვისოს ენერჯის ახალი, განახლებადი წყაროები. დღეისათვის საწვავის ბაზრის განვითარების ძირითად ტენდენციად ბიოენერჯეტიკა ითვლება, რომელიც უახლოესი 30-40 წლის განმავლობაში მსოფლიო სისტემის ენერჯით უზრუნველყოფის განვითარებაში უპირატესობას შეინარჩუნებს.

თანამედროვე მსოფლიოში ენერჯეტიკულ რესურსებს მნიშვნელოვანი როლი აკისრია ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებაში. ძირითად ენერჯეტიკულ რესურსებს (ქვანახშირი, ნავთობი, ბუნებრივი აირი, ჰიდრო- და თბოენერჯია) შორის ნავთობი წარმოადგენს ერთადერთ წყაროს, რომელიც აკმაყოფილებს სხვადასხვა შიგაწვის ძრავების მქონე სატრანსპორტო საშუალებებს (საავტომობილო, საჰაერო, საზღვაო, სარკინიგზო და სხვ) საწვავით, რომლის რაოდენობა შეადგენს წარმოებული ნავთობის 50%-ზე მეტს. დღეისათვის მსოფლიოში ნავთობური მოტორული საწვავების წლიური მოხმარება 1,8 მლრდ ტონას შეადგენს. წიაღისეული რესურსების წვა აჩქარებს გლობალური დათბობის პროცესს. წიაღისეული საწვავის წვის დროს გამოიყოფა მავნე ნივთიერებები, რომლებიც ქმნის „სათბურის ეფექტს“ და იწვევს გლობალურ დათბობას. ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, დღის წესრიგში დადგა ალტერნატიული განახლებადი რესურსების ძიებისა და გამოყენების საკითხი, რომელიც უზრუნველყოფს ენერჯორესურსებზე გაზრდილი მოთხოვნის დაკმაყოფილებას.

თანამედროვე მსოფლიო ავტოპარკი ერთ მილიარდზე მეტ ერთეულს ითვლის და ყოველდღიურად სწრაფად იზრდება. როგორც ცნობილია, დიდი ქალაქების დაბინძურების მნიშვნელოვან წყაროს საავტომობილო ტრანსპორტი წარმოადგენს. ამიტომ, საავტომობილო ძრავებში ტრადიციული საავტომობილო საწვავის გამოყენებასთან დაკავშირებული ეკონომიკური და ეკოლოგიური პრობლემები, აქტუალურია ყველა ინდუსტრიული ქვეყნისთვის. შესაბამისად უფრო აქტუალური ხდება ავტოსატრანსპორტო საშუალებებზე

ალტერნატიული საწვავების გამოყენება, რაც ასევე განპირობებულია ავტომობილის ძრავებიდან გამოსაბოლქვი აირებისადმი ეკოლოგიური მოთხოვნების გამკაცრებით.

ავტოტრანსპორტის გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედება ვლინდება ძირითადად „სათბურის ეფექტისა“ და გამონაბოლქვი მავნე ნივთიერებების სახით, რაც ადამიანის ჯანმრთელობაზე მნიშვნელოვან უარყოფით გავლენას ახდენს. როგორც გამოკვლევები ცხადყოფს, სწორედ ავტოტრანსპორტის წილად მოდის ქვეყნის მასშტაბით 74%, ხოლო თბილისში 79% ატმოსფეროში გაფრქვეული მავნე ემისიები. მხოლოდ ბოლო 10 წლეულში რესპირატორული და ონკოლოგიური დაავადებების რაოდენობა 20% გაზრდილი საქართველოში. თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველო მთლიანად იმპორტირებულ ნავთობპროდუქტებზეა დამოკიდებული, რომლის ოდენობა ყოველწლიურად იზრდება, (მაგ. 2019 წელს საწვავის იმპორტმა 1,096 მილიონი ტონა შეადგინა) რამდენად მნიშვნელოვანია ალტერნატიული განახლებადი საწვავის წარმოება.

ბიოენერგეტიკის მიმართულების ერთერთი მნიშვნელოვანი სფეროა განახლებადი ენერჯის წყაროებიდან ალტერნატიული საწვავის მიღება, რაც ზრდის საწვავი ეთანოლის მიმართ ინტერესს. უკანასკნელი ხუთი წლის განმავლობაში საწვავი ეთანოლის (Fuels Eethanol) წარმოების მსოფლიო მოცულობა 3-ჯერ, ხოლო ბიოსაწვავის წარმოება დაახლოებით 14%-ით გაიზარდა. ბიოეთანოლის მიღების ბიოქიმიური მეთოდი დიდი ხანია ცნობილია, მაგრამ მისი საწვავად გამოყენების იდეა აქტუალური გარდა მე-20 საუკუნის 90-იან წლებში, ნავთობის კრიზისის დროს, როდესაც მსოფლიოსი ნავთობის ფასები მკვეთრად გაიზარდა და ბევრ ქვეყანაში საწვავის დეფიციტი შექმნა. პრაქტიკულად სწორედ მაშინ დაიწყო ბიოსაწვავის პირველი მსხვილი საწარმოების შექმნა, რამაც თანდათან სტრატეგიული მნიშვნელობაც შეიძინა. ამას თან დაერთო გლობალური დათბობა და კლიმატის ცვლილება, რაც თანამედროვე მსოფლიოს პრობლემად იქცა, რომლის მთავარ მიზეზი წიაღისეული საწვავის (გაზი, ნავთობი) სულ უფრო ინტენსიური მოხმარებაა.

წიაღისეული საწვავის წვით გარემოში გამოიყოფა დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგი, მეთანი, აზოტის ოქსიდები, ტოქსიკური აირები, მძიმე მეტალები და ა.შ. ამას ემატება აგრეთვე ნავთობის მოპოვების, გადამუშავების

და ტრანსპორტირების დროს ნავთობის დაღვრის რისკები და მისგან გამოწვეული დაბინძურება, რასაც ხშირად დამლუპველი ზეგავლენა აქვს ცოცხალ ორგანიზმებზე და გარემოზე. ამიტომ საჭიროა ისეთი ალტერნატიული საწვავის შექმნა, რომელიც უზრუნველყოს გარემოში ტოქსიკური ნაერთების მინიმუმიზაციას.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემებით, 21-ე საუკუნის ბოლოს კაცობრიობის რიცხვი 10-12 მილიარდს მიაღწევს, ბუნებრივია, მოსახლეობის ზრდა გამოიწვევს ენერგიაზე მოთხოვნილების ზრდასაც, რომლის დაკმაყოფილების ალტერნატიულ წყაროს განახლებადი ენერგია წარმოადგენს. ალტერნატიული განახლებადი ენერგიების კვლევა ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულებაა მთელ მსოფლიოში და არც საქართველო წარმოადგენს გამონაკლისს. საქართველო, როგორც ქვეყანა, რომელიც თითქმის მთლიანად იმპორტირებულ ნავთობპროდუქტების საწვავზეა დამოკიდებული, აუცილებლად უნდა ზრუნავდეს იმაზე, რომ ჰქონდეს საკუთარი, განახლებადი, ალტერნატიული საწვავი. ეს ქვეყნისთვის სტრატეგიული მნიშვნელობის საკითხია.

თემის აქტუალობა. ენერგომატარებლების დაზოგვითი ტექნოლოგიების განვითარება, გამონაბოლქვი ნაერთების ნორმების გამკაცრება, ეკოლოგიური გარემოს დაბინძურება, თბური აირების გაზრდილი რაოდენობა იწვევს ენერგიის განახლებადი წყაროების გამოყენების აუცილებლობას.

ევროკავშირის 2009/28/EC დირექტივის თანახმად ევროკავშირის ქვეყნებში მოხმარებული ენერგიის 30% განახლებადი წყაროებიდან უნდა იყოს წარმოებული, ხოლო აქედან ნახევარი, ანუ 15% ტრანსპორტის სექტორზე უნდა მოდიოდეს. საქართველო, როგორც ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულების ხელმომწერი ქვეყანა, ვალდებულია უზრუნველყოს ევროკავშირის დირექტივების შესრულება და ალტერნატიული, განახლებადი ენერგიის წყაროებიდან მიღებული ბიოსაწვავების (ეთანოლის და ბიობენზინის) წარმოების და გამოყენების განვითარება.

გარდა ამისა მნიშვნელოვანია ის დოკუმენტები, რომლებიც მიღებულია საქართველოს პარლამენტის მიერ 2019–2020წწ: საქართველოს კანონი

„განახლებადი ენერჯის წყაროების შესახებ“; „განახლებადი ენერჯის ეროვნული სამოქმედო გეგმა საქართველო“ (2019); „ნარჩენების მართვის კოდექსი“. აღნიშნულიდან გამომდინარე, საქართველოში მიღებული სიმინდის ნარჩენებიდან და სოფლის მეურნეობის სხვა ნარჩენებიდან ბიოეთანოლის მიღებისა და მისი საავტომობილო საწვავად გამოყენების შესაძლებლობის კვლევა აქტუალურია.

მეცნიერული სიახლე. ენერჯის განახლებადი წყაროების შესახებ არსებული მრავალრიცხოვანი ლიტერატურის ღრმა ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია საერთოდ და კერძოდ საქართველოში, სიმინდის ნარჩენებისაგან ბიოეთანოლის დამზადების აქტუალურობა და პერსპექტიულობა.

- არსებული გამოცდილების გათვალისწინებით, დამუშავებულია სიმინდის ნარჩენებიდან ბიოეთანოლის მიღების ორიგინალური ტექნოლოგია, რომლის რეალიზება უზრუნველყოფს პროცესის მაღალ მწარმოებლობას და მაღალხარისხოვანი (მაქსიმალურად მცირეწყლიანი) ეკოლოგიურად ეფექტიანი და იაფი ბიოეთანოლის მიღებას.
- თანამედროვე საკვლევი აპარატურის და კვლევის მეთოდების გამოყენებით ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტების შედეგებით დადასტურებულია სიმინდის ნარჩენებიდან მიღებული ბიოეთანოლის საავტომობილო ნავთობბენზინების დანამატად გამოყენების პერსპექტიულობა, მისი გავლენით ნავთობბენზინების მნიშვნელოვანი ეკონომიისა და ავტომობილის მაღალი ეკოლოგიურობის (განსაკუთრებით სათბური აირის CO₂-ის გამონაბოლქვის შემცირების) უზრუნველყოფის თვალსაზრისით.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა. ბიოსაწვავის წარმოების ეფექტურობის შეფასება განახლებადი ენერჯის წყაროების და სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან უზრუნველყოფს ენერგოდაზოგვითი, ენერგეტიკულ და ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას. შემუშავებული რეკომენდაციების საშუალებით შესაძლებელია ტრადიციული ნახშირწყალბადური ენერჯის ბიოენერგეტიკასთან შერევის მართვა. განახლებადი ენერჯის წყაროების და ნარჩენების რაციონალური უტილიზაცია

და მათგან საწვავი ეთანოლის წარმოება უზრუნველყოფს ბიოსაწვავების დამზადებას ქვეყანაში არსებული სატრანსპორტო საშუალებისთვის და ბიოსაწვავების ეკოლოგიური მახასიათებლების (მაგნე ემისიების შემცირებას) გაუმჯობესებას, ენერგოდაზოგვითი ტექნოლოგიების და ბიოენერგეტიკული სფეროების განვითარებას.

პირველად განხორციელდება საქართველოში საწვავი ეთანოლის მიღება და დამზადდება ბიობენზინები, რაც უზრუნველყოფს გამონაბოლქვი აირების და შესაბამისად „სათბური ეფექტის“ შემცირებას და გაზრდის გარემოსთვის საწვავების ეკოლოგიური უსაფრთხოების დონეს.

საკვლევ ობიექტად აღებულია სიმინდის და სოფლის მეურნეობის სხვა ნარჩენებიდან მიღებული ბიოეთანოლი და საავტომობილო ბენზინი „რომპეტროლის“ ბენზინგასამართი სადგურებიდან.

ბიოეთანოლის მიღება შესაძლებელია სოფლის მეურნეობის ნარჩენებისგან, (კარტოფილი, შაქრის ჭარხალი, ქერი, ხორბლის და ბრინჯის ნამჯა, შაქრის ლერწმი და სხვა.) ფერმენტაციისა და ჰიდროლიზის მეთოდებით. ჩატარდა ჩვენს მიერ მიღებული ბიოეთანოლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების კვლევა EN15376:2014 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად. განისაზღვრა საბაზო ბენზინის (E0) და E5, E10, E20 ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები არსებული EN228 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად.

განისაზღვრა საცდელი ნიმუშების E0, E5, E10 და E20 ბიობენზინების ჯგუფური შედგენილობა PerkinElmer Spectrum Version 10.4.2 ინფრაწითელ სპექტრომეტრზე ფართო დიაპაზონში ($450-4000 \text{ cm}^{-1}$), დადგენილია საცდელი ნიმუშების სტრუქტურულ-ჯგუფური შემცველობა. ერმანეთთან შედარებულია ბიოსაწვავების (E5, E10 და E20) ნიმუშების სპექტრები საბაზო ბენზინის E0-ის ნიმუშის ინფრაწითელ სპექტრთან. დადგენილია, რომ საცდელი ნიმუშების ჯგუფური შედგენილობა იდენტურია.

საცდელ ნიმუშებში E0, E5, E10 და E20 ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების განისაზღვრისთვის კვლევები ჩატარდა „Кристаллюкс-4000M“ გაზურ ქრომატოგრაფზე NetChromv2, პროგრამული უზრუნველყოფით. კვლევა განხორციელდა ASTM D7096-05 სტანდარტით. შესწავლილი და

იდენტიფიცირებულია საკვლევ ობიექტებში შემავალი ინდივიდუალური ნახშირწყალბადები; ერთმანეთთან შედარებულია საცდელი ნიმუშების E0, E5, E10 და E20 ქრომატოგრამები. დადგენილია, რომ საცდელ ნიმუშებში შემავალი ნახშირწყალბადები ერთნაირია.

საცდელი დანამატის ეკოლოგიური თვისებების კვლევა განხორციელდა საავტომობილო ძრავების, SAK - 670 მარკის (გერმანია) საგამოცდო სტენდზე, რომელზეც დამონტაჟებულია ავტომობილ “BMW-316”-ის ძრავა ქუროთი და გადაცემათა კოლოფით. სტენდი მოიცავს სამუხრუჭო და მბრუნე მომენტის გამზომ, ასევე მუხლა ლილვის სიხშირის და საწვავის ხარჯის მზომ ხელსაწყოებს. კვლევებით დადგენილია, რომ ბიოეთანოლი შედარებით მეტ ეფექტიანობას ამჟღავნებს დაბალოქტანურ ბენზინებზე. დადგენილია, რომ საცდელი ბიოეთანოლის დამატებისას „სუპერის“ და „რეგულარის“ მარკების ნავთობბენზინების ეკოლოგიური თვისებები უმჯობესდება. მაგალითად ბენზინზე რომპეტროლის დანამატად 10-30% საცდელი ბიოეთანოლის გამოყენების შემთხვევაში, BMW-316 მარკის საავტომობილო ძრავას გამონაბოლქვ აირებში მავნე კომპონენტების შემცველობა უქმ სვლასა და სრულ დატვირთვებზე, შესაბამისად მცირდება: CO-სი 11÷15 10÷14 %-ით; CH-ის 21÷25 და 20÷23%-ით; NOx -ის 7÷10 და 6÷9%-ით. განსაკუთრებით, საყურადღებოა „გლობალური დათბობის“ მთავარი მიზეზის CO₂ შემცირება, შესაბამისად 8÷14 და 10÷17 %-ით. რაც მიუთითებს საწვავი ეთანოლის გამოყენების გაფართოების პერსპექტივაზე. ამასთან ძრავას სიმძლავრე მცირდება 1÷2 %-ით და საწვავის საათური ხარჯი იზრდება 1÷1,2 %-ით. იმის გათვალისწინებით, რომ საწვავი ამ შემთხვევაში შეიცავს 10÷30% ბიოეთანოლს, რეალურად ადგილი აქვს საბაზო ნავთობბენზინის ხარჯის დაახლოებით 8-18%-ით შემცირებას.

გარდა ამისა ნავთობბენზინის „რეგულარის“ მარკის და E20 (20% საცდელი ბიოეთანოლის + 80% ნავთობბენზინი) ბიო ბენზინის ტესტირება BMW-510 მარკის M1 კატეგორიის ავტომობილის გამონაბოლქვ აირებში CO-ს შემცველობის დასადგენად ძრავას უქმი სვლის რეჟიმზე მუშაობისას, ჩატარდა ავტოსატრანსპორტო საშუალებების ტექნიკური ინსპექტირების ცენტრში - „ჭაპანი“ (ქ.თბილისი). დადგენილია, რომ უქმი სვლისას 1000 და 2250 წმ-1

ბრუნვის სიხშირისას, გამონაბოლქვ აირებში CO-ს შემცველობამ შეადგინა, შესაბამისად, 0,38 და 0,39%-ი, რაც მნიშვნელოვნად ნაკლებია სტანდარტით დაშვებულ ნორმაზე - 0,6 % და 5% -ით ნაკლები საბაზო ბენზინთან შედარებით.

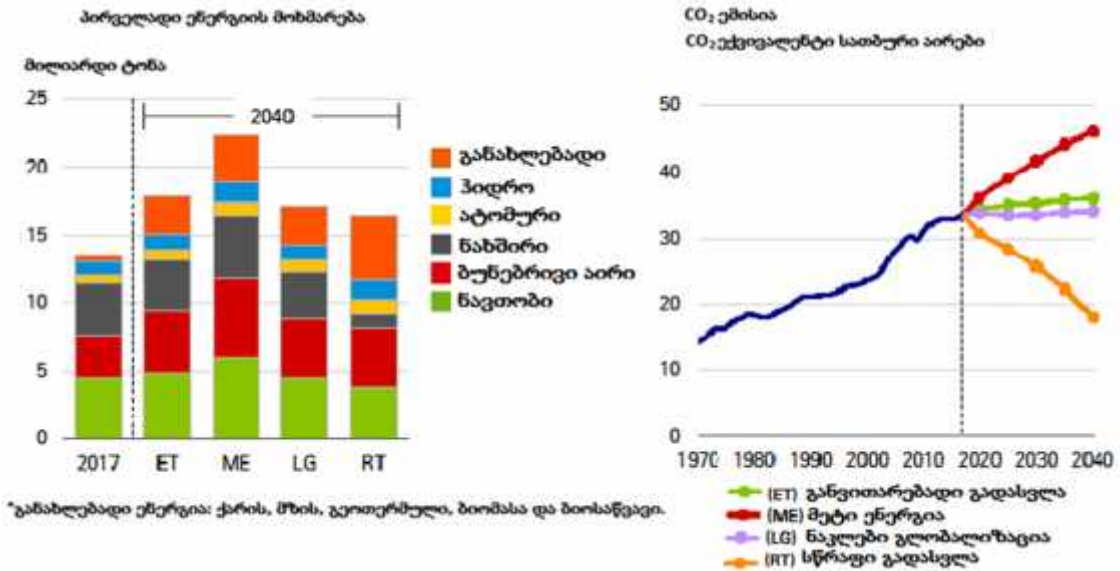
თავი პირველი

1. ლიტერატურული მიმოხილვა

წიაღისეული ენერგორესურსების მარაგების შემცირების გამო ნავთობური წარმოშობის ენერგომატარებლების დაზოგვითი ტექნოლოგიების განვითარება, გამონახობლქვი ნაერთების ნორმების გამკაცრება, გარემოს დაბინძურება აიძულებს მსოფლიოს აითვისოს ენერჯის ახალი, განახლებადი წყაროები. დღეისათვის საწვავის ბაზრის განვითარების ძირითად ტენდენციად ბიოენერჯეტიკა ითვლება, რომელიც უახლოესი 30-40 წლის განმავლობაში მსოფლიო სისტემის ენერჯით უზრუნველყოფის განვითარებაში უპირატესობას შეინარჩუნებს [1].

ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების ერთ-ერთი მექანიზმი განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებაა. ეს ტენდენციები მკვეთრად აისახება აშშ, ევროკავშირის და სხვა მოწინავე ქვეყნების ენერჯეტიკის განვითარების პროგრამებში, სადაც 2040 წლისთვის განახლებადი ენერჯის წყაროების წილი გლობალური პირველადი ენერჯის მოხმარებაში გაიზრდება 14%-მდე [2].

BP Energy Outlook 2018 წლის ანგარიშში წარმოდგენილია ენერჯორესურსების პროგნოზი 2040 წლამდე, სადაც მსოფლიო ენერჯეტიკულ ბაზარზე ენერჯის განახლებადი წყაროების მკვეთრი გაზრდა და წარმოქმნილი თბური აირების 50%-ით შემცირებაა ნავარაუდები. ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენება იწვევს ენერჯის დაბალ ნახშირბადშემცველ ნარევებზე გადასვლის აუცილებლობას, რაც დადებით ეფექტს გვაძლევს როგორც ეკონომიკური ასევე ეკოლოგიური კუთხით იხილეთ ნახაზი 1 [3].

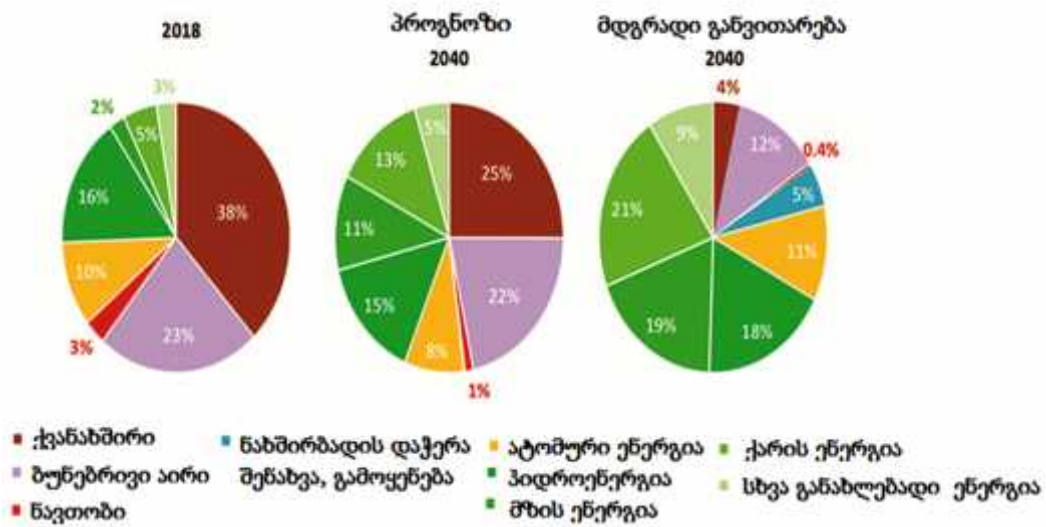


ნახ.1 ენერგო რესურსების პროგნოზი 2040 წლამდე [3]

ბიოეთანოლის მიღების ბიოქიმიური მეთოდი დიდი ხანია ცნობილია, მაგრამ მისი საწვავად გამოყენების იდეა აქტუალური გარდა მე-20 საუკუნის 90-იან წლებში, ნავთობის კრიზისის დროს, როდესაც მსოფლიოში ნავთობის ფასები მკვეთრად გაიზარდა და ბევრ ქვეყანაში საწვავის დეფიციტი შეიქმნა. პრაქტიკულად სწორედ მაშინ დაიწყო ბიოსაწვავის პირველი მსხვილი საწარმოების შექმნა, რამაც თანდათან სტრატეგიული მნიშვნელობაც შეიძინა. ამას თან დაერთო გლობალური დათბობა და კლიმატის ცვლილება, რაც თანამედროვე მსოფლიოს პრობლემად იქცა, რომლის მთავარი მიზეზი ნახშირწყალბადების (გაზი, ნავთობი) სულ უფრო ინტენსიური მოხმარებაა.

თანამედროვე მსოფლიოში ენერგეტიკულ რესურსებს მნიშვნელოვანი როლი აკისრია ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებაში. ძირითად ენერგეტიკულ რესურსებს (ქვანახშირი, ნავთობი, ბუნებრივი აირი, ჰიდრო და თბოენერჯია) შორის ნავთობი წარმოადგენს ერთადერთ წყაროს, რომელიც აკმაყოფილებს სხვადასხვა შიგაწვის ძრავების მქონე სატრანსპორტო საშუალებებს (საავტომობილო, საჰაერო, საზღვაო, სარკინიგზო და სხვ) საწვავით, რომლის რაოდენობა შეადგენს წარმოებული ნავთობის 50%-ზე მეტს. დღეისათვის მსოფლიოში ნავთობური მოტორული საწვავების წლიური მოხმარება 1,8 მლრდ ტონას შეადგენს [4]. 2019 წლის მონაცემებით პირველადი ენერჯის

მსოფლიო მოხმარება 1,3 % გაიზარდა. [5]. ნახაზზე 2 წარმოდგენილია ენერგომატარებლების მსოფლიო მოხმარების პროგნოზი 2040 წლამდე.



ნახაზი 2. ენერგომატარებლების მსოფლიო მოხმარება

საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს (IEA) ანგარიშის მიხედვით მსოფლიოში არსებული პანდემიის მიუხედავად განახლებადი ენერჯიის წყაროების ზრდამ 45%-ს მიაღწია. ეს არის ყველაზე დიდი წლიური ზრდა 2019 წლის შემდეგ. საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს (IEA) ანგარიშის მიხედვით 2020 წელს განახლებადი ენერჯიის წყაროები იყო „ენერჯიის ერთადერთი წყარო, რომელზედაც მოთხოვნა გაიზარდა, მაშინ როდესაც ყველა სხვა საწვავის მოხმარება შემცირდა“ [6]. კიდევ უფრო აქტუალური გახდა განახლებადი ენერჯიის წყაროებიდან ბიოსაწვავის მიღება და გამოყენება.

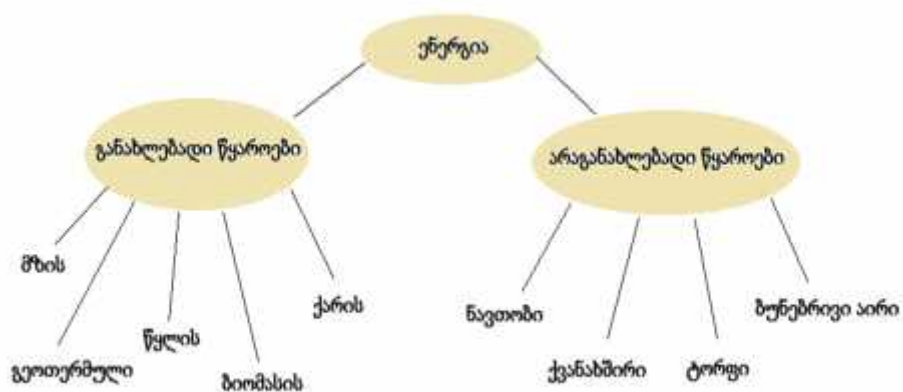
2. განახლებადი ენერჯიის წყაროების დახასიათება

განახლებადი ენერჯიის წყაროები საზოგადოებრივი აზრით განიხილება როგორც „მწვანე ენერჯეტიკა“, რომელიც მინიმალურად მოქმედებს გარემოზე და ითვლება ინოვაციურ მიმართულებად. ენერჯიის სხვადასხვა წყაროს ძიება და გამოყენება უხსოვარი დროიდან წარმოადგენს კაცობრიობის მნიშვნელოვან საზრუნავს. დაახლოებით 300 წლის წინ ადამიანებმა დაიწყეს ქვანახშირის ფართო გამოყენება, 100 წელზე მეტი ხნის წინ კი - ნავთობის. ეს უდიდესი მნიშვნელობის მქონე სიახლე იყო, რომელმაც სრულად შეცვალა მსოფლიო.

დღეს კი ისევ - ქვანახშირისა და ნავთობის მოხმარებიდან კაცობრიობა განახლებადი ენერჯის წყაროების მზის, ქარის, წყლის, გეოთერმული და ბიომასის ენერჯის გამოყენებაზე გადასვლას ცდილობს [7].

წიაღისეული საწვავის მოხმარება დიდი რაოდენობით ნარჩენებს წარმოქმნის. ქვანახშირის, ნავთობის, გაზის მოპოვებისას ბინძურდება გარემო, ზიანდება ახლოს არსებული მცენარეები, ცხოველები, ფრინველები და ადამიანებიც კი. წიაღისეული რესურსების წვა აჩქარებს გლობალური დათბობის პროცესს. წიაღისეული საწვავის წვის დროს გამოიყოფა მავნე ნივთიერებები, რომლებიც ქმნის „სათბურის ეფექტს“ და იწვევს გლობალურ დათბობას. ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, დღის წესრიგში დადგა ალტერნატიული განახლებადი რესურსების ძიებისა და გამოყენების საკითხი, რომელიც ზემოთ განხილული პრობლემების თავიდან აცილების საშუალებას მოგვცემს და უზრუნველყოფს ენერგორესურსებზე გაზრდილი მოთხოვნის დაკმაყოფილებას [7].

ენერჯის განახლებადი წყაროები საკმაოდ ფართო ცნებაა. ის მოიცავს რესურსებს, რომლებიც ჩვენს პლანეტაზე მიმდინარე ბუნებრივ ან ადამიანის ცხოვრების ყოველდღიურ პროცესებს თან ახლავს. ესენია: მზის, ქარის, მდინარეების და ბიომასის ენერჯები. ნახაზზე 3. წარმოდგენილია ენერჯის განახლებადი და არაგანახლებადი წყაროები. ენერჯის ხარისხზე განახლებადი წყაროების მარგი ქმედების კოეფიციენტი შემდეგნაირადაა განაწილებული: ჰიდროენერჯია 0,7–0,8; მზის 0,3–3,5; ბიოენერჯისათვის 0,3 და სხვ [7].



