

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გ ი ო რ გ ი თ ე დ ო რ ა ძ ე

ავტომობილების ეფექტიანობის ამაღლება მისი
საექსპლუატაციო თვისებების ადაპტირებით
სამუშაო პირობებთან

სპეციალობა TUG DC-05-3-„საავტომობილო ტრანსპორტი“

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი
დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2012

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის
ფაკულტეტის სატრანსპორტო დეპარტამენტის
საავტომობილო ტრანსპორტის № 46 მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტ.მ.დ.სრული პროფესორი *ჯუმბერ იოსებძე*

რეცენზენტები: ტ.მ.კ. *ე. დარჩიაშვილი*

ტ.მ.კ. *გ. წიფურია*

დისერტაციის დაცვა შედგება 2012 წლის “.....“ „.....“ „.....“
საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის სადისერტაციო საბჭოს სადისერტაციო კოლეგიის
სხდომაზე. მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. №68-ბ, I კორპ.
აუდ.560.

ავტორეფერატის გაცნობა შეიძლება ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე, ხოლო
დისერტაციის-სტუს ბიბლიოთეკში

ავტორეფერატი დაიგზავნა „.....“ „.....“ 2012წ.

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი,

ასოც. პროფ. *რ. ველიჯანაშვილი*

სამუშაოს ზოგადი ღახასიათება

ნაშრომის აქტუალურობა. საავტომობილო ტრანსპორტი საქართველოს სატრანსპორტო სისტემის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი შემადგენელი ნაწილია. მისი ძირითადი დადებითი თვისებაა ტვირთების გადაზიდვების შესაძლებლობა უშუალოდ დანიშნულების ადგილამდე. იგი ასევე გამოირჩევა ტვირთზიდვის მობილურობით, გადაზიდვების სისწრაფით, მოხერხებულობით და ეკონომიურობით.

საავტომობილო სატვირთო სატრანსპორტო სისტემის მაღალეფექტიანი ფუნქციონირებისათვის საჭიროა: სატვირთო გადაზიდვების პროცესში სამუშაო პირობებთან ადაპტირებული საექსპლუატაციო თვისებების მქონე ავტოსატრანსპორტო საშუალებების (ასს) გამოყენება; სატვირთო ავტოსატრანსპორტო საშუალებების საექსპლუატაციო თვისებების სრულად გამოყენების უზრუნველსაყოფა; სატვირთო გადაზიდვების ორგანიზების საქმეში თანამედროვე მეთოდების დანერგვა.

არსებული გამოკვლევების თანახმად, საქართველოში სატვირთო გადაზიდვებისას ავტომობილების ეფექტიანობის ამაღლებისათვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს ასს-ს წვეით-სიჩქარითი თვისებების მოძრაობის პირობებთან ადაპტირების უზრუნველყოფა. უკანასკნელის მიღწევის ერთ-ერთ ეფექტიან მეთოდს კი წარმოადგენს ასს-ს ძრავის სიმძლავრის შერჩევა მოძრაობის პირობების შესაბამისად, რაც განაპირობებს მოძრაობის საშუალო სიჩქარის და მწარმოებლურობის მაღალ მნიშვნელობებს საწვავის და სხვა მატერიალური საშუალებების მინიმალური დანახარჯებით.

დადგენილია, რომ ავტოსატრანსპორტო საშუალების წვეით-სიჩქარითი თვისებების შეფასებისა და მისი რეალურ საგზაო პირობებში სატრანსპორტო ნაკადებში მუშაობის პირობებთან ადაპტირების ხარისხის მახასიათებელ ინტეგრალურ პარამეტრს წარმოადგენს ასს-ს კუთრი სიმძლავრე. იგი ახასიათებს ასს-ს ენერგოაღჭურვილობის დონეს. დაბალი კუთრი სიმძლავრის ავტომობილები გზის აღმართებზე მოძრაობენ დაბალი სიჩქარეებით ტრანსმისიის დაბალ საფეხურებზე და

ძრავის მაღალ სადატვირთვო რეჟიმებზე, რის გამოც საწვავის საგზაო ხარჯი იზრდება; ამასთან ფერხდება სატრანსპორტო ნაკადების მოძრაობა და მცირდება საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოება. მაღალი კუთრი სიმძლავრის ავტომობილების გამოყენებისას კი ყველა აღნიშნული პარამეტრი უმჯობესდება. შესაბამისად, დღეისათვის მთელ რიგ ეკონომიკურად განვითარებულ ქვეყნებში დაწესებულია მოთხოვნები სატვირთო ავტომობილების მინიმალური კუთრი სიმძლავრის მიმართ. მაგალითად, ამერიკის შეერთებულ შტატებში მინიმალური დასაშვები კუთრი სიმძლავრე ამ ტიპის ავტომობილებისათვის შეადგენს 8,16 კვტ/ტ-ს; დიდ ბრიტანეთში – 5,88 კვტ/ტ-ს, ხოლო დასავლეთ ევროპის სხვა ქვეყნებში – 5,58 კვტ/ტ-ს.

ამასთანავე უნდა შევნიშნოთ, რომ ასს-ს კუთრი სიმძლავრის მნიშვნელობის განსაზღვრულ სიდიდეზე მეტად გაზრდამ შეიძლება გამოიწვიოს ასს-ს ეფექტიანობის შემცირება, თუ არ მოხდა კუთრი სიმძლავრის გაზრდილი მნიშვნელობის სრული რეალიზება მოძრაობის მოცემულ პირობებში. შედეგად, მოძრაობის საშუალო სინქარის და მწარმოებლურობის ზრდის ტემპი საგრძნობლად შემცირდება, ხოლო საწვავის საგზაო ხარჯი და გადაზიდვებზე დანახარჯები გაიზრდება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, მოცემულ საგზაო პირობებში ასს-ს კუთრი სიმძლავრის რაციონალურ მნიშვნელობად უნდა იქნას მიჩნეული კუთრი სიმძლავრის ის მნიშვნელობა, რომელიც განაპირობებს ასს-ს საექსპლუატაციო თვისებების სრულად რეალიზებას და ამასთან, მინიმალური მატერიალური დანახარჯებით უზრუნველყოფს ტვირთის გადაზიდვის მაქსიმალურ კუთრ მწარმოებლურობას. კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობის მიხედვით შეიძლება დადგინდეს მოცემული ასს-ს სრული წონისათვის ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის რაციონალური სიდიდე ან პირიქით, ასს-ს ძრავის მოცემული მაქსიმალური სიმძლავრისათვის – ასს-ს რაციონალური ტვირთმზიდაობა. ავტომობილის კუთრი სიმძლავრის, ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის და ტვირთმზიდაობის რაციონალური მნიშვნელობების გათვალისწინებით ასს-ს პარკის ფორმირება და მისი გამოყენებით გადაზიდვების შესრულება მნიშვნელოვნად აამაღლებს საავტომობილო სატვირთო გადაზიდვების ეფექტიანობას.

ზემოაღნიშნულის შესაბამისად საქართველოში სატვირთო გადაზიდვების ეფექტიანობის ამაღლების თვალსაზრისით, საქართველოს საექსპლუატაციო პირობების თავისებურებათა გათვალისწინებით სატვირთო ავტოსატრანსპორტო საშუალებების რაციონალური კუთრი სიმძლავრის განსაზღვრის და სათანადო ასს-ს პარკის შექმნის მეთოდების დამუშავება დღეისათვის აქტუალურ მეცნიერულ პრობლემას წარმოადგენს.

სამუშაოს მიზანია – საქართველოში სატვირთო ავტომობილების ეფექტიანობის ამაღლება საექსპლუატაციო პირობებთან მათი ადაპტირების მეთოდების დამუშავების გზით.

მითითებული მიზნის მისაღწევად გადაჭრილი იქნა შემდეგი **ძირითადი ამოცანები**:

- სატვირთო გადაზიდვებისას ავტომობილების ეფექტიანობის შეფასებისა და ამაღლების მეთოდების დადგენა ლიტერატურული წყაროების ანალიზის საფუძველზე.

