

ავტონინერია

წყალბადის საწვავად გამოყენება სატრანსპორტო ძრავებში
და მისი ეფექტიანობის კვლევა

ვლადიმერ გვეტაძე

vladimer.gvetadze@atsu.edu.ge

ალექსანდრე კამლაძე

aleksandre.kamladze@atsu.edu.ge

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქუთაისი, საქართველო

<https://doi.org/10.52340/atsu.2024.23.01.17>

ტრადიციულ ენერგეტიკაზე დაფუძნებული ტექნიკური პროგრესი მთელ რიგ დადებით მხარეებთან ერთად უარყოფითად მოქმედებს გარემოზე და იწვევს გლობალურ კლიმატურ ცვლილებას. კერძოდ, სატრანსპორტო საშუალებების რიცხვის სწრაფი ზრდა, ნედლეულის და მზა პროდუქციის ტრანსპორტირება მნიშვნელოვნად განაპირობებს გარემოს ქიმიურ თუ ფიზიკურ დაზიანებას, რაც თანამედროვეობის მნიშვნელოვანი პრობლემაა. ამიტომ ახალი არატრადიციული ენერჯის წყაროს ძიების საკითხი მნიშვნელოვანი ამოცანაა როგორც სატრანსპორტო, ასევე ენერგეტიკული და საყოფაცხოვრებო სექტორისათვის. ნაშრომში განხილულია ბენზინზე და ბენზინი+წყალბადი საწვავზე კონვერტირებული ძრავის მუშა პროცესის შესწავლა და ექსპერიმენტული კვლევის ანალიზი. კვლევის შედეგები კიდევ ერთხელ ადასტურებს წყალბადის, როგორც მომავლის სატრანსპორტო საწვავის უპირატესობას სხვა სახის საწვავთან შედარებით ეკონომიური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით.

საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგია, ალტერნატიული საწვავი, სიმძლავრე, ბრუნვის სიხშირე, საწვავი ნარევი.

საავტომობილო ტრანსპორტი წარმოადგენს თხევადი და აირადი საწვავის ძირითად მომხმარებელს, რომლის მსოფლიო მარაგი დღითიდღე მცირდება და დღეისათვის მსოფლიოში ყოველდღიურად 4 მლნ ბარელი ნავთობის დეფიციტია. ამიტომ ენერგეტიკული პრობლემების გადასაწყვეტად წარმოებული ბრძოლა მოითხოვს ალტერნატიული წყაროების გამოყენებას (ფურცხვანიძე, კამლაძე 2018: 64–74).

საწყისი ნედლეულის მიხედვით ალტერნატიული საწვავი შეიძლება მიღებული იქნას (ფურცხვანიძე, კამლაძე 2018: 64–74):

ვ. გვეტაძე, ა. კამლაძე

- სხვადასხვა სახის აირებისაგან, რომელთაც მიეკუთვნება ბუნებრივი და ნავთობის თანმდევი აირი;
- ქვანახშირის და ფიქლების გადამუშავებით;
- ენერჯის ისეთი განახლებადი წყაროთი, როგორცაა ბიომასა;
- წყალბადი.

ბუნებრივი აირის დაჟანგვის შედეგად (კატალიზატორთან ერთად) მიიღება სინთეზგაზი, რომელიც შედგება ნახშირბადის ოქსიდის, ნახშირბადის დიოქსიდის და წყალბადისაგან. სინთეზგაზისაგან მიიღება ეთილის სპირტი.

ნახშირის და ფიქლების გადამუშავებით მიიღება სინთეტიკური საწვავი, რომელიც დიზელის საწვავთან შედარებით შეიცავს მცირე რაოდენობით წყალბადს, დიდი რაოდენობით გოგირდს და აზოტის ნაერთებს და ხასიათდება გახურების მაღალი ტემპერატურით და დაბალი თბოუნარიანობით.

ბიომასა წარმოადგენს საწვავის მიღების ერთ-ერთ განახლებად წყაროს. მსოფლიოში ყოველწლიურად წარმოიქმნება 170-200 მილიარდი ტონა ბიომასა, რომელიც ენერგეტიკულად 70-80 მილიარდი ტონა ნავთობის ექვივალენტურია. ბიომასის გაზიფიკაციის შედეგად შეიძლება მივიღოთ სინთეზ-გაზი, სპირტი და მცენარეული ზეთი. ამ უკანასკნელის დიზელებში გამოყენება დაუშვებელია რაფინირების ან მისი დიზელის საწვავთან შერევის გარეშე.