ნახაზი 3. ენერჯის განახლებადი და არაგანახლებადი წყაროები

2.1 წყლის ენერჯია

2000-2500 წლის წინ ბერძნები და რომაელები წყლის ენერჯიას დოლაბების ასამოდრავებლად და მარცვლეულის დასაფქვადად იყენებდნენ. დაახლოებით 100 წლის წინ კი წყლისგან ელექტროენერჯიის წარმოება დაიწყო. ჰიდროენერჯია ნაცნობი და პოპულარული თემაა საქართველოში, ქვეყნის ელექტროენერჯიის 80% -ი სწორედ ჰიდროელექტროსადგურებიდან მიიღება.



სურათი 1 : ჰიდროელექტროსადგური [8]

ადამიანური გონების და ინჟინერიის ბრწყინვალე ნიმუში 271 მეტრი სიმაღლის ენგურჰესის ჰიდროელექტროსადგური, რომელიც არამარტო საქართველოში, სიდიდით მეექვსე ჰესია მსოფლიოში. 2010 წლამდე ენგურჰესი ინარჩუნებდა ყველაზე დიდი თაღოვანი კაშხალის წოდებას [8].

ჰიდროენერჯიის მიღების მექანიზმი შემდეგ პრინციპს ემყარება: წყალი ამოდრავებს ტურბინებს, რომლებიც მექანიკურ ენერჯიას ელექტროენერჯიად გარდაქმნის. დიდი სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურები იყენებენ წყალსაცავებს. წყალსაცავში დიდი რაოდენობით წყალია დაგროვილი, წყალსაცავის ფსკერთან ახლოს არის წყლის გამოსაშვები არხი სადაც წყალი დიდი სიმძლავრით მიედინება და ამოდრავებს ტურბინას. ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობის ტექნოლოგია მარტივი და ცნობილია, თუმცა ტექნოლოგიური გამოწვევები არ არის ჰიდროენერჯიასთან დაკავშირებული ძირითადი პრობლემა.

მიუხედავად იმისა, რომ მთელს მსოფლიოში ბევრი წყალუხვი მდინარეა, ბევრი ჰიდროელექტროსადგური არ არის აშენებული. მიზეზი სწორედ გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედებაა. მიჩნეულია, რომ წყალსაცავების მშენებლობისთვის ტყეების გაკაფვა დაუშვებელია, მათი განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანი სახეობების და ჯიშების გამო. აღნიშნული თემა ხანგრძლივი დებატების და აზრთა სხვადასვაობის საგანია. წყალსაცავების შექმნას ელექტროენერჯის გამომუშავების გარდა სხვა ბევრი დადებითი მხარე აქვს. ტბა, რომელიც წყალსაცავის გავსებისას წარმოიქმნება გამოიყენება საწყლოსნო სპორტის განვითარებისა და გართობისათვის. დიდი წყალსაცავები ტურისტების ინტერესის საგანს წარმოადგენს.

საქართველოში წყალსაცავის რეკრეაციული ფუნქციით გამოყენების კარგი მაგალითია სიონის ტბა, სიონის წყალსაცავი, რომელიც სიონჰესის მომარაგების და ამავდროულად მოსახლეობის გართობის და დასვენების ადგილს წარმოადგენს [8].

2.2 მზის ენერჯია

ყოველ საათში ედამიწაზე იმდენი მზის ენერჯია აღწევს, რაც მთელი მსოფლიოს ენერგეტიკული მოთხოვნის ერთი წლის მანძილზე დასაკმაყოფილებლად იქნება საკმარისი. კაცობრიობის მიერ გამოყენებული წიაღისეული რესურსების ენერჯის რაოდენობა იგივეა რაც მზის 30 დღიანი ნათების შედეგად მიღებული ენერჯია. არსებობს მზის ენერჯის გამოყენების პასიური და აქტიური მეთოდები. პასიური გამოყენება ენერჯის ათვისებისთვის სპეციალური ტექნოლოგიების არსებობის აუცილებლობას არ გულისხმობს. მზის აქტიური გამოყენება შესაძლებელია სპეციალური მოწყობილობების გამოყენებით რაც მზის ენერჯიას თბურ ან ელექტროენერჯიად გარდაქმნის.

დღეისათვის ისრაელი მსოფლიოში პირველი სახელმწიფოა მზის ენერჯის მოხმარებით ერთ სულ მოსახლეზე. აქ მზის ენერჯის გამოყენება ინტენსიურად მიმდინარეობს, ასევე მრავლად შეხვდებით სხვადასხვა დიზაინისა და ტექნიკური გადაწყვეტის მზის ელექტრო და თბოსადგურებს [9].



სურათი 2. მზის პანელები

საქართველოს გეოგრაფიული მდებარეობის გათვალისწინებით, მზის ეფექტური და ხანგრძლივი გამოსხივება საკმაოდ მაღალია. საქართველოს უმეტეს რაიონებში მზის ნათების წლიური ხანგრძლივობა 250-დან 280 დღემდე მერყეობს, რაც წელიწადში დღის ხანგრძლივობის მიხედვით, დაახლოებით 1900-2200 საათს შეადგენს. საქართველოში მზის ენერჯის სრული წლიური პოტენციალი 34 ათასი ტონა პირობითი სათბობის ექვივალენტურია. “NASA”-ს მონაცემებით, საქართველოში, მაისიდან ოქტომბრამდე წყლის გასაცხელებლად საჭირო ენერჯის 100%-ით უზრუნველყოფა შესაძლებელი [8,10].

2.3 ქარის ენერჯია

ქარის ენერჯის გამოყენების ადრეული ფორმები ნაოსნობას უკავშირდება. მეზღვაურები ქარის ენერჯიას სწრაფი გადაადგილებისთვის იყენებდნენ. ქარის ენერჯია წყლის ამოსატუმბადაც გამოიყენებოდა, შემდგომი სტადია კი ქარის წისქვილები იყო.



სურათი 3. ქარის ელექტროსადგური.

მსოფლიოში ქარის ენერჯისგან ელექტროენერჯის წარმოება მე-19 საუკუნის მიწურულიდან დაიწყო. პირველი სადგური 1888 წელს ოჰაიოში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში გაიხსნა. ქარისგან ელექტროენერჯის წარმოება ევროპაში განსაკუთრებით პოპულარული მეორე მსოფლიო ომის დროს გახდა, როდესაც წიაღისეულ საწვავზე ხელმისაწვდომობის დროებითმა შეზღუდვამ ფასების მკვეთრი მატება გამოიწვია. ქარისაგან წარმოებულმა ელექტროენერჯიამ 2012 წელს 240 მლნ მეგავატსაათი შეადგინა. ამავე რაოდენობის ენერჯის წარმოება წიაღისეული საწვავის საშუალებით, დაახლოებით 4%-ით გაზრდიდა მავნე ნივთიერებების - მათ შორის CO₂ -ის გაფრქვევას. იმავე რაოდენობის ელექტროენერჯის წარმოებას, რასაც ერთმეგავატსაათი ქარის ტურბინა აწარმოებს 20 წლის განმავლობაში 29000 ტონა ქვანახშირი ან 92000 ბარელი ნავთობი სჭირდება [8,9].

საქართველოს ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალი აქვს, რომლის საშუალო წლიური რაოდენობა 4 მლრდ კილოვატსაათამდეა შეფასებული. პირველი ქარის ელექტროსადგური საქართველოში 2016 წელს შევიდა ექსპლუატაციაში. მისი სიმძლავრე 20,6 მეგავატია, და 84,1 მლნ კილოვატსაათ ელექტროენერჯიას გამოიმუშავებს. ამ რაოდენობას 18000 ოჯახის ელექტრომომარაგება შეუძლია [8, 84].

2.4 ბიომასის ენერჯია

კაცობრიობამ გასათბობად და საკვების მოსამზადებლად პირველად სწორედ ბიომასის ენერჯიის გამოყენება დაიწყო. ბიომასის ენერჯიას განეკუთვნება ყველა ის ენერჯია, რომელიც მიიღება ბიოლოგიური ორგანიზმების, მცენარეების და ცხოველებისაგან. ბიოენერჯიის სახეობებიც მრავალფეროვანია და მოიცავს მყარ, აირად და თხევად ბიოსაწვავს [14, 15].

ბიოგაზი უქანგბადო გარემოში სხვადასხვა ორგანული ნივთიერებების დაშლით წარმოიქმნება. ეს ორგანული ნივთიერებები კი ხშირ შემთხვევაში ნაგავსაყრელებზე განთავსებული ნარჩენებია. ბიოგაზის მისაღებად გამოიყენება მცენარეული, საყოფაცხოვრებო და ცხოველური ნარჩენები. ბიოგაზი სპეციალურ მოწყობილობაში - ბიორეაქტორებში ნედლეულის გადამუშავების შედეგად მიიღება. გამოიყენება გათბობის სისტემებში და ტრანსპორტში საწვავად [9, 21].

სხვადასხვა სახის ბიომასიდან მიღებული ენერჯორესურსი თხევადი ბიოსაწვავია, რომელიც სულ უფრო პოპულარული ხდება მსოფლიოში. ბიოსაწვავს დღეს საწვავის წიაღისეულის დაზოგვითი ტექნოლოგიების განვითარების და კლიმატის გლობალურ დათბობასთან ბრძოლის, ასევე ენერჯოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთ პერსპექტიულ საშუალებად განიხილავენ. ბიოსაწვავის სამრეწველო წარმოებას და გამოყენებას საფუძველი გასული საუკუნის დასაწყისში ჩაეყარა, მაგრამ აქტუალური მეოცე საუკუნეში წარმოქმნილი სიტუაციის გამო გახდა.

ცივილიზაციის პროგრესს პროგრესს მუდმივად თან ახლავს ენერჯეტიკის განვითარება. ყოველ ახალ ეტაპზე არსებული რესურსების გამოყენების მეტი სრულყოფა და დახვეწა ხდება. ოცდამეერთე საუკუნის საზოგადოების სოციალურ-ეკონომიური მდგომარეობა პრაქტიკულად სრულად განისაზღვრება მისი ენერჯეტიკული მდგომარეობით. გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემებით, კაცობრიობის რიცხვი 21-ე საუკუნის ბოლოს 10-12 მილიარდს მიაღწევს, და ბუნებრივია, რომ მოსახლეობის ზრდა გამოიწვევს ენერჯიაზე მოთხოვნილების გაზრდასაც, რომლის დაკმაყოფილების წყარო შესაძლებელია განახლებადი ენერჯია გახდეს. „განახლებადი ენერჯია 2008“ ეს

არის სპეციალური რეგულაცია, რომლის მიზანია საქართველოში განახლებადი ენერჯის ახალი წყაროების გამოყენების ხელშეწყობა[11].

საქართველოში დღეისათვის არსებული განახლებადი ენერჯის წყაროების პოტენციალი ნაკლებად არის გამოყენებული. თუმცა სახელმწიფოს სწორი პოლიტიკის და გათვლების შემთხვევაში ეს სფერო აუცილებლად გამოიწვევს დაინტერესებას.

3. ბიოსაწვავის სახეები

ბიოსაწვაი თანამედროვე ენერჯეტიკის განვითარების ერთ-ერთ მიმართულებას წარმოადგენს, რომელიც განახლებადი ენერჯის წყაროებიდან მიიღება. საწვავის წარმოების თანამედროვე ტენდენციების შესწავლისას მეცნიერებმა დაადასტურეს, რომ უახლოეს 20-30 წელიწადში ენერჯის მნიშვნელოვანი წყარო ბიოსაწვაი გახდება და სხვა სახის ენერჯომატარებლებს ნაწილობრივ ჩაანაცვლებს. ამიტომ ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარების საკითხი სულ უფრო აქტუალურია. ბიოსაწვაი თერმული, ქიმიური ან ბიოქიმიური დამუშავებით მიიღება მყარი, თხევადი ან აირადი ნედლეულისგან. ბიოსაწვავების მისაღებად გამოიყენება:

- სატყეო მეურნეობის ან გადამამუშავებელი წარმოების ნარჩენები;
- ენერჯეტიკული მცენარეები - მაღალი მოსავლიანობის მქონე მცენარეები, რომლებიც ითესება სპეციალურად ენერჯეტიკული მიზნებისთვის;
- სოფლის მეურნეობის ნარჩენები - მცენარეული და ცხოველური ნარჩენები;
- საყოფაცხოვრებო ნარჩენები - საკვების წარმოების და გამოყენების დროს მიღებული ნარჩენები;
- ინდუსტრიული ნარჩენები.

ასხვავებენ თხევად ბიოსაწვავს (შიგაწვის ძრავებისთვის, მაგალითად ბიოეთანოლი, ბიომეთანოლი, ბიოდიზელი), მყარ ბიოსაწვავს (ბრიკეტი, პილეტი), და აირადი წარმოშობის ბიოსაწვავს (ბიოაირი, ბიოწყალბადი). ბიოსაწვავის არსებული კლასიფიკაცია დაფუძნებულია გამოყენებული ნედლეულის სახეებზე.

პირველი თაობის ბიოსაწვავს განეკუთვნება ბიოსაწვავი, რომელიც მიიღება სოფლის მეურნეობის პროდუქტებისაგან: სიმინდი, ხორბალი, კარტოფილი და ა.შ. ამ ტიპის ბიოსაწვავს მიეკუთვნება ბიოეთანოლი და ბიოდიზელი. ექსპერტთა უმრავლესობა პირველი თაობის ბიოსაწვავის წარმოების გაზრდის წინააღმდეგია, რადგანაც ეს გამოიწვევს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების დეფიციტს.

მეორე თაობის ბიოსაწვავი გერმანული ფირმის „Choren Industres GmbH“ კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ მეორე თაობის ბიოეთანოლს გააჩნია შემდეგი უპირატესობები: ის შეიძლება პირდაპირ იქნას მიწოდებული ავტოტრანსპორტის საწვავით მომარაგების ამანაწილებელ ინფრასტრუქტურაში. ეს განახლებადი საწვავია. მეორე თაობის ბიოეთანოლი მცირე რაოდენობით შეიცავს ნახშირორჟანგს, გოგირდსა და არომატულ ნახშირწყალბადებს და წიაღისეულის ენერგომატარებლებთან შედარებით მისი გამონახობლქვი ატმოსფეროში 30-50%-ით ნაკლებია. მზის და ქარის გენერაციებთან შედარებით მას უფრო მაღალი პოტენციალი აქვს, რადგან მცენარეები ყოველთვის ხელმისაწვდომია. მეორე თაობის ბიოეთანოლი ვარგისია შორეული გადაზიდვებისა და გრძელვადიანი შენახვისთვის, მისი წარმოება შესაძლებელია მოხმარების (გამოყენების) ადგილზე. თვისებებით უტოლდება აირიდან მიღებულ სინთეზურ საწვავს. მას აქვს უფრო მაღალი გამოსავალი: 1 ჰექტარიდან შესაძლებელია 2500 ლ ეთანოლის მიღება, მაშნ როცა 1 ჰექტარზე რაფსიდან მიღებული ზეთის გამოსავალი 1300 ლ-ს შეადგენს. ბიოეთანოლის ძირითადი უპირატესობას თანამედროვე ეტაპზე წარმოადგენს ის, რომ მეორე თაობის ბიოეთანოლი არასასურსათო პროდუქტებიდან იწარმოება და შესაბამისად არ ახდენს გავლენას კვების ბაზარზე[18].

მეორე თაობის ბიოეთანოლი იწარმოება ფერმენტების გამოყენებით, რომლებიც ცელულოზას შლის უბრალო შაქრად. მსოფლიო ენერგეტიკული საბჭოს ექსპერტებმა დაასკვნეს, რომ მეორე თაობის ბიოსაწვავის გამოყენებას, ანუ ბიომასის თხევად გარდაქმნას და ცელულოზისგან ეთანოლის გამომუშავებას, შეუძლია შეამციროს სათბურის აირების ემისიები 90%-ით. განახლებადი ბიო რესურსების (RRB) მთლიანი მოცულობა მსოფლიოში 1800

მილიარდ ტონაზე მეტია. RRB წლიური ზრდის მაჩვენებელი 130 -დან 200 მილიარდ ტონაზე მეტია (აქედან დახლოებით 40 მილიარდი ტონა არის სატყეო მეურნეობის ნარჩენები) [18];[88]. ნახაზი 4-ზე წარმოდგენილია სახამებლის და ცელულოზას შემცველი ნედლეულის კონვერსია [18].



ნახაზი 4. სახამებლის და ცელულოზას შემცველი ნედლეულის კონვერსია

მესამე თაობის ბიოსაწვავს განეკუთვნება ბიოსაწვავი, რომელიც ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებისგან, ერთუჯრედიანი მიკროორგანიზმებისგან, ასევე მიკროწყალმცენარეების ბიომასისგან მიიღება. ისინი წარმოიქმნება ბიომასისაგან, რომელიც არ გამოიყენება ადამიანის მოხმარებისათვის. წყალმცენარეების გამოყვანა ხდება, როგორც ღია ტიპის წყალსაცავებში, ასევე მცირე ზომის ბიორეაქტორებში ელექტროსადგურების სიახლოვეს. ამ ნედლეულისაგან ბიოსაწვავის წარმოება გამართლებულია, რადგან წყალმცენარეები სპეციალურად ენერგეტიკული მიზნით გამოყავთ და მას მსოფლიოში განახლებადი წყაროებიდან ბიოსაწვავის მისაღებად პერსპექტიულ ნედლეულად განიხილავენ. ეს პირველ რიგში განპირობებულია წყალმცენარეების სწრაფი გამრავლებით, რაც უხვ ბიომასას გვამძლევს. დედამიწაზე ყოველდღიურად წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერებების დაახლოებით 80% სწორედ წყალმცენარეებზე მოდის[13].

სხვა ბიოლოგიურ ნედლეულთან შედარებით არსებობს წყალმცენარეების ენერჯის წყაროდ გამოყენების მთელი რიგი უპირატესობები. მათი წარმოება

არ მოითხოვს განსაკუთრებულ ძალისხმევას და ხარჯებს. წყალმცენარეები იზრდება სწრაფად და მოკლე დროში დიდი მოცულობის ბიომასას იძლევა. ისინი იზრდება როგორც ზღვის, ასევე მტკნარ (როგორც სუფთა, ასევე დაბინძურებულ) წყალში. მათ ჭირდება მხოლოდ წყალი და სინათლე. წყალმცენარეებისაგან ბიოსაწვავის მიღება ალტერნატიული ენერჯეტიკის ერთ - ერთი ახალი მიმართულებაა, თუმცა ბოლომდე შესწავლილი არ არის [86].

3.1 ბიომასის პოტენციალი საქართველოში

ნარჩენი ბიომასის მნიშვნელოვანი პოტენციალი არსებობს საქართველოშიც, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნას ენერჯეტიკული მიზნებისთვის. ნარჩენები მიიღება სოფლის მეურნეობის ერთწლიანი (ხორბალი, სიმინდი, ქერი, შვრია, მხესუმზირა, ლობიო) და მრავალწლიანი (ყურძენი, ხეხილი, თხილი, დაფნა) კულტურებისგან, ისევე როგორც ტყის სანიტარული და მოვლითი ჭრების ღონისძიებებიდან. თეორიულად, 304 ათასი ტონა ნარჩენი შეიძლება მიღებული იქნეს მრავალწლიანი მცენარეებისგან. აღსანიშნავია, რომ სოფლის მეურნეობის ნარჩენი ბიომასის ძირითადი ნაწილი საქართველოში იწვება ან ხდება მინდვრებში მისი დატოვება [14, 15].

ყოველწლიურად საქართველოში 1,5 მილიონ ტონაზე მეტი სასოფლო სამეურნეო ნარჩენი და 1 მილიონ მ³ -ზე მეტი ტყის ნარჩენი იწარმოება 36,5 PJ გენერირების პოტენციალით, რაც საქართველოს საცხოვრებელი სექტორის ენერგომოხმარების 70% -ს შეადგენს.

სიმინდის ჩალა სასოფლო სამეურნეო ნარჩენის ყველაზე დიდი პოტენციური წყაროა დაახლოებით მილიონი ტონა წლიური წარმოებითა და მდგრადი ენერჯის 18,3 PJ გენერირების პოტენციალით. სიმინდის ჩალის წარმოების 29% იმერეთის და 26% სამეგრელო - ზემო სვანეთის რეგიონზე მოდის. ასევე დიდი პოტენციალი აქვს ვაზის გასხვლას, რომელიც წლიურად დაახლოებით 108,900 ტონას შეადგენს წარმოებით, რომელიც მარტივად გენერირდება 2 PJ განახლებად ენერჯიად. წარმოების 61% კახეთის რეგიონზე მოდის [15].

ბიოსაწვავის გამოყენების უპირატესობები

არსებობს მრავალი უპირატესობა, რომელსაც ვიღებთ ბიოსაწვავის ენერჯის გამოყენებით. ამ უპირატესობებს შორისაა:

- ეს არის განახლებადი ენერჯის სახეობა;
- ამცირებს ატმოსფეროში გაზის ემისიებს;
- ამცირებს წიაღისეული ენერგორესურსებზე დამოკიდებულებას;
- ეთანოლი ბენზინს ამდიდრებს ჟანგბადით და მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს მის ოქტანურ მაჩვენებელს;
- ეთანოლი მოქმედებს როგორც ანტიფრიზი ძრავებში, აუმჯობესებს ცივი ძრავის გაშვებას და ხელს უშლის გაყინვას.

4. თხევადი ბიოსაწვავი

თხევადი ბიოსაწვავი მზადდება ისეთი ბიომასისგან რომელთაც აქვთ ბენზინის, დიზელის და ნავთობპროდუქტებით დამზადებული სხვა საწვავების მსგავსი მახასიათებლები. ორი ყველაზე გავრცელებული თხევადი ბიოსაწვავი არის ბიოეთანოლი და ბიოდიზელი.

ბიოეთანოლი - ეს ალტერნატიული საწვავი წარმოადგენს ჩვეულებრივ ეთილის სპირტს, ხოლო “ბიო” ნიშნავს, რომ მას იღებენ მცენარეული ნედლეულისგან როგორცაა შაქრის ლერწამი, ხორბალი, შაქრის ჭარხალი, სიმინდი, კარტოფილი და ასევე სოფლის მეურნეობის სხვა პროდუქტები. ბიოდიზელის წარმოებისთვის ზეთის მისაღებად ყველაზე შესაფერისი მცენარეა კანოლა (რაპსი), ასევე გამოიყენება ცხოველური ცხიმი ან ნარჩენი ზეთები. ამ ორი ბიოსაწვავის მთავარი დადებითი მხარე არის ის, რომ მათ შეიძლება ჩაანაცვლონ წიაღისეული საწვავის მნიშვნელოვანი ნაწილი ტრანსპორტის სექტორში (რაც შეამცირებს სათბური გაზების გამოყოფას).

თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველო მთლიანად იმპორტირებულ ნავთობპროდუქტებზეა დამოკიდებული, რომლის ოდენობა ყოველწლიურად იზრდება, (2019 წელს საწვავის იმპორტის ზრდამ წინა წელთან შედარებით 11% გადააჭარბა და 1,096 მილიონი ტონა შეადგინა [21, 22]. ცხადი გახდება

საკუთარი, ამასთან ეკო-მეგობრული საწვავის წარმოების აუცილებლობა. ეს მიუთითებს ჩვენს ქვეყანაში საავტომობილო საწვავის მიზანშეწონილობაზე, აღნიშნულის რესურსი კი საქართველოს ნამდვილად გააჩნია სოფლის მეურნეობის ნაჩენების სახით, ერთერთ ასეთ პერსპექტიულ რესურსს წარმოადგენს სიმინდის ნარჩენები, რამდენადაც მათი ჯამური რაოდენობა ყოველწლიურად 500 ათას ტ. აღემატება. [21].

ცხადია ავტომობილის ეკოლოგიურობას განპირობებს როგორც მისი კონსტრუქცია, მუშაობის რეჟიმები ასევე საწვავის ეკოლოგიური თვისებები. საავტომობილო საწვავების გარემოზე ეკოლოგიური ზემოქმედება განისაზღვრება ჰაერში, წყალში და ნიადაგში გამოფრქვეული ნამუშევარი აირების ტოქსიკურობით. შესაბამისად, საწვავის შემადგენლობა უნდა უზრუნველყოფდეს გამონაბოლქვ აირებში ტოქსიკური კომპონენტების მინიმუმირებას. საავტომობილო საწვავების ფიზიკურ-ქიმიური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლების ნორმირება სახელმწიფო და საქარხნო ნორმატიული დოკუმენტაციით ხდება, რაც უზრუნველყოფს გარემოსთვის საწვავების ეკოლოგიური უსაფრთხოების დონეს [91].

თანამედროვე მსოფლიო ავტოპარკი ყოველდღიურად სწრაფად იზრდება. როგორც ცნობილია, დიდი ქალაქების დაბინძურების მნიშვნელოვან წყაროს საავტომობილო ტრანსპორტი წარმოადგენს. ამიტომ, საავტომობილო ძრავებში ტრადიციული საავტომობილო საწვავის გამოყენებასთან დაკავშირებული ეკონომიკური და ეკოლოგიური პრობლემები, აქტუალურია ყველა ინდუსტრიული ქვეყნისთვის. შესაბამისად უფრო აქტუალური ხდება ავტოსატრანსპორტო საშუალებებზე ალტერნატიული საწვავების გამოყენება, რაც ასევე განპირობებულია ავტომობილის ძრავებიდან გამოსაბოლქვი აირებისადმი ეკოლოგიური მოთხოვნების გამკაცრებით.

ავტოტრანსპორტის გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედება ვლინდება ძირითადად „სათბურის ეფექტისა“ და გამონაბოლქვი მავნე ნივთიერებების სახით, რაც ადამიანის ჯანმრთელობაზე მნიშვნელოვან უარყოფით გავლენას ახდენს. როგორც გამოკვლევები ცხადყოფს, სწორედ ავტოტრანსპორტის წილად მოდის ქვეყნის მასშტაბით 74%, ხოლო თბილისში 79% ატმოსფეროში გაფრქვეული მავნე ემისიები. მხოლოდ ბოლო 10 წლეულში რესპირატორული

და ონკოლოგიური დაავადებების რაოდენობა 20% -ითაა გაზრდილი საქართველოში.

კლიმატის ცვლილება, დღეს ერთ-ერთი ყველაზე სერიოზული ეკოლოგიური პრობლემა, ასოცირდება "სათბურის ეფექტთან", რაც გამოწვეულია ნახშირორჟანგის (CO₂) კონცენტრაციის მკვეთრი მატებით. 1 ლიტრი ბენზინის დაწვისას, ჰაერში გაიფრქვევა 140 გ-მდე ნახშირორჟანგი, 60 გ-მდე ნახშირწყალბადები (C_xH_y) და 10 გ-მდე აზოტის ოქსიდები (NO_x). იმის გათვალისწინებით, რომ საავტომობილო ძრავების საერთო სიმძლავრე ზოგადად აჭარბებს ელექტროსადგურების საერთო სიმძლავრეს. ეს ეწინააღმდეგება კიოტოს პროტოკოლის (1997) და კლიმატური კონვენციის (რიო-დე ჟანეირო, 1992) გადაწყვეტილებებს, რომლებიც განსაზღვრავს 21-ე საუკუნეში სათბურის გაზების ემისიების მნიშვნელოვან შემცირებას [16, 17].

საკმარისია აღინიშნოს რომ ერთი ავტომობილი წლიურად შთანთქმავს ატმოსფეროდან საშუალოდ 4 ტონა ჟანგბადს, ამასთან გამონაბოლქვის სახით გააფრქვევს 800კგ ნახშირბადის მონოოქსიდს (CO), 40კგ აზოტის ჟანგეულებს და 200კგ სხვადასხვა ნახშირწყალბადებს (ბენზოლი - 27 ათასი ტონა; ფორმალდეჰიდი - 17,5 ათასი ტონა; ბენზ(ა)პირენი 1,5ტ და სხვ.). მთლიანად მავნე ნივთიერებების საერთო რაოდენობა კი აჭარბებს 20 მლნ.ტონას.

5. ძრავას გამონაბოლქვი აირების ტოქსიკურობა

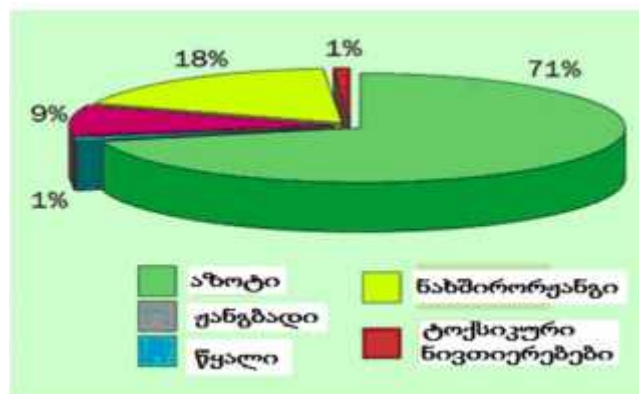
თანამედროვე მსოფლიოში ავტომობილი წარმოადგენს ცხოვრების ერთ-ერთ აუცილებელ ატრიბუტს. საავტომობილო პარკის გაზრდა, განსაკუთრებით დიდ ქალაქებში მათი კონცენტრირება იწვევს ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებას. გარდა ამისა გამონაბოლქვი აირები ხელს უწყობს სათბური ეფექტის წარმოქმნას და გლობალურ დათბობას.

ამასთან დაკავშირებით მსოფლიოს ზოგიერთ ქვეყნებში შემუშავებულ იქნა სპეციალური ნორმატიული დოკუმენტები, რომლებიც ზღუდავს ავტომობილის გამონაბოლქვ აირებში მავნე ნივთიერებების შემცველობას.