- სატვირთო გადაზიდვებისას ავტომობილების ეფექტიანობაზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორების დადგენა და გამოკვლევა საქართველოს საგზაო პირობებში;

- ასს-ს მოძრაობის საშუალო სიჩქარის და საწვავის საგზაო ხარჯის კომპიუტერული მოდელირებით განსაზღვრის მეთოდის დამუშავება (მუშაობის რეალური სადატვირთო რეჟიმების და საგზაო – სატრანსპორტო პირობების გათვალისწინებით);

- საქართველოს საგზაო პირობებში სატვირთო ავტომობილების ეფექტიანობის ამაღლებისათვის მათი კუთრი სიმძლავრის რაციონალური სიდიდეების დადგენა და ძრავას შესაბამისი სიმძლავრის განსაზღვრა;

- ასს-ს კუთრი სიმძლავრის, ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის და ტვირთმზიდლობის რაციონალური მნიშვნელობების გათვალისწინებით ავტოპარკის შექმნის მეთოდის დამუშავება;

- ნაშრომის ფარგლებში შესრულებული კვლევების შედეგების რეალიზების შედეგად მიღებული ეკონომიკური და ეკოლოგიური ეფექტების დადგენა.

კვლევის ობიექტია მაგისტრალური მძიმე სატვირთო ავტოსატრანსპორტო საშუალებები და ავტომატარებლები.

სამუშაოს მეცნიერული სიახლე:

– პირველადაა მეცნიერულად გამოკვლეული და შეფასებული საქართველოს რეალურ საგზაო პირობებთან სატვირთო ავტოსატრანსპორტო საშუალებების წვეით-სიჩქარიანი თვისებების და მათი განმსაზღვრელი პარამეტრის – ასს-ს კუთრი სიმძლავრის ადაპტირების ხარისხი. შესაბამისად, დამუშავებულია ასს-თა კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობების განსაზღვრის მეთოდი, რომელშიც შემფასებელი კრიტერიუმის – კუთრი მწარმოებლურობის საანგარიშო ფორმულა ითვალისწინებს კუთრი სიმძლავრისაგან დამოკიდებულებით ასს-ს საკუთარი წონის ცვალებადობას.

– დამუშავებულია სატვირთო ავტოსატრანსპორტო საშუალებების ეფექტიანობის განმსაზღვრელი პარამეტრების – მოძრაობის საშუალო სიჩქარის და საწვავის საგზაო ხარჯის საანგარიშო სრულყოფილი მოდელი, რომელიც კომპიუტერზე მისი რეალიზებისას, არსებულისაგან განსხვავებით, ითვალისწინებს გზის გრძივი და განივი პროფილის ელემენტების და სატრანსპორტო ნაკადების პარამეტრების ცვალებადობას; ძრავის ნაწილობრივ და ცვალებად სადატვირთო მახასიათებლებზე მუშაობას, ასს-ს გადაცემათა კოლოფში გადაცემების გადართვის პროცესს.

– საქართველოს საგზაო პირობებისათვის პირველადაა დადგენილი მძიმე სატვირთო ავტომობილების და ავტომატარებლების კუთრი სიმძლავრის, ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის და ტვირთმზიდლობის რაციონალური მნიშვნელობები და შესაბამისად დამუშავებულია ასს-ს პარკის ფორმირების მეთოდი; მათი რეალიზება უზრუნველყოფს საქართველოში საავტომობილო სატვირთო გადაზიდვების ეფექტიანობის მნიშვნელოვან ამაღლებას.

ნაშრომის აპრობაცია:

დისერტაციის მასალები მოხსენებული იქნა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე – „საავტომობილო ტრანსპორტისა და ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების პრობლემები“, თბილისი, 2009წ.; საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“, თბილისი, 2010; სტუ-ს 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი სტუდენტთა მე-80 საიუბილეო

საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციაზე, სტუ, თბილისი, 2012 წ.

პუბლიკაციები. დისერტაციის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 5 ნაშრომი, 1-გადაცემულია გამოსაქვეყნებლად.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. დისერტაცია შედგება შესავლის, 2 ნაწილის, 3 თავის, დასკვნების, გამოყენებული ლიტერატურის სიის და დანართისაგან. ნაშრომი შეიცავს კომპიუტერზე დაბეჭდილ 135 გვერდს, მათ შორის 16 ცხრილს, 19 ნახაზს და დანართს 8 გვერდზე.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

შესავალში ნაჩვენებია ნაშრომის აქტუალურობა, მიზანი, ძირითადი ამოცანები, მეცნიერული სიახლე და მოკლედაა გადმოცემული სამუშაოს არსი.

პირველ თავში განხილული და გაანალიზებულია არსებული ლიტერატურული წყაროები, რომლებიც ეხება სატვირთო გადაზიდვებისას ავტომობილების ეფექტიანობას, მასზე მოქმედ ფაქტორებს და ეფექტიანობის შეფასების და ამაღლების მეთოდებს. დადგენილია, რომ აღნიშნული ეფექტიანობის მაღალი დონის მიღწევისათვის ძირითადი მოთხოვნებია – სატვირთო ასს-ს საექსპლუატაციო თვისებების შესაბამისობის უზრუნველყოფა მოძრაობის საგზაო პირობებთან და მათი მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი პარამეტრების სრულად რეალიზება. გაანალიზებულია სატვირთო გადაზიდვების ეფექტიანობის მაჩვენებელი პარამეტრები – დროის ერთეულში გადაზიდული ტვირთის მოცულობა (ანუ ასს-ს მწარმოებლურობა), ტვირთის გადაზიდვაზე გაწეული დანახარჯები და ასს-ს საექსპლუატაციო თვისებების მოძრაობის საგზაო პირობებთან შესაბამისობის შემფასებელი კრიტერიუმები.

ნაჩვენებია, რომ საქართველოში სატვირთო გადაზიდვებით ყოველდღიურად დასაქმებულია სხვადასხვა ტვირთმზიდაობის 10...12 ათასამდე ავტოსატრანსპორტო საშუალება, მაშინ როდესაც სულ რეგისტრირებულია სხვადასხვა კატეგორიის 60 ათასამდე სატვირთო ავტომობილი. საქართველოში საავტომობილო ტრანსპორტით 2011 წელს გადაზიდული იქნა დაახლოებით 28 მლნ. ტონა ტვირთი, რაც საერთოდ გადაზიდული ტვირთების დაახლოებით 60%-ს შეადგენს, და ეთანადება

დაახლოებით 1...1,25 მილიარდი ლარის შესრულებულ სამუშაოს გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ სატვირთო ავტომობილების ტვირთმზიდლობის და გარბენის გამოყენების კოეფიციენტების მნიშვნელობები შეადგენს საშუალოდ $\gamma=0,5$, ასევე მათი მოძრაობის ტექნიკური სიჩქარე იცვლება 35...40 კმ/სთ-ს ფარგლებში, ხოლო საექსპლუატაციო სიჩქარე 25...27 კმ/სთ-ის ფარგლებში, რაც სატვირთო ავტომობილების ეფექტიანობის თვალსაზრისით საშუალოზე დაბალი მანევრებელია. ამასთან, დადგენილი იქნა, რომ საქართველოში სატვირთო საავტომობილო გადაზიდვების ეფექტიანობა მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული ასს-ს წვეით-სიჩქარითი თვისებების ადაპტირებაზე მოძრაობის პირობებთან, კერძოდ ისეთ შემთხვევებზე პირობით კრიტერიუმზე, როგორცაა ასს-ს კუთრი სიმძლავრე. აღნიშნულის საფუძველზე დასაბუთებული იქნა სადისეტრაციო ნაშრომის თემის აქტუალობა და გამოვლენილი – დასმული ამოცანების გადაჭრის გზები.

მეორე თავში გამოკვლეულია საქართველოში საავტომობილო სატვირთო გადაზიდვებში მონაწილე საავტომობილო სატრანსპორტო საშუალებების ეფექტიანობის ამადლების შესაძლებლობა მათი ტექნიკური პარამეტრების რაციონალური სიდიდეების შერჩევით.

ავტომობილების ეფექტიანობის შემფასებელ კომპლექსურ პარამეტრად მიღებული იქნა მათი კუთრი მწარმოებლურობა, რომლის გამოსათვლელ ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$W_P = \frac{G_a \cdot V_t \cdot \gamma \cdot \beta \cdot l}{(l + \beta \cdot V_t \cdot T_{b-e}) \cdot Q_s}, \text{ ტ.კმ/ლ}, \quad (1)$$

სადაც: G_a – არის ავტომობილის სრული წონა, ტ; γ – ტვირთმზიდლობის გამოყენების კოეფიციენტი; l – ტვირთიანი გზობის მანძილი, კმ; β – გარბენის გამოყენების კოეფიციენტი; V_t – მოძრაობის საშუალო ტექნიკური სიჩქარე, კმ/სთ; T_{b-e} – დატვირთვა-გადმოტვირთვის დრო, სთ; Q_s – საწვავის საგზაო ხარჯი, ლ/კმ.