ბიომასის ფერმენტაციის შედეგად, ბიოლოგიური კატალიზატორების მოქმედებით მიიღება ეთილის და მეთილის სპირტები, რომლებიც აქტიურად გამოიყენება ძრავში საწვავის სახით. ბრაზილიაში და მთელ რიგ საავტომობილო ფირმებში (ფორდი, ვოლვო და სხვა) უკვე დიდი ხანია ხორციელდება სპირტების კომერციული გამოყენების პროგრამა, რომელიც ითვალისწინებს მეთანოლის სუფთა ან ნარევის სახით (15% ბენზინი, 85% მეთანოლი) მოხმარებას შიგაწვის ძრავზე.

მიმდინარე ეტაპზე დღითიდღე ფართო ყურადღება ეთმობა ბიოდიზელის პრაქტიკაში დანერგვას. ბიოდიზელი წარმოადგენს საწვავს, რომელიც მიიღება მცენარეული ზეთების მეორადი გადამუშავებით. მისი საჭირო ნედლეულია მზესუმზირის, სოიოს, მიწის თხილის, სიმინდის, ბამბის, რაფის და სხვა მცენარეული ზეთების ნედლეულის ნარჩენების მეორადი გადამუშავება.

დიზელის საწვავთან შედარებით ბიოდიზელი ხასიათდება გაცილებით უკეთესი ეკოლოგიური მაჩვენებლებით, რადგან წვის პროდუქტები თითქმის არ შეიცავს გოგირდის ნაერთებს და ჭვარტლის ნაწილაკებს. ასევე გაცილებით ნაკლები რაოდენობით გამოიყოფა მნიშვნელოვნად მცირე რაოდენობის ნახშიროჟანგი, ვიდრე დიზელის საწვავის შემთხვევაში, რაც

მნიშვნელოვანი პარამეტრია გლობალური დათბობის თვალსაზრისით. გარდა ამისა, ბიოდივერსიტი ხასიათდება კარგი შემზღვევითი თვისებებით. უნდა აღინიშნოს, რომ ბიოდივერსიტის ექსპლუატაციისას წარმოიქმნება ტექნიკური პრობლემები, რადგან დგუშის რგოლებზე და ფრქვევანაში იწვევს კოქსის ფენის წარმოქმნას, რაც იწვევს ძრავის მუშაობის გაუსარესებას (Gogiashvili ... 2018: 262-267).

თანამედროვე ეტაპზე ალტერნატიული ენერჯის წყაროებს შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება წყალბადის ენერჯეტიკას, რადგან ეკოლოგიური და ეკონომიკური თვალსაზრისით მომავლის ერთ-ერთი პერსპექტიული სატრანსპორტო საწვავია წყალბადი, რომელიც ყველაზე მეტად გავრცელებული ელემენტია დედამიწაზე რადგან ძირითადად იმყოფება წყლის სახით.

დღეისათვის წყალბადზე მომუშავე შიგაწვის ძრავების კვლევისა და დაყვანის სამუშაოები მიმდინარეობს ისეთ მსხვილ საავტომობილო კომპანიებში, როგორებიცაა: GM, BMW, HONDA, MAZDA, FORD და სხვ. (მარკელია 2019: 98-116).

წვის მაღალი სიჩქარის და დიფუზიის მაღალი კოეფიციენტის გათვალისწინებით წყალბადი შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც ტრადიციულ საწვავზე დანამატი, რაც საშუალებას იძლევა სრულიად ახლებურად განვიხილოთ ცილინდრში მუშა პროცესის მიმდინარეობა. ამ საკითხს დადებითად გადაჭრა ამაღლებს ძრავის როგორც საწვავის ეკონომიას, ასევე ამცირებს ნაწივი აირების ტოქსიკურობას. ამოცანის გადაწყვეტისას აუცილებელია შეიქმნას წყალბადისა და ბენზინის ისეთი ნარევი რომელიც ყოველ კონკრეტულ რეჟიმზე უზრუნველყოფს წვის პროცესის ნორმალურ წარმართვას.

ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით დამუშავებულ იქნა მეთოდისა რომელიც საშუალებას მოგვცემს ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში განვსაზღვროთ ნარევი წყალბადისა და ბენზინის ისეთი თანაფარდობა, რომელიც უზრუნველყოფს მუსა პროცესის მაღალ დონეზე განხორციელების. კერძოდ ამ შემთხვევაში შეიძლება განვსაზღვროთ ბენზინის ისეთი მინიმალური რაოდენობა, რაც ნარევის გადარიბების მიუხედავად უზრუნველყოფს პროცესის ნორმალურ წარმართვას.