განსაზღვრულია ტოქსიკურობის ნორმები და შიგა წვის ძრავების გამონაბოლქვ აირების კონტროლ[19].

შიგა წვის ძრავას გამონაბოლქვ აირებში ძირითად ტოქსიკურ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ნახშირბადის ოქსიდი (CO_2), ნახშირწყალბადები, ჭვარტლი (CO) და აზოტის ოქსიდები (NOx). შიგა წვის ძრავებში მავნე ტოქსიკური ნივთიერებების წარმოქმნის პირობები სხვადასხვაა. მაგალითად, პირველი ჯგუფის (CO , $CxHy$) ტოქსიკური ნივთიერებების წარმოქმნა დაკავშირებულია საწვავის ჟანგვის ქიმიური რეაქციით, რომელიც მიმდინარეობს სამუშაო ნარევის წარმოქმნის, ასევე საწვავის წვის პროცესში და ძრავას მიერ მუშა სვლის შესრულების დროს [20, 27].

ნახაზზე 5 წარმოდგენილია გამონაბოლქვ აირებში ტოქსიკური ნაერთების შემცველობა



ნახაზი 5. გამონაბოლქვ აირებში ტოქსიკური ნაერთების შემცველობა

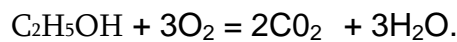
6. გამონაბოლქვი აირების შემადგენლობა

მოწინავე ტექნოლოგიების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა სატრანსპორტო საშუალებებისთვის ალტერნატიული საწვავების მიღების შესაძლებლობა, რომლებიც განახლებადი, ადვილად აალებადი და უფრო საიმედოა ვიდრე ტრადიციული ბენზინი. ალტერნატიულ საწვავს წარმოადგენს ბიოეთანოლი–ეთილის სპირტი (C_2H_5OH), რომელიც მიიღება შაქრის და სახამებლის შემცველი ნებისმიერი მარცვლეული, კარტოფილის, შაქრის ლერწმის, სხვადასხვა სოფლის მეურნეობის პროდუქტებისგან, საკვები

პროდუქტებისა და სასმელების ნარჩენების ფერმენტაციით. ეთანოლის გამოყენება მომგებიანია, რადგან მისგან შესაძლებელია 34%-ით მეტი ენერჯის მიღება, ვიდრე დახარჯული იყო მისი წარმოებისთვის.

ნახშირწყალბადები (CH). ნავთობი და ბენზინი შეიცავს 250 მეტ სხვადასხვა ნახშირწყალბადებს. ზოგი მათგანი ტოქსიკურია, ზოგი კი კანცეროგენულია, რომელიც იწვევს ავთვისებიან სიმსივნეს.

ნახშირწყალბადები ხვდება გარემოში საწვავის ცისტერნებში ჩასხმის, საწვავის ავზის შევსების და საწვავის არასრული წვის დროს. სატრანსპორტო საშუალებები ატმოსფეროში გამოყოფს საერთო გამონახობლქვის დაახლოებით 50%-ს. ხოლო ბიოეთანოლის წვისას კი ნახშირწყალბადები არ გამოიყოფა:



ნახშირორჟანგის შთანთქმა ხდება მცენარეების მიერ. ეთანოლის გამოყენება ასრულებს ნახშირბადის ციკლს.

ოზონი (O₃, ფოტოქიმიური სმოგი) წარმოიქმნება ჰაერში ნახშირწყალბადების ურთიერთქმედებით აზოტის ოქსიდებთან მზეზე. უქარო ამინდში ცხელ ზაფხულში სმოგი ქმნის ყავისფერ კვამლს ატმოსფეროს დაბალ ფენებში. ეს საშიშია, რადგან მიწისზედა ოზონის მაღალი დონე იწვევს ადამიანებში რესპირატორულ უკმარისობას. აგრეთვე ოზონური დაბინძურება იწვევს რესპირატორული დაავადებების გაზრდას.

ნახშირბადის მონოოქსიდი (CO, მხუთავი აირი), — მომწამვლელი გაზი. წარმოიქმნება ნავთობური საწვავის არასრული წვის დროს. იგი გამოიყოფა განსაკუთრებით ბევრი როცა ძრავში მიეწოდება ჭარბი საწვავი, მაგ. სიცივეში ძრავის ამუშავების დროს. ამერიკის შეერთებული შტატების ენერჯეტიკის სამინისტროს შეფასებით 82% მხუთავი აირი, 43% ქიმიურად აქტიური ორგანული აირები და 47% აზოტის ოქსიდები ქალაქებში გამოიყოფა ნავთობიდან მიღებული სატრანსპორტო საწვავიდან. ბიოეთანოლის დამატებისას, რომელიც შეიცავს ჟანგბადს, საწვავი იწვება სრულად და –ს შემცველობა გამონახობლქვ აირებში მცირდება სამჯერ[20].

ნახშირორჟანგი (CO_2) — ნებისმიერი ნახშირბადშემცველი საწვავის წვის პროდუქტია; არატოქსიკურია. მაგრამ ხელს უწყობს სათბური ეფექტის წარმოქმნას და გლობალურ დათბობას. ბიოეთანოლის გამოყენება ამცირებს ნახშირორჟანგის გაზრდას ატმოსფეროში.

აზოტის ოქსიდები (NO_x) წარმოიქმნება მაღალი ტემპერატურის დროს. ისინი ხელს უწყობს ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნას. ბიოეთანოლის ბენზინში დამატება ცილინდრულ ძრავში ხელს უწყობს სამუშაო ნარევის წვას, რაც იწვევს გამონაბოლქვ აირებში აზოტის ოქსიდების და ბენზინის არასასურველი კომპონენტების შემცირებას.

საავტომობილო საწვავების გარემოზე ეკოლოგიური ზემოქმედება განისაზღვრება ჰაერში, წყალში და ნიადაგში გამოფრქვეული ნამუშევარი აირების ტოქსიკურობით. საწვავის ეკოლოგიური თვისებებს უზრუნველყოფს არა მარტო გამონაბოლქვ აირებში ტოქსიკური კომპონენტების მინიმუმაცია, არამედ არასრული წვის პროდუქტების კატალიზური ნეიტრალიზაცია. სახელმწიფო და საქარხნო ნორმატიული დოკუმენტაციით ხდება საავტომობილო საწვავების ფიზიკურ-ქიმიური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლების ნორმირება, რაც უზრუნველყოფს გარემოსთვის საწვავების ეკოლოგიური უსაფრთხოების დონეს [19].

ევროკავშირის **2009/28/EC** დირექტივის თანახმად ევროკავშირის ქვეყნებში მოხმარებული ენერჯის 30% განახლებადი წყაროებიდან უნდა იყოს წარმოებული, საიდანაც 15% ტრანსპორტის სექტორზე უნდა მოდიოდეს. საქართველო, როგორც ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულების ხელმომწერი ქვეყანა, ვალდებულია ზრუნავდეს ევროკავშირის დირექტივების თანახმად და განავითაროს ალტერნატიული, განახლებადი ენერჯის წყაროები, მათ შორის ბიოსაწვავის - ეთანოლის და ბიობენზინის წარმოება და გამოყენება [92]. 2019–2020 წწ საქართველოს პარლამენტის მიერ მიღებულია:

- „ნარჩენების მართვის კოდექსი“ [21].
- საქართველოს კანონი „განახლებადი ენერჯის წყაროების შესახებ“ [22].
- „განახლებადი ენერჯის ეროვნული სამოქმედო გეგმა“ [8].

წარმოდგენილი ნაშრომი ეთანადება მიღებული კანონების მოთხოვნებს. ეს კიდევ ერთხელ ადასტურებს თემის აქტუალობას და პრაქტიკულ მნიშვნელობას ქვეყნის ეკოლოგიური, ეკონომიკური და სოციალური დამოუკიდებლობის განვითარებისთვის. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე მნიშვნელოვანია საკუთარი, ამასთან ეკო-მეგობრული საწვავის წარმოების აუცილებლობა. ცხადია ავტომობილის ეკოლოგიურობას განპირობებს როგორც მისი კონსტრუქცია, მუშაობის რეჟიმები ასევე საწვავის ეკოლოგიური თვისებები.

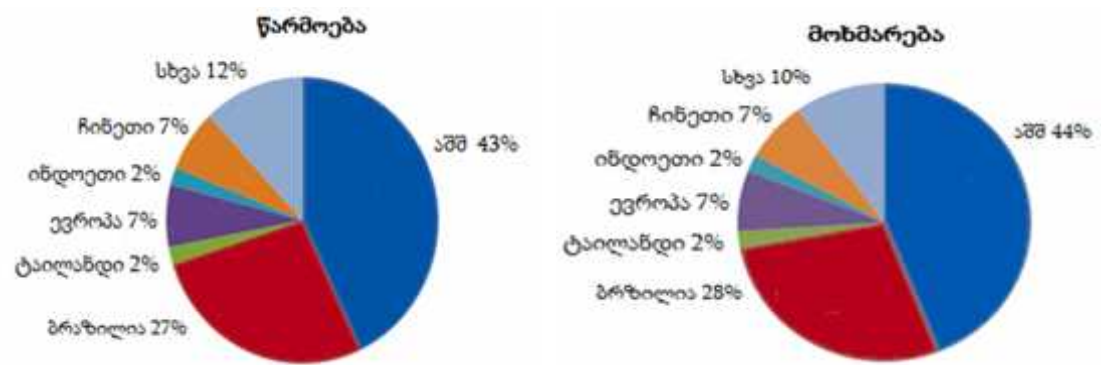
7. ბიოდანამატი - ბიოეთანოლი

ეთანოლი, ეთილის სპირტი - ორგანული ნივთიერება. მიეკუთვნება სპირტების ჯგუფს. არის მარტივი, ერთატომიანი სპირტი. ქიმიური ფორმულა C_2H_6O , ზოგჯერ გამოსახვენ როგორც CH_3-CH_2-OH ან C_2H_5OH . ეთანოლი არის აქროლადი, ცეცხლსაშიში, თხევადი და ფსიქოაქტიური ნივთიერება. მას შეიცავს ყველა ალკოჰოლური სასმელი. არის სპირტული დუდილის მთავარი პროდუქტი, რომელიც მიმდინარეობს მიკროორგანიზმების საშუალებით[23].

ავტოტრანსპორტის სფეროში ეკოლოგიური მოთხოვნების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს გამონახობაში 2 რადიკალურად შემცირება. ლიდერი სახელმწიფოები, როგორც არი აშშ, ჩინეთი და ევროკავშირი ყოველწლიურად ამკაცრებენ გამონახობაში ემისიებში 2 -ის ნორმებს სატრანსპორტო საშუალებების ყველა სახეობისთვის, რაც განაპირობებს მათი ეკონომიურობის მნიშვნელოვან ზრდას, ასევე ახალი ეკოლოგიურად სუფთა საწვავების დამზადების აუცილებლობას. მაგალითად, მაღალი დეტონაციური მდგრადობის ბენზინის წარმოებისთვის გამოიყენება ოქსიგენატები (ჟანგბადშემცველი კომპონენტები), რომელთაგან უმეტესად გავრცელებულია ბიოეთანოლი, რომელიც მიიღება განახლებადი ბიონარჩენებიდან, რომლის გამოყენებასაც თან ახლავს ატმოსფეროში 2 -ის შემცირება, ხოლო ძრავაში მისი წვის დროს მცირდება მავნე ნაერთების (CO , CH) შემცველობა ნავთობბენზინთან შედარებით. ბიოეთანოლი მიეკუთვნება ბენზინების ეკოლოგიურად სუფთა მაღალოქტანურ დანამატებს და იგი მსოფლიოში

ფართოდ გამოიყენება ბენზინის დანამატის სახით, ძრავას მოდიფიკაციის გარეშე. ასეთ პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს, მაგალითად საშუალო ეთანოლური საწვავი E30, რომელიც გამოიყენება საავტომობილო ტექნიკის მოდიფიცირების გარეშე.

ბიოენერგეტიკის მიმართულების ერთერთი მნიშვნელოვანი სფეროა განახლებადი ენერჯის წყაროებიდან ალტერნატიული საწვავის მიღება. ამასთან დაკავშირებით განუხრელად იზრდება ეთანოლის როგორც საწვავის მიმართ ინტერესი. უკანასკნელი ხუთი წლის განმავლობაში საწვავი ეთანოლის (Fuels Ethanol) წარმოების მსოფლიო მოცულობა 3-ჯერ, ხოლო ბიოსაწვავის წარმოება დაახლოებით 14%-ით გაიზარდა ნახ.6. წარმოდგენილია ეთანოლის წარმოებისა და მოხმარების პროგნოზი 2025 წლისათვის [23].



ნახაზი 6. ეთანოლის წარმოებისა და მოხმარების პროგნოზი 2025 წლისათვის.

ბიოენერჯის მისაღებად ბიოეთანოლს აწარმოებენ ენერჯის განახლებადი წყაროებიდან სიმინდის, შაქრის ლერწმის, სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა პროდუქტების ნარჩენებისგან (კარტოფილი, შაქრის ჭარხალი, ქერი, ხორბლის და ბრინჯის ნამჯა, მერქნის ნახერხი და სხვა.). ამ მიმართულებით მიმდინარეობს სამეცნიერო და პრაქტიკული მუშაობა, როგორც შეზღუდული პოტენციალის, ისე ნახშირწყალბადების (ნავთობი, ბუნებრივი აირი) დიდი მარაგის მქონე ქვეყნებში.

სქემატურად ბიოეთანოლის მიღება წარმოდგენილია ნახაზზე 7.



ნახაზი 7. ბიოეთანოლის მიღება.

მოტორული საწვავებისთვის მრავალრიცხოვან ანტიდეტონაციურ დანამატებს შორის დღეისათვის უმეტესი მოცულობა საწვავი ეთანოლის წარმოებაზე მოდის, რომელიც მიიღება მცენარეული ნედლეულიდან. ბიოეთანოლის ლიდერობა აიხსნება არა მარტო მისი დეტონაციური მდგრადობის გამო. ბიოეთანოლის წარმოება სტიმულს აძლევს სასოფლო სამეურნეო პროდუქციის წარმოების გაზრდას, ასევე ხელს უწყობს მარცვლის ღრმა გადამუშავების ტექნოლოგიის განვითარებას. მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს მოტორული საწვავის ეკოლოგიური მახასიათებლების გაუმჯობესებაც. საწვავი ეთანოლის მსოფლიო წარმოება შეადგენს 60 მლნ ტ/წელ. ბიოეთანოლის წარმოების სხვადასხვა ნედლეულს შორის გამოყოფენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს, მათ ნარჩენებს და არასაკვებ ნედლეულს, ხის მერქნის გადამუშავების ნარჩენებს. ეთანოლის წარმოებისთვის ლიგნოცელულოზის გამოყენება (მეორე თაობის ნედლეული), წყვეტს ნარჩენების უტილიზაციის პრობლემას. ბიოეთანოლის წარმოების ტექნოლოგიის არსებული ეფექტურობა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია შერჩეული ნედლეულის გადამუშავებაზე. ბიოეთანოლის ქარხანა კლასიკური სპირტის ქარხნისგან განსხვავდება მხოლოდ წარმოების მოცულობით და სარექტიფიკაციო სვეტების რაოდენობით[28,29].

ბიოეთანოლის ქარხანა წარმოდგენილია ნახაზზე 8.



ნახაზი 8. ბიოეთანოლის წარმოების ქარხანა

ბიომასისგან წარმოებული სპირტების გამოყენება ბენზინებთან ნარევში როგორც ძრავას საწვავები, ჯერ კიდევ 1980–იანი წლებიდან წარმოადგენდა მეცნიერული კვლევის საგანს [28]. საწვავი ეთანოლის ბენზინთან ნარევის უპირატესობა ის არის, რომ იგი ამდიდრებს საწვავს ჟანგბადით და უზრუნველყოფს სრულ წვას, რაც ხელს უწყობს გარემოს მდგომარეობის გაუმჯობესებას, საწვავის ოქტანურის რიცხვის გაზრდას და დეტონაციის შემცირებას. გარდა ამისა, საწვავი ეთანოლის გამოყენება ბენზინ-ეთანოლის ნარევების სახით შესაძლებელს ხდის მნიშვნელოვნად შემცირდეს გამონაბოლქვ აირებში მავნე ემისიების შემცველობა [92].

მსოფლიოში აწარმოებენ **E5**, **E7**, **E10**, **E20** და **E85** მარკის ბიობენზინებს, რომლის წვისას მცირდება ატმოსფეროში ემისიების რაოდენობა:

- გამონაბოლქვი ნახშირწყალბადების ნაწილაკების - 50%-ით;
- ნახშირორჟანგის 30%-ით;

10% ბიოეთანოლის დანამატი საავტომობილო ბენზინზე 20%–მდე ამცირებს თბური აირების წარმოქმნას, ზრდის ოქტანურ რიცხვს, ამცირებს გამონაბოლქვ აირებში ტოქსიკური ნივთიერებების რაოდენობას და საწვავის ხარჯს.

როგორც ცნობილია, საავტომობილო ტრანსპორტის სწრაფმა განვითარებამ გამოიწვია გარემოს – ატმოსფეროს, წყლისა და ნიადაგის მნიშვნელოვანი დაბინძურება. ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვი აირები შეიცავს ოთხმოცამდე ტოქსიკურ ნივთიერებას – არასრული წვის პორდუქტების (აზოტის და ნახშირბადის ოქსიდებს და სხვა სახით).

ბიოენერგეტიკის განვითარების ტენდენციების ანალიზი მოწმობს ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარების პერსპექტივებს, რომელიც განახლებადი რესურსების, კერძოდ, ბიომასის (ყველა ორგანული ნივთიერება, როგორც მცენარეული ასევე ცხოველური წარმოშობის, ასევე მათი ცხოველმოქმედების შედეგად მიღებული ნარჩენები) საფუძველზე მსოფლიოს უზრუნველყოფს უფრო ეკონომიური და ეკოლოგიური საწვავით.

8. ბიოეთანოლის გავლენა შიგა წვის ძრავაზე

ბიოეთანოლი – ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტია. არატოქსიკურია, ადვილად იხსნება წყალში და არ იწვევს გრუნტის წყლების დაბინძურებას. ამასთან ერთად ბენზინი წარმოადგენს კანცეროგენული ნაერთების წყაროს და დაღვრის შემთხვევაში სერიოზულ ზიანს აყენებს გარემოს. მრავალი ექსპერტი ეთანოლის წარმოებას უწოდებენ ყველაზე პერსპექტიულ სამრეწველო მიმართულებას. მსოფლიო მასშტაბით სუფთა ეთანოლით მგზავრობა ჯერჯერობით რჩება ძალიან გავრცელებულ მოვლენად, მაღალი ოქტანური რიცხვის და ჟანგბადის შემცველობის გამო. სწორედ ეთანოლი წარმოადგენს საუკეთესო საშუალებას გამონაბოლქვი აირების წინააღმდეგ საბრძოლველად, რომელიც იწვევს სათბურ ეფექტს. და რასაკვირველია თვითონ წარმოების პროცესი ქმნის სოფლის მდებარეობაში სამუშაო ადგილებს, ამრიგად წყვეტს პრობლემას, რომელიც არსებობს სხვადასხვა კონტინენტის მრავალ ქვეყანაში [24].

იმ დროს როცა სუფთა ეთანოლი, გამოიყენება ძირითადი საწვავის სახით მხოლოდ სტაბილური თბილი კლიმატის მქონე ქვეყნებში, ეთანოლის სხვადასხვა პროპორციით ბენზინთან ნარევს გააჩნია დიდი პოპულარობა მთელ მსოფლიოში. ეთანოლი ასეთ ნარევებში ზრდის საწვავის დეტონაციურ

მდგრადობას, ხელს უშლის ძრავას გადახურებას და საწვავის მფრქვევანას დაბინძურებას, ასევე მოქმედებს როგორც ანტიფრიზი საწვავის ხაზისთვის. და რასკვირველია ახდენს გამონაბოლქვი აირების მინიმიზირებას. 5% ეთანოლის დამატების დროსაც კი გამონაბოლქვი აირების ტოქსიკურობა მნიშვნელოვნად მცირდება, ნახშირბადის შემცველობა მცირდება 4,5%, აზოტის ოქსიდის – 5,7%-ით, ნახშირბადის მონოოქსიდი – 26,3%-ით.

შევადართ ერთმანეთს სუფთა ბიოეთანოლი და ბენზინის საწვავი. ეთანოლი ცილინდრის კედლებიდან ცხიმს ნაკლებად შლის; მისი ორთქლი იწვის უფრო სწრაფად და ამავე დროს უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, რაც დადებითად მოქმედებს გამონაბოლქვი სარქველების მუშაობაზე; აქვს მაღალი ოქტანური რიცხვი 105. ეთანოლს მნიშვნელოვნად შეუძლია გაზარდოს ძრავას სიმძლავრე – ცილინდრში ეთანოლის იწვის ნახევარზე მეტი ვიდრე ბენზინი, რაც უზრუნველყოფს შიგა წვის ძრავას სიმძლავრის გაზრდას დაახლოებით 7%-ით, და მაბრუნის მომენტს – 20%-მდე. მაგრამ უფრო მნიშვნელოვანია, რომ ეთანოლის წვისას გოგირდის და ნახშირბადის ნაერთები არ წარმოიქმნება, რაც ორჯერ და უფრო მეტად გაზრდის ზეთისა და სანთლების მუშაობის ხანგრძლივობას და ასევე მნიშვნელოვნად აფართოებს თავად ძრავას სამსახურის ვადას. როგორც ჩანს ეკონომიური მოგება დიდია და ეთანოლზე გადასვლა გარდაუვალია. და ბოლოს, რაც შეეხება ეთანოლის წარმოებაზე ენერგო დანახარჯს. ჩამოთვლილ ენერჯის ალტერნატიული წყაროების ტიპებს შორის ეთანოლი არა მხოლოდ გარემოსთვის უვნებელი, არამედ მაღალ რენტაბელურიცაა. სხვადასხვა სპირტებს შორის მეთანოლი და ეთანოლი აღიარებულია, როგორც ყველაზე შესაფერისი განახლებადი ბიოსაწვავები ნაპერწკლით ანთება შიგა წვის ძრავებისთვის [25].

შიგა წვის ძრავების საწვავად გამოყენებული ეთანოლი მიიღება განახლებადი ენერჯის წყაროებიდან, როგორცაა შაქრის ლერწამი, კასავა, სიმინდი, ქერი და სხვ. სახის ბიომასიდან [26].

როგორც Al-Hasan -ის მონაცემებიდან ჩანს, ეთანოლი ამჟამად არის პერსპექტიული პროდუქტი ავტომობილებში საწვავად გამოსაყენებლად ნავთობსაწვავის ჩასანაცვლებლად [30]. ეთანოლის მთავარი უპირატესობაა განახლებადი ბუნებრივი პროდუქტების ან მათი ნარჩენებიდან წარმოება;

გამსხვავებით ბენზინებიდან რომელიც არაგანახლებადი ბუნებრივი პროდუქტია. გარდა ამისა ეთანოლს გააჩნია კარგი ანტიდეტონაციური თვისებები. თუმცა ეკონომიური ასპექტები მაინც ზღუდავს მის ფართომასშტაბიან გამოყენებას. აქედან გამომდინარე სუფთა ეთანოლის ნაცვლად მიმზიდველ საწვავად აღიარებულია ეთანოლ/ბენზინის ნარევები[30].

მრავალი მკვლევარის აზრით, უპირატესობა ენიჭება ეთანოლ/ბენზინის ნარევებს ძრავის მწარმოებლობასა და ემისიების მახასიათებლებს. მაგ. რაისი და სხვები (Rice et.al.), [31] აზრით, მცირე სხვაობა არსებობს ენერგეტიკულ მახასიათებლებში, საწვავის ხარჯსა და თერმულ ეფექტურობას შორის ძრავას სუფთა ბენზინზე და E15 ნარევის გამოყენებისას. სამხრეთ ილინოისის უნივერსიტეტში ჩატარებულმა კიდევ ერთმა კვლევამ აჩვენა, რომ ძრავას სიმძლავრე და საწვავის ხარჯი მცირედ გაიზარდა ბიოსაწვავებთან ნარევებში [32]. ბიოსაწვავი გამოყოფს მცირე რაოდენობის ნახშირბადის ოქსიდს (CO), ნახშირწყალბადებს (HC), აზოტის ოქსიდებს (NOx) და კვამლს გამონაბოლქვ აირებში ბენზინის საწვავთან შედარებით.

ჩანაცვლებული ბენზინის საწვავის რაოდენობა რეგულირდება ნარევეში ეთანოლის პროცენტული მაჩვენებლით. თუმცა პრობლემები წარმოიქმნება ნარევეში წყლის არსებობის გამო, რადგან კომერციულად ხელმისაწვდომი ეთანოლი იშვიათად გვხვდება უწყლო მდგომარეობაში [33]. კომერციულად ხელმისაწვდომი ეთანოლი შეიცავს 10% წყალს. მკვლევრებმა აღნიშნეს, რომ ვინაიდან ნედელად გამოყენებულია 190°C -იანი ფერმენტირებული შაქრის ლერწმის მელისა და მიღებული ეთანოლი შეიცავს 20% წყალს, მის მოსაცილებლად საჭიროა ნარჩენი წყლის მოცილება [34] იოჰანესმა და შრამმა [35] გამოიკვლიეს ეთანოლ ბენზინ/წყლის ნარევების დაბალტემპერატურული შერევა -25-დან და -2 °C დიაპაზონში წარმატებით გამოიყენება ფაზების დაყოფის გარეშე. სამუშაო მახასიათებლები და გამონაბოლქვი დამაბინძურებელი აირები შიგა წვის ძრავის მქონე მანქანებში, რომელიც მუშაობდა ეთანოლი/ბენზინის 0, 10, 15 და 20% ნარევეზე შესწავლილია მრავალი მკვლევარის მიერ [36,37]. დადგენილია, რომ გამონაბოლქვ აირებში მცირდება CO და HC შემცველობა ბენზინში ეთანოლის დამატებით.

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში ჩვეულებრივ გამოიყენება სხვადასხვა რაოდენობის ეთანოლ/ბენზინის ნარევები, მაგალითად, ავსტრალია ოფიციალურად 10%, ბრაზილია 25%-მდე; კანადა 10%; შვედეთი 5%; და აშშ 10%-მდე და სხვა [38,39]. თუმცა შეერთებულ შტატებში ავტომობილების მწარმოებლები შეთანხმდნენ, რომ ეთანოლის 10%-მდე გამოყენება არ იმოქმედებს ავტომობილების გარანტიებზე [40].

არსებობს რამდენიმე პრობლემა, რომელიც გავლენას ახდენს ეთანოლისა და ბენზინის კომბინაციების გამოყენებაზე, კერძოდ:

1. ეთანოლს აქვს დაბალი ხარისხის საწვავის მახასიათებლები ბენზინთან შედარებით (მაგ. ტენიანობა, უფრო დაბალი წვის სითბო და მაღალი აალების ტემპერატურა);
2. ეთანოლის და ბენზინის ნარევების მწარმოებლობა და სამსახურის ვადა ჯერჯერობით დადგენილი არ არის;
3. ჯერ კიდევ არ არსებობს ეთანოლ/ბენზინის სხვადასხვა ნარევების საწვავების თვისებების შესახებ გამოცდილება;
4. მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ტარდება კვლევები და პროცესების დამუშავება, მაგრამ ჯერ კიდევ მცირე მონაცემები არსებობს;
5. ეთანოლის ფართო წარმოების მიუხედავად, იგი არ არის მხარდაჭერილი ავტომანქანების მწარმოებელი კომპანიების მიერ, როგორც ალტერნატიული საავტომობილო საწვავი [41].

ავტორების **A.F. Kheiralla**, ad other [42] მიერ შესწავლილია ეთანოლ/ბენზინის ნარევები 35% ეთანოლის შემცველობით; შემოწმებულია მათი საექსპლუატაციო მახასიათებლები ნაპერწკალანთების შიგა წვის ძრავაზე, როგორც ალტერნატიული საწვავი ძრავას მოდიფიცირების გარეშე. ნარევებში ეთანოლის მატებასთან ერთად საწვავები აჩვენებდნენ ოდნავ დაბალ საწვავის მოხმარებას და მუხრუჭის მაღალ თერმულ ეფექტურობას; ნახშირბადის ოქსიდი ბენზინთან შედარებით შემცირდა ყველა ნარევებში. გამოცდილ ნარევებს შორის **E20** ბიოსაწვავმა აჩვენა კარგი შედეგები. ნედლეულად აღებული იყო სუდანის შაქრის ლერწმის გადამუშავებით მელასისგან მიღებული სპირტი, დამზადებულია ეთანოლ/ბენზინის ნარევები E0, E10, E15,

E20, E30, E35 და შესწავლილია მათი ფიზიკურ-ქიმიური და საექსპლოატაციო მახასიათებლები.

მკვლევარების A.A.Memon ad other [43,44] აზრით შესაძლებელია კარტოფილის ნარჩენებიდან ბიოეთანოლის წარმოება ფერმენტული ჰიდროლიზის საშუალებით. კვლევა ეხება კარტოფილის ნარჩენებიდან სახამებლის გარდაქმნას ფერმენტულ ნახშირბადად დუღილის გზით საფუარისა და ალფა-ამილაზას გამოყენებით. ბიოეთანოლის წარმოება შესაძლებელია 30°C ტემპერატურაზე 84 სთ. ინკუბაციის პერიოდში. დადგენილია, რომ კარტოფილის ნარჩენები შეიცავს დიდი რაოდენობით სახამებელს, რომლისგანაც ფერმენტაციის გზით მიიღება ალტერნატიული საწვავი ბიოეთანოლი.