ასს-ს კუთრი მწარმოებლურობის გამოსათვლელ (1) ფორმულაში შემავალი სიდიდეებიდან გადაზიდვის პროცესში ტვირთის ტრანსპორტირებისას მოძრაობის პირობების და კუთრი სიმძლავრის

მიხედვით ცვალებადი სიდიდეებია მოძრაობის საშუალო ტექნიკური სიჩქარის V_t და საწვავის საგზაო ხარჯის Q_s მნიშვნელობები. ეს სიდიდეები, ნომინალური ტვირთშიდაობის q_n სიდიდესთან ერთად, ასს-ს მახასიათებელი ტექნიკური პარამეტრებია და განსაზღვრავენ მის წვეით-სიჩქარით თვისებებს. (1) ფორმულაში შემავალი დანარჩენი სიდიდეები წარმოადგენენ გადაზიდვების ორგანიზაციული ელემენტების მახასიათებელ პარამეტრებს და ტვირთის ტრანსპორტირებისას პრაქტიკულად არ იცვლიან მნიშვნელობებს. თუ ზემოთაღნიშნული ნიშნების მიხედვით დავაჯგუფებთ (1) ფორმულაში შემავალ პარამეტრებს, მაშინ ასს-ს კუთრი მწარმოებლურობის გამოსათვლელი ფორმულა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$W_p = \frac{G_a \cdot V_t}{Q_s} \cdot \frac{\gamma \cdot \beta \cdot l}{l + \beta \cdot V_t \cdot T_{b-e}}, \quad (2)$$

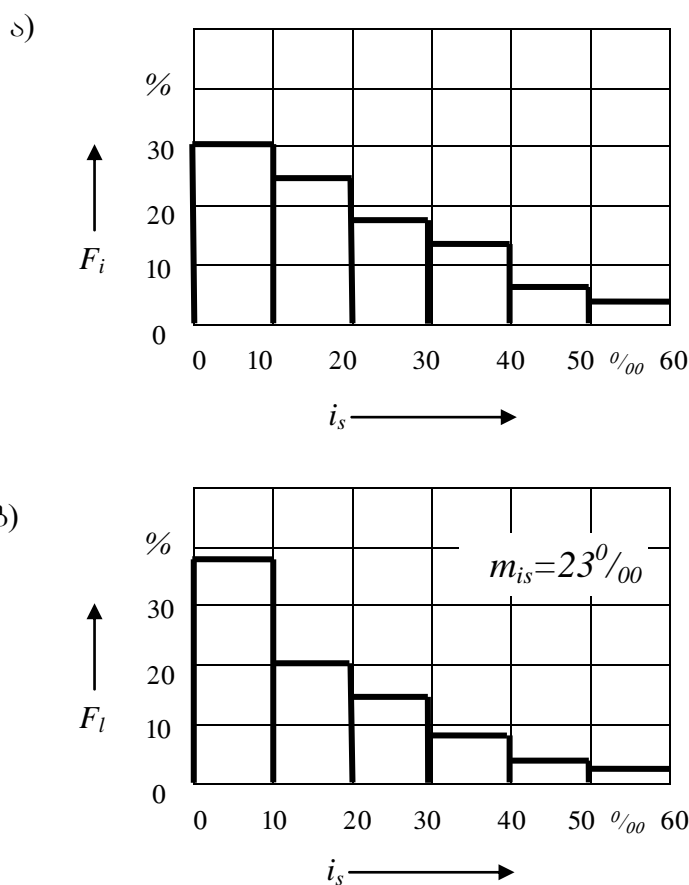
(2) ფორმულის პირველი მდგენელი $W_d = \frac{G_a \cdot V_t}{Q_s}$, ასახავს მწარმოებლურობაზე ასს-ს ტექნიკური მაჩვენებლების გავლენას მოძრაობის საგზაო პირობებისაგან დამოკიდებულებით, ხოლო მეორე მდგენელი $W_o = \frac{\gamma \cdot \beta \cdot l}{l + \beta \cdot V_t \cdot T_{b-e}}$ კი ასახავს მწარმოებლურობაზე გადაზიდვების ორგანიზაციული ელემენტების სრულყოფის ხარისხის გავლენას. აღნიშნულის გათვალისწინებით საბოლოოდ გვექნება:

$$W_p = W_d \cdot W_o, \text{ ტ.კმ/ღ.} \quad (3)$$

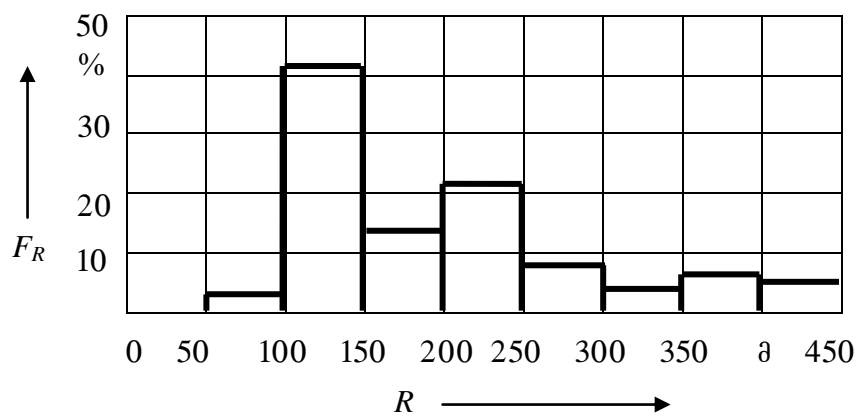
სადისერტაციო ნაშრომში ძირითადად გამოკვლეულია ასს-ს წვეით-სიჩქარითი თვისებების მოძრაობის საგზაო პირობებთან ადაპტირება და კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობის განსაზღვრისას, ასს-ს კუთრი სიმძლავრის გავლენა კუთრი მწარმოებლურობის პირველ W_d მდგენელზე.

სატვირთო გადაზიდვებისას ავტომობილის მუშაობის რეჟიმების ფორმირებაზე და, შესაბამისად, მისი ეფექტიანობის განმსაზღვრელ პარამეტრებზე გზის გრძივი და განივი პროფილის ელემენტების ზემოქმედება მუდმივად იცვლება და ატარებს შემთხვევით ხასიათს. საავტომობილო გზებს ადგილმდებარეობის რელიეფის მიხედვით ყოფენ: ვაკე, ბორცვიანი და მთიანი რელიეფის გზებად. მოცემული რელიეფის

გზებზე გზის გრძივი და განივი პროფილის ერთდაიგივე ელემენტები მეორდებიან გარკვეული სიხშირით. დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ



ნახ.1. სამოდულო გზის გრძივი ქანობების დახრილობათა i_s განაწილების სიხშირის პისტოგრამა ა) ქანობის სიდიდის მიხედვით F_i ; ბ) ქანობის სიგრძის მიხედვით F_i ; ქანობის დახრილობის საშუალო მატემატიკური მოლოდინი $m_{i_s}=23^0/00$.



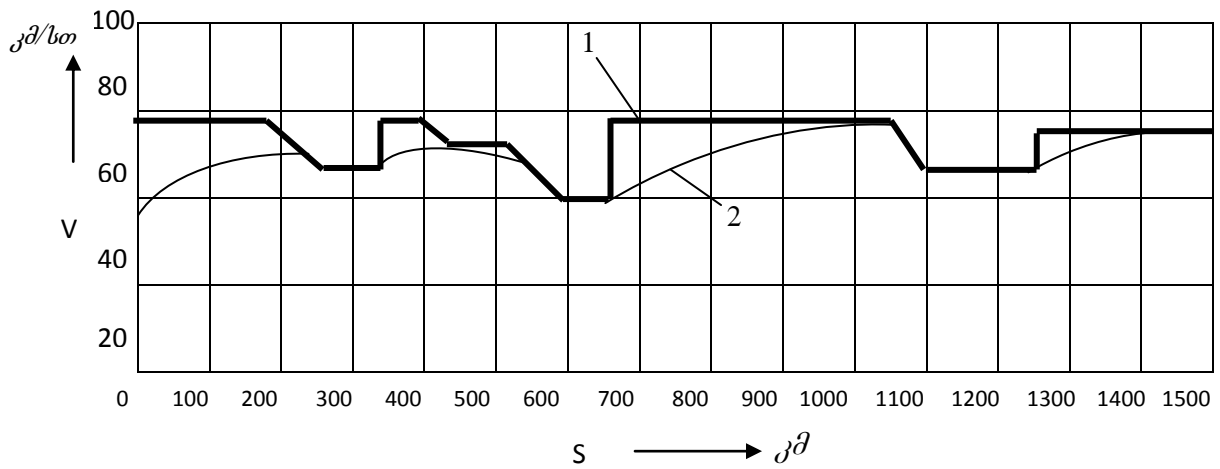
ნახ.2. სამოდულო გზაზე მოსახვევით რადიუსების R მნიშვნელობების მიხედვით განაწილების პისტოგრამა F_R