მეთოდისა ემყარება წვის პროცესში გამოყოფილი სითბური ენერჯის რაოდენობის განსაზღვრას, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში იანგარიშება ფორმულით (მარკელია 2019: 98-116)

$$Q = \beta \cdot G_{\text{ბო}} \cdot H_{\text{ბ}} = G_{\text{ბ}} H_{\text{ბ}} + G_{\text{წყ}} H_{\text{წყ}}$$

სადაც, $G_{\text{ბო}}$ - არის ბენზინისხარჯი წყალბადის დამატების გარეშე; $G_{\text{წყ}}$ - წყალბადის როგორც დანამატის ხარჯი; $G_{\text{ბ}}$ - ბენზინის ხარჯი

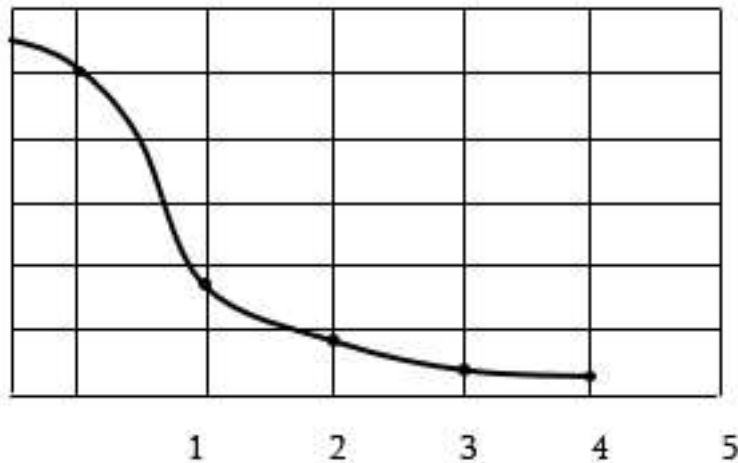
ვ. გვეტაძე, ა. კამლაძე

წყალბადის დამატების შემდეგ; $H_{\text{ტბ}}$ და $H_{\text{ჟწყ}}$ - ბენზინის და წყალბადის დაწვის უმდაბლესი სითბოა; β - ბენზინის შემცირების მაჩვენებელი კოეფიციენტია წყალბადის დამატების შემთხვევაში და გამოითვლება ფორმულით (მარკელია 2019: 98–116)

$$\beta = \frac{G_{\text{ბ}} H_{\text{ტბ}} + G_{\text{წყ}} H_{\text{ჟწყ}}}{G_{\text{ბ0}} \cdot H_{\text{ტბ}}} = \frac{G_{\text{ბ}} + K G_{\text{წყ}}}{G_{\text{ბ}}}$$

$$\text{სადაც } K = \frac{H_{\text{ჟწყ}}}{H_{\text{ტბ}}} = 2,73$$

გამოსახულების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ β უგანზომილებო კოეფიციენტია და მასში შემავალი ყველა სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს ექსპერიმენტალურად როცა $G_{\text{წყ}} = 0$, $\beta = 1$. დიაგრამაზე 1-ზე მოცემულია β კოეფიციენტის ცვლილება ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტზე (α) დამოკიდებულებით. გრაფიკის განხილვა გვიჩვენებს სატატიკურ დამოკიდებულებას α და β კოეფიციენტებს შორის ბენზინისა და წყალბადის ხარჯზე დამოკიდებულებას გარეშე, საიდანაც ჩანს, რომ α - ს გაზრდა ანუ ნარევის გაღარიბება იწვევს β კოეფიციენტის შემცირებას, რაც მიუთითებს ნარევაში წყალბადის წილის მომატებას.



ნახ. 1. უგანზომილებო β კოეფიციენტის დამოკიდებულება ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტზე.

დაშვებული მეთოდის საფუძველზე მოვახდინეთ ავტომობილის ეკოლოგიური მაჩვენებლების ანალიზი როგორც ტრადიციულ საწვავზე (ბენზინი) ასევე ბენზინი+წყალბადი მუშაობის შემთხვევაში (ძირითად

საწვავს ემატება 10% წყალბადი რომლის მიღება ხორციელდება თვით ავტომობილზე სპეციალურ მოწყობილობაში).

კვლევის ობიექტად ავიღეთ MERCEDES-BENZ/ML320 ავტომობილი და გაზომვები ჩავატარეთ იტალიური წარმოების აირანალიზატორით Multitest 211 აირანალიზატორით. იგი მუშაობს როგორც სტატიკურ, ასევე დინამიკურ რეჟიმებზე და მაყუჩიდან გამომავალი მილიდან ნამწვი აირების ართმევა ხორციელდება სპეციალური ზონდის საშუალებით. მოწყობილობის მუშაობის პროცესის და გაზომვითი სამუშაოების ჩატარების იბსტრუქცია შედგენილია UNR 108933 ÷ 2000 სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად (Newman, Kenworthy 2019: 4-21).