თავი 2. ექსპერიმენტული ნაწილი კვლევის შედეგები და მათი განსჯა

სადისერტაციო ნაშრომში „სიმინდის ნარჩენიდან მიღებული ბიობენზინის საავტომობილო საწვავად გამოყენების შესაძლებლობის კვლევის“ მიზნით განხორციელებულია:

- სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან, კერძოდ სიმინდის ნარჩენებიდან საცდელი ბიოეთანოლის დამზადების ტექნოლოგიის დამუშავება;
- ბიობენზინების ნიმუშების დამზადება;
- ნავთობ და საცდელი ბიოსაწვავების ფიზიკურ–ქიმიური და საექსპლოატაციო თვისებების შედარებითი კვლევა;
- ავტომობილის ტექნიკურ და ეკოლოგიურ მაჩვენებლებზე საცდელი ბიოეთანოლის/ბენზინის ნარევის გავლენის შესწავლა;

2.1. კვლევის ობიექტები და მეთოდები

2.1.1 კვლევის ობიექტები

კვლევის ობიექტად აღებულია სიმინდის ნარჩენებიდან მიღებული ბიოეთანოლი და „რომპეტროლის“ ფირმის „სუპერი“ და „რეგულარი“ მარკების საავტომობილო ბენზინები, ასევე ბიოეთანოლის/ბენზინის ნარევი 10, 20 და 30 % -იანი დანამატებით.

2.1.2 კვლევის მეთოდები

ა) ფიზიკურ - ქიმიური მახასიათებლები შესწავლილი იქნა GOST, EN და ASTM D სტანდარტების მიხედვით [46-75]:

1. საწვავში ეთანოლის და მეთანოლის შემცველობის განსაზღვრა ASTM D5501–12 სტანდარტის შესაბამისად. (Standard Test Method for Determination of Ethanol and Methanol Content in Fuels Containing Greater than 20% Ethanol by Gas Chromatography (სტანდარტული ტესტ-მეთოდი

ეთანოლისა და მეთანოლის შემცველობის განსაზღვრისთვის საწვავში, რომელიც შეიცავს 20% -ზე მეტ ეთანოლს გაზური ქრომატოგრაფიით).

2. ნავთობში წყლის მასური წილის განსაზღვრა მოხდა ASTM D4928 - 12(2018) 6 და GOST 24614-81 სტანდარტის შესაბამისად (Standard Test Method for Water in Crude Oils by Coulometric Karl Fischer Titration წყლის განსაზღვრის სტანდარტული ტესტი მეთოდი კულონო-მეტრული კარლ ფიშერის ტიტრაციით).
3. საწვავში ფაქტიური ფისების მასური კონცენტრაციის განსაზღვრა მოხდა GOST 32404-2013 სტანდარტის შესაბამისად, (Petroleum products. Test method for gum content in fuel by jet evaporation საწვავში ფაქტიური ფისების შემცველობის განსაზღვრის საცდელი მეთოდი რეაქტიული აორთქლების გზით).
4. მჟავიანობა ეთანოლისა და ეთანოლ/ბენზინის ნარევებში განისაზღვრა ASTM D7795 – 12 სტანდარტის შესაბამისად (Standard Test Method for Acidity in Ethanol and Ethanol Blends by Titration სტანდარტული ტესტ მეთოდი მჟავიანობის განსაზღვრისთვის ეთანოლისა და ეთანოლის ნარევებში ტიტრაციის გზით .
5. წყალბად იონების pH განსაზღვრა ეთანოლისა და ეთანოლ/ბენზინის ნარევებში მოხდა ASTM D 6423-სტანდარტის შესაბამისად, (Standard Test Method for Determination of pHe of Denatured Fuel Ethanol and Ethanol Fuel Blends სტანდარტული ტესტი მეთოდი დენატურირებული საწვავი ეთანოლისა და ეთანოლის საწვავის ნარევების pH- ის დასადგენად).
6. არაორგანული ქლორიდების მასური წილი - განსაზღვრა მოხდა GOST EN 15492-2013 სტანდარტის შესაბამისად, (

ეთანოლი, როგორც ბენზინის კომპონენტი, არაორგანული ქლორიდების და სულფატების შემცველობის განსაზღვრა იონური ქრომატოგრაფიით).

7. გოგირდის მასური წილი განისაზღვრა GOST ISO 20884-2016 სტანდარტის შესაბამისად [63], (Liquid petroleum products. Determination of

sulfur content of automotive fuels. Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry თხევადი ნავთობპროდუქტები. საავტომობილო საწვავის გოგირდის შემცველობის განსაზღვრა.

8. საცდელი ბიობენზინების ნიმუშების ფიზიკური - ქიმიური მახასიათებლები განისაზღვრა EN228 და GOST 51866-2002 (. . .).
9. შესწავლილ იქნა მიღებული ნიმუშების ფრაქციული შედგენილობა, კვლევა განხორციელდა (ნავთობპროდუქტების გამოხდის სტანდარტული ტესტ მეთოდი Standard Test Method for Distillation of Petroleum products) - ASTM D - 86-93 სტანდარტის შესაბამისად ნახ. 2.1.1.



ნახ.2.1.1 ნავთობის გამოხდის ხელსაწყო

10. საცდელ ნიმუშებში გოგირდის განისაზღვრა ASTM D 3227-92 სტანდარტის შესაბამისად. (სტანდარტული ტესტ - მეთოდი ბენზინში, ნავთში, საავიაციო ნავთში და სხვა გამოხდილ საწვავებში მერკაპტანული გოგირდის განსაზღვრა პოტენციომეტრიული მეთოდით. Standard Test Method for Mercaptan Sulfur in Gasoline, Kerosine, Aviation Turbine, and Distillate Fuels Potentiometric Method) .

11. კოროზიული აქტივობა (ცდა სპილენძის ფირფიტაზე) განისაზღვრა GOST 6321-92 (2160-85) სტანდარტის შესაბამისად.
Engine fuels. Method for copper strip test.
12. მჟავიანობა განისაზღვრა ASTM D664 - 18e2 სტანდარტის შესაბამისად.
Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration .
13. სიმკვრივე განისაზღვრა ASTM D287 –12 და GOST ISO 3675-2014 სტანდარტის შესაბამისად.
. Crude petroleum and liquid petroleum products.
Laboratory method for determination of density by hydrometer Standard Test Method for API Gravity of Crude Petroleum and Petroleum Products (Hydrometer Method).
14. კინემატიკური სიბლანტე ნავთობში და ნავთობპროდუქტებში განისაზღვრა GOST 33-2016 სტანდარტის შესაბამისად
. Petroleum and petroleum products.
Transparent and opaque liquids. Determination of kinematic and dynamic viscosity.



ნახ.2.1.2. ხელსაწყო კინემატიკური სიბლანტის განსაზღვრისთვის

15. საწვავებში ბენზოლისა და ჯამური არომატული ნაერთების მოცულობითი წილი განისაზღვრა GOST EH 12177-2008 და GOST 29040-2018 სტანდარტების შესაბამისად.

. Liquid petroleum products.

Petroleum. Determination of benzene content by method of gas chromatography.

Gasolines. Method for determination of benzene and total aromatics.

16. ფაქტიური ფისების შემცველობა განისაზღვრა GOST 1567-97(6246-95) სტანდარტის შესაბამისად

. Motor gasolines and aviation fuels. Determination of gum content by jet evaporation method.

17. ოქტანური რიცხვის განსაზღვრა კვლევითი მეთოდით განხორციელდა ASTM D2699 - 19e1 და GOST 52947-2019 სტანდარტის შესაბამისად

. Determination of knock characteristics of motor fuels. Research method.

18. ოქტანური რიცხვის განსაზღვრა მოტორული მეთოდით განხორციელდა ASTM D2700 - 19e1 და GOST 52946-2008 (EH 5163:2005) სტანდარტის შესაბამისად

. Determination of knock

characteristics of motor and aviation fuels. Motor method Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel Standard Test Method for Motor Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel (MON).

19. ნაჯერი ორთქლის წნევა განისაზღვრა GOST 13016-1-2008 სტანდარტის შესაბამისად

Part 1. Determination of air saturated vapour pressure (ASVP).

20. სიმკვრივე °API გრადუსებში განისაზღვრა GOST 51069-97 სტანდარტის შესაბამისად

API

Crude Petroleum and

Petroleum Products. Determination of Density, Relative Density and API Gravity.
Hydrometer method .

21. საცდელ ნიმუშებში ინდივიდუალური ნახშირწყალბადები განისაზღვრა -4000 მოდელის გაზურ ქრომატოგრაფზე, „NetChrom v2“, პროგრამული უზრუნველყოფით და ალურ-იონიზაციური დეტექტორით (აირმატარებელი სვეტში აზოტი, დეტექტორში წყალბადი), სვეტის ტემპერატურა 40-245⁰C, 25⁰C ბიჯით. მყარი ფაზა: 100% dimethyl polysiloxane; Cat#70199; Serial #1650246; (Made in USA) სვეტის სიგრძე 10მ, დიამეტრი 0,53მმ. ანალიზის ხანგრძლივობა 30წთ. შესწავლილი და იდენტიფიცირებუ-ლია საკვლევ ობიექტებში შემავალი ინდივიდუალური ნახშირწყალბადები; კვლევა განხორციელდა ASTM D-7096-05 სტანდარტის „Standard Test Method for Determination of the Boiling Range Distribution of Gasoline by Wide –Bore Capillary Gas Chromatography“ შესაბამისად .



ნახ. 2.1.3. ქრომატოგრაფი Кристаллюкс-4000М

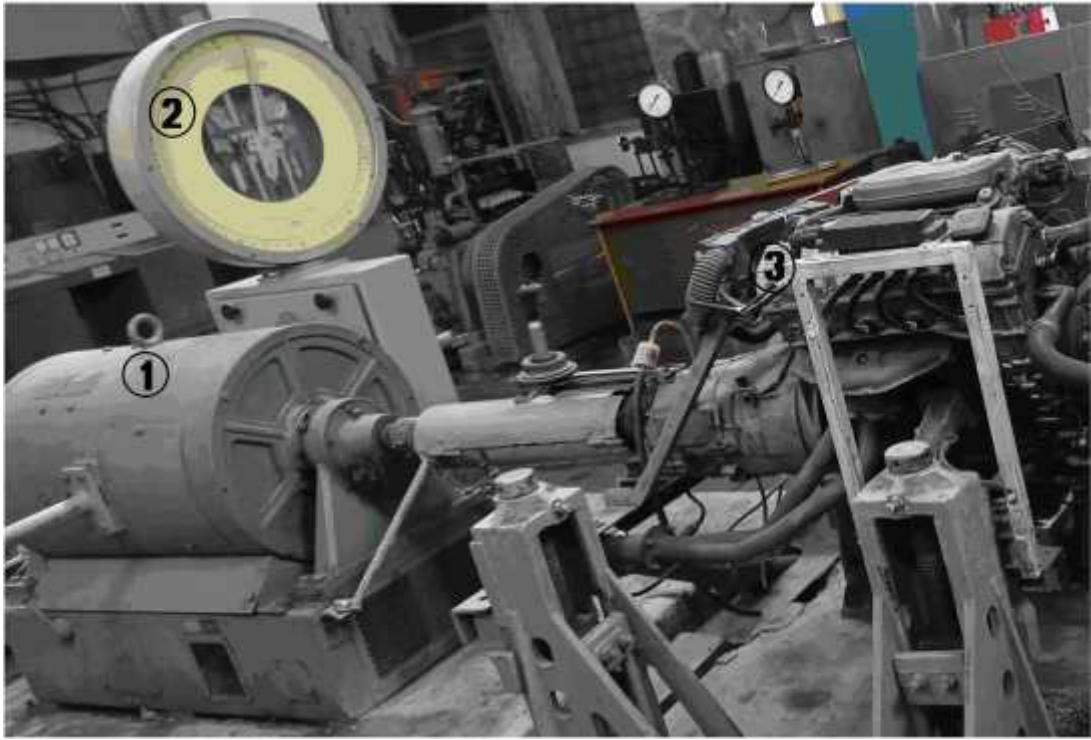
22. საცდელი ნიმუშების – ბიობენზინების ჯგუფური შედგენილობა განისაზღვრა „PerkinElmer Spectrum Version 10.4.2“. ინფრაწითელ სპექტრომეტრზე ფართო დიაპაზონში (450–4000 cm^{-1}).



ნახ.2.1.4. ინფრაწითელ სპექტრომეტრი PerkinElmer Spectrum Two

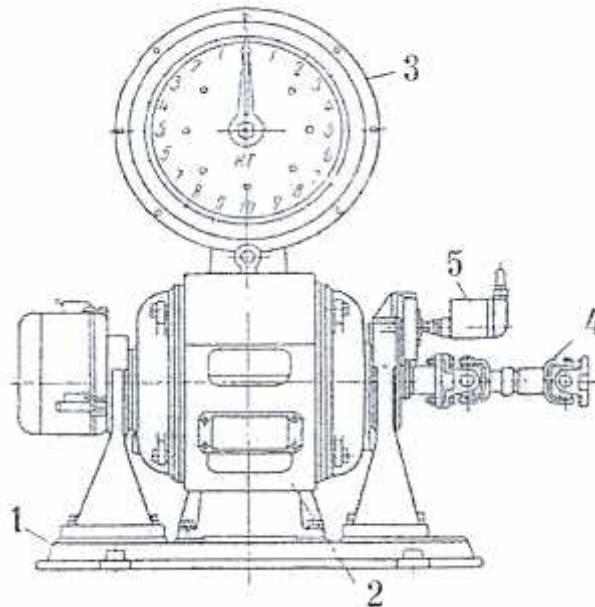
ბ) კვლევის ობიექტების გავლენა ავტომობილის ტექნიკურ და ეკოლოგიურ მაჩვენებლებზე გამოკვლეული იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ავტოსატრანსპორტო ძრავების ლაბორატორიაში.

საავტომობილო ძრავების ლაბორატორიაში ექსპერიმენტები ჩატარდა SAK-670 მარკის (გერმანია) საგამოცდო სტენდზე, რომელზეც დამონტაჟებული იყო ავტომობილი “BMW-316”-ის ძრავა ქუროთი და გადაცემათა კოლოფით. სტენდი (ნახაზები 2.5 და 2.6) მოიცავს სამუხრუჭო (1) და მახრუნი მომენტის (2) გამზომ ხელსაწყოებს, ასევე მუხლა ლილვის სიხშირის და საწვავის ხარჯის მზომ ხელსაწყოებს [91].



ნახაზი 2.1.5. საგამოცდო სტენდი: 1 – ელექტრომუხრუჭი;
2 – მაბრუნნი მომენტის გამზომი ხელსაწყო; 3 –BMW 316 ძრავა

ნახაზი 2.1.6. ელექტრომუხრუჭის სქემა



1.დგარი; 2. ელექტროძრავი; 3.სასწორის მექანიზმი; 4.ელძრავის შიგაწვის ძრავთან დამაკავშირებელი კარდანის ლილვი; 5.ბრუნვის სიხშირის გადამწოდი

ექსპერიმენტის დროს შეფასდა ძრავას საწვავის ხარჯი უქმი სვლის რეჟიმზე და მაქსიმალური სიმძლავრის პირობებში. განისაზღვრა საწვავის ხარჯი, აგრეთვე გამონაბოლქვ აირებში ნახშირჟანგისა და ნახშირწყალბადების რაოდენობა. გამონაბოლქვ აირებში CO-ს შემცველობა განისაზღვრა ფირმა “ბოშის” წარმოების “BEA-460” მარკის აირანალიზატორით (ნახაზი 2.1.7).



ნახაზი 2.1.7. “ბოშის” წარმოების “BEA - 460” მარკის აირანალიზატორი

ექსპერიმენტის დროს ხდებოდა სათანადო ხელსაწყოთი (ნახ.2.1.5) ძრავას მამბრუნნი მომენტის და საწვავის ავზიდან 50 გ. საწვავის დახარჯვის შესაბამისი დროის (წამზომით) გაზომვა. რომელთა სიდიდეების მიხედვით იანგარიშებოდა ძრავას სიმძლავრე N_e საწვავის საათური ხარჯი ფორმულებით

$$N_e = 0,00105 * M_e * n \quad (2.1)$$

$$G_u = 3,6 \frac{Q}{t} \quad (2.2)$$

სადაც M_e -ძრავას მამბრუნნი მომენტი (ნმ.)

n -ძრავას მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე (წთ^{-1})

Q - საწვავის ავზიდან ცდის დროს დახარჯული საწვავის რაოდენობა(გ); რაც მოცემულ შემთხვევაში მუდმივია - Q=50გ.

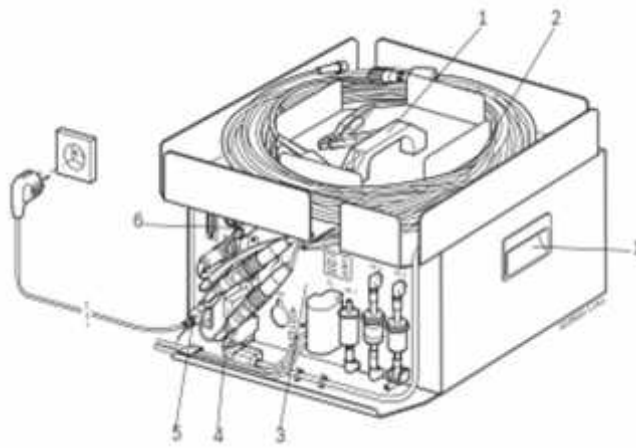
t - საწვავის ავზიდან 50 გ. საწვავის (ბენზინები და მათი ნარევები 10, 20 და 30 % საცდელ ბიოეთანოლთან) ხარჯვის შესაბამისი დრო.

2.1.3 ძრავას გამონაბოლქვ აირებში HC, CO, CO₂ NO_x კომპონენტების განსაზღვრა

BOSCH ფირმის გერმანული წარმოების **BEA 460** ტიპის აირანალიზატორი (ნახ.2.1.7ა,ბ) წარმოადგენს ნამუშევარი აირების ანალიზის განსაზღვრის მოდულს [81]. ეს არის იდეალური საბაზო ხელსაწყო ნამუშევარი აირების აუცილებელი შემოწმებისათვის, რომელიც შემუშავებულია ავტომობილების ტექნიკური კონტროლის დეპარტამენტთან (გერმანია) თანამშრომლობით. მოდულის კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა გაიზარდოს სისტემის ფუნქციონალური შესაძლებლობები ძრავის დიაგნოსტიკის კომპლექსურ სისტემამდე. ხელსაწყოს მართვა ხორციელდება პერსონალური კომპიუტერიდან უსადენო კავშირის (Bluetooth) ან კაბელის მეშვეობით.



ნახაზი 2.1.7 ა. **BOSCH** ფირმის **BEA 460** მარკის აირანალიზატორი (გერმანია)



ნახაზი 2.1.7 ბ. BEA 460 მარკის აირანალიზატორი: [81]

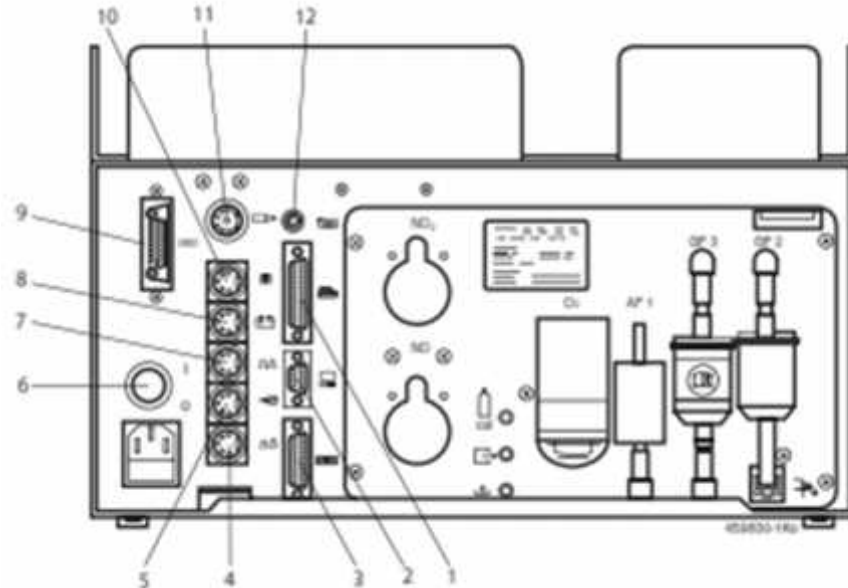
1.სახელურები; 2. სენსორის განყოფილება; 3.AMM ბენზინის გამონაბოლქვი აირის მოდული; 4. Bluetooth სერიული ადაპტერი 5. ელექტროკაბელი 6. Bluetooth სერიული ადაპტერის კვების ბლოკი.

BEA 460 ტიპის აირანალიზატორი გამოიყენება ბენზინის ძრავის ავტომობილების გამონაბოლქვი აირების ანალიზისთვის. BEA 460–ის კომპლექსში წარმოდგენილია სპეციალიზირებული ESA EURO პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც გათვალისწინებულია Windows ოპერაციულ სისტემაში. BEA 460–ის და KTS 525/530/540/570 (ESI[tronic]2.0) სისტემური სკანერის ერთობლივი გამოყენებით შესაძლებელია ნამუშევარ აირებში (გამონაბოლქვი) CO, HC, CO₂, O₂, NO კომპონენტების შემცველობის, ასევე ძრავში ზეთის ტემპერატურის განსაზღვრა. ცხრილში 2.1.1 წარმოდგენილია BEA 460 მარკის აირანალიზატორის ტექნიკური მახასიათებლები.

ცხრილი 2.1.1. აირანალიზატორის ტექნიკური მახასიათებლები [81]

პარამეტრების დასახელება	მნიშვნელობა
მოდელი	BEA 460
გამომავალი სიგნალის დადგენის დრო	100
ელექტრო ქსელის კვების ცვლადი წყაროს ძაბვა	220 ±10%
ავტონომიური კვების წყაროს დენის ძაბვა	12
სამუშაო გარემოს ტემპერატურა, °C	+5 დან +40 მდე
ფარდობითი ტენიანობა, %	0 დან 90 მდე
ატმოსფერული წნევა, კპა	70დან 100მდე
გაბარიტული ზომები (სიგრძე×სიგანე×სიმაღლე)	410×330×275
მასა კვების ბატარეის გარეშე	8,8

ნახაზზე წარმოდგენილია **BEA 460** მარკის აირანალიზატორი სქემატურად



ნახაზი 2.1.7 გ. **BEA 460** მარკის აირანალიზატორის სქემა:

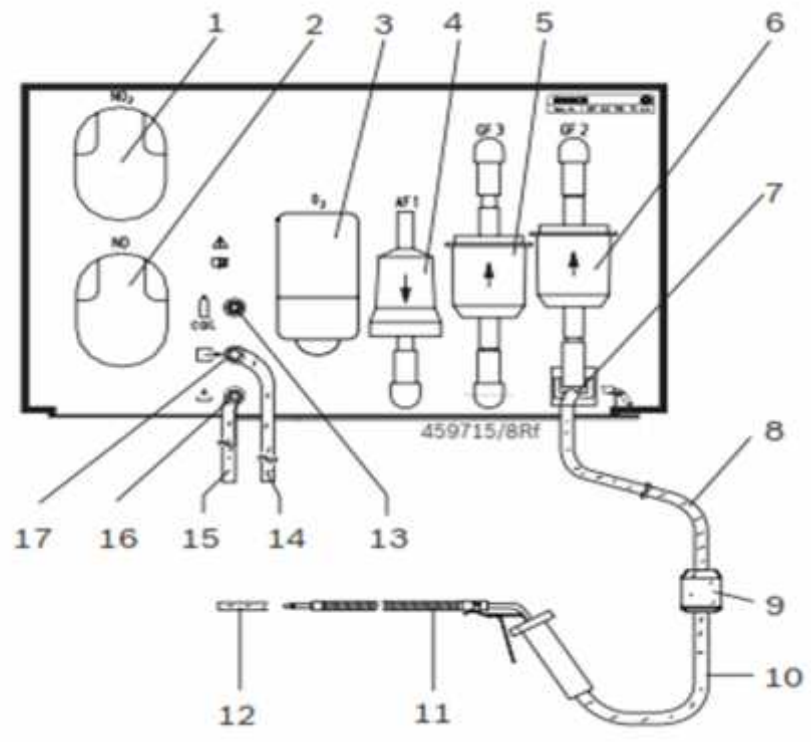
1. შემავრთებელი - ჯეკი (უფუნქციო) 2. Bluetooth სერიული ადაპტერი ;
3. RTM 430 -ის ჯეკი 4. TDC სენსორის ან ოპტიკური სენსორის ჯეკი; 5. დამჭერი სენსორის ჯეკი; 6. დენის ჩამრთველი; 7. დამჭერი ტრიგერის ადაპტერის კაბელის ჯეკი და 1/TD/TN/EST ტიპის კაბელის ჯეკი; 8. B+/B- შემავრთებელი კაბელის ჯეკი; 9. OBD დიაგნოსტიკური კაბელის ჯეკი; 10.

ზეთის ტემპერატურის სენსორის ჯეკი; 11. ანთების მომენტის რეგულატორის ჯეკი (სპეციალური აქსესუარი); 12. Bluetooth სერიული ადაპტერის PS2 კვების ბლოკი .

AMM - ბენზინის გამონაბოლქვი აირის მოდული (ნახ. 2.1.7 დ) .

გამოიყენება ბენზინის ემისიის კომპონენტების HC, CO, CO₂ O₂ გასაზომად be რეტროფირტაციაში (გარდაქმნამდე).

AMM გამოიყენება ბენზინის წვის დროს გამონაბოლქვი HC, CO, CO₂ O₂ NO კომპონენტების გასაზომად. ჭარბი ჰაერის ფაქტორის გამოთვლა ხდება გაზომილი აირის მნიშვნელობების საფუძველზე. HC, CO, CO₂ კომპონენტების გასაზომად გამოიყენება არადისპერსიული ინფრაწითელი მეთოდი, ხოლო ჟანგბადის დადგენა ხდება O₂ -ის ელექტროქიმიური სენსორის მეშვეობით.



ნახაზი. 2.1.7 დ: AMM – ბენზინის გამონაბოლქვი აირის მოდული: [81]

1. NO₂ სენსორი(უფუნქციო) 2. NO სენსორი (სპეციალური აქსესუარი)
3. ჟანგბადის O₂ სენსორი; 4. გააქტიურებული ნახშირის ფილტრები; 5. ტუმბოს დამცავი ფილტრი GF3; 6. GF2 შემავალი ფილტრი; 7. გამონაბოლქვი აირის მზომის შესასვლელი; 8. გამონაბოლქვი აირის

ნიმუშის ასაღები ვიტონის 8 მ მილი (შავი); 9. GF1 უხეში ფილტრი; 10. ნიმუშის ასაღები ვიტონის 30 სმ მილი (შავი); 11. ნამუშევარი აირის ნიმუშის ასაღები ზონდი; 12. ჩამკეტი კლაპანი; 13. მაკალიბრებელი აირის შესასვლელი; 14,15. პოლივინილქლორიდის, გამჭირვალე 23 სმ მილი; 16. კონდენსატის და ნამუშევარი აირების გამოსასვლელი; 17. საანალიზო აირის გამოსასვლელი.

BEA 460 აირანალიზატორის მუშაობისათვის საჭირო გარემო პირობები ნაჩვენებია ცხრილში 2.1.1

ცხრილი 2.1.2 **BEA 460** აირანალიზატორის მუშაობის გარემო პირობები [81].

ტექნიკური მახასიათებლები	მაჩვენებლები
გარემოს ჰაერის ტემპერატურა °C	5 -20 °C
გარემოს ფარდობითი ტენიანობა %	30-90 %
ატმოსფერული წნევა კპა	84,0-106,7
გარემოს ტემპერატურის ცვლილება შემოწმების დროს	არაუმეტეს 2
არამუშამდგომარეობაში შენახვის ტემპერატურა °C	5 – 40 °C
არამუშამდგომარეობაში ატმოსფერული წნევა კპა	700-1060 კპა

- უნდა გამოირიცხოს მექანიკური ზემოქმედება, მტვრის არსებობა, გარეშე ელექტრული და მაგნიტური ველები.

მომზადება შემოწმებისთვის:

შემოწმების წინ უნდა შესრულდეს შემდეგი მოსამზადებელი სამუშაოები:

[82]

- აირანალიზატორი უნდა მომზადდეს ექსპლოატაციის სახელმძღვანელოს შესაბამისად

- აირების ნარევები ბალონებში უნდა მოთავსდეს შემოწმების გარემოში 24 საათით ადრე
- უნდა ჩაირთოს გამწოვი სავენტიატო სისტემა.

შემოწმების პროცედურა: პირველ რიგში უნდა მოხდეს გარე დათვალიერება. უნდა დადგინდეს:

1. აირანალიზატორის კომპლექტაციის შესაბამისობა, ექსპლოატაციის სახელმძღვანელოსთან
2. აირანალიზატორის გარეგნულად არ არის დაზიანებული

ტესტირებისას, აირანალიზატორი უნდა ჩაირთოს და შემოწმდეს თვითდიაგნოსტიკის პროგრამით. უნდა შემოწმდეს აირანალიზატორის ჰერმეტიულობა, მგრძობელობა და მაჩვენებლების სტაბილურობა. აგრეთვე მოწმდება პროგრამული უზრუნველყოფის საიდენტიფიკაციო მონაცემები და მეტროლოგიური მახასიათებლები.