მოცემული რეგიონის გზების ან საგზაო ქსელისათვის შეიძლება მოიძებნოს გზის ისეთი მონაკვეთი, რომელიც შეიცავს გრძივი და განივი პროფილის ყველა ელემენტებს ისეთივე მათემატიკური მოლოდინით და განაწილებით, როგორც მთლიანი გზა ან საგზაო ქსელი. გზის ასეთ მონაკვეთს უწოდებენ საგზაო ქსელის **სამოდულო** (მახასიათებელ) გზას, ვინაიდან მისი გრძივი და განივი პროფილის ელემენტების პარამეტრები ექვივალენტურია მთლიანი საგზაო ქსელის პარამეტრების, და ისეთივე გავლენას ახდენს ასს-ს მუშაობის მაჩვენებლებზე, როგორსაც მოცემული რეგიონის მთლიანი საგზაო ქსელი. ამიტომ, სადისერტაციო ნაშრომში, საქართველოს საგზაო პირობების სატვირთო ასს-ს კუთრი სიმძლავრის და მისი მუშაობის ეფექტიანობის შემფასებელი პარამეტრების მნიშვნელობებზე გავლენის კვლევაში გამოვიყენეთ საქართველოს მაგისტრალური საავტომობილო საგზაო ქსელის სამოდულო გზის გრძივი და განივი პროფილის ელემენტების ნახ.1 ა), ბ) და ნახ.2-ზე წარმოდგენილი მონაცემები.

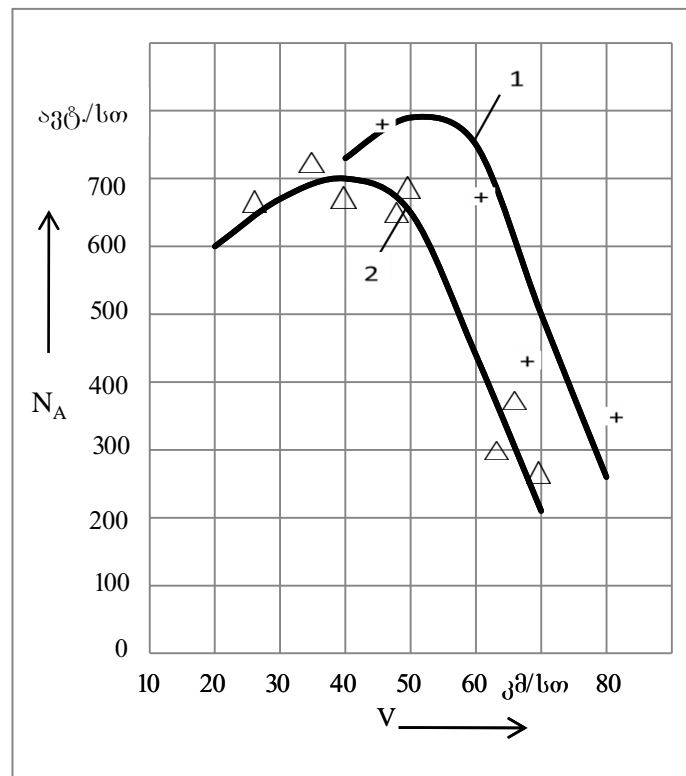
ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეები გზის ცალკეულ მონაკვეთებზე შეზღუდულია მოძრაობის უსაფრთხოების ან კომფორტულობის უზრუნველყოფის პირობებით; ამიტომ ავტომობილის მოძრაობის მოდელირებისას კომპიუტერში გზის გრძივი და განივი პროფილის ელემენტების პარამეტრების მნიშვნელობებთან ერთად შეგვყავს სამოდულო გზის ცალკეულ მონაკვეთებზე მოძრაობის **დასაშვები სიჩქარეების** გრაფიკი, რომელშიც ჩაეწერება მოძრაობის რეალური სიჩქარეები და აიგება ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეთა ეპიურა. ნახ.3-ზე ნაჩვენებია სამოდულო გზის მონაკვეთზე ავტომობილის მოძრაობის დასაშვები სიჩქარეების გრაფიკის (1) და ამავე მონაკვეთზე სატვირთო ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეთა ეპიურის (2) ფრაგმენტები. უკანასკნელი ჩაწერილია დასაშვები სიჩქარეების გრაფიკში.

იმისათვის, რომ გადაზიდვებისას სატვირთო ასს-მ არ შეაფერხოს სატრანსპორტო ნაკადის მოძრაობა და ეს მოთხოვნა გათვალისწინებული იქნას მისი კუთრი სიმძლავრის რაციონალური სიდიდის დადგენისას, ჩვენს მიერ გამოკვლეული იქნა სატრანსპორტო ნაკადების სიჩქარეები საქართველოს გზებზე ნაკადის სხვადასხვა

ინტენსიურობებისას. გამოკვლევის შედეგების მიხედვით აგებული სატრანსპორტო ნაკადების სიჩქარეების გრაფიკი ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე.



ნახ.3. სამოდულო გზის მონაკვეთზე ავტომობილის მოძრაობის დასაშვები სიჩქარეების გრაფიკის (1) და ამავე მონაკვეთზე სატვირთო ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეთა ეპიურის (2) ფრაგმენტები



ნახ.4. სატრანსპორტო ნაკადების სიჩქარეების (V) დამოკიდებულება ნაკადების ინტენსიურობისაგან (N_a) საქართველოს ვაკე (1) და ბორცვიან (2) გზებზე

ზემოთ მოტანილ მახასიათებლებზე დაყრდნობით, სატვირთო ასს-ს გზაზე მოძრაობის სინქარეთა გრაფიკის აგებისას ქვემოთ დამუშავებული მათემატიკური მოდელი ითვალისწინებს პირობას, რომ სატრანსპორტო ნაკადებში მან უნდა შეძლოს ნაკადის სინქარით მოძრაობა. ავტომობილის მოძრაობის საშუალო V_i სინქარის და საწვავის საგზაო Q_s ხარჯის სამოდულო გზაზე ასს-ს მოძრაობის მათემატიკური მოდელირებით განსაზღვრისას ასევე ითვალისწინებთ, რომ გზაზე ავტომობილის მოძრაობა ზოგადად მოიცავს შემდეგ სამ რეჟიმს: გაქანება, დამყარებული სინქარით მოძრაობა და შენელება. მათემატიკური მოდელი კომპიუტერის გამოყენებით აღწერს გზაზე ავტომობილის მოძრაობის სამივე რეალურ რეჟიმს მათი ერთმანეთთან გარდამავალი პროცესების უწყვეტი მონაცვლეობით.

სამოდულო გზაზე ასს-ს მოძრაობის პროცესის ჩვენს მიერ შემუშავებულ მათემატიკური მოდელი დაფუძნებულია ავტომობილების თეორიაში ცნობილ მოძრაობის დიფერენციალური განტოლებებზე. სადისერტაციო ნაშრომში იგი ტრანსფორმირებულია სატრანსპორტო ნაკადებში რეალური საგზაო პირობებისა და ტრანსმისიის სხვადასხვა საფეხურებზე ძრავას გარდამავალ სადატვირთო რეჟიმებზე მუშაობის და კომპიუტერზე ცნობილი „AUTOGR“ პროგრამის გამოყენებით ამოხსნის შესაძლებლობის გათვალისწინებით.