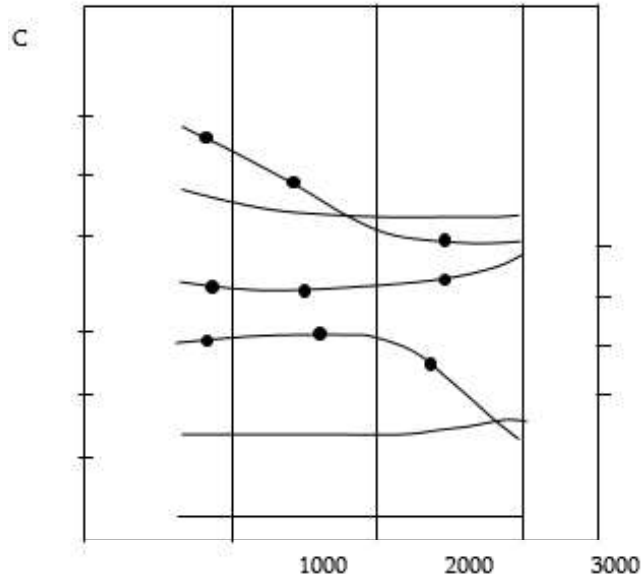
ექსპერიმენტის ჩატარების მსვლელობისას ავტომობილი უნდა დამუხრუჭდეს სადგომი მუხრუჭით და სიჩქარის ბერკეტი დავაყენოთ ნეიტრალურ მდგომარეობაში. ძრავას ამუშავების შემდეგ უნდა დაველოდოთ ისეთი თბური რეჟიმის დამყარებას, როცა გამაგრლებელი სითხის ტემპერატურა იქნება 90-100°C ზღვრებში, რის საფუძველზეც ვადგენთ ძრავის მუხლა ლილვის ბრუნთა რიცხვის მინიმალურ მნიშვნელობას n_{min} და CO, CO₂, HC, O₂, NO_x სიდიდეების გაზომვას.

გაზომვის შემდეგ ეტაპზე ვადგენთ მუხლა ლილვის ბრუნთა რიცხვის ცვლილების დიაპაზონს და შესაბამისად ბრუნთა რიცხვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას n_{max} . თითოეულ ბრუნთა რიცხვზე გაზომვებს ვატარებთ რამდენჯერმე და ვახდენთ ანალიზს. ჩატარებული კვლევა საშუალებას გვამძლევს დავადგინოთ წყალბადის როგორც საავტომობილო საწვავის ეკოლოგიური უპირატესობა ტრადიციულ საწვავთან შედარებით.

ექსპერიმენტალური კვლევების მიზანია მოვახდინოთ ავტომობილის ეკოლოგიური მაჩვენებლების ანალიზი როგორც ტრადიციულ საწვავზე (ბენზინი), ასევე ბენზინი+წყალბადი მუშაობის შემთხვევაში. ანალოგიური კვლევა ჩატარდა ბუნებრივ აირს და ბუნებრივი აირი+ წყალბადი საწვავების გამოყენებისას.

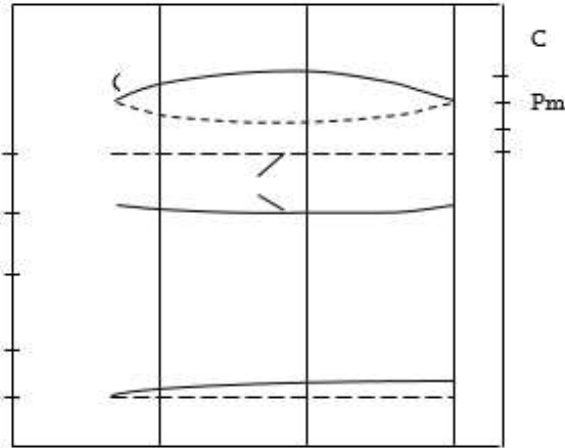
კვლევის ობიექტად ავიღეთ მერსედესის ფირმის ავტომობილი რომელიც მუშაობს ძირითადად ბენზინზე და კონვერტირებულია ბუნებრივ შეკუმშულ აირზე კვლევის მეთოდის საფუძველზე ძრავის უქმი სვლის რეჟიმზე მუშაობისას ($n=700წთ^{-1}$). როგორც ბენზინის, ასევე ბუნებრივი აირის შემთხვევაში გავზომეთ სიდიდეები (CO, CO₂, HC, O₂, NO_x). ორივე შემთხვევაში შენარჩუნებულია ძრავის თბური რეჟიმის იდენტურობა (გამაგრლებელი სითხის ტემპერატურაა 90°C). ანალოგიური გაზომვები ჩავატარეთ $n=2000წთ^{-1}$ და $n=3000წთ^{-1}$ დატვირთვის რეჟიმებზე. გაზომვების შედეგები მოცემულია დიაგრამაზე ნახ. 2. ანალიზი აჩვენებს, რომ ეკოლოგიის თვალსაზრისით ბენზინზე მომუშავე ძრავი თავისი მაჩვენებლებით ჩამოუვარდება აიროვან საწვავზე მომუშავე ავტომობილს.