კომპიუტერის დისპლეის სტაბილობის შემოწმება ხდება შემდეგნაირად: ეკრანზე შესაბამისი პროგრამის ჩართვის შემდეგ მნიშვნელობები არ უნდა შეიცვალოს ორი წუთის განმავლობაში 12 ppm-ზე მეტად.

ცხრილი 2.1.3. ხმაურის დასაშვები ცდომილებები [81].

კომპონენტები	სპეციფიკაცია	მიმღებლობა
CO	0 % მოც.	± 0.005 % მოც.
CO	0 % მოც.	± 0.2 % მოც.
CO ₂	20,9 % მოც.	± 0.4 % მოც.
CH	0 ppm	± 12 ppm
NO ppm	0 ppm	± 0,02 %

ექსპერიმენტის დროს ძრავას მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე იზომებოდა ინდუქციური გადამწოდით და ელექტრონული ტაქომეტრით, ხოლო საწვავის წონითი მეთოდით.

ძრავას ეფექტური სიმძლავრის გაზომვის დროს აბსოლუტური ცდომილება ΔNe განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta Ne_1 = 10^{-3}(P_{\text{მუხრ}} \pm \Delta P_{\text{მუხრ}})(n + \Delta_{1n}) - Ne_1$$

სადაც

$P_{\text{მუხრ}}$ - არის მუხრუჭის სასწორი მექანიზმის ჩვენება;

$\Delta P_{\text{მუხრ}}$ - სასწორი მექანიზმის სკალაზე დანაყოფის უმცირესი ფასი;

n - მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე

Δ_{1n} - აბსოლუტური ცდომილება მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის განსაზღვრის დროს;

Ne_1 - ძრავის ეფექტური სიმძლავრე;

ასე მაგალითად, შემთხვევისთვის $Ne_1 = 11$ კვტ და $n = 1500$ წთ⁻¹ მიიღება

$$\Delta Ne_1 = 10^{-3}(7,33 \pm 0,05)(1500 \pm 8) - 11 = \pm 1,17\%$$

მოტანილი მაგალითისთვის სიმძლავრის განსაზღვრის ფარდობითი ცდომილება შეადგენს შესაბამისად :

$$\delta Ne_1 = \frac{\Delta Ne_1}{Ne_1} 100\% = \pm \frac{0,129}{11} 100\% = \pm 1,17\%$$

ფარდობითი ცდომილება საწვავის საათობრივი ხარჯის გაზომვის დროს წარმოადგენს ელექტრონული წამზომის ბეტა წმ. = 0,006% და გადამწოდის ბეტა გ = ± 0,5 % ცდომილებათა ჯამს.

$$\delta G_s = \delta_{\text{წ}} + \delta_g = \pm 0,506\%$$

ნავთობბენზინის „რეგულარის“ მარკის და 20% საცდელი ბიოეთანოლის შემცველი იგივე ბენზინის ოფიციალური ტესტირება მათი გავლენის დასადგენად BMW მარკის M1 კატეგორიის ავტომობილის გამონაბოლქვ აირებში CO -ს შემცველობაზე, ძრავას უქმი სვლის რეჟიმზე მუშაობისას, ჩარატდა ავტოსატრანსპორტო საშუალებების ტექნიკური ინსპექტირების ცენტრში - „ჭაპანი“ (ქ.თბილისი).

ცენტრში ინსპექტირების ხაზზე დამონტაჟებულია MAHA -ს ტიპის აირანალიზატორი (ნახ 2.1.8)



ნახაზი 2.1.8 მზომი აპარატურის კომპლექსი:

1– MAHA -ს ტიპის აირანალიზატორი;

2 – ბრუნვის სიხშირის მზომი

ანალიზატორი ქსელში ჩართვიდან ხუთ წუთში მზადაა იმისათვის რომ პროგრამა ჩაიტვირთოს სრულყოფილად და გამზომის საშალება მოვიდეს მუშა მდგომარეობაში. როდესაც აირანალიზატორი მოყვანილია მუშა მდგომარეობაში, შესაძლებელია ავტომობილის ინსპექტირების პროცესის დაწყება. ინსპექტირების პროცესი იწყება პროგრამაში რეგისტრაციით, რაც ავტომატურ რეჟიმში ხდება და

შესაბამის ველებში ავტომატურად აისახება ინფორმაცია ავტოსატრანსპორტო საშუალების შესახებ; შემდეგ ხდება ძრავაში ზეთის ტემპერატურის განსაზღვრა და ძრავას მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე მიიყვანება უკმ სვლაზე. ტესტირების სტანდარტით დადგენილ სიდიდემდე (900 წთ^{-1}). თუ იგი ნორმაშია (დაახლოებით 80C°) ძრავას ბრუნვის სიხშირეს ინსპექტორი ადგენს ელექტრონული იმპულსის ან OBD - საშუალებით (ნახ. 2.1.8)

აირანალიზატორის ზონდი (ნახ. 2.1.9) თავსდება ავტომობილის მაყუჩში და აირანალიზატორი ავტომატურად იწყებს CO -ს გაზომვას. კატალიზური ნეიტრალიზატორის მქონე ავტომობილების ტესტირება ხდება ძრავას უკმ სვლაზე, ბრუნვის სიხშირისას - 900 და 2250 წთ^{-1} . უნეიტრალიზატორო ავტომობილებისას მხოლოდ ძრავას უკმ სვლაზე ისახებოდა როდესაც ბრუნვის სიხშირე 900 წთ^{-1} -ის ტოლია. ტესტირების შედეგები (ოქმები №1 და №2) აისახება მონიტორზე.



ნახ.2.1.9 BMW მარკის ავტომობილის ტესტირება გამონაბოლქვში CO -ს შემცველობაზე, ტექნიკური ინსპექტირების ცენტრში - „ჭაპანი“ .

- 1.ავტომობილი;
2. MAHA -ს მარკის აირანალიზატორი;
- ბრუნვის სიხშირის მზომი OBD;
4. ბრუნვის სიხშირის მზომის სადენი;
5. აირანალიზატორის ზონდი;
6. მაყუჩი.

ნახაზი 2.1.10 BMW მარკის ავტომობილის ძრავა ბრუნვის სიხშირის მზომი
სადენით: 1. ძრავა; 2. ბრუნვის სიხშირის მზომი სადენი გადამწოდით



2.2 საცდელი ბიოეთანოლის სიმინდის ნარჩენებიდან მიღების

ტექნოლოგიის დამუშავება და დამზადება

ბიოეთანოლის მიღება შესაძლებელია სოფლის მეურნეობის ნარჩენებისგან, როგორცაა კარტოფილი, შაქრის ჭარხალი, ქერი, ხორბლის და ბრინჯის ნამჯა, შაქრის ლერწმი და სხვა., რომლებიც წარმოადგენენ განახლებადი ენერჯის წყაროს. ბიოეთანოლი მიიღება სპირტული დუდილის (მცენარეული შაქრისა და სახამებლის ფერმენტაციით) შედეგად, შემდგომი რექტიფიკაციისა და ჰიდროლიზის მეთოდებით [83]. ბიოეთანოლი არის დეჰიდრატირებული (მაღალკონცენტრირებული) სპირტი, რომელიც გამოიყენება როგორც საწვავის დანამატი. ეს არის მზა სუფთა საწვავი შიგა წვის ძრავებისთვის, რომელიც ადვილად ერევა წიაღისეულ ბენზინს [84].

ბიოეთანოლის მიღების ბიოქიმიური მეთოდი დიდი ხანია ცნობილია, მაგრამ მისი საწვავად გამოყენების იდეა აქტუალური გარდა მე-20 საუკუნის 90-იან წლებში, ნავთობის კრიზისის დროს, როდესაც მსოფლიოში ნავთობის ფასები მკვეთრად გაიზარდა და ბევრ ქვეყანაში საწვავის დეფიციტი შეიქმნა. პრაქტიკულად სწორედ მაშინ დაიწყო ბიოსაწვავის პირველი მსხვილი საწარმოების შექმნა, რომელმაც თანდათან სტრატეგიული მნიშვნელობაც შეიძინა. ამას თან დაერთო გლობალური დათბობა და კლიმატის ცვლილება, რაც თანამედროვე მსოფლიოს პრობლემად იქცა და გამოწვეულია ნახშირწყალბადების (გაზი, ნავთობი) ინტენსიური მოხმარებით. არსებული მსოფლიო პანდემიის პირობებში ეთანოლის გამოყენების საკითხი კიდევ უფრო აქტუალური გახდა. თუ იმასაც დავამატებთ, რომ საწვავი ეთანოლის მიღება შესაძლებელია სოფლის მეურნეობის ნარჩენებიდან, ეს მნიშვნელოვნად ზრდის მისი წარმოების აუცილებლობას.

ასიმინდის ნარჩენებიდან შესაძლებელია ისეთი მაღალი ეკოლოგიური თვისებების მქონე საწვავის მიღება როგორცაა ბიოეთანოლი.

ცხრილი 2.2.1. ჰაერის დაბინძურების სავარაუდო ემისიის წყაროები [80].

მანქანების ტიპები		საწვავი	CO	HC	NOx
მსუბუქი		ბენზინი	46.65	14.47	5.72
		ეთანოლი	8.60	4.13	1.37
		ნარევი (ბენზინ/ეთანოლი)	13.27	6.81	2.46
კომერციული		ბენზინი	5.42	1.76	0.72
		ეთანოლი	0.78	0.38	0.13
		ნარევი (ბენზინ/ეთანოლი)	0.60	0.30	2.84
		დიზელი	0.29	0.34	2.84
სატვირთო	მსუბუქი	ბენზინი	0.16	0.23	1.77
	საშუალო	დიზელი	0.81	1.15	8.74
	მძიმე	დიზელი	2.92	3.36	32.00
ავტობუსები	ურბანული	დიზელი	1.87	2.30	19.94
	საქალაქთა- შორისო	დიზელი	0.43	0.53	4.72
მოტოციკლები		ბენზინი	15.56	12.92	1.15
		ნარევი (ბენზინ/ეთანოლი)	0.04	0.04	0.01

ამასთან გასათვალისწინებელია, რომ სიმინდის ნარჩენები აბინძურებს მინდვრებს ხოლო დაწვის შემთხვევაში ჰაერს. სიმინდის ეს ნარჩენი არ გამოიყენება საქონლის საკვებად. საგაზაფხულო სამუშაოების დროს წვავენ, რაც იწვევს ჰაერის დაბინძურებას.

აშშ-ს ენერჯეტიკის დეპარტამენტის (DOE) არგონის ეროვნული ლაბორატორიის მკვლევარების მიერ ჩატარებული კვლევა ცხადყოფს, რომ

სიმინდისგან მიღებული ეთანოლის საწვავად გამოყენება ამცირებს ნახშირბადის ნაკადს და სათბურის აირების წარმოქმნას [24].

2005 წლიდან 2019 წლამდე სიმინდისგან ეთანოლის წარმოება აშშ-ში ოთხჯერ გაიზარდა. ეს დაახლოებით 1,6 დან 15 მილიარდ გალონამდეა (6,1 –დან 57 მილიარდ ლიტრამდე). კვლევაში, რომელიც ახლახანს გამოქვეყნდა გაანალიზებულია ბიოსაწვავების და ბიოპროდუქტების წარმოება, შეფასებულია სიმინდისგან მიღებული ეთანოლის წვის შედეგად წარმოქმნილი სათბურის აირების ემისიების ინტენსივობა (GHG, ანუ ნახშირბადის ინტენსივობა – CI) ნახშირბადის ინტენსივობა CI-23 %-ით შემცირდა. ასევე GHG -ს (გამოყოფილი სათბურის აირები) მთლიანი მაჩვენებელი შემცირდა 500 მლნ ტონამდე. არგონის გუნდმა ამ კვლევისთვის გამოიყენა GREET® (სათბურის აირები, რეგულირებადი ემისიები და ტექნოლოგიებში გამოყენებული ენერჯია) მოდელი. უნიკალური LCA ანალიტიკური ინსტრუმენტი, რომელიც ახდენს მანქანებისა და საწვავის სხვადასხვა კომბინაციების ენერჯიის მოხმარების და გამონახობის მოდელირებას [44].

ემისიების შესაფასებლად მეცნიერებმა გამოიყენეს ე.წ. „სიცოცხლის ციკლის ანალიზი ანუ LCA“. სტანდარტული მეთოდი – საწვავის წარმოების სხვადასხვა გზებს შორის სათბურის აირების ემისიების ზემოქმედების შესადარებლად.

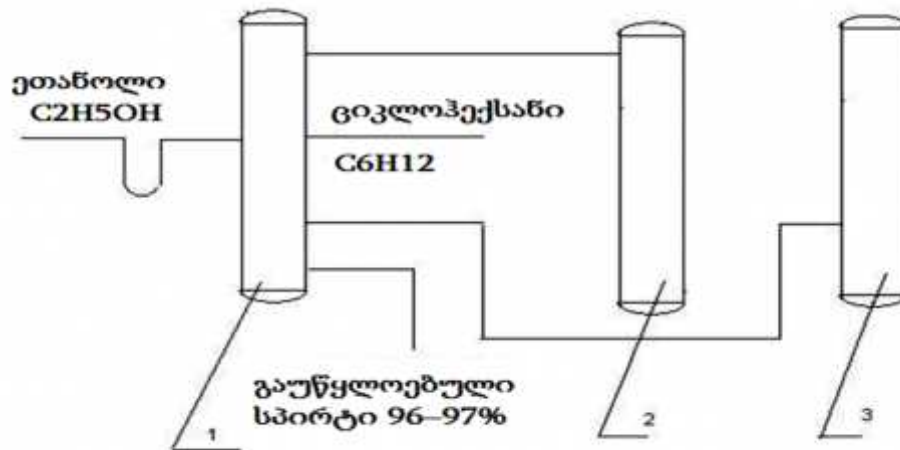
და ბოლოს, რაც შეეხება ეთანოლის წარმოებაზე ენერჯო დანახარჯს: – ამერიკის შეერთებული შტატების სოფლის მეურნეობის დეპარტამენტის მიერ გამოქვეყნებული გამოთვლების თანახმად, ეთანოლი თავისი სიცოცხლის ციკლის განმავლობაში წარმოქმნის 134% ენერჯიას, ხოლო ეთანოლის წარმოებაზე (მცენარის მოყვანის, მოსავლის აღების და დამუშავების), დახარჯული ენერჯია შეადგენს 100%. ბენზინს შეუძლია დააბრუნოს მის წარმოებაზე დახარჯული ენერჯიის მხოლოდ 80%. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ჩამოთვლილ ენერჯიის ალტერნატიული წყაროების ტიპებს, შორის ეთანოლი არა მხოლოდ გარემოსთვის უვნებელი, არამედ მაღალ რენტაბელურიც [25].

სიმინდის ნარჩენებიდან ბიოეთანოლის მისაღებად დამუშავებული იქნა სათანადო ტექნოლოგია, რომელიც მოიცავს ისეთ პროცესებს როგორცაა: ნედლეულის მომზადება, გაშრობა, დაქუცმაცება, ფერმენტაცია, ექსტრაქცია

და გაფილტვრა. ფერმენტაციის დროს გლუკოზა და სიმინდში არსებული შაქარი გარდაიქმნება ეთანოლად და ნახშირორჟანგად [77].

2.2.1 ბიოეთანოლის მიღების ტექნოლოგია

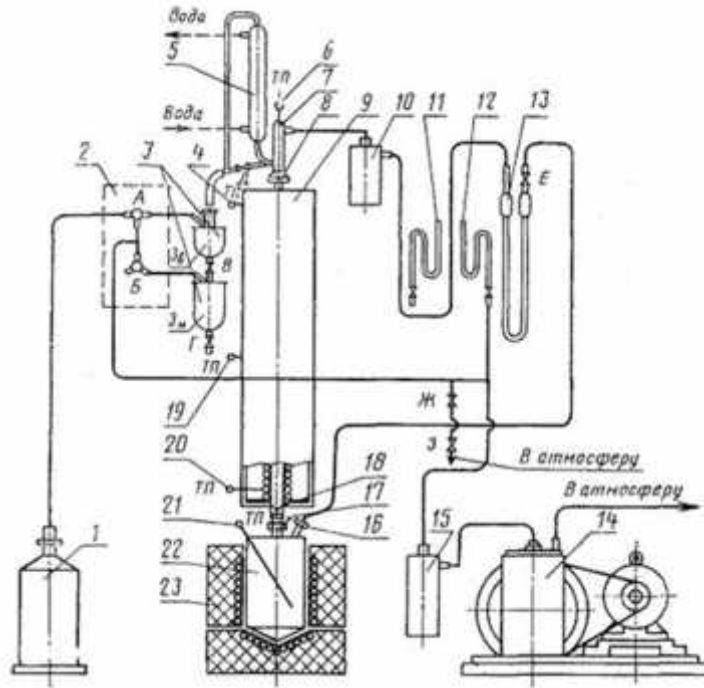
ბიოეთანოლის მიღება ტექნიკურად ხორციელდება სოფლის მეურნეობის ნარჩენების ბიოქიმიური გადამუშავების შედეგად მონოსახარიდებად. სპირტის მიღება ხორციელდება სარექტიფიკაციო სვეტზე გამოხდით მეთოდით. შემდეგ სპირტის კონდენსატი მიემართება ეთანოლის გაუწყლოების დანადგარზე, სადაც ხდება წყლის მოცილება. რექტიფიცირებული ეთანოლის მიღება წარმოადგენს უწყვეტ პროცესს, გარდა ნედლეულის მომზადების პროცესისა (გასუფთავება, დაქუცმაცება და ფერმენტაცია). ამ ტექნოლოგიური პროცესის სიახლეს წარმოადგენს ეთანოლის გაუწყლოება (92,6%-96,5%-მდე). აზეოტროპული რექტიფიკაციით ან ბენზბრივი ცეოლიტის მოდერნიტის გამოყენებით. პროცესში გამოყენებული გამხსნელი (ციკლოპექსანი) მთლიანად ცილდება. გაუწყლოებული ეთანოლის მიღების სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 2.2.1



ნახაზი 2.2.1 ეთანოლის მიღების სქემა.

ბიოეთანოლი მივიღეთ რექტიფიკაციით (გამოხდით), ამ დროს მიღებული ბიოეთანოლი არ არის სასაქონლე პროდუქცია, მას სჭირდება გაუწყლოება

მისი პროცენტული შემცველობის გაზრდის მიზნით. ნახაზზე წამოდგენილია სარექტიფიკაციო აპარატის მოდული.



ნახაზი 2.2.2. ნავთობის სარექტიფიკაციო აპარატი

1- ბუფერული მოცულობა; 2- მრავალმხრივი ჩამკეტი; 3- მიმღები; 4, 6, 19, 20, 21- თერმოწყვილები; 5 უკუმაცივარი; 7 - კონდენსატორი; 8, 17 - სახსრიანი ქანჩი; 9 - სარექტიფიკაციო სვეტი; 10, 15 - დამჭერი; 11, 12 - ვერცხლისწყლის ვაკუუმმეტრი; 13 - დიფერენციალური მანომეტრი; 14 - ვაკუუმ ტუმბო; 16 - მილი; 18- ბადე; 22- კუბი; 23- ღუმელი; -სამსვლიანი ონკანი; - ნახევარმთვარისებური ონკანი; , , , , - ონკანები; . - ონკანი (დამჭერი).

ნედლეულის ფერმენტაციას თან ახლავ თანამდე პროდუქტები (ძმარმჟავა და გლიკოლები). მათი მოცილება ხდება ეთანოლის გაწმენდისას. დუღილისას წყალხსნარში მიღებული ეთანოლი დაბალპროცენტია, ხდება მისი გამოყოფა, გასუფთავება ადსორბციისა და დისტილაციის გზით.

ფერმენტაცია

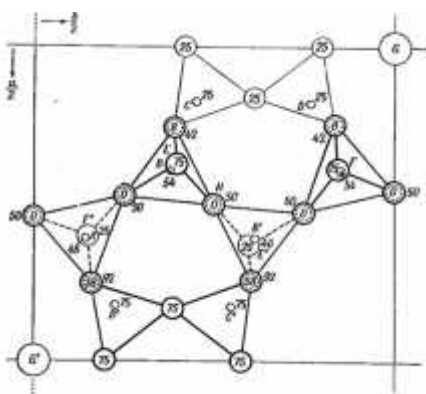


ნედლეული	ეთანოლი	ნახშირორჟანგი
100	51.11	48.89

ნახაზი 2.2.3 . ბიოეთანოლის ზოგადი მიღების სქემა

მიღებული ბიოეთანოლის გაუწყლოება განხორციელდა მარტივი ტექნოლოგიური სქემით, რისთვისაც გამოყენებულ იქნა სორბენტი – მორდენიტი, რომელსაც გააჩნია მაღალი შთანთქმის უნარი, მექანიკური მდგრადობა და ეკოლოგიურად უსაფრთხოა. მორდენიტი თერმომდგრადი ადსორბენტია, ექვემდებარება რეგენერაციას.

მორდენიტი - მინერალი ცეოლიტების ჯგუფიდანაა, იგი წარმოადგენს კალციუმის, ნატრიუმის, კალიუმის ალუმოსილიკატს.

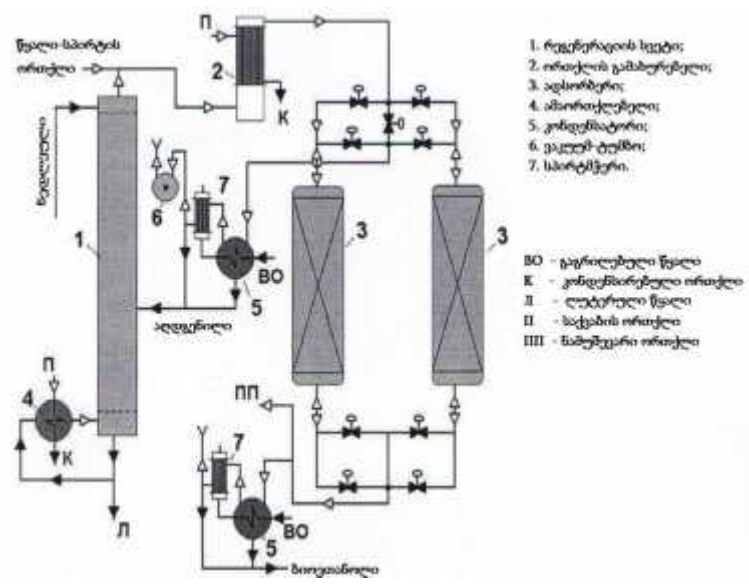


ნახ. 2.2.4 მორდენიტის სტრუქტურა ((Na₂,Ca,K₂)₄(Al₈Si₄₀)O₉₆*28H₂O);

როული ქიმიური შედგენილობით აქვს რომბისებური, კრისტალური სტრუქტურა; სიმკვრივე 2,1 გ/სმ³; უფრო ხშირად უფერო ან თეთრია. მჟავამედეგი; თერმოსტაბილური; გააჩნია იონგაცვლითი თვისება, ანუ მორდენიტი წარმოადგენს ბუნებრივ იონიტს, რომელსაც შეუძლია გარემოში მავნე აირების შთანქვა და თავის შემადგენლობაში არსებული სასარგებლო ელემენტების გაცემა [79].

მორდენიტი სინთეზურ ცეოლიტებთან შედარებით იაფია. მორდენიტის 1–2 მმ ფრაქცია გავაქტიურეთ თერმოსტატში 100°C–ზე 1,5 სთ–ის განმავლობაში, გავაცივეთ და ჩავყარეთ ადსორბერებში. მიღებული დაბალპროცენტიანი ეთანოლი შედის ამორთქლებელში, პირველ ეტაპზე ხდება 85%, ხოლო საბოლოოდ 96% ეთანოლის მიღება .

სქემატურად ბიოეთანოლის გაუწყლოების პროცესი წარმოდგენილია ნახაზზე 2.2.5



ნახაზი 2.2.5. ბიოეთანოლის გაუწყლოების სქემა

ჩვენს მიერ ბიოეთანოლი მიღებულია სიმინდის ნარჩენისაგან, მსგავსი ტექნოლოგია და ნედლეული არ არის ადაპტირებული ჩვენი ტექნოლოგიური მახასიათებლები შევადარეთ ხის მექნის ნარჩენებიდან ეთანოლის ტექნოლოგიის მახასიათებლებს: ჩვენს პროცესში შემცირებულია დროის ხანგრძლიობა შეადგენს 30წთ–ს - 2–3სთ ნაცვლად; ხოლო ტემპერატურა შეადგენს 85–95°C-ს - 160–190°C-ის ნაცვლად. პროცესში მთავარი მნიშვნელობა აქვს წარმოქმნილი მონოსახარიდების მაქსიმალურად შენარჩუნებას, რაც შემდეგ გარდაიქმნება ეთილის სპირტად.

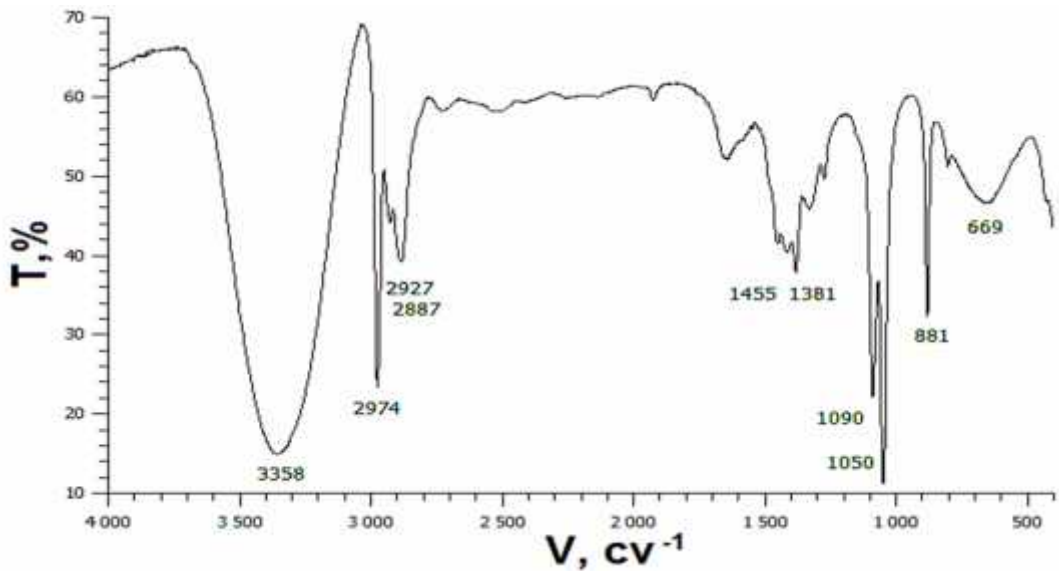
2.3 საცდელი ბიოეთანოლის ფიზიკურ ქიმიური მახასიათებლები

სიმინდის ნარჩენებიდან მიღებული საცდელი ბიოეთანოლის ფიზიკურ - ქიმიური თვისებების კვლევა ჩატარდა 2.1 ქვეთავში წამოდგენილი სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად. შედეგები ასახულია ცხრილებში 2.3.1. 2.3.2. და ნახაზებზე 2.3.1.

ცხრილი 2.3.1. ეთანოლის ფიზიკურ –ქიმიური მახასიათებლები

მაჩვენებლები	მახასიათებლები	ჩვენს მიერ მიღებული ბიოეთანოლი	სტანდარტი
გარეგნული დახასიათება	გამჭირვალე		
ეთილის სპირტი, მასს.%	92,1	95-96%	ASTM D5501 – 12
მეთილის სპირტი, მასს.%	0,5	0,35	ASTM D5501 – 12
წყლის შემცველობა, %	7,5	2,5%	ASTM D4928 - 12(2018)
მჟავიანობა მგ/დმ ³	56	30	ASTM D7795 – 12
წყალბადის იონების აქტივობა pH	6,5-9,0	6,5	ASTM D 6423-14
ქლორიდების მასური წილი მგ/კგ	10	8	GOST EN 15492-2013
გოგირდის მასური წილი მგ/კგ	10	10	GOST ISO 20884-2016

ბიოეთანოლის სტრუქტურულ ჯგუფური შედგენილობა განისაზღვრა „PerkinElmer Spectrum“ სპექტრომეტრზე. ნახაზზე 2.3.1 წარმოდგენილია ბიოეთანოლის ინფრაწითელი სპექტრი.



ნახაზი 2.3.1. საცდელი ბიოეთანოლის ინფრაწითელი სპექტრი

ბიოეთანოლის და ბენზინის ფიზიკურ - ქიმიური მახასიათებლების შედარება წარმოდგენილია ცხრილში 2.3.2

ცხრილი 2.3.2. საცდელი ბიოეთანოლის და ბენზინის „რეგულარი“-ის მახასიათებლები

მახასიათებლები	ეთანოლი	ბენზინი
ქიმიური ფორმულა	C_2H_5OH	–
შემადგენლობა	(c) = 52% (H) = 13% (O) = 35%	(c) = 85% (H) = 15%
მოლეკულური წონა, კგ/კმოლ	46	111
დუღილის ტემპერატურა, °C	78	30-225
თბოუნარიანობა, მჯ/კგ საწვავზე	29	45
სიმკვრივე, კგ/მ ³	785.0	745.0
ოქტანური რიცხვი კვლევითი მეთოდით	111	95
ოქტანური რიცხვი მოტორული მეთოდით	94	85
აორთქლების ფარული სითბო, კკალ/კგ	204	70-100
ნაჯერი ორთქლის წნევა[კპა]	18.5	75

როგორც ცხრილიდან ჩანს ბიოეთანოლი შეიცავს 35% ჟანგბადს, ბენზინთან შედარებით ბიოეთანოლში ნახშირბადის რაოდენობა მნიშვნელოვნად მცირეა და შეადგენს 52%-ს, ხოლო ბენზინში 85%. შესაბამისად ბიოეთანოლის საწვავში დანამატად გამოყენება მნიშვნელოვნად გაზრდის ბენზინის წვის ხარისხს და გამონაბოლქვ აირებში შეამცირებს CO და CH₄ - ის შემცველობას. საცდელი ბიოეთანოლი ასევე შეიცავს ნაკლებ წყალს და აქვს ნაკლები მჟავიანობა შედარებით.