აღნიშნულის შესაბამისად ასს-ს მოძრაობის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{dV}{dt} = A_1 + A_2V + A_3V^2 \mp A_4 \cdot i_s , \quad (4)$$

სადაც: $A_1 = (a_7a_1 - a_8)$; $A_2 = (a_7a_2 - a_9)$; $A_3 = (a_7a_3 - a_{10})$; $A_4 = A_{11}$; a_1, a_2, a_3 - $\alpha\%$ -ით ნაწილობრივი სადატვირთო რეჟიმზე ძრავის მახრუნე მომენტის $M(\alpha, n)$ მახასიათებლის აპროქსიმაციის კოეფიციენტებია; ნიშანი „+“ აიღება ასს-ს აღმართზე მოძრაობისას, ხოლო „-“ დაღმართზე მოძრაობისას.

$$a_7 = \frac{U_t^2 U_0^2 \eta_t}{r_0^2}; \quad a_8 = \frac{U_t U_0 g a_4}{G_a \delta r_0}; \quad a_9 = \frac{a_5 g}{G_a \delta r_0}; \quad a_{10} = \frac{a_6 g r_0}{G_a \delta U_t}; \quad a_{11} = \frac{g U_t U_0}{\delta r_0};$$

$$\sin \alpha = i_s$$

a_4, a_5, a_6 – ავტომობილის მოძრაობის გორვის და ჰაერის წინააღმდეგობების ჯამურ ძალასა და სიჩქარეს შორის დამოკიდებულების მეორე ხარისხის პოლინომით აპროქსიმაციის კოეფიციენტები. V_t – ავტომობილის მოძრაობის ტექნიკური სიჩქარე, კმ/სთ; U_t – გადაცემათა კოლოფის ტრანსმისიის საფეხურის გადაცემათა რიცხვი; U_0 – მთავარი გადაცემის გადაცემათა რიცხვი; r_0 – თვლების ბუქსაობის გარეშე გორვის რადიუსი, მ; η_t – ტრანსმისიის მ.ქ.კ.; $M(\alpha, n)$ – ძრავას მუხლა ლილვის მიერ განვითარებული მბრუნვი მომენტის მიმდინარე მნიშვნელობები სხვადასხვა დატვირთვებზე და ბრუნვის სიხშირეზე, ნმ; G_a – სრული წონა, კგ; f – თვლების გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი; A_s – შუბლის ფართი, მ²; C_x – გარსედინობის კოეფიციენტი; ρ – ჰაერის სიმკვრივე, კგ/მ³; δ – მბრუნავი მასების გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი;

განტოლება (4) არის არაწრფივი დიფერენციალური განტოლება, რომლის კომპიუტერზე ამოსახსნელად შეიძლება გამოვიყენოთ ეილერის, რუნგე-კუტას ან ეილერ-კოშის მეთოდი; ჩვენს მიერ გამოყენებულია ეილერ-კოშის სრულყოფილი მეთოდი. ამ მეთოდის გათვალისწინებით მოდელირებისას კომპიუტერზე ამოსახსნელი ავტომობილის მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$V_{i+1} = V_{ti} + H \cdot (A_1 + A_2 V_i + A_3 V_i^2 + A_4 \cdot i_s) \quad , \quad (5)$$

სადაც, H – განტოლების ამოხსნის ბიჯია, წმ.

ავტომობილის დამყარებული სიჩქარით გზაზე მოძრაობის კომპიუტერზე მოდელირებისას (4) განტოლების მარცხენა მხარე, აჩქარება გაუტოლდება ნოლს $\frac{dV}{dt} = 0$ და ასე-ს მოძრაობის განტოლება მიიღებს მოძრაობის სიჩქარის მიმართ კვადრატული განტოლების სახეს, რომლის კომპიუტერზე ამოხსნის დადებითი ფესვი შეესაბამება გზის

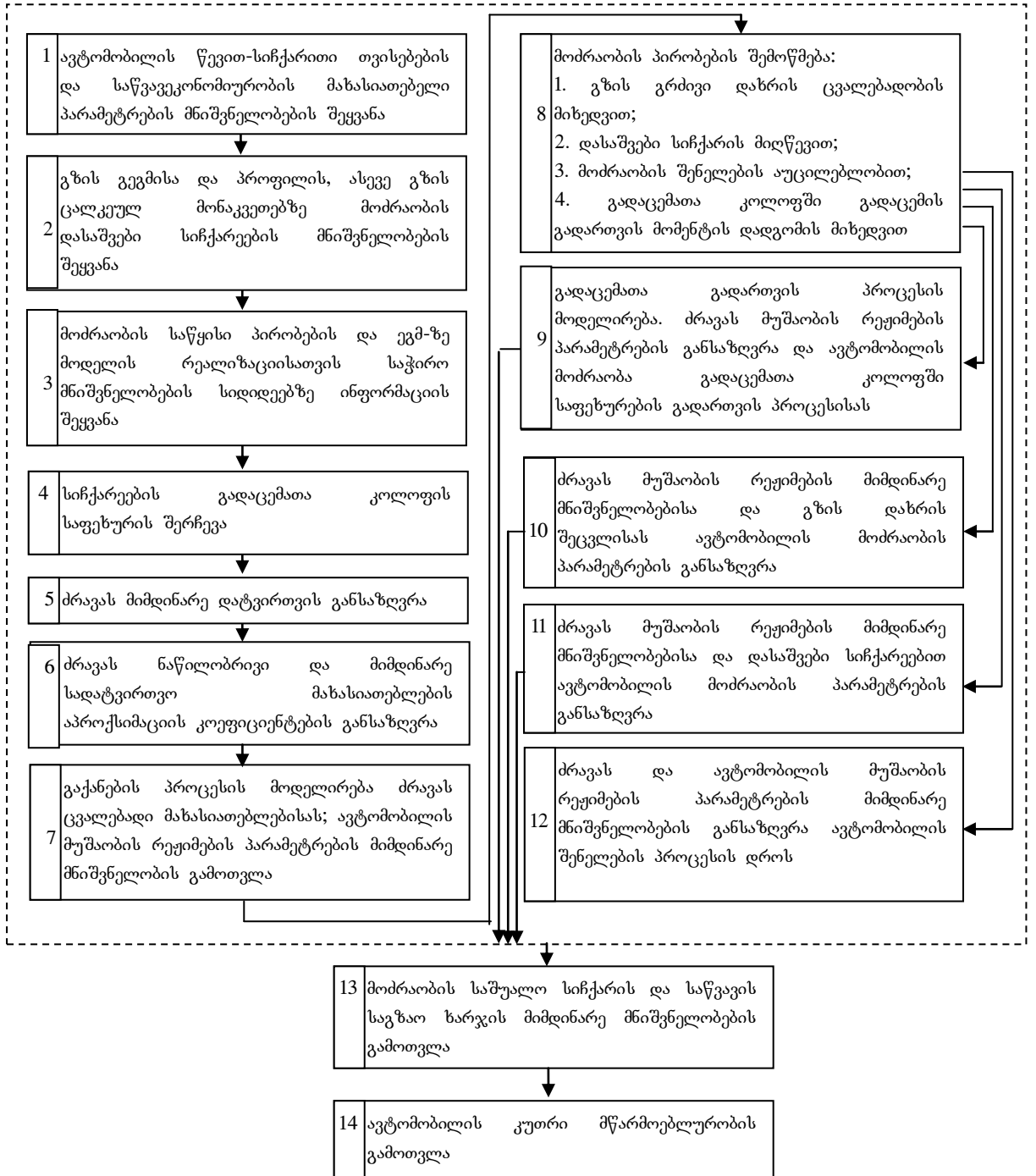
შესაბამის მონაკვეთზე ასს-ს მოძრაობის სიჩქარეს.

ავტომობილის გზაზე მოძრაობის შენელების კომპიუტერით მოდელირებისას (4) განტოლების მარცხენა მხარე მიიღებს უარყოფით ნიშანს. ამავე დროს გათვალისწინებულია, რომ შენელება შეიძლება განხორციელდეს თვლების დამუხრუჭებით, ძრავათი დამუხრუჭებით და ორივე ხერხის ერთდროულად გამოყენებით. უკანასკნელი სატრანსპორტო ნაკადებში მოძრაობისას უფრო ხშირად გამოიყენება. საექსპლუატაციო პირობებში დამუხრუჭებისას ავტომობილის მოძრაობის შენელება მიმდინარეობს $\frac{dV}{dt} = - (1...2) \text{ მ/წმ}^2$ სიდიდით. ისევე, როგორც ავტომობილის გაქანების მოდელირებისას, ორივე ზემოთ განხილულ შემთხვევაში, (4) განტოლება კომპიუტერზე ამოხსნება ეილერ-კოშის სრულყოფილი ციფრული მეთოდით. ასს-ს კომპიუტერზე მოდელირებისას, ავტომობილის სამივე რეჟიმზე მოძრაობის პროცესების აღმწერ განტოლებებში შეიტანება საგზაო და სატრანსპორტო პირობების მაჩვენებელი პარამეტრების სიდიდეები სამოდულო გზაზე მოძრაობის მთელ მანძილზე მოძრაობის მიხედვით. გარდა აღნიშნულისა, კომპიუტერში მასივების სახით შეგვაქვს (4) განტოლებაში შემავალი ასს-ს კონსტრუქციული პარამეტრების და ძრავის სადატვირთო მახასიათებლების სიდიდეები. ავტომობილის მოძრაობის პროცესის კომპიუტერზე მოდელირების ბლოკ-სქემა ნაჩვენებია ნახ. 5-ზე.