ვ. გვეტაძე, ა. კამლაძე



ნახ. 2. ავტომობილის წვის პროდუქტების ანალიზი ძრავის ბრუნთა რიცხვზე დამოკიდებულებით.
 ბენზინი, ბუნებრივი აირი.

კვლევის მთავარ მიზანს წარმოადგენს საავტომობილო ტრანსპორტზე წყალბადის გამოყენების შესაძლებლობების შესწავლა და ძრავის მუშაობის ეკოლოგიური მაჩვენებლების ანალიზი როგორც ბენზინზე, ასევე ბენზინი+წყალბადი კონვერტაციის დროს. აღნიშნული კვლევები ჩატარდა მერსედესის ტიპის ავტომობილზე ლიტრაჟით $V_{\text{ლ}} = 3$ ავტომობილი აღჭურვილია საბაზო კვების სისტემით (მსუბუქი საწვავის შეფერქვევა) და მოწყობილობით რომელიც ძრავის მუშაობისას ახდენს ძირითად საწვავზე წყალბადის დამატებას. ამავე შემთხვევაში გაზომვითი სამუშაოები ჩატარდა ძრავის მუშაობისას უქმი სვლის რეჟიმზე ($n=700\text{წთ}^{-1}$) და დატვირთვის რეჟიმზე $n=3000\text{წთ}^{-1}$. ყველა შემთხვევაში ძრავის ტემპერატურული რეჟიმი (გაგრილების სისტემაში ტემპერატურაა $90 - 95^{\circ}\text{C}$) და სიმძლავრითი მაჩვენებლები იდენტურია. ორივე შემთხვევაში წვის პროდუქტებში აზოტის ჟანგეულების რაოდენობა ფაქტიურად ნულის ტოლია, რაც განპირობებულია ცილინდრში წვის დაბალი ტემპერატურით (ნახ. 3).



ნახ. 3. ავტომობილის ეკოლოგიური მაჩვენებლები ბენზინზე და ბენზინი+წყალბადი მუშაობის პირობებში ბრუნთა რიცხვზე დამოკიდებულებით. ბენზინი — ბენზინი+წყალბადი - - - - -

უქმი სვლის რეჟიმზე და ბენზინი+წყალბადი ძრავის მუშაობისას CO-ს მნიშვნელობა ორივე შემთხვევაში ერთნაირია და არ იცვლება ასევე HC მნიშვნელობა. თუმცა მეორე შემთხვევაში შეინიშნება CO₂ - ის მომატება, რაც იმით აიხსნება, რომ იმატებს წვის პროცესში მონაწილე ჟანგბადის რაოდენობა (O₂ იზრდება 0,03%-დან 0,06%-მდე) და უმჯობესდება ნახშირბადის დაჟანგვის პროცესი. ე.ი. უქმი სვლის რეჟიმზე წყალბადის დამატება ფაქტიურად მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს ისეთ კომპონენტზე როგორცაა CO და HC.

დატვირთვის რეჟიმზე (n=3000წთ⁻¹) ძრავის მუშაობისას როგორც ბენზინზე, ასევე ბენზინი+წყალბადი წვის პროდუქტებში საერთოდ არ ფიქსირდება HC. ამასთან პირველ შემთხვევაში მეტია CO - ს პროცენტული რაოდენობა, მეორე შემთხვევაში კი CO₂ - ის, რაც ჟანგბადის უკეთეს მოხმარებასთანაა დაკავშირებული.

ისმის კითხვა, რატომ მცირდება წვის პროდუქტებში ტოქსიკური ნაერთების ემისია ძირითად საწვავზე წყალბადის დამატების შემთხვევაში. ძრავის ცილინდრში აღნიშნული აირის მიწოდება ამდიდრებს ნარევეს. რადგან წყალბადის წვა დამატებით გამოიწვევს სითბოს გამოყოფას, ამიტომ საბაზო ძრავთან შედარებით იზრდება ციკლის განმავლობაში ცილინდრში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა და შესაბამისად სიმძლავრე 10-12%-ით. ამასთან სათბობის წვა მიმდინარეობს უფრო სრულყოფილი და შესაბამისად მცირდება მავნე ნაერთების რაოდენობა გამომავალ აირებში.

ვ. გვეტაძე, ა. კამლაძე

ე.ი. კვლევის ანალიზი გვიჩვენებს რომ საბაზო საწვავან შედარებით წყალბადის ძირითად საწვავზე დამატებით მნიშვნელოვნად ამცირებს წვის პროდუქტებში ტოქსიკური ნაერთების შემცირებას, რაც კიდევ ერთხელ მიუთითებს სატრანსპორტო საშუალებებზე წყალბადის ენერგეტიკის დანერგვის პერსპექტივაზე.