კალორიულობა (თბოუნარიანობა) წარმოადგენს საწვავების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს. ცხრილში 2.3.3 წარმოდგენილია სხვადასხვა სახის საწვავების თბოუნარიანობა.

ცხრილი 2.3.3. საცდელი ბიოეთანოლის და სხვადასხვა საწვავების თბოუნარიანობა

საწვავები	სიმკვრივე, კგ/მ ³	წვის თბოუნარიანობა, მჯ/კგ	წვის თბოუნარიანობა, მჯ/ლ
ბენზინები	724.0-784.0	42,9-44,38	32,13-33,10
პირდაპირი გამოხდის	724.0	44,38	32,13
კატალიზური რიფორმინგის	730.0	42,96	33,16
თერმიული კრეკინგის	734.0	44,17	32,31
კატალიზური კრეკინგის	784.0	43,63	32,34
საავიაციო საწვავი	781.0	19,26	15,24
დიზელის საწვავი	822.0	43,12	35,45
მეთილის სპირტი	791.0	19,26	15,24
ეთილის სპირტი	789.0	30,60	24,14
იზოპროპანოლი	785.0	34,14	26,8 0

ჩვენს მიერ შერჩეულია „რომპეტროლი“-ს ფირმის ბენზინები: „სუპერი“ და „რეგულარი“ და დამზადებულია ბიობენზინების ნარევი E0, E5, E10, E20 და

E30. ცხრილში 2.3.4 მოცემულია საცდელი ნიმუშების საცდელი ნიმუშების დასახელება. ამასთან საბაზო ბენზინად აღებულია E0.

ცხრილი 2.3.4. საცდელი ნიმუშების დასახელება და აბრევიატურა

№	ნარეგები	აბრევიატურა
1	100% ნავთობბენზინი (საბაზო)	E0
2	95% ბენზინი + 5% ეთანოლი	E5
3	90% ბენზინი + 10% ეთანოლი	E10
4	80% ბენზინი + 20% ეთანოლი	E20
5	70% ბენზინი + 30% ეთანოლი	E30

კვლევებით დადგენილია, რომ ჩვეულებრივ მანქანებში ოპტიმალურია E30 ბიობენზინი. საწვავის ხარჯი შეწმცირდა 1%-ით ბენზინთან შედარებით. შედეგები მიღებულია «Toyota Camry» და «Ford Fusion» მარკის ავტომობილებზე. „Flex-Fuel“-ტიპის მანქანებისთვის ოპტიმალური არის E20 ბიობენზინი. საწვავის ხარჯი შემცირდა 15%-ით ბენზინთან შედარებით. შედეგები მიღებულია «Chevrolet Impala» მოდელის მანქანაზე [27].

დადგენილია ასევე ბენზინ „რეგულარ“-ის და ბიოეთანოლის ნარეგების E0, E5, E10, E20 კალორიულობა, რომელიც წარმოდგენილია ცხრილში 2.3.5.

ცხრილი 2.3.5. „რეგულარ“-ის და E5, E10, E15, E20 ნარეგების თბოუნარიანობა

საწვავი	თბოუნარიანობა, კჯ/კგ	თბოუნარიანობა, მჯ/კგ
ბენზინი E0,	44260.12	44, 260
E5	40013.05	40,013
E10	33818.92	33,818
E15	30730.68	30,730
E20	28671.85	28.671

დამზადებულია ეგრეთ წოდებული ბიობენზინების საცდელი ნიმუშები **E0, E10 და E20** და შესწავლილია მათი ფიზიკურ - ქიმიური მახასიათებლები **EN228** სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში 2.3.6. და 2.3.7 ცხრილი 2.3.6. საცდელი ნიმუშების ფიზიკურ – ქიმიური მახასიათებლები.

მაჩვენებლები	E0, ბენზინი „სუპერი“	ბიობენზინი		გამოყენებული სტანდარტი
		E 10	E 20	
სიმკვრივე 15 °C, კგ/მ ³	744,1	749,6	754,6	ASTM D287 - 12
სიმკვრივე 20 °C, კგ/მ ³	740,0	745,4	750,5	GOST P 51069-97
სიმკვრივე, °API	59.20	57.67	56.41	GOST P 51069-97
ოქტანის რიცხვი კვლევითი მეთოდით	98	98	98	ASTM D2699 - 19e1
ოქტანის რიცხვი მოტორული მეთოდით	88	88	88	ASTM D2700 - 19e1
კინემატიკური სიბლანტე, მმ ² /წმ	0,4910	0,5434	0,5906	ASTM D445
მჟავიანობა მგ KOH/გ საწვავზე	0,015	0,005	0,004	ASTM D664 - 18e2
ფაქტიური ფისების შემცვე- ლობა, მგ 100 მლ ბენზინზე	2	1,5	1	GOST 1567- 97(ИСО6246-95)
გამოცდა სპილენძის ფირფიტაზე (3 სთ 50°C)	უძლებს			GOST 6321-92 (ИСО 2160-85)
ნაჯერი ორთქლის წნევა, კპა	60	70	80	GOST P EH 13016-1-
ბენზოლის შემცველობა, %	0,9	0,8	0,7	GOST P EH 12177
ჯამური არომატიკა, %	31,5	30,2	28,5	GOST 29040-2018
გოგირდის შემცველობა, %	0,05	0,045	0,04	ASTM D 3227-92
ფრაქციული შედგენილობა				
დუღილის დასაწყისი, °C	35	40	40	ASTM D - 86-93
10%	55 °C	51 °C	52 °C	ASTM D - 86-93
50%	87 °C	75 °C	70 °C	ASTM D - 86-93
90%	160 °C	150 °C	150 °C	ASTM D - 86-93
დუღილის დასასრული,	166 °C	168 °C	172 °C	ASTM D - 86-93
ნარჩენი	1,5	1,5	1,5	ASTM D - 86-93

საბაზო ნედლეულად აღებულია ავტოგასამართი სადგურის „პრემიუმის“ მარკის ნავთობბენზინი (E0). დამზადდა ბიობენზინის ნარევი E5, E10, E20. განისაზღვრა მათი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები არსებული EN228 სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად.

ცხრილი 2.3.7. საკვლევი ნიმუშების ფიზიკურ – ქიმიური მახასიათებლები.

მაჩვენებლები	E0 ბენზინი „რეგულარი“	ბიობენზინები			სტანდარტები
		E5	E10	E20	
სიმკვრივე 15 °C-ზე, კგ/მ ³	749,1	752.0	757,0	762.0	ASTM D287 -12
სიმკვრივე 20°C -ზე, კგ/მ ³	745,0	747,7	753,0	758.0	GOST P 51069-97
სიმკვრივე °API	57,41	56.6	55,42	54,19	GOST P 51069-97
ოქტანის რიცხვი კვლევითი მეთოდით	93	95	96	98	ASTM D2699 19e1
ოქტანის რიცხვი მოტორული მეთოდით	83	85	86	88	ASTM D2700 - 19e1
კინემატიკური სიბლანტე, მმ ² /წმ	0,5052	0,5364	0,5564	0,6188	ASTM D445
მჟავიანობა მგ KOH/გ საწვავზე	0,016	0.015	0,008	0,004	ASTM D664 - 18e2
ფაქტიური ფისების შემცველობა, მგ 100 მლ საწვავზე	3	2.8	2,5	2,0	GOST 1567- 97(ИСО6246-95)
ნაჯერი ორთქლის წნევა, კპა	50	55	60	70	GOST P EH 13016
გამოცდა სპილენძის ფირფიტაზე (3 სთ 50 °C)	უძლებს				GOST 6321-92 (ИСО 2160-85)
ბენზოლის შემცველობა, %	1,1	1,0	0,9	0,8	GOST P EH 12177-2008
ჯამური არომატიკა, %	32,5	32.0	30,0	28,5	GOST 29040- 2018
გოგირდის მასური წილი, %	0,05	0.047	0,045	0,04	ASTM D 3227-92
ბენზინის ფრაქციული შედგენილობა					
დუღილის დასაწყისი, °C	35	38	40	40	ASTM D 86-93
10%	55 °C	50 °C	51 °C	52 °C	ASTM D - 86-93
50%	85 °C	80 °C	75 °C	70 °C	ASTM D - 86-93
90%	150 °C	155 °C	150 °C	150 °C	ASTM D - 86-93
დუღილის დასასრული	170 °C	172 °C	175 °C	180 °C	ASTM D - 86-93
ნარჩენი	2	2	2	2	ASTM D - 86-93

როგორც ცხრილებდან ჩანს საცდელი ბიობენზინების ნიმუშების სიმკვრივის საშუალო მნიშვნელობები (კგ/მ³) 15°C-ზე შეადგენს 749,1კგ/მ³ („რეგულარი“ ბენზინი E0) და ნარევების (E5, E10, E20) შეადგენს 752,0კგ/მ³; 757,0კგ/მ³; 762,0კგ/მ³, შესაბამისად ნარევების სიმკვრივე იზრდება უწყვეტად რაც

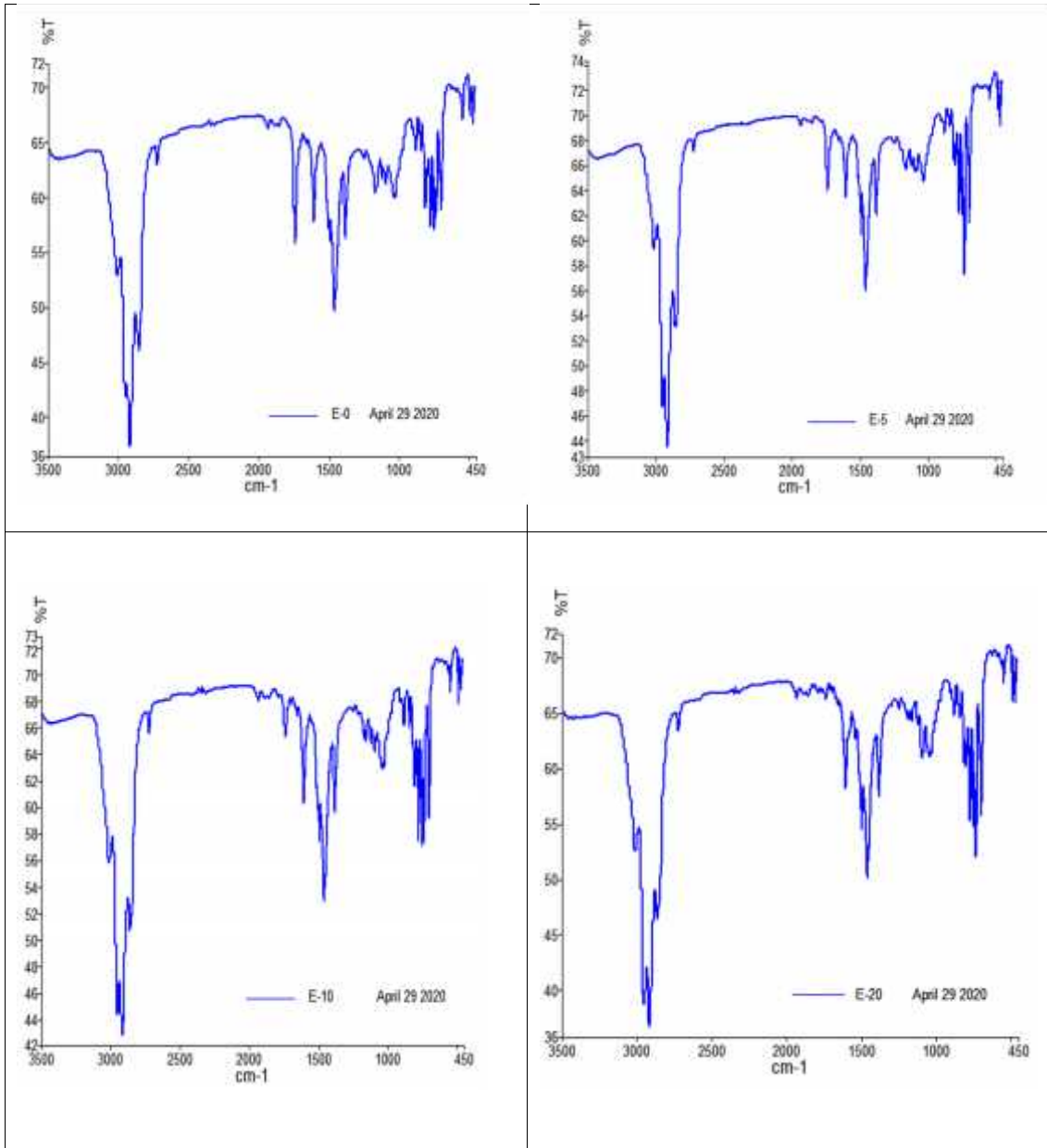
დაკავშირებულია ნარევებში ეთანოლის რაოდენობის გაზრდასთან. ხოლო სიმკვრივე API გრადუსებში მცირდება და შეადგენს 57,41 (ბენზინისთვის) და 56,6 (E5), E10 (55,42); (54,19) E20 ნარევებისთვის. დადგენილია, რომ ეთანოლის კონცენტრაციის ზრდასას სიმკვრივე API გრადუსებში სწორხაზოვნად მცირდება.

მნიშვნელოვანია ისიც რომ საცდელი ნიმუშების კინემატიკური სიბლანტე, რომელიც სუფთა ბენზინისთვის შეადგენს 0.5052 მმ²/წთ, ხოლო ნარევების (E5, E10, E20). კინემატიკური სიბლანტე იზრდება და შეადგენს 0,5364; 0,5564; 0,6188 მმ²/წთ, შესაბამისად ამასთან ნარევების კინემატიკური სიბლანტე ნაპერწკლური ანთების ძრავებისთვის დასაშვებ დიაპაზონშია.

უფრო მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ ნარევების ოქტანური რიცხვი იზრდება ბიობენზინებში ეთანოლის რაოდენობის გაზრდასთან ერთად. საბაზო ბენზინთან შედარებით იზრდება, მაგალითად, „რეგულარისათვის“, შესაბამისად: კვლევითი მეთოდის მიხედვით 93-დან - 98-მდე, ხოლო მოტორული მეთოდის მიხედვით 83-დან 86-მდე. ეს განაპირობებს დეტონაციამდეგობის გაზრდას, რაც დადებითად აისახება საწვავის წვის სისრულეზე და შესაბამისად ავტომობილის ეკოლოგიურობაზე.

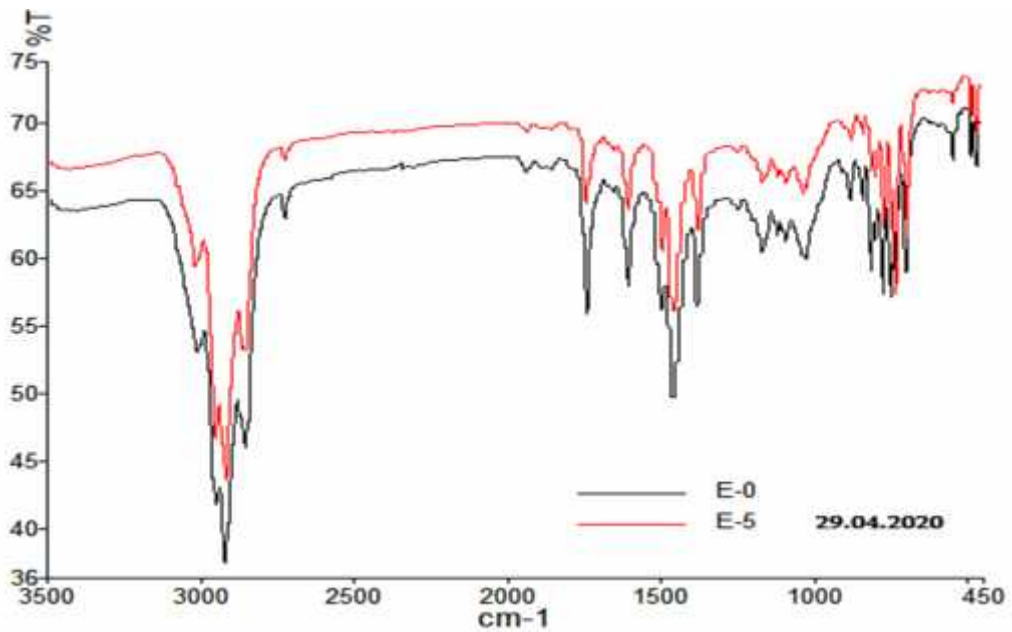
ასევე აღსანიშნავია, რომ საცდელი ბიოეთანოლის დამატებით ადგილი აქვს („სუპერი“; „რეგულარი“) მჟავიანობის, ფაქტიური ფისების, ბენზოლის და ჯამური არომატიკის მნიშვნელოვან შემცირებას. მაგალითად: რეგულარის მარკის ბენზინზე 20% საცდელი ეთანოლის დამატებით მცირდება: მჟავიანობა 0,016 -დან 0,004 KOH/გ საწვავზე, ფაქტიური ფისების შემცველობა 3-დან 2 მგ-მდე 100 მლ საწვავზე, ბენზოლის შემცველობა 1,1-დან - 0,8%-მდე, ჯამური არომატიკის შემცველობა 32,5-დან 28,5-მდე, ხოლო გოგირდის შემცველობა 0,05-დან 0,04%-მდე. ბიობენზინების აღნიშნული უპირატესობებიდან, მჟავიანობის და გოგირდის შემცველობის დაბალი დონე განაპირობებს მათ შედარებით ნაკლებ კოროზიულ აგრესიულობას, ხოლო ფაქტიური ფისების, ბენზოლის და ჯამური არომატიკის შემცველობის დაბალი დონე CO-ს, და CH-ის და რაც მთავარია, გლობალური დათბობის მთავარი მიზეზის CO₂-ის წარმოქმნის ინტენსიურობის შემცირებას.

ჩატარდა საკვლევი ნიმუშების სპექტრალური ანალიზი საცდელ ბენზინში „რეგულარი“ E0 და ბიობენზინებში E5, E10 და E20 ნახშირწყალბადების ჯგუფური შედგენილობის დადგენის მიზნით. განისაზღვრა საცდელი ნიმუშების E0, E5, E10 და E20 ბიობენზინების ჯგუფური შედგენილობა „PerkinElmer Spectrum Version 10.4.2, ინფრაწითელ სპექტრომეტრზე ფართო დიაპაზონში(450–4000 სმ⁻¹). დადგენილია საცდელი ნიმუშების სტრუქტურულ-ჯგუფური შემცველობა. (ნახაზე 2.3.2)

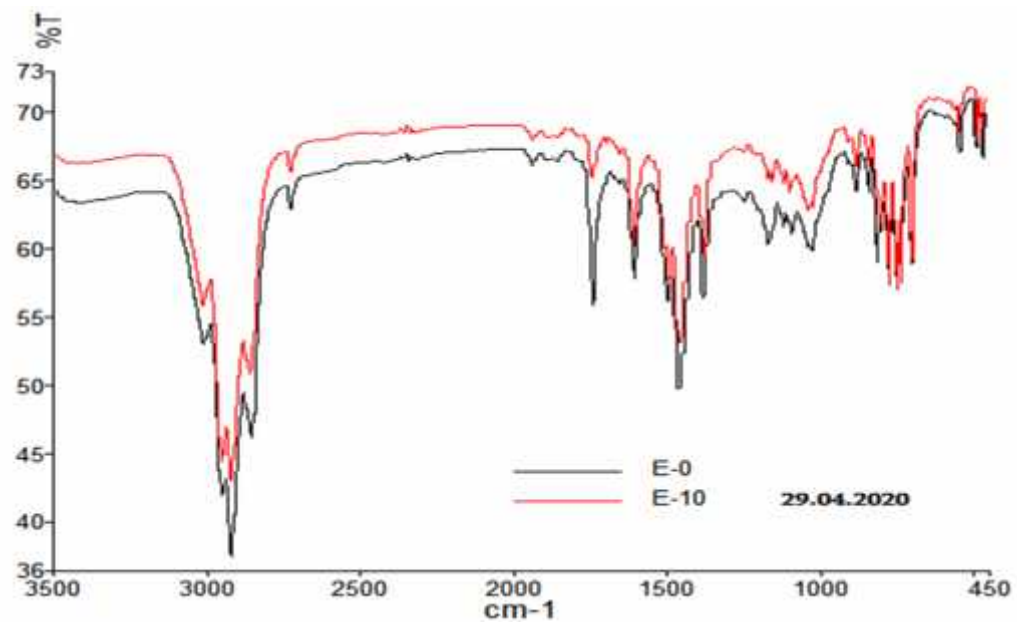


ნახაზი 2.3.2. საცდელი E0, E 5, E10 და E20 ნიმუშების ინფრაწითელი სპექტრები.

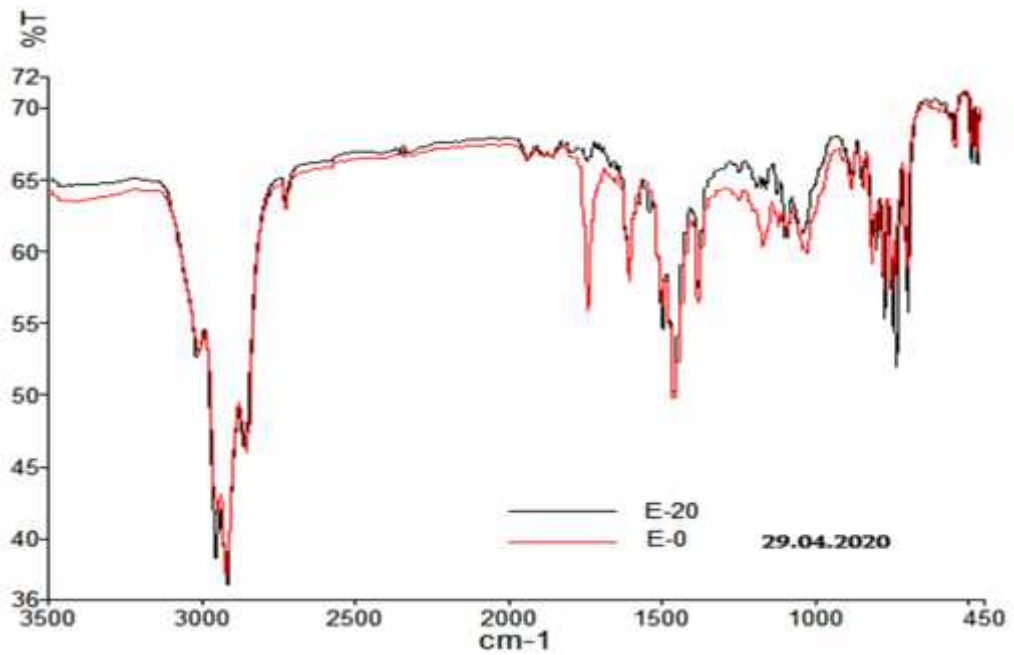
საცდელი ბიობენზინების და ბენზინის „რეგულარი“ შესაბამისი ინფრაწითელი სპექტრების ერთმანეთთან შედარება ნაჩვენებია ნახაზებზე 2.3.3 ; 2.3.4 ; 2.3.5 და 2.3.6 -ზე



ნახაზი 2.3.3. ნავთობბენზინის E0 და ბიობენზინის E5 სპექტრები

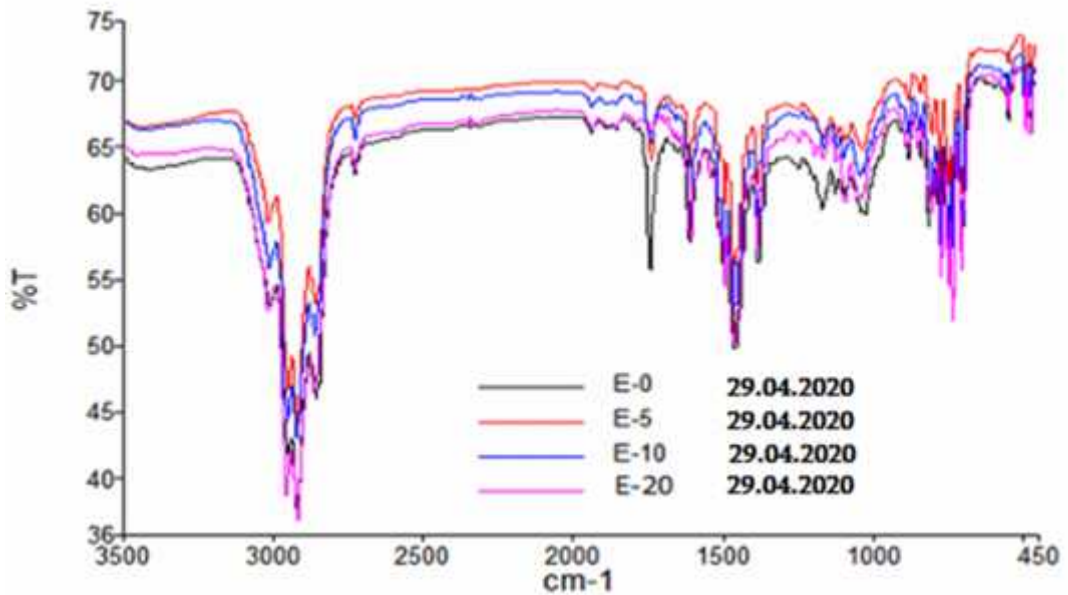


ნახაზი 2.3.4. ნავთობბენზინის E0 და ბიობენზინის E 10 სპექტრები



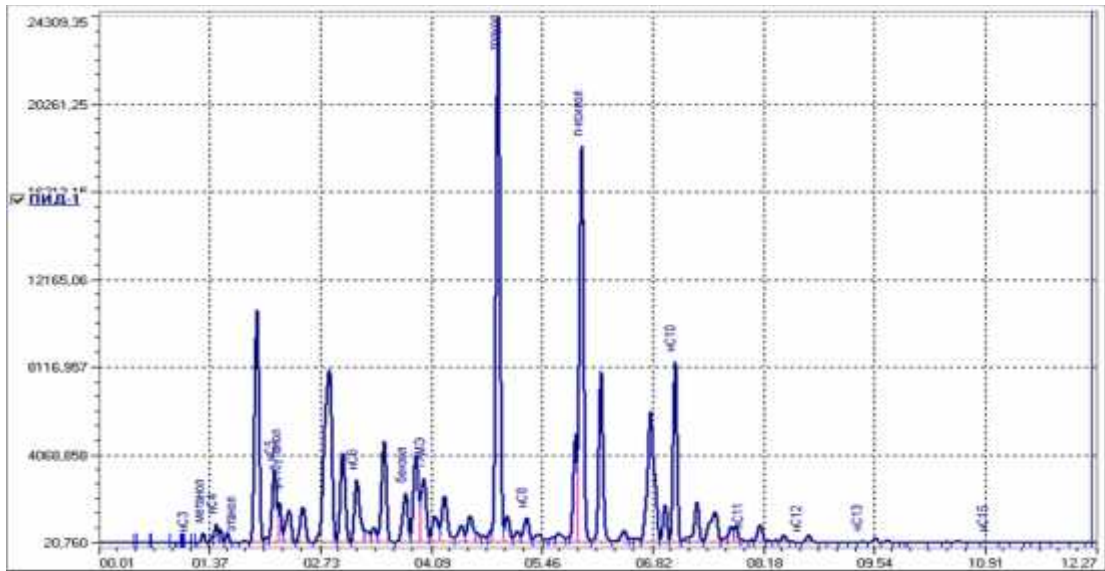
ნახაზი 2.3.5. ნავთობბენზინის E0 და ბიო ბენზინის E 20 სპექტრები

ბიოსაწვავების (E5, E10 და E20) ნიმუშების შედარებით საბაზო ბენზინის E0-ის ნიმუშის სპექტრთან დადგენილია, რომ საცდელი ნიმუშების ჯგუფური შედგენილობა იდენტურია, რაც უკეთესად ჩანს ნახაზ 2.3.6. -ზე.