მოდელირებისას ვითვალისწინებთ, რომ ავტომობილების რეალურ პირობებში მუშაობის რეჟიმების შესაბამისად, სატვირთო ავტომობილებში გაქანების რეჟიმზე დროის H ბიჯის განმავლობაში ძრავში სწავის მიმწოდებელი ორგანო გადაადგილდება სრული სვლის 10–12%-ით; ამიტომ ავტომობილის მოძრაობის განტოლების ამოხსნისას კომპიუტერი, ყოველი H ბიჯით (4) განტოლების ამოხსნის (იტერაციის) შემდეგ, გადადის ძრავას შემდგომი ნაწილობრივი მუშა სადატვირთო მახასიათებელზე (4) განტოლების ამოხსნაზე, გადაადგილების 10%-იანი ბიჯით; ძრავას მუშაობის გარე მახასიათებლის მიღწევის შემდეგ, გაქანების პარამეტრების მნიშვნელობების გაანგარიშება გრძელდება ამ მახასიათებლით; ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, გაქანებისას

ავტომობილის ძრავას მუშაობის სადატვირთო რეჟიმების ცვალებადობა კომპიუტერში შეიძლება ავსახოთ განტოლებით:

$$\alpha = \alpha_0 + 10 \cdot H, \% \quad (6)$$



ნახ. 5 ავტომობილის მოძრაობის პროცესის კომპიუტერზე მოდელირების ბლოკ-სქემა

სადაც: α – ძრავის დატვირთვაა %-ში; α_0 – გაქანების საწყის მომენტში ძრავის დატვირთვაა %-ში, რომელიც განისაზღვრება გაქანების წინა დამყარებულ რეჟიმზე მოძრაობის წინააღმდეგობის დაძლევაზე დახარჯული სიმძლავრის მნიშვნელობის მიხედვით; ცხადია, კომპიუტერზე ავტომობილის გაქანების პროცესის მოდელირებისას, დაცული უნდა იქნეს პირობა: $\alpha < 100\%$. ძრავის დატვირთვა ასს-ს დამყარებული რეჟიმით მოძრაობისას დადგინდება სინქარის შესაბამისი მოძრაობის წინააღმდეგობის დაძლევაზე დახარჯული სიმძლავრის მნიშვნელობის მიხედვით; ასს-ს შენელებისას ძრავის სადატვირთო რეჟიმის დადგენისას მოძრაობის მოდელირების პროგრამა ითვალისწინებს გზის გრძივი პროფილის დახრილობით გამოწვეული ასს-ზე მოქმედი ძალების შესაბამის სიმძლავრის მნიშვნელობებს.

ავტომობილის სამოდულო გზაზე მოძრაობის კომპიუტერზე მოდელირებისას გადაცემათა კოლოფში გადაცემათა საფეხურების გადართვა ხდება ავტომობილის საუკეთესო დინამიკურობის მიღწევის პირობით, კერძოდ, როგორც ცნობილია, მაღალ საფეხურებზე გადართვა უმჯობესია ძრავის მუხლა ლილვის $n_e = n_p$ ბრუნვის სიხშირეზე, ხოლო დაბალ საფეხურებზე ძრავის $n_e = (n_m + n_p)/2$ ბრუნვის სიხშირეზე, სადაც n_p – ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის ბრუნვის სიხშირეა, n_m – ძრავის მაქსიმალური მამბრუნი მომენტის შესაბამისი ბრუნვის სიხშირე. საფეხურის გადართვის შემდეგ კომპიუტერი ამოხსნის ავტომობილის მოძრაობის განტოლებას გადაცემათა კოლოფის ახალ საფეხურზე ძრავის ბრუნვის სიხშირის შემდეგ მნიშვნელობისას:

$$n_m = n_{m0} \cdot U_m / U_{m-1} , \quad (7)$$

სადაც n_{m0} – ახალ საფეხურზე გადაცემათა კოლოფის პირველადი ლილვის ბრუნვის სიხშირეა; U_{m-1} – გადაცემათა რიცხვი წინა საფეხურზე; U_m – გადაცემათა რიცხვი მომდევნო საფეხურზე; n_m – გადაცემათა კოლოფის პირველადი ლილვის ბრუნვის სიხშირე წინა საფეხურის გამართვის მომენტში. კომპიუტერული მოდელი, გზაზე ავტომობილის მოძრაობის განტოლების ამოხსნით მიღებული სინქარის

ყოველი მიმდინარე V_{ii} მნიშვნელობის შემდეგ, ადარებს მას განვლილი მანძილის მიხედვით გზის შესაბამის მონაკვეთზე ავტომობილის მოძრაობის დასაშვები სიჩქარის V_e მნიშვნელობას (ნახ.3). ამ შედარების საფუძველზე კომპიუტერი განსაზღვრავს ასს-ს მოძრაობის რეჟიმს: თუ $V_{ii} < V_e$ – გაქანებაა; თუ $V_{ii} = V_e$ – დამყარებული მოძრაობაა და თუ $V_{ii} > V_e$ – შენელებაა. ასევე, ასს-ს განვლილი მანძილის S_a მნიშვნელობის შედარებით სამოდულო გზის გრძივი ქანობების განლაგების მანძილებთან S_n , კომპიუტერი დაადგენს მოძრაობის განტოლების ამოხსნისას შეასაბამისი ქანობის დახრილობის i_s სიდიდეს.

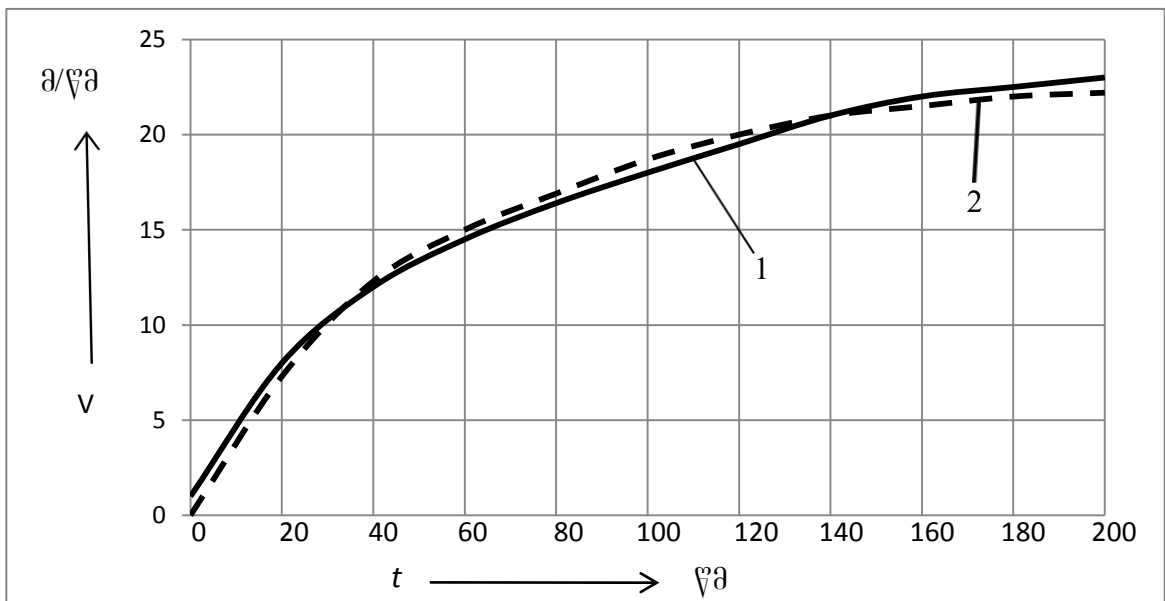
ავტომობილის მოძრაობის აღნიშნული მათემატიკური მოდელის რეალურ პროცესთან ადეკვატურობის შემოწმების მიზნით, „მერსედეს-ბენც აქტროსი 1853“ და „მაზ-6422“ მარკის ავტომატარებლების ჰორიზონტალურ ასფალბეტონის საფარიან გზის მონაკვეთზე გაქანების პარამეტრების რეალურად გაზომილი მნიშვნელობები შედარებული იქნა კომპიუტერით გამოთვლილ შედეგებთან. ავტომობილების გაქანების დროის გაზომვა ხდებოდა გადაცემათა კოლოფის პირველ საფეხურზე მაქსიმალური სიჩქარის მნიშვნელობიდან – $V_0=5\text{კმ/სთ}$ სიჩქარეთა საფეხურების გადართვით $V=80\text{ კმ/სთ}$ სიჩქარემდე გაქანებით.