ლიტერატურა

- მარკელია, ბ. 2019. სატრანსპორტო შიგაწვის ძრავებში შავი ზღვის ფსკერის გოგირდწყალბადისაგან მიღებული წყალბადის ალტერნატიულ საწვავად გამოყენების ტექნოლოგიური პროცესის დამუშავება. დისერტაცია. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.
- ფურცხვანიძე, გ., კამლაძე, ა. 2018. სატრანსპორტო საექსპლუატაციო მასალები. ქუთაისი: აწსუ გამომცემლობა.
- Gogiashvili p., Kamladze, A., Chogovadze K. 2018. “Logistic management of environmental safety of passenger transport”, *Bulletin of science and Practice. Scietific jurnal*, 2018, Volume 4, Jssue 4. P.262-267.
- Newman, P., Kenworthy, J. 2019. “Sustainability and cities: overcoming automobile dependence“. *JSLAND PRESS*. 2019. 388.4 – dc21.

Automotive Engineering

Use of hydrogen in vehicle engines and study of its efficiency

Vladimer Gvetadze

Vladimer.gvetadze@atsu.edu.ge

Aleksandre Kamladze

Aleksandre.kamladze@atsu.edu.ge

Akaki Tsereteli State University

Kutaisi, Georgia

<https://doi.org/10.52340/atsu.2024.23.01.17>

Technical progress based on traditional energy, along with some positive aspects, also had negative impacts on the environment and caused global climate change. In particular, the rapid growth of vehicles and the transportation of raw materials and finished products results into chemical or physical pollution of the environment, which is important contemporary problem. Therefore, the question of finding a new non-traditional energy source is an important task for the transport, energy, and household sectors. The article

describes the studies of the operation process of engines converted to run on gasoline and gasoline+hydrogen fuel and the analysis of experimental research. The findings of the research again prove the superiority of hydrogen as a future transport fuel compared to other types of fuel, both environmentally and economically.

Keywords: ecology; alternative fuel; capacity; rotational frequency; fuel mixture.

Road transport is the main consumer of liquid and gaseous fuels, whose global supplies are declining day by day, and now in the world there is a shortage of 4 million barrels of oil every day. Therefore, the struggle for solutions to energy problems requires the use of alternative energy sources.

Depending on the initial raw materials, alternative fuels can be obtained:

- from different types of gases, which include natural and oil-related gases;
- through coal and shale processing;
- with such a renewable source of energy as biomass;
- from hydrogen.

As a result of the oxidation of natural gas (with a catalyst), synthesis gas is obtained, which consists of carbon oxide, carbon dioxide, and hydrogen. Ethyl alcohol is obtained from synthesis gas.

Coal and shale processing results in obtaining synthetic fuel, which, compared to diesel fuel, contains a small amount of hydrogen, a large amount of sulfur and nitrogen compounds, and is characterized by a high heating temperature and low heat capacity.

Biomass is among the renewable sources of fuel. 170-200 billion tons of biomass are produced annually throughout the world, which is equivalent to 70-80 billion tons of oil in terms of energy. As a result of biomass gasification, we can obtain synthesis gas, alcohol, and vegetable oil. The use of the latter in diesel engines is not allowed without refining or mixing it with diesel fuel.

As a result of the fermentation of biomass, under the action of biological catalysts, ethyl and methyl alcohols are obtained, which are actively used as fuel in the engine. In several automobile companies (Ford, Volvo, etc.) a program of commercial use of alcohol has been implemented for a long time, which provides for the consumption of methanol in pure form or the form of a mixture (15% gasoline, 85% methanol) in an internal combustion engine.

At the present stage, day by day, much attention is paid to the introduction of biodiesel in practice. Biodiesel is a fuel obtained by the secondary processing of vegetable oils. Its necessary raw materials are recycled wastes of sunflower, soybean, peanut, corn, cotton, rapeseed, and other vegetable oils.

Compared to diesel fuel, biodiesel is characterized by much better

ვ. გვეტაძე, ა. კამლაძე

environmental performance because combustion products almost never contain sulfur compounds or soot particles. It also emits significantly less carbon dioxide than diesel fuel, which is an important parameter in terms of global warming. In addition, biodiesel is characterized by good lubricating properties. It should be noted that technical problems arise in the operation of biodiesel because it causes the formation of a layer of coke on the piston rings and in the nozzle, which leads to the deterioration of engine performance.

At the modern stage, among the sources of alternative energy, particular importance is attached to hydrogen energy because, from an environmental and economic point of view, one of the most promising transport fuels of the future is hydrogen, which is the most abundant element on earth because it is mostly in the form of water.