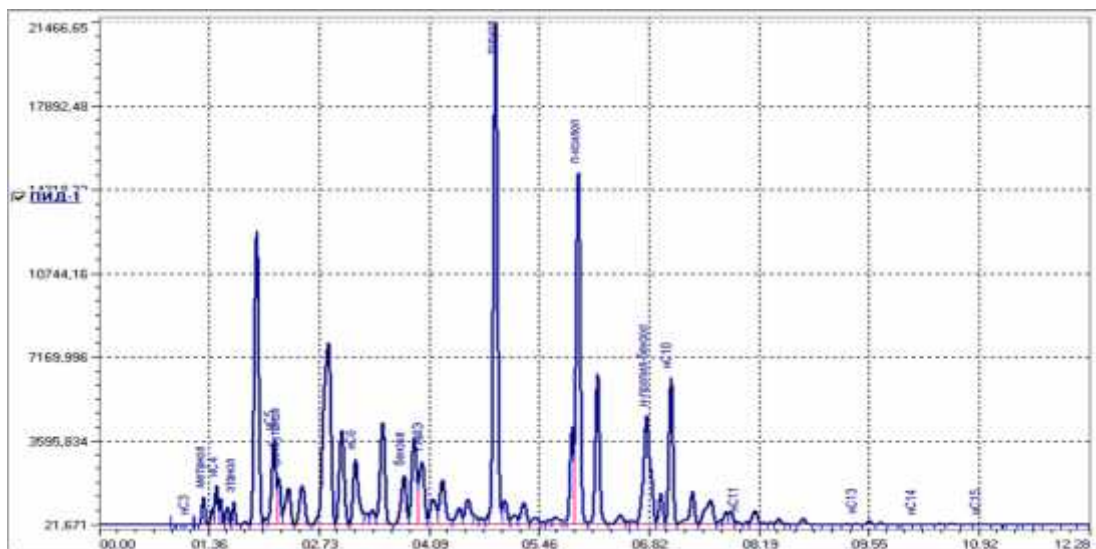


ნახაზი 2.3.6. საცდელი ნიმუშების ინფრაწითელი სპექტრები

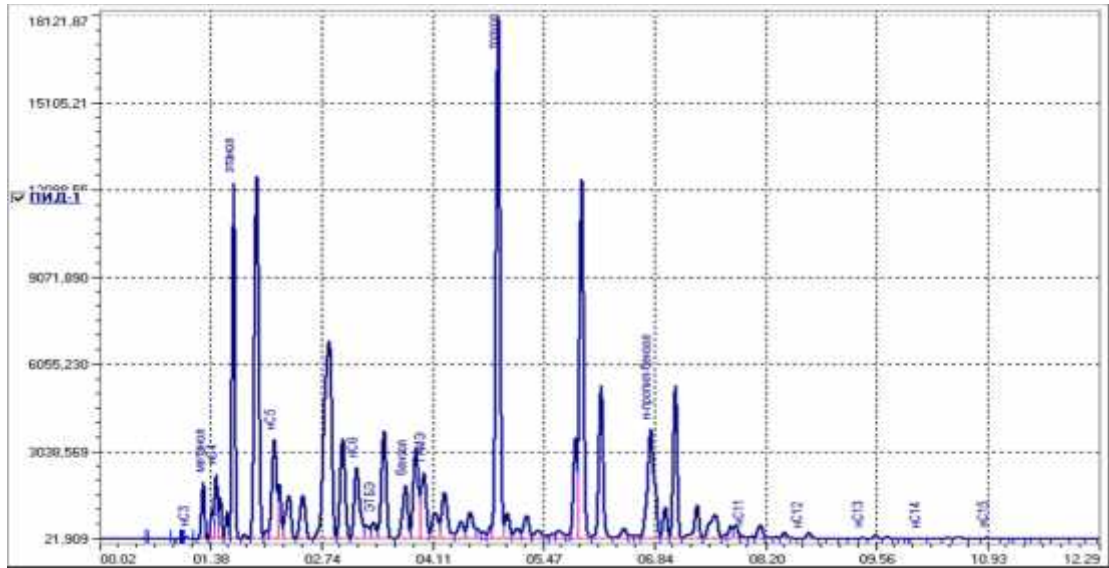
საცდელ ნიმუშებში ინდივიდუალური ნახშირწყალბადები განისაზღვრა
 -4000 მოდელის გაზურ ქრომატოგრაფზე, „NetChrom v2“,
 პროგრამული უზრუნველყოფით და ალურ-იონიზაციური დეტექტორით
 ნახაზებზე 2.3.7, 2.3.8, 2.3.9, 2.3.10 წარმოდგენილია საცდელი ნიმუშების **E0**, **E5**,
E10 და **E20** ქრომატოგრამები.



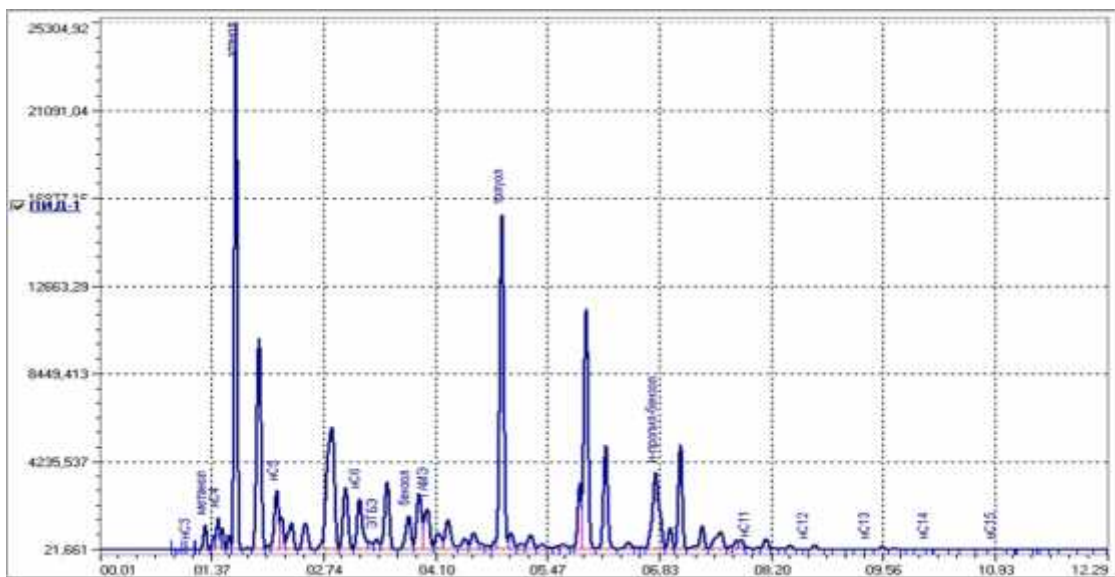
ნახაზი 2.3.7. საბაზო ბენზინის E 0 ქრომატოგრამა



ნახაზი 2.3.8. ბიო ბენზინის E5 ქრომატოგრამა



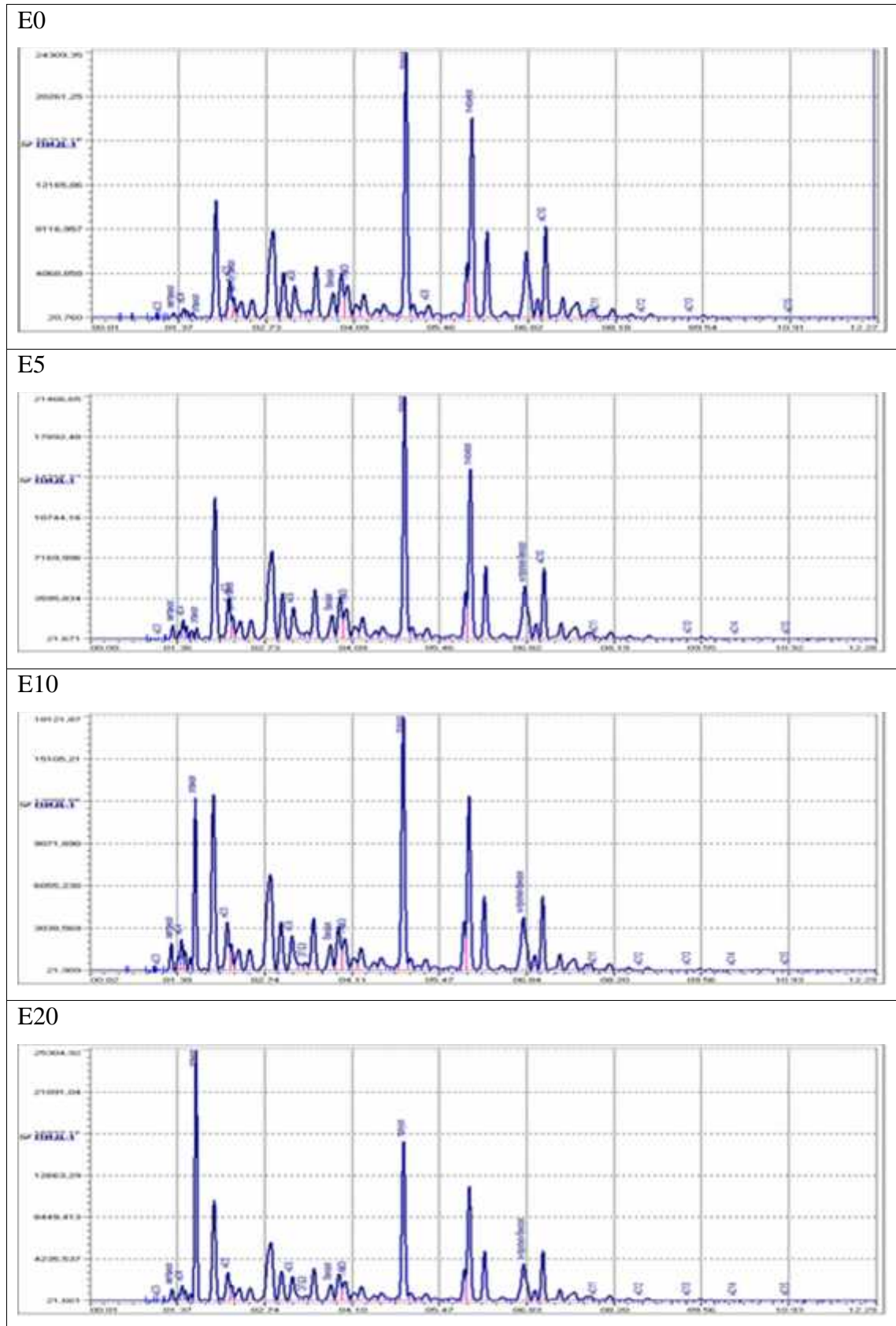
ნახაზი 2.3.9. ბიობენზინის E 10 ქრომატოგრამა



ნახაზი 2.3.10. ბიობენზინის E 20 ქრომატოგრამა

საცდელ ნიმუშებში იდენტიფიცირებულია მის შემადგენლობაში არსებული შემდეგი ინდივიდუალური ნაერთები: მეთანოლი, პროპანი, ბუტანი, ეთანოლი, პენტანი, მესამეული ბუტანოლი, მეთილ მესამეული ბუტილის ეთერი, ჰექსანი, ეთილ მესამეული ბუტილის ეთერი, ბენზოლი, ტოლუოლი, ჰეპტანი, ოქტანი, პ-ქსილოლი, ნ-პროპილბენზოლი და ა.შ. (დანართი ქრომატოგრამები ცხრილებით თან ერთვის დისერტაციას).

ნახაზზე 2.3.11. წარმოდგენილია ბენზინი „რეგულარის“ E0 და საცდელი ბიობენზინების ნიმუშების, E5, E10 და E20 შედარებითი დახასიათება.



ნახაზი. 2.3.11 საცდელი ნიმუშების შედარებითი დახასიათება

2.4. საცდელი ბიოეთანოლის როგორც ბენზინის დანამატის გავლენის კვლევა საავტომობილო ძრავას ტექნიკურ (მაბრუნე მომენტი, სიმძლავრე, საწვავის საათური ხარჯი) და ეკოლოგიურ (გამონაბოლქვ აირებში CO, CH, CO₂, NO_x -ის) მაჩვენებლებზე.

ავტოტრანსპორტის სფეროში ეკოლოგიური მოთხოვნების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს გამონაბოლქვში CO₂-ის რადიკალურად შემცირება. ლიდერი სახელმწიფოები, როგორცაა აშშ, ჩინეთი და ევროკავშირი, ყოველწლიურად ამკაცრებენ გამონაბოლქვ ემისიებში CO₂-ის ნორმებს სატრანსპორტო საშუალებების ყველა სახეობისთვის, რაც განაპირობებს მათი ეკონომიურობის მნიშვნელოვან ზრდას, ასევე ახალი, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავების დამზადების აუცილებლობას. მაგალითად, მაღალი დეტონაციური მდგრადობის ბენზინის წარმოებისთვის გამოიყენება ოქსიგენატები (ჟანგბადმემცველი კომპონენტები), რომელთაგან უმეტესად გავრცელებულია ბიოეთანოლი, რომელიც მიიღება განახლებადი ბიონარჩენებიდან, რომლის გამოყენებასაც თან ახლავს ატმოსფეროში CO₂-ის შემცირება, ხოლო ძრავაში მისი წვის დროს მცირდება მავნე ნაერთების (CO, CH) შემცველობა ნავთობბენზინთან შედარებით. ბიოეთანოლი მიეკუთვნება ბენზინების ეკოლოგიურად სუფთა მაღალოქტანურ დანამატებს და იგი მსოფლიოში ფართოდ გამოიყენება ბენზინის დანამატის სახით, ძრავას მოდიფიკაციის გარეშე. ასეთ პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს, მაგალითად, საშუალო ეთანოლური საწვავი E30, რომელიც გამოიყენება საავტომობილო ტექნიკის მოდიფიცირების გარეშე. აღნიშნულის შესაბამისად, ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა ბენზინის ბიოდანამატი, რომელიც დამზადებულია სიმინდის ნარჩენებიდან შემდეგი პროცესების განხორციელების შედეგად: ნედლეულის გამოშრობა, დაქუცმაცება, ფერმენტაცია, ექსტრაქცია - გაუწყლოება მარტივი ტექნოლოგიური სქემით მოდერნიტის ადსორბენტით.

საცდელი ბიოეთანოლების ნიმუშების სასტენდო გამოცდები ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტის შიგაწვის ძრავების ლაბორატორიაში.

როგორც 2.1 ქვეთავში იქნა აღნიშნული, კვლევის ობიექტებს წარმოადგენდა “რომპეტროლი” ფირმის “რეგულარის” და “სუპერის” მარკის ბენზინები და იგივე ბენზინები საცდელი ბიოეთანოლის 10%, 20 და 30% -იანი დანამატებით, ანუ ბიობენზინები.

საცდელი ბიოეთანოლის, როგორც ბენზინის დანამატის, გავლენა შესწავლილ იქნა ბენზინების “რეგულარის” და “სუპერის” მაგალითზე, კერძოდ საავტომობილო ძრავას BMW-316 მანქანის მომენტზე (Me), სიმძლავრე (Ne), საათურ ხარჯზე ($G_{სთ}$) და გამონაბოლქვ აირებში CO, CH, CO₂, NO_x -ის შემცველობაზე 10, 20 და 30% ბიოეთანოლის დანამატის გავლენის სახით. ექსპერიმენტების შედეგები ნაჩვენებია ცხრილებში 2.4.1, 2.4.2 და 2.4.3. როგორც აღნიშნული ცხრილების მონაცემებიდან ჩანს, საბაზო ბენზინებზე საცდელი ბიოეთანოლის მზარდი (10, 20 და 30%) რაოდენობით დამატება იწვევს ძრავას ტექნიკური მაჩვენებლების (Me, Ne, $G_{სთ}$) უმნიშვნელო მცირედ მზარდ გაუარესებას (Me და Ne-ს შემცირებას $G_{სთ}$ - გაზრდა), ხოლო ეკოლოგიური მაჩვენებლების (გამონაბოლქვში CO, CH, CO₂, NO_x -ის შემცველობის შემცირებას) მნიშვნელოვან მზარდ გაუმჯობესებას.

ცხრილი 2.4.1 . ბენზინის მარკის („სუპერი“ „რეგულარი“) გავლენა BMW-316 მარკის ძრავას სიმძლავრით (Me, Ne), საწვავეკონომიურ (G_{სთ}) და ეკოლოგიურ (CO, CH, CO₂ , NO_x) მაჩვენებლებზე, მუხლუხა ლილვის ბრუნვის სიხშირისა (n), დატვირთვის რეჟიმისგან დამოკიდებულებით

მაჩვენებელი	„სუპერი“			„რეგულარი“		
	1000	2500	3500	1000	2500	3500
n, წთ ⁻¹	1000	2500	3500	1000	2500	3500
უქმი სვლა						
G _{სთ} , ლ/ს	0,860	1,181	1,730	0,882	1,200	1,757
Me, ნმ	0	0	0	0	0	0
Ne, კვტ	0	0	0	0	0	0
CO, %	0,61	0,57	0,55	1,03	0,85	0,66
CH, %	273	108	79	197	125	83
CO ₂ , %	13,6	13,9	14,3	12,7	12,9	13,1
NO _x , ppm	101	283	497	85	315	525
სრული დატვირთვა						
G _{სთ} , ლ/ს	5,27	7,81	11,21	5,30	7,84	11,25
Ne, კვტ	12,9	39,6	64,3	12,7	38,9	63,5
CO, %	0,52	0,49	0,38	0,61	0,54	0,44
CH, %	291	210	138	317	258	161
CO ₂ , %	13,1	13,5	14,0	12,4	12,8	13,0
NO _x , ppm	1780	4710	5300	1570	4600	4970

ცხრილი 2.4.2. საცდელი ბიოეთანოლის დანამატის გავლენა BMW-316 მარკის ძრავას სიმძლავრით (Me, Ne), საწვავეკონომიურ ($G_{სთ}$) და ეკოლოგიურ (CO , CH , CO_2 , NO_x) მაჩვენებლებზე, მუხლუხა ლილვის ბრუნვის სიხშირისა (n), მუშაობის რეჟიმისა და ბენზინის მარკისაგან („სუპერი“, „რეგულარი“) დამოკიდებულებით.

მაჩვენებელი	„სუპერი“+ 10% ბიოეთანოლი			„რეგულარი“+10% ბიოეთანოლი		
	1000	2500	3500	1000	2500	3500
n , წთ ⁻¹	1000	2500	3500	1000	2500	3500
უქმი სვლა						
$G_{სთ}$, ლ/ს	0,864	1,186	1,737	0,884	1,201	1,767
Me, ნმ	0	0	0	0	0	0
Ne, კვტ	0	0	0	0	0	0
CO, %	0,55	0,52	0,49	0,92	0,76	0,58
CH, %	224	89	65	156	99	66
CO ₂ , %	12,9	13,2	13,6	12,6	12,7	13,0
NO _x , ppm	95	267	467	79	293	489
სრული დატვირთვა						
$G_{სთ}$, ლ/ს	5,30	7,86	11,28	5,34	7,89	11,32
Ne, კვტ	12,8	39,4	63,1	12,5	38,6	63,1
CO, %	0,48	0,44	0,36	0,55	0,49	0,37
CH, %	242	174	121	254	206	141
CO ₂ , %	12,2	12,5	13,0	12,3	12,6	12,8
NO _x , ppm	1691	4474	5035	1476	4324	4672

ცხრილი 2.4.3 .საცდელი ბიოეთანოლის დანამატის გავლენა BMW-316 მარკის ძრავას სიმძლავრით (Me, Ne), საწვავეკონომიურ ($G_{სო}$) და ეკოლოგიურ (CO, CH, CO₂, NO_x) მაჩვენებლებზე, მუხლუხა ლილვის ბრუნვის სიხშირისა (n), მუშაობის რეჟიმისა და ბენზინის მარკისაგან („სუპერი“, „რეგულარი“) დამოკიდებულებით.

მაჩვენებელი	„რეგულარი“ + 20% ბიოეთანოლი			„რეგულარი“ + 30% ბიოეთანოლი		
	1000	2500	3500	1000	2500	3500
n, წთ ⁻¹						
უქმი სვლა						
$G_{სო}$, ლ/ს	0,888	1,208	1,763	0,895	1,217	1,773
Me, ნმ	0	0	0	0	0	0
Ne, კვტ	0	0	0	0	0	0
CO, %	0,90	0,74	0,57	0,87	0,72	0,56
CH, %	156	99	66	148	94	62
CO ₂ , %	12,5	12,6	12,9	12,3	12,5	12,7
NO _x , ppm	77	287	478	76	284	472
სრული დატვირთვა						
$G_{სო}$, ლ/ს	5,34	7,90	11,34	5,39	7,94	11,44
Ne, კვტ	12,4	38,3	62,9	12,2	38,1	62,7
CO, %	0,53	0,48	0,38	0,54	0,47	0,37
CH, %	257	209	131	245	199	124
CO ₂ , %	12,2	12,4	12,7	12,1	12,4	12,5
NO _x , ppm	1460	4368	4623	1429	4186	4523

უნდა აღინიშნოს, რომ Ne-ს უმნიშვნელო შემცირება პრაქტიკულად შეუმჩნევლად აისახება ძრავას სხვადასხვა რეჟიმებზე მუშაობის

საიმედოობაზე, ხოლო საწვავის ხარჯის უმნიშვნელოდ გაზრდა არაა პრაქტიკულად ყურადსაღები, რადგან იგი უმნიშვნელოდ შეამცირებს საბაზო ნავთობბენზინს. მაგალითად ბენზინზე „რეგულარი 10, 20 და 30%“ საცდელი ბიოეთანოლის დამატება განაპირობებს (ბრუნვის სიხშირის დიაპაზონში 1000 – 3500 წმ⁻¹) საბაზო ბენზინთან შედარებით.

1) უქმი სვლის რეჟიმის დროს საწვავის ხარჯის ($G_{სთ}$) გაზრდა საშუალოდ 0,5 ÷ 0,8 %-ით, ხოლო გამონაბოლქვში CO, CH, CO₂, NO_x -ის შემცირებას, შესაბამისად 10÷15; 21÷25; 8÷17 და 7÷10 %-ით.

2) სრული დატვირთვის დროს - Me და Ne პარამეტრების შემცირებას, 1,0 ÷ 1,7 %-ით $G_{სთ}$ -ის გაზრდას 0,7 ÷ 0,9 %-ით, ხოლო გამონაბოლქვში CO, CH, CO₂, NO_x შემცველობის შემცირებას 10÷14; 20 ÷23; 10÷17 და 6÷9 %-ით.

ბიოეთანოლის 10-30%-იანი დანამატი ნავთობბენზინზე რაც იწვევს 10-30%-იან ეკონომიას, რადგან რეალურად ძრავში წვისას 10-30%-ით ნაკლები ნავთობბენზინი იხარჯება.

აღნიშნულის შესაბამისად შეიძლება დავასკვნათ, რომ საცდელი ბიოეთანოლის გამოყენებისას მათში ბიოეთანოლის 10-30%-ის შემცველობა მათი როგორც ნავთობბენზინთან ნარევის საათური ხარჯის 0,5÷0,9%-ით გაზრდის გათვალისწინებით განაპირობებს საბაზო ბენზინ „რეგულარის“ დაახლოებით 8-28% -ით შემცირებას.

ნაჩვენები განსჯის შედეგები ადასტურებს, რომ სიმინდის ნარჩენებიდან მიღებული საცდელი ბიოეთანოლის დანამატის სახით შემცველი ბენზინები (მაგალითად „რეგულარი“, „სუპერი“) შეიძლება ჩაითვალოს პერსპექტიულ ბიოეთანობად, რომლებიც საავტომობილო ძრავს გადაკეთების გარეშე უზრუნველყოფენ მის ნორმალურ მუშაობას და მათი ეკოლოგიური მაჩვენებლების მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას. განსაკუთრებით საყურადღებოა მათი გამოყენებით CO₂ -ის წარმოქმნის მნიშვნელოვნად შემცირება (8-17% შემცირება), რამდენადაც CO₂ დანამდვილებითაა მიჩნეული თანამედროვეობის უდიდესი ეკოლოგიური პრობლემის - „გლობალური დათბობის“ მთავარ გამომწვევ მიზეზად. ამას ადასტურებს ის ფაქტიც, რომ ავტოტრანსპორტის სფეროში ეკოლოგიური მოთხოვნების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს გამონაბოლქვ აირებში CO₂-ის რადიკალურად შემცირება. წამყვანი

სახელმწიფოები ამერიკის შეერთებული შტატები, ჩინეთი და ასევე ევროკავშირი ყოველწლიურად ამკაცრებენ გამონაბოლქვ ემისიებში CO₂-ის ნორმებს სატრანსპორტო საშუალებების ყველა სახეობისთვის, რაც დღეისათვის უკვე განაპირობებს ალტერნატიული, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავების დამზადების აუცილებლობას.

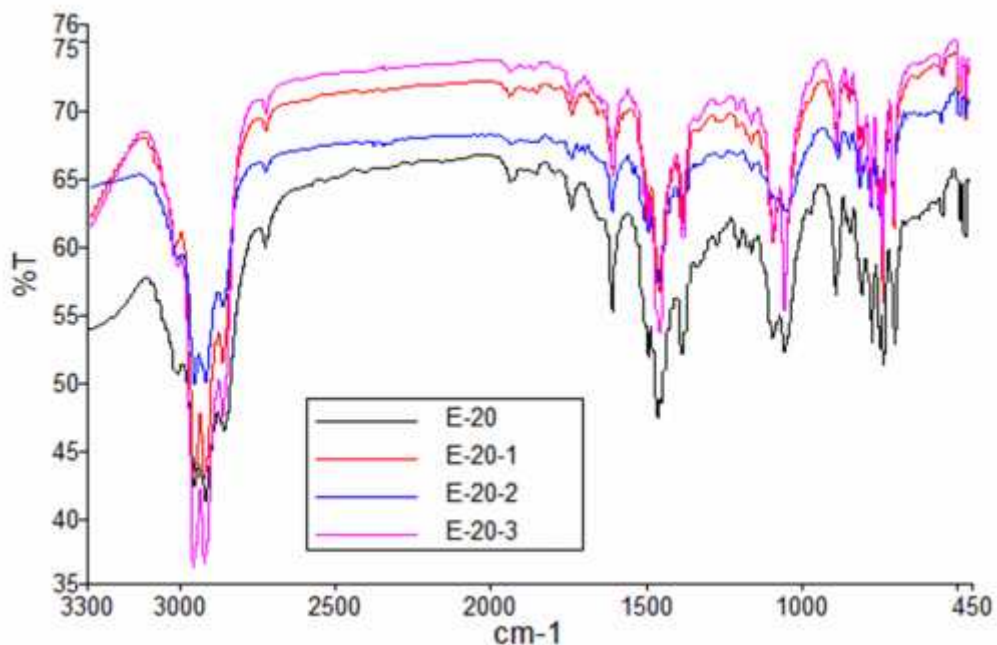
საცდელი ბიობენზინის (E20) - ნავთობბენზინი „რეგულარი + 20% ბიოეთანოლი ეკოლოგიური ეფექტიანობა დადასტურდა მათზე მომუშავე BMW მარკის ავტომობილის ტესტირებით ნამუშევარ აირებში CO და CH შემცველობაზე, ძრავას მუშაობისას უქმ სვლაზე. ტესტირება ჩატარდა ავტომობილების ინსპექტირების ცენტრში „ჭაპანი“.

ტესტირების შედეგების თანახმად ავტომობილის + 20% ბიოეთანოლის შემცველ ბიობენზინზე მუშაობისას CO შემცველობამ გამონაბოლქვ აირებში შეადგინა, შესაბამისად როცა n= 900 წთ⁻¹ 0,39%, ხოლო როცა n= 2230 წთ⁻¹ 0,35%. ხოლო ბენზინისთვის „რეგულარი“, შესაბამისად შეადგინა CO-სათვის 0,41%, ხოლო როცა n= 2230 წთ⁻¹ 0,40% (დანართი ოქმი №1 და №2).

იმის გათვალისწინებით, რომ უქმ სვლაზე ტესტირებისას გამოზაბოლქვში CO-ს შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,6% -ს, საცდელი ბიობენზინი E20 და საბაზო E0 აკმაყოფილებენ დაწესებულ ნორმას, მაგრამ ამასთან ბიობენზინი, ბიოეთანოლის გამო, უზრუნველყოფს CO-ს 5%-ით ნაკლებ გამონაბოლქვს ვიდრე ბენზინი „რეგულარი“.

2.5 საცდელი ბიობენზინების შენახვის დასაშვები ვადების კვლევა;

ჩატარდა კვლევები საცდელი ბიობენზინების შენახვის ხანგრძლიობის გავლენის შესწავლის მიზნით. საცდელ ნიმუშები განთავსებული იყო თავდახურულ ლაბორატორიულ ქიმიურ ჭურჭელში ოთახის ტემპერატურაზე. ყოველთვიურად ვახდენდით საცდელი ნიმუშების სპექტრალურ ანალიზს ინფრაწითელი სპექტრომეტრის და გაზური ქრომატოგრაფიის საშუალებით ერთი წლის განმავლობაში. ჩატარებულმა კვლევებმა ადვენა, რომ საცდელი ნიმუშების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები ერთი წლის განმავლობაში პრაქტიკულად არ იცვლება. შესაბამისად მაგალითისათვის ნახაზებზე 2.5.1 და 2.5.2 მოტანილია 20% ბიოეთანოლის შემცველი ბიოსაწვავის E20 ინფრაწითელი სპექტრები და ქრომატოგრამები, რომლებიც ასახავს E20 საწყის, 4 თვის, 8 თვის და 12 თვის შემდეგ გადაღებულ ინფრაწითელ სპექტრებს, რომლებიც შესადარებლად განთავსებულია ერთ სიბრტყეზე და თვალნათლივ მიუთითებს რომ შენახვის პერიოდის განმავლობაში სპექტრები იდენტურია.

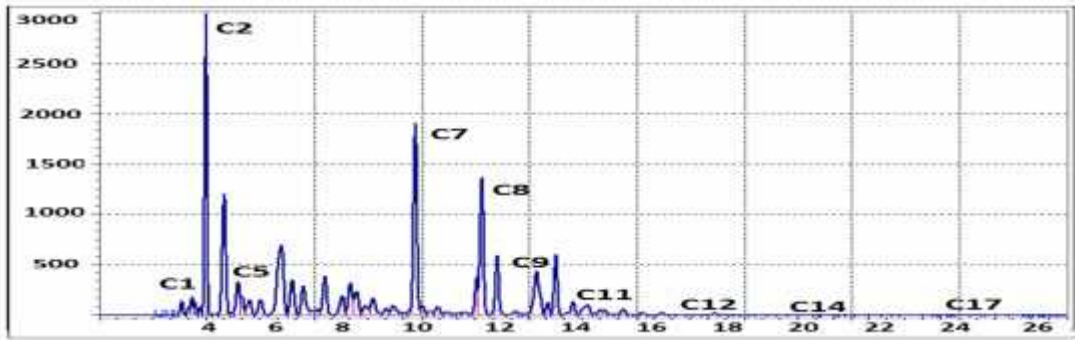


ნახაზი 2.5.1. ბიობენზინის E20 ინფრაწითელი სპექტრები შენახვის ხანგრძლივობისაგან დამოკიდებულებით.