მაგალითისათვის, ავტომობილ „მაზ 6422“-ის გაქანების დროის ექსპერიმენტების გზით დადგენის შედეგები, მოტანილია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. ავტომობილის „მაზ 6422“ 80 კმ/სთ-მდე გაქანების დროის განსაზღვრის სიზუსტე

გაზომვის რაოდ.: n	1	2	3	4	5	6	7
t	89	88	93	94	87	96	92
გადახრა საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობიდან							
გაზომვის რაოდ.: n	1	2	3	4	5	6	7
$ m - t $	1	3	2	3	4	5	1
გადახრების კვადრატები და მათი ჯამი							
გაზომვის რაოდ.: n	1	2	3	4	5	6	7
$ m-t ^2$	1	9	4	9	16	25	1

გაზომვების აუცილებელი რაოდენობის დადგენა ხდებოდა მაჩვენებლების სიზუსტის შეფასების საშუალო კვადრატული გადახრების მეთოდით. ექსპერიმენტის შედეგების სიზუსტის მაჩვენებელი უნდა იმყოფებოდეს 5%-ის ზღვრებში. შესაბამისად, გაზომვების სჭირო რაოდენობამ დასახული სიზუსტის უზრუნველსაყოფად ჩატარებული გაანგარიშებათა თანახმად, შეადგინა 7 გაზომვა.



ნახ.6. ავტომატარებელ „მაზ 6422“-ის გაქანების მახასიათებელი 80 კმ/სთ სიჩქარემდე: 1 – კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული; 2 – ექსპერიმენტებით მიღებული

ექსპერიმენტული და მოდელირებით მიღებული შედეგების სიზუსტეზე შედარებამ გვიჩვენა, რომ ჩვენს მიერ შემუშავებული ასს-ს გაქანების მოდელი გაანგარიშებებისათვის საკმარისი სიზუსტით (ფარდობითი ცდომილება არ აღემატება 5%) ასახავს რეალურ პროცესს, რაც კარგად ჩანს ნახ.6-დან.

ამგვარად, ზემოაღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით რეალიზებული ავტომობილის მოძრაობის კომპიუტერული მოდელირებით განისაზღვრება ასს-ს სამოდულო გზაზე მოძრაობის სიჩქარის V_{ii} და განვლილი მანძილის S_{ai} მიმდინარე მნიშვნელობები, რომელთა მიხედვით აიგება სიჩქარეთა ეპიურა (ნახ.3). ამ მონაცემების ინტეგრირებით კი ხდება საქართველოს საგზაო პირობებში ასს-ს

მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრების – მოძრაობის საშუალო ტექნიკური სიჩქარის V_t და განვლილი მანძილის S_a მნიშვნელობების (ტოლია სამოდელო გზის სიგრძის) დადგენა.

ასს-ს მუშაობის ეფექტიანობის განმსაზღვრელი მეორე მნიშვნელოვანი პარამეტრის – ავტომობილის საწვავის საგზაო ხარჯის მიმდინარე Q_s მნიშვნელობების გამოსათვლელად, კომპიუტერულ მოდელში ხდება შემდეგი ფორმულის შეტანა:

$$Q_{si} = \frac{P_{ei} \cdot g_{ei}}{1000 \cdot V_{ti}} \quad , \quad (8)$$

სადაც: P_{ei} – ასს-ს ძრავის მიერ განვითარებული სიმძლავრის (კვტ), g_{ei} – ძრავის საწვავის კუთრი ხარჯის (გრ/კვტ.სთ), V_{ti} – მოძრაობის საშუალო ტექნიკური სიჩქარის (კმ/სთ) მიმდინარე მნიშვნელობებია.

ასს-ს ძრავის მიერ განვითარებული სიმძლავრის მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის, ვსარგებლობთ ავტომობილების თეორიაში ცნობილი შემდეგი ფორმულით:

$$P_{ei} = \frac{f_0 [1 + (0,0216 \cdot V_{ti})^2] G_a V_{ti}}{1000 \cdot \eta_m} + \frac{K_s \cdot A_s \cdot V_{ti}^3}{1000 \cdot \eta_m} + \frac{G_a \cdot i_s \cdot V_{ti}}{1000 \cdot \eta_m} \quad , \quad (9)$$

სადაც, V_{ti} – ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეთა მიმდინარე მნიშვნელობებია; K_s – ავტომობილის გარსედინობის კოეფიციენტი; f_0 – თვლების გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი დაბალ სიჩქარეებზე. დანარჩენი სიდიდეები განმარტებულია (4) ფორმულაში. ნიშანი „+“ აიღება აღმართზე, ხოლო ნიშანი „-“ დაღმართზე მოძრაობისათვის.

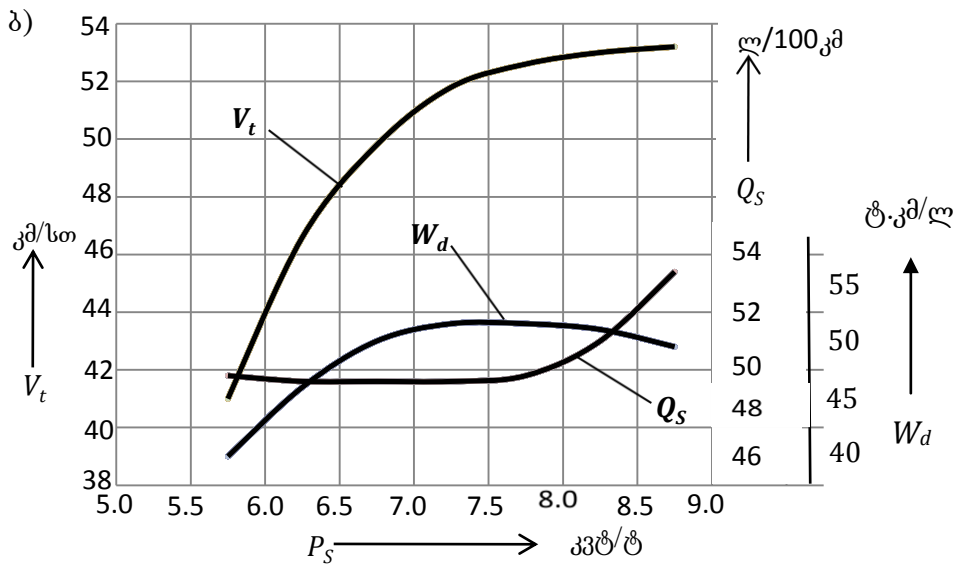
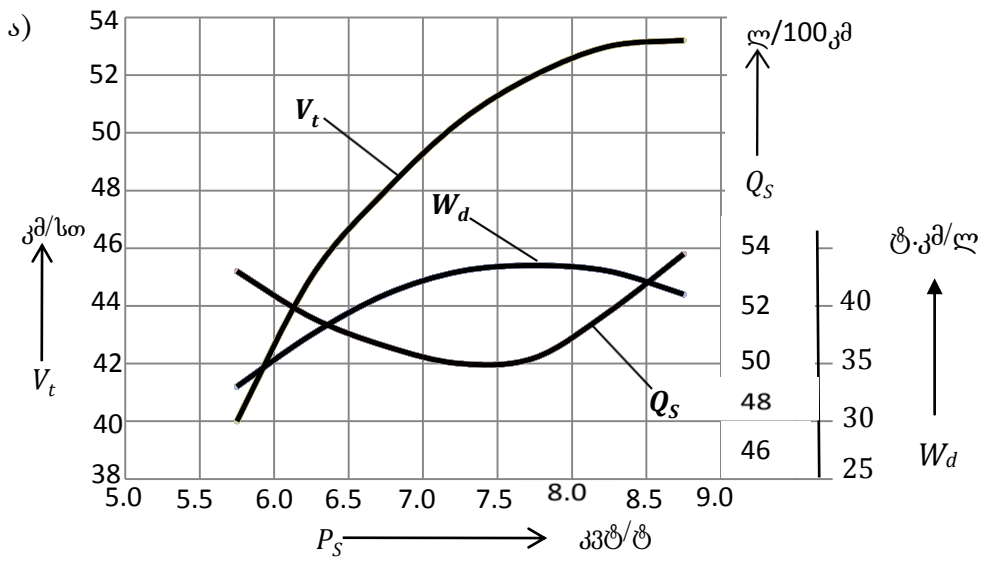
ასს-ს ძრავის საწვავის კუთრი ხარჯის მნიშვნელობები აიღება კომპიუტერზე მოძრაობის მოდელში შტანილი ძრავის სადატვირთვო მახასიათებლებიდან ასს-ს ძრავის მიერ განვითარებული სიმძლავრის P_{ei} და მოძრაობის საშუალო ტექნიკური სიჩქარის V_{ti} მნიშვნელობების მიხედვით. ამ მონაცემებით კომპიუტერი გამოთვლის საწვავის საგზაო ხარჯის მიმდინარე მნიშვნელობებს და ეპიურას, რომლის ინტეგრირებით განისაზღვრება საწვავის საგზაო ხარჯის სიდიდე.