At present, research and development of hydrogen-powered internal combustion engines are underway in such large automotive companies as GM, BMW, HONDA, MAZDA, FORD, etc.

Given the high combustion speed and high diffusion coefficient, hydrogen can be used as an additive to traditional fuel that generates a completely new vision of the working in-cylinder process. Solving this issue positively improves both the fuel economy of the engine and reduces the toxicity of exhaust gases. When solving the problem, it is necessary to create a mixture of hydrogen and gasoline that ensures the normal conduct of the combustion process in each specific mode.

Based on experimental data, we have developed a methodology that will allow us to determine in each specific case the ratio of hydrogen and gasoline in the mixture, which ensures the implementation of the working process at a high level. In particular, in this case, it is possible to determine the minimum amount of gasoline, which ensures the normal operation of the process despite running on a lean mixture.

The methodology is based on the determination of the amount of thermal energy released in the combustion process, which in this case is calculated by the formula

$$Q = \beta \cdot G_{g0} \cdot H_{g0} = G_g H_{g0} + G_h H_{h0},$$

where G_{g0} - the cost of gasoline without the addition of hydrogen; G_h - the cost of hydrogen as an additive; G_g - the cost of gasoline after the addition of hydrogen; H_{g0} and H_{h0} - the lowest heat of combustion of gasoline and hydrogen, respectively; β - is a coefficient that reflects the reduction of gasoline in the case of adding hydrogen and is calculated by the formula

$$\beta = \frac{G_g H_{g0} + G_h H_{h0}}{G_{g0} H_{g0}} = \frac{G_g + K G_h}{G_g},$$

where $K = \frac{H_{hc}}{H_{g^0}} = 2,73$.

Analysis of the expression shows that β is a dimensionless coefficient, and all the quantities included therein can be determined experimentally when $G_h = 0$, $\beta = 1$. Diagram 1 shows the change of the coefficient β depending on the air excess coefficient (α). Analysis of the graph shows a static relationship between the coefficients α and β without dependence on the cost of gasoline and hydrogen, showing that increasing α , that is, leaning of the mixture, leads to a reduction in the coefficient β , reflecting an increase in hydrogen share in the mixture

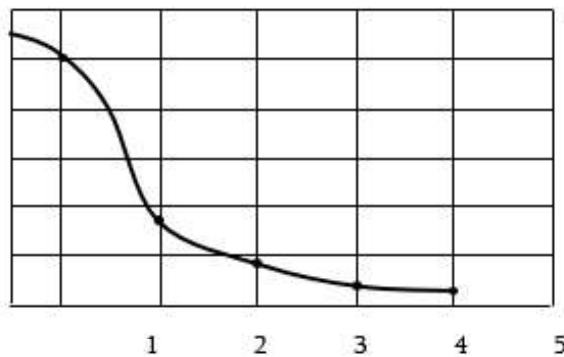


Fig. 1. The relationship between the dimensionless coefficient β and the air excess coefficient.

Based on the accepted methodology, we analyzed environmental indicators of vehicles running on both traditional fuel (gasoline) and gasoline+hydrogen fuel (basically, 10% of hydrogen is added to the fuel, which is obtained in a special device mounted on the vehicle itself).

The object of the research was the car MERCEDES-BENZ/ML320 and the measurements were performed using the Italian-made gas analyzer Multitest 211. It works in both static and dynamic modes, and exhaust gas extraction from the exhaust pipe through a muffler is carried out with a special probe. The instruction manual for the operation process of the device and for carrying out measurement work is drawn up following the requirements specified in the UNR 108933 ÷ 2000 standard.

During the experiment, the vehicle should be braked with the parking brake, and the gear lever should be set to the neutral position. After starting the engine, we should wait for the establishment of such a thermal regime, when the temperature of the coolant is in the range of 90-100 °C, based on which we determine the minimum value of the number of revolutions of the crankshaft of the engine n_{min} and measure the values of CO, CO₂, HC, O₂, NO_x.

3. გვეტაძე, ა. კამლაძე

At the next stage of measurement, we determine the range of changes in the number of revolutions of the crankshaft and, accordingly, the maximum value of the number of revolutions n_{max} . We measure it several times for each number of revolutions and analyze it. The conducted research allows us to determine the environmental benefits of hydrogen as a motor fuel compared to traditional fuel.

The purpose of the experimental studies is to analyze environmental indicators of vehicles running on both traditional fuel (gasoline) and gasoline+hydrogen fuel. A similar study was conducted using natural gas and natural gas + hydrogen fuels.