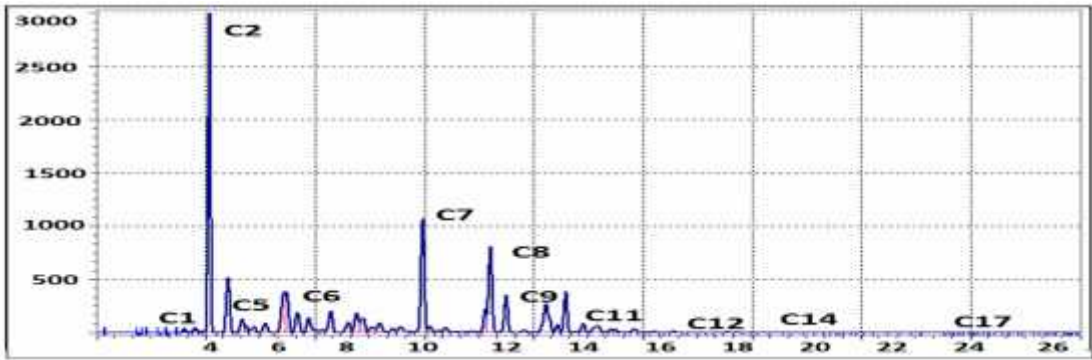
1- E20 საწყისი, 2- E20 4 თვის შემდეგ, 3- E20 8 თვის შემდეგ, 4- E20 12 თვის შემდეგ.

ნახაზზე 2.5.2. წარმოდგენილია E20 ბიობენზინის ქრომატოგრამები.

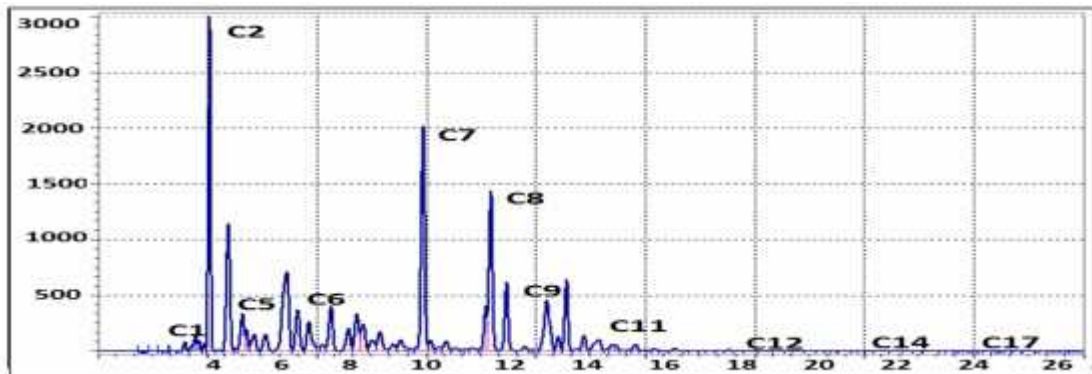
E20 საწყისი



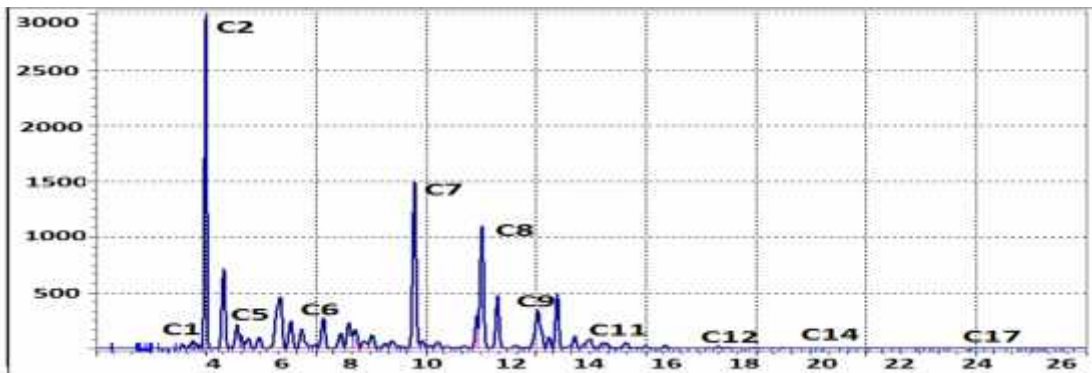
E20 ოთხი თვის შემდეგ



E20 რვა თვის შემდეგ



E20 თორმეტი თვის შემდეგ



ნახაზი 2.5.2. ბიობენზინის E20 ქრომატოგრამები შენახვის ხანგრძლივობისაგან დამოკიდებულება.

ბიოსაწვავების ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების და სპექტრალური (ინფრაწითელი და გაზურ ქრომატოგრაფიული) კვლევებმა აჩვენა, რომ ჯგუფური შედგენილობა, საწვავში ინდივიდუალური ნახშირწყალბადების შემცველობა და საწვავების ფიზიკურ - ქიმიური მახასიათებლები დროის განმავლობაში არ შეიცვალა.

ცხრილი 2.5.1. საბაზო ბენზინის „რეგულარის“ E0 და საცდელი ბიობენზინის E20 ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები ერთი წლის განმავლობაში შენახვის შემდეგ [] .

მაჩვენებლები	ბენზინი E0 “რეგულარი”	E20	სტანდარტები
სიმკვრივე 15 °C-ზე, კგ/მ ³	749,1	762.0	ASTM D287 - 12
სიმკვრივე 20°C -ზე კგ/მ ³	745,0	758.0	GOST P 51069-97
სიმკვრივე °API	57,41	54,19	GOST P 51069-97
ოქტანური რიცხვი კვლევის მეთოდით	93	98	ASTM D2699 - 19e1
ოქტანური რიცხვი მოტორული მეთოდით	83	88	ASTM D2700 - 19e1
კინემატიკური სიბლანტე, მმ ² /წმ	0,5052	0,6188	ASTM D445
მჟავიანობა მგ KOH/გ საწვავზე	0,016	0,004	ASTM D664 - 18e2
ფაქტიური ფისების შემცვე- ლობა, მგ 100 მლ ბენზინზე	3	2,0	GOST 1567- 97(ИСО6246-95)
გოგირდის მასური წილი, %	0,05	0,04	ASTM D 3227-92
გამოცდა სპილენძის ფირფიტაზე (3 სთ 50 °C)	უძლებს		GOST 6321-92 (ИСО 2160-85)
ბენზოლის შემცველობა, %	1,1	0,8	GOST P EH 12177- 2008
ჯამური არომატიკა, %	32,5	28,5	GOST 29040-2018
ნაჯერი ორთქლის წნევა, კპა	50	70	GOST P EH 13016- 1-2008
ფრაქციული შედგენილობა			
დულ. დასაწყისი °C	35	40	ASTM D - 86-93
10%	55 °C	52 °C	ASTM D 86-93
50%	85 °C	70 °C	ASTM D 86-93
90%	150 °C	150 °C	ASTM D 86-93
დუდილის დასასრული, °C	162	165	ASTM D 86-93
ნარჩენი	2	2	ASTM D 86-93

როგორც ნახაზი 2.5.1 და 2.5.2 და ცხრილებიდან 2.3.7 და 2.5.1- დან ჩანს ბიობენზინის E20 და ნავთობბენზინი E0 შენახვის ვადები არანაკლები ერთი წელიწადია, ამ დროის განმავლობაში მათი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები პრაქტიკულად უმნიშვნელოდ იცვლება.

დასკვნები

1. გლობალური და ადგილობრივი (მათ შორის საქართველოში არსებული) ეკოლოგიური პრობლემებიდან გამომდინარე, დასაბუთებულია, სიმინდის ნარჩენებიდან, როგორც განახლებადი ნედლეულიდან, ბიოეთანოლის მიღებისა და მისი საავტომობილო სტანდარტული ნავთობბენზინების ეკოლოგიურად ეფექტიან დანამატად გამოყენების პერსპექტიულობის კვლევის აუცილებლობა და შესაბამისი კვლევები წარმატებითაა რეალიზებული;
2. დამუშავებულია და საცდელი ფორმით პრაქტიკულად განხორციელებულია სიმინდის ნარჩენებიდან, უკანასკნელის თავისებურებებთან ადაპტირებული ტექნოლოგია, მაღალხარისხოვანი ბიოეთანოლის მისაღებად;
3. თანამედროვე ლაბორატორიული აპარატურისა და კვლევის მეთოდების გამოყენებით შესწავლილია საცდელი ბიოეთანოლის ფიზიკურ-ქიმიური და საექსპლუატაციო თვისებები.
4. დადგენილია, რომ საცდელი ბიოეთანოლი (როგორც საწვავი), ნავთობბენზინებთან შედარებით ხასიათდება უფრო მაღალი ანტიდეტონაციური და რიგი სხვა თვისებებით, რაც ასევე ეფექტიანად ვლინდება მისი ნავთობბენზინების დანამატად გამოყენებისას, მაგალითად, „რომპეტროლის“ ფირმის „რეგულარის“ მარკის ბენზინზე დამატებისას 20%-ის ოდენობით, საბაზო ბენზინთან შედარებით, ოქტანური რიცხვი იზრდება, კვლევითი და მოტორული მეთოდების მიხედვით, შესაბამისად 93-დან 98-მდე და 83 -დან 88-მდე. დამატებით მცირდება: მჟავიანობა 0,016 -დან 0,004 KOH/გ საწვავზე, ფაქტიური ფისების შემცველობა 3-დან 2 მგ-მდე 100 მლ საწვავზე, ბენზოლის შემცველობა 1,1-დან - 0,8%-მდე, ჯამური არომატიკის შემცველობა 32,5-დან 28,5-მდე, ხოლო გოგირდის შემცველობა 0,05-დან 0,04%-მდე.
5. დადგენილია, რომ საცდელი ბიოეთანოლის დამატებისას „სუპერისა“ და „რეგულარის“ მარკების ნავთობბენზინების ეკოლოგიური თვისებები

უმჯობესდება. მაგალითად ბენზინზე რომპეტროლის დანამატად 10-30% საცდელი ბიოეთანოლის გამოყენების შემთხვევაში, BMW-316 მარკის საავტომობილო ძრავას გამონაბოლქვ აირებში მავნე კომპონენტების შემცველობა უქმ სვლასა და სრულ დატვირთვებზე, შესაბამისად მცირდება: CO-სი 11÷15 10÷14 %-ით; CH-ის 21÷25 და 20÷23%-ით; NO_x -ის 7÷10 და 6÷9%-ით. განსაკუთრებით, საყურადღებოა „გლობალური დათბობის“ მთავარი მიზეზის CO₂ შემცირება, შესაბამისად 8÷14 და 10÷17 %-ით.

6. დადგენილია, რომ 10÷30% საცდელი ბიოეთანოლის დანამატის სახით შემცველი ბენზინი ”რომპეტროლი“ უზრუნველყოფს BMW-316 მარკის ძრავას ნორმალურ მუშაობას კონსტრუქციული გადაკეთების გარეშე. ამასთან ძრავას სიმძლავრე მცირდება 1÷2 %-ით და საწვავის საათური ხარჯი იზრდება 1÷1,2 %-ით. იმის გათვალისწინებით, რომ საწვავი ამ შემთხვევაში შეიცავს 10÷30% ბიოეთანოლს, რეალურად ადგილი აქვს საბაზო ნავთობბენზინის ხარჯის დაახლოებით 8-18%-ით შემცირებას.
7. საცდელ ბიობენზინზე „რეგულარი“ +20% ბიოეთანოლი (E20) მომუშავე BMW-510 მარკის ავტომობილის ტესტირების თანახმად (ავტომობილების ინსპექტირების ცენტრი „ჭაპანი“), დადგენილია, რომ უქმი სვლისას 1000 და 2250 წმ⁻¹ ბრუნვის სიხშირისას, გამონაბოლქვ აირებში CO-ს შემცველობამ შეადგინა, შესაბამისად, 0,38 და 0,39%-ი, რაც მნიშვნელოვნად ნაკლებია სტანდარტით დაშვებულ ნორმაზე - 0,6 % და 5% -ით ნაკლები საბაზო ბენზინთან შედარებით.
8. დადგენილია, რომ საცდელი ბიობენზინის E20-ის შენახვის ვადა არის მინიმუმ ერთი წელიწადი.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. [Charles E. Wyman](#). **Handbook on Bioethanol Production and Utilization**, ISBN9781560325536 Published July 1, 1996 by CRC Press, 444 Pages.
DOI<https://doi.org/10.1201/9780203752456>; eBook Published 25 October 2017 eBook ISBN978020375245
<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9780203752456/handbook-bioethanol-charles-wyman>
2. James G Speight. The Biofuels Handbook, 2011, 574p., ISSN 978-1-78262-628-2,
<https://doi.org/10.1039/9781849731027>;
<https://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-1-84973-026-6>
3. BP Energy Outlook, 2018 edition, 125p.
<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf>
4. იოსებძე ჯ., აბრამიშვილი გ., მიქაძე გ, ავაქიძე თ., ჩხეიძე ა., მღებრიშვილი ხ. “საავტომობილო საწვავ-საზეთი მასალების გამოყენება და ეკოლოგია” თბილისი 2009 129 გვ. ISBN 978-9941-14-268-0; www.gtu.ge/publishinghouse/.
5. **10 Power Sector Insights from the IEA’s World Energy Outlook 2019**
<https://www.powermag.com/10-power-sector-insights-from-the-ideas-world-energy-outlook-2019/>
6. <https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Альтернативная энергетика>;
7. **REN21 ANNUAL REPORT 2018-2019 24 p.** www.ren21.net
8. „განახლებადი ენერჯის ეროვნული სამოქმედო გეგმა საქართველო“ (2019).
http://www.economy.ge/uploads/files/2017/energy/samoqmedo_gagma/ganakhlebadi_energiis_erovnuli_samoqmedo_gagma_2020.pdf
9. მუხიგულაშვილი გ. კვარაცხელია თ. „ენერჯის განახლებადი წყაროები და ენერგოეფექტურობა“ გვ. 43 http://weg.ge/energiis_ganaxlebadi_cqaroebi
10. www.worldbioenergy.org

11. კანონი „განახლებადი ენერჯია 2008“
<https://matsne.gov.ge/ka/document/view/6700?publication=0>
12. https://www.ng.ru/energy/2021-05-17/11_8149_conference.html
13. <https://agronews.ge/tsqhalmtsenaareebi-ghvelaze-energoepheqtiani-biosatsvavi/>
14. ტყის და სოფლის მეურნეობის ნარჩენი ბიომასის კვლევა საქართველოში
<http://weg.ge/wp-content/uploads/2012/01/FINAL.pdf> დაარქივებული 2015-09-28 საიტზე [Wayback Machine](http://www.waybackmachine.org/).
15. https://www.ge.undp.org/content/georgia/ka/home/library/environment_energy/all-about-biomass-and-its-use-in-georgia.html
16. KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, 1997, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>
17. კლიმატური კონვენცია რიო–დე ჟანეირო **The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)** 1992..
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
18. Lorenz Moosmann, Cristina Urrutia, Anne Siemons, Martin Cames, Lambert Schneider. Issues at stake in view of the COP25 UN Climate Change Conference in Madrid. PE 642.344 - November 2019. 76p. PE 642.344 IP/A/ENVI/2019-03 Print ISBN 978-92-846-5928-9 | doi:10.2861/ 046072 | QA- 02-19-863-EN-C
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/642344/IPOL_STU\(2019\)642344_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/642344/IPOL_STU(2019)642344_EN.pdf)
19. http://k-a-t.ru/dvs_pitanie/19_toksichnost_2/index.shtml
20. Нормы содержания токсичных веществ в отработавших газах двигателей с искровым зажиганием и методы их измерения установлены ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100AU0N>.

21. „ნარჩენების მართვის კოდექსი“; <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/2676416?publication=11>
22. საქართველოს კანონი „განახლებადი ენერჯის წყაროების შესახებ“
<https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4737753?publication=1>
23. Bioethanol Production from Renewable Raw Materials and Its Separation and Purification: A Review https://www.researchgate.net/figure/Predictions-of-the-world-bioethanol-production-and-consumption-in-2024-17_fig2_325564836
24. Gravalos, I., Moshou, D., Gialamas, T., Xyradakis, P., Kateris, D., & Tsiropoulos, Z., (2011). Performance and Emission Characteristics of Spark Ignition Engine Fuelled with Ethanol and Methanol Gasoline Blended Fuels, Alternative Fuel, Dr. Maximino Manzanera (Ed.), ISBN: 978-953-307-372-9. Accessed on December 10, 2014, from: <http://www.intechopen.com/books/alternative-fuel/performance-and-emissioncharacteristics-of-sparkignition-engine-fuelled-with-ethanol-and-methanol>.
25. Guarieiro, L.L.N., & Guarieiro, A.L.N., (2013). Vehicle Emissions: What Will Change with Use of Biofuel?. In: Biofuels - Economy, Environment and Sustainability, Zhen Fang (Edt.), ISBN 978-953-51-0950-1, p. 357-386.
26. <https://proteh.org/articles/31102017-biojetanol-dlja-dvigatelja-vnutrennego/>
27. Kamboj, S.K., & Karimi, M.N., (2014). A Study of Spark Ignition Engine Fueled with Methanol and Ethanol Fuel Blends with Iso-Octane. Int. J. of Thermal & Environmental Engineering. 8, 25-31.
28. Wagner, T.O., Gray, D.S., Zarah, B.Y., & Kozinski, A.A., (1979). Practicality of alcohols as motor fuel. SAE paper no: 790429.
29. Koc, M., Sekmen, Y., Topgül, T., & Yücesu, H.S., (2009). The effects of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark- ignition engine. Renewable Energy. 34, 2101-2106.
30. Al-Hasan, M., (2003). Effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions. Energy Conversion and Management. 44, 1547-1561.

31. Rice, R.W., Sanyal, A.K., Elrod, A.C., & Bata, R.M., (1991). Exhaust gas emissions of butanol, ethanol and methanol-gasoline blends. *Journal of Engineering for Gas Turbine and Power*. 113, 337-381.
32. Rajan, S., & Saniee, F.F., (2001). Water-ethanol-gasoline blends as spark ignition engine fuels. *FUEL*. 62, 117-121.
33. Guarieiro, L.L.N., & Guarieiro, A.L.N., (2013). Vehicle Emissions: What Will Change with Use of Biofuel?. In: *Biofuels - Economy, Environment and Sustainability*, Zhen Fang (Edt.), ISBN 978-953-51-0950-1, p. 357-386.
34. Hamrock, B.J., Schmid, S.R., & Jacobson, B.O., (2004). *Fundamentals of Fluid Film Lubrication* (second edition), MARCEL DEKKER INC., NEW YORK, USA, ISBN: 0-8247-5371-2, p. 693.
35. Goering, C.E., & Schrader, G.W., (1998). Effects of ethanol proof on engine performance. *Transactions of the ASAE*. 31, 1059-1062.
36. Johansen, T., & Schramm, J., (2009). Low-Temperature Miscibility of Ethanol-Gasoline-Water Blends in Flex Fuel. Applications. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 31, 1634-1645.
37. Deh Kiani, M. K., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Nikbakht, A. M., & Najafi, G., (2010). Application of artificial neural networks for the prediction of performance and exhaust emissions in SI engine using ethanol gasoline blends. *Energy*. 35, 65-69.
38. Najafi, G., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Buttsworth, D.R., Yusaf, T.F., & Faizollahenejed, M., (2009). Performance and exhaust emissions of a gasoline engine with ethanol gasoline fuels using artificial neural network, *Applied. Energy*. 86, 630-639.
39. Egeback, K., Henke, M., Rehlund, B., Wallin, M., & Westerholm, R., (2005). Blending of ethanol in gasoline for spark ignition engines - Problem inventory and evaporative measurements. MTC AB Report No. MTC 5407, ISSN: 1103-0240, ISRN: ASB-MTC-R—05/2—SE, p. 133.
40. Launder, K., (2001). From Promise to Purpose: Opportunities and Constraints for Ethanol Based Transportation Fuels. M.Sc. Thesis,

Department of Resource Development, Michigan State University, USA, p. 53.

41. Tangka, J.K., Berinyuy, J.E., Tekounegnin, & Okale, A.N., (2011). Physico-chemical properties of bioethanol/ gasoline blends and the qualitative effect of different blends on gasoline quality and engine performance. *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels*. 2, 35-44.
42. **A.F. Kheiralla¹, E. Tola^{*2} , J.M. Bakhit¹. Performance of ethanol-gasoline blends of up to E35 as alternative Automotive fuels. *Advances in Bioresearch Adv. Biores.*, Vol 8 (5) September 2017: 130-140; Print ISSN 0976-4585; Online ISSN 2277-1573 Journal's [URL:http://www.soeagra.com/_abr.html](http://www.soeagra.com/_abr.html); **DOI: 10.15515/abr.0976- 4585.8.5.130140****
43. A.A.Memon, F.A.ShaH, N.Kumar. Bioethanol Production from Waste Potatoes as a Sustainable Waste-to-energy Resource via Enzymatic Hydrolysis, 2017, pp.1-5. To cite this article: A A Memon *et al* 2017 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **73** 012003
44. Corn ethanol reduces carbon footprint, greenhouse gases BY KATHRYN JANDESKA, MAY 24, 2021 <https://www.anl.gov/article/corn-ethanol-reduces-carbon-footprint-greenhouse-gases>
45. <https://stock.adobe.com/images/biofuel-life-cycle-car-biomass-ethanol-factory-plant-sugarcane-sun-emission-co2-diagram-vector-illustration/195427311>
46. GOST -33872-2016 БИОЭТАНОЛ ТОПЛИВНЫЙ ДЕНАТУРИРОВАННЫЙ Denatured bioethanol fuel. Specification); <https://docs.cntd.ru/document/1200145331>
47. EN 15376:2014. Automobile fuels – Ethanol as a blending component for petrol –Requirements and test methods <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/6611fd35-d066-4b86-a711-fd2c83b3333c/en-15376-2014>
48. ASTM D-4806-20 Standard Specification for Denatured Fuel Ethanol for Blending with Gasolines for Use as Automotive Spark-Ignition Engine Fuel <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D4806-20.htm>

49. ASTM D5501 – 12 Standard Test Method for Determination of Ethanol and Methanol Content in Fuels Containing Greater than 20% Ethanol by Gas Chromatography
<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D5501-12.htm>
50. ASTM D4928 - 12(2018) Standard Test Method for Water in Crude Oils by Coulometric Karl Fischer Titration <https://www.astm.org/Standards/D4928.htm>
51. GOST 24614-81
<https://docs.cntd.ru/document/1200018374?marker>
52. GOST 32404-2013 Test method for gum content in fuel by jet evaporation
<https://docs.cntd.ru/document/1200107878?marker>
53. ASTM D7795–12 Standard Test Method for Acidity in Ethanol and Ethanol Blends by Titration <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D7795-12.htm>
54. ASTM D 6423-14 Standard Test Method for Determination of pHe of Denatured Fuel Ethanol and Ethanol Fuel Blends <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D6423-14.htm>
55. GOST EN 15492-2013 Определение содержания неорганических хлоридов и сульфатов методом ионной хроматографии <https://shop.belgiss.by/ru/gosudarstvennye-standarty/gost-en-15492-2013>
56. GOST ISO 20884-2016 Liquid petroleum products. Determination of sulfur content of automotive fuels. Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry
<https://docs.cntd.ru/document/551515942?marker=7D20K3>
57. EN228 Automotive fuels - Unleaded petrol - Requirements and test_Methods
http://www.envirochem.hu/www.envirochem.hu/documents/EN_228_benzin_JBg37.pdf
58. GOST P 51866-2002 (ЕН 228-2004). Бензин неэтилированный. Технические условия. <https://elarum.ru/info/standards/gost-r-51866-2002/>

59. ASTM D - 86-93 Standard Test Method for Distillation of Petroleum products
<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D86-93.htm>
60. ASTM D 3227-92 Standard Test Method for Mercaptan Sulfur in Gasoline, Kerosine, Aviation Turbine, and Distillate Fuels Potentiometric Method
<https://civilengineersstandard.com/astm-d-3227-04-pdf-free-download/>
61. GOST 6321-92 (ИСО 2160-85) Метод испытания на медной пластинке
<https://docs.cntd.ru/document/1200007920>
62. ASTM D664 - 18e2 Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration <https://www.astm.org/Standards/D664.htm>
63. ASTM D287 – 12 Standard Test Method for API Gravity of Crude Petroleum and Petroleum Products
<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D287-12.htm>
64. GOST ISO 3675-2014 Лабораторный метод определения плотности с использованием ареометра. <https://docs.cntd.ru/document/1200114766>
65. GOST 33-2016 Определение кинематической и динамической вязкости.
<https://docs.cntd.ru/document/1200145229>
66. GOST Р ЕН 12177-2008 Определение содержания бензола газохроматографическим методом. <https://docs.cntd.ru/document/1200066644>
67. GOST 29040-2018 Method for determination of benzene and total aromatics
<https://docs.cntd.ru/document/1200160624>
68. GOST 1567-97(ИСО6246-95) Motor gasolines and aviation fuels. Determination of gum content by jet evaporation method
<https://docs.cntd.ru/document/1200004103>
69. ASTM D2699 - 19e1 Determination of knock characteristics of motor fuels. Research method <https://www.astm.org/Standards/D2699.htm>
70. GOST Р 52947-2019 Определение детонационных характеристик моторных топлив. Исследовательский метод. <https://docs.cntd.ru/document/1200169761>

71. ASTM D2700 - 19e1 Standard Test Method for Motor Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel (MON) <https://www.astm.org/Standards/D2700.htm>
72. GOST P52946-2008 (ЕНИСО5163:2005) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ И АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ. МОТОРНЫЙ МЕТОД. <https://docs.cntd.ru/document/1200066671>
73. GOST P EN 13016-1-2008 Determination of air saturated vapour pressure (ASVP) <https://docs.cntd.ru/document/1200066632>
74. GOST P 51069-97 Determination of Density, Relative Density and API Gravity. Hydrometer method <https://docs.cntd.ru/document/1200001379>
75. ASTM D-7096-05 Standard Test Method for Determination of the Boiling Range Distribution of Gasoline by Wide –Bore Capillary Gas Chromatography <https://www.astm.org/Standards/D7096.htm>
76. <http://www.cleandex.ru/articles/2015/12/23/bioethanol-production>
77. Технология Фогельбуш по производству биоэтанола <https://www.vogelbusch-biocommodities.com/technology-ru/alcohol-ru/bioethanol-ru/>
78. https://chinapharmamachine.com/news/how_are_essential_oils_extracted
79. Обезвоживание Этанола <https://cyberleninka.ru/article/n/apparaturnoe-oformlenie-protssessa-obevozhhivaniya-brazhnogo-distillyata-mordenitom-dlya-polucheniya-toplivnogo-etanola>
80. <https://www.drive2.ru/b/543511963305510360/>
81. <https://www.manualslib.com/products/Bosch-Bea-460-10812608.html>
82. <https://all-pribors.ru/opisanie/63878-16-73953>
83. <https://4sto.by/space/bea.pdf>
84. <http://weg.ge/ge/agmosavlet-partniorobis-samokalako-sazogadoebis-porumis-erovnuli-platpormis-mesame-samushao-jgupis>
85. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/3624857>
86. კოტორაშვილი. ე. ვეზირიშვილი.ქ. ენერჯის განახლებადი რესურსები საქართველოს მდგრადი განვითარებისათვის. „ინტელექტუალი“, No 21, 2012

87. მელაძე, მ. ენერჯის განახლებადი წყაროების ფართომასშტაბური გამოყენება ქვეყნის მდგრადი განვითარების წინაპირობაა. „მწვანე დედამიწა“. თბილისი. 2008;
88. ნონიაშვილი ნ. „განახლებადი ცელულოზა შემცველი ნაერთები, როგორც გარემოსათვის ნაკლებად საზიანო რესურსი ბიოსაწვავის წარმოებისათვის "ქიმიის უწყებანი" ტომი:1, ნომერი:2
<http://chemistry.ge/publication/chemnews/view.php?id=59>
89. მადლენა ჩხაიძე, გიორგი აბრამიშვილი, ნათელა ხეცურიანი. “ბიოსაწვავების მიღება სოფლის მეურნეობის ნარჩენებისგან.” საერთაშორისო სამეცნიერო - ტექნიკური კონფერენციის "გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება" შრომების კრებული, თბილისი 2020, გვ. 128-132.
90. მადლენა ჩხაიძე. საწვავი ეთანოლის და ეთანოლ/ბენზინის ნარეკების ფიზიკურ-ქიმიური კვლევა. საქართველოს საინჟინრო სიახლეები, 2021, ტ. 93 №2 გვ. 49-52
91. ჯუმბერ იოსებიძე, გიორგი აბრამიშვილი, ნათელა ხეცურიანი, მადლენა ჩხაიძე. ავტომობილის ძრავას ეკოლოგიურობაზე ბენზინის ბიო დანამატის გავლენის კვლევა. საქართველოს საინჟინრო სიახლეები, 2021, ტ. 93 №2 გვ.45-48
92. N.Khetsuriani, M.Chkhaidze G.Abramishvili J.Iosebidge Receipt and Research of Bio Gazolines. World Science Warsaw, Poland, 2022, #4 (76), ISSN2413-1032 DOI:https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30092018/6132
93. M.Chkhaidze, G.Abramishvili, N.Khetsuriani. Obtaining of biofuels from agricultural wastes. Conference: The International Scientific Conference “Enviromental Protecricion and Sustainable Development” Dedicated to Professor Victor Eristavi,s Memory Tbilisi, Georgia 2019 November 11 -12