The object of the research was the car Mercedes, which runs mostly on gasoline and was converted to natural compressed gas based on the research methodology when the engine is idling ($n=700 \text{ min}^{-1}$). In the case of both gasoline and natural gas, we measured the quantities of CO, CO₂, HC, O₂, and NO_x. In both cases, the thermal regime of the engine remains the same (coolant temperature is 90 °C). We performed similar measurements at $n=2000 \text{ min}^{-1}$ and $n=3000 \text{ min}^{-1}$ load modes. The results of the measurements are given in the diagram in Figure 2. The analysis shows that, in terms of ecology, the gasoline-powered engine is inferior to a vehicle running on gaseous fuel.

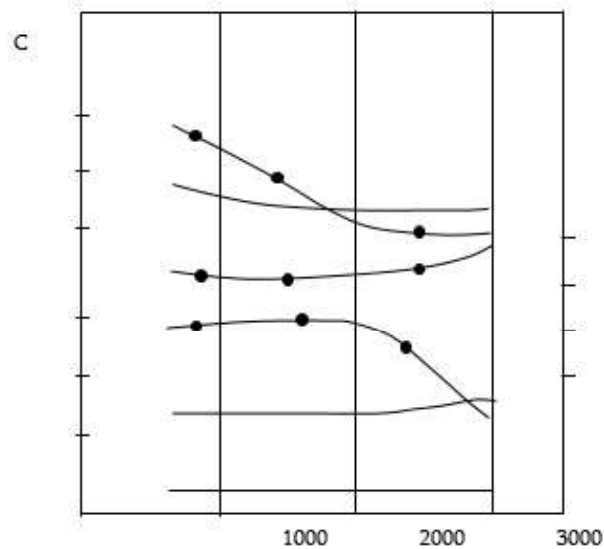


Fig. 2. Analysis of vehicle combustion products depending on engine speed.

● — gasoline — natural gas.

The main goal of the research is to study the possibilities of using hydrogen in motor transport and to analyze the environmental performance of the engine

running on both gasoline and gasoline+hydrogen fuel. These studies were conducted on the car Mercedes with a capacity of $V_1 = 3$. The car is equipped with a basic fuel system (light fuel injection) and a device that adds hydrogen to the main fuel during engine operation. In the same case, the measurement work was performed during the operation of the engine idling ($n=700 \text{ min}^{-1}$) and load mode $n=3000 \text{ min}^{-1}$. In all cases, the temperature regime of the engine (the temperature in the cooling system is $90-95 \text{ }^\circ\text{C}$) and the capacity indicators are identical. In both cases, the amount of nitrogen oxide in the combustion products is practically zero, which is due to the low combustion temperature in the cylinder. (Fig. 3).

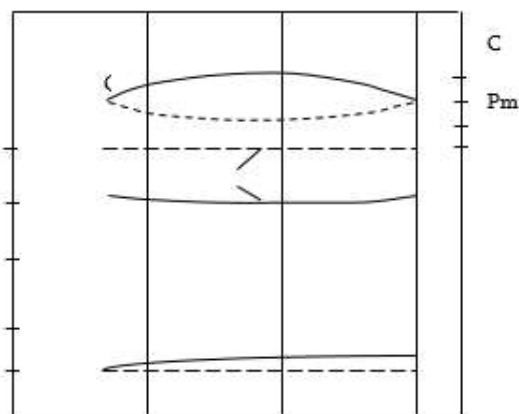


Fig. 3. Environmental indicators of the car in gasoline and gasoline+hydrogen operating conditions depending on the number of revolutions: gasoline and gasoline+hydrogen.

When idling and during gasoline+hydrogen engine operation, the CO value is the same in both cases, and the HC value remains unchanged as well. However, in the second case, an increase in CO_2 is observed, which is because the amount of oxygen participating in the combustion process increases (O_2 increases from 0.03% to 0.06%) and the carbon oxidation process improves. That is, adding hydrogen at idle has virtually no significant effect on components such as CO and HC.

During the engine operation at the load mode ($n=3000 \text{ min}^{-1}$), no HC is found at all in both gasoline and gasoline+hydrogen combustion products. Moreover, in the first case, the percentage of CO is higher, while in the second case, the percentage of CO_2 is higher, which is due to better oxygen consumption.

There is a question about why the emission of toxic compounds in combustion products is reduced if hydrogen is added to the main fuel. Supplying this gas to the engine cylinder enriches the fuel mixture. Since hydrogen combustion will additionally cause heat release, the amount of heat released in the cylinder

ვ. გვეტაძე, ა. კამლაძე

during the cycle, and hence capacity, increases by 10-12% compared to the parent engine. At the same time, the combustion of fuel is more complete, and accordingly, the number of harmful compounds in the exhaust gases decreases.

Thus, an analysis of the research shows that the addition of hydrogen to the main fuel significantly reduces the reduction of toxic compounds in combustion products, which again indicates the prospects of using hydrogen energy in vehicles.