მოძრაობის საშუალო ტექნიკური სიჩქარის V_t და საწვავის საგზაო ხარჯის Q_s მნიშვნელობების ჩასმით კუთრი მწარმოებლურობის განმსაზღვრელ (2) ფორმულაში, კომპიუტერი გამოთვლის ასს-ს კუთრი მწარმოებლურობის W_d მდგენელის სიდიდეს.

კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული შედეგების რეალურთან ადეკვატურობის შეფასების მიზნით, ისინი შედარებული იქნა გზის სამოდელი მონაკვეთზე (გორი-ხაშურის გზის) სატვირთო ავტომობილების „მერსედეს-ბენც აქტროს-1853“-ის და „მაზ-6422“-ის მოძრაობის საშუალო სიჩქარის V_t და საწვავის საგზაო ხარჯის Q_s გაზომვით მიღებულ მნიშვნელობებთან. შედარებით დადგინდა, რომ მათ შორის სხვაობა არ აღემატება 8...10%-ს, რაც პრაქტიკული გაანგარიშებებისათვის მისაღებია და იმის მაჩვენებელია, რომ ჩვენს მიერ დამუშავებული ავტომობილის მოძრაობის მათემატიკური მოდელი და შესაბამისი კომპიუტერული პროგრამა ვარგისია პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად.

საქართველოს საგზაო პირობებში სატვირთო ასს-ს მუშაობის ეფექტიანობაზე მისი კუთრი სიმძლავრის გაგლეხის შესწავლის მიზნით ჩვენს მიერ დამუშავებული მათემატიკური მოდელის გამოყენებით გამოკვლეული იქნა საქართველოში გავრცელებული სატვირთო ავტომობილების – „მაზ-6422“ და „მერსედეს-ბენც აქტროსი-1853“ სამოდელი გზაზე მოძრაობის საშუალო სიჩქარის V_t , საწვავის საგზაო ხარჯის Q_s და კუთრი მწარმოებლურობის W_d მდგენელის დამოკიდებულება კუთრი სიმძლავრისაგან P_s , რის შედეგებიც ნაჩვენებია ნახ.7-ზე.

ნახ.7 – დან ჩანს, რომ ავტომობილის კუთრი სიმძლავრის P_s გაზრდით ასს-ს მოძრაობის საშუალო სიჩქარე V_t იზრდება დასაწყისში ჩქარი ტემპით, ხოლო მისი გარკვეული მნიშვნელობის შემდეგ დასაშვები სიჩქარეებით შეზღუდვის გამო, V_t ზრდის ტემპი ნელდება და ბოლოს საშუალო სიჩქარის მნიშვნელობა პრაქტიკულად მუდმივი ხდება. საწვავის საგზაო ხარჯის Q_s მნიშვნელობა კუთრი სიმძლავრის გაზრდისას თავდაპირველად კლებულობს, მინიმუმის მიღწევის შემდეგ კი თანდათანობით მზარდი ტემპით მატულობს.



ნახ.7. სატვირთო ავტომობილების – “მაზ-6422” (ა) და “მერსედეს-ბენც აქტროს – 1853” (ბ) სამოდულო ვზაზე მოძრაობის საშუალო სიჩქარის V_t , საწვავის საგზაო ხარჯის Q_s და კუთრი მწარმოებლურობის მდგენელის W_d დამოკიდებულება ავტომობილის კუთრი სიმძლავრისაგან P_s

ავტომობილის W_d კუთრი მწარმოებლურობის კუთრი სიმძლავრისაგან P_s დამოკიდებულებით ცვალებადობის ხასიათი მისი

საშუალო სიჩქარის V_t და საწვავის საგზაო ხარჯის Q_s ცვალებადობის ხასიათითაა განპირობებული და იგი მაქსიმუმს აღწევს კუთრი სიმძლავრის იმ მნიშვნელობებზე, რომელზეც საწვავის საგზაო ხარჯი Q_s დაახლოებით მინიმალურია, ხოლო მოძრაობის საშუალო სიჩქარე V_t ჯერ კიდევ მატულობს.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგენილი იქნა, რომ საქართველოს მთავორიანი რელიეფის მქონე საგზაო პირობებში N_2 კატეგორიის III და IV კლასის სატვირთო ასს-თვის კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობა შეადგენს $P_s=12,5...13,0$ კვტ/ტ-ს, ხოლო N_3 კატეგორიის V, VI და VII კლასის ასს-ს კუთრი სიმძლავრე $P_s=7,5...8,0$ კვტ/ტ-ს; კუთრი სიმძლავრეების ამ მნიშვნელობებზე ავტოსატრანსპორტო საშუალებების კუთრი მწარმოებლურობა აღწევს მაქსიმუმს, ხოლო გადაზიდვებზე საწვავის დანახარჯების და, შესაბამისად, ეკოგარემოს გამონაბოლქვი აირებით დტუტყიანება მინიმალურია.

სატვირთო ავტომობილების კუთრი სიმძლავრეების ჩვენს მიერ მიღებული რაციონალური სარეკომენდაციო მნიშვნელობები გათვალისწინებული უნდა იქნეს საქართველოში გადამზიდავების მიერ სატვირთო ავტომობილების შექენისას და მათ საფუძველზე სატვირთო საავტომობილო პარკის ფორმირებისას, რაც საბოლოო ჯამში იძლევა საქართველოში სატვირთო საავტომობილო გადაზიდვების ეფექტიანობის 15–20%-ით გაზრდის შესაძლებლობას.

ამასთანავე რაციონალური კუთრი სიმძლავრეების მიხედვით ასს-ს შერჩევისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ასს-ს ღერძზე მოსული დატვირთვები და გზის მზიდუნარიანობის დადგენილი ნორმები, რომლის მიხედვიდაც ასს-ები იყოფიან “ა” და “ბ” ჯგუფებად. “ა” ჯგუფის ასს-ის ღერძზე მოსული დასაშვები დატვირთვა არ აღემატება 10 ტონას, ხოლო “ბ” ჯგუფის ასს-სათვის – 6 ტონას.

ასს-ს მოძრაობის სხვადასხვა საგზაო და სატრანსპორტო პირობებში მაღალი ეფექტიანობით მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით, დამამზადებელი ქარხნები ითვალისწინებენ მათ ექსპლუატაციას ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის სხვადასხვა მნიშვნელობებით. მაგალითად, “მერსედეს-ბენც აქტროს-1853” მარკის სატვირთო ასს გამოდის

ავტომობილის და ორი და სამღერძიანი ავტომობილ-გამწის სახით, რომელთა ნომინალური ტვირთშიდაობა, ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის ექვსი სხვადასხვა მნიშვნელობისას, შეადგენს 40 ტ-ს.

ჩვენი კვლევების თანახმად, კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობისას – $P_{sr}=7,5$ კვტ/ტ, საქართველოს და მისი მსგავსი მთაგორიან რელიეფიანი ქვეყნების გზებზე „მერსედეს-ბენც აქტროს-1853“-ის ტიპის ასს-ზე რაციონალური იქნება $N_{emax}=315$ კვტ სიდიდის მაქსიმალური სიმძლავრის მქონე ძრავის გამოყენება.

თუ დამამზადებელი ქარხანა არ ითვალისწინებს მოცემული ტვირთშიდაობის ასს-ზე სხვადასხვა მაქსიმალური სიმძლავრიანი N_{emax} ძრავის გამოყენებას, მაშინ ასეთი ასს-ს მუშაობის მაღალი ეფექტიანობისათვის რაციონალური კუთრი სიმძლავრის P_{sr} მისაღწევად, საჭიროა შევირჩიოთ ასს-ს შესაბამისი q_r ტვირთშიდაობა. მაგალითად, საქართველოს საგზაო პირობებში გადაზიდვების მაღალი ეფექტიანობა მიიღწევა თუ ავტომატარებლის “მაზ-6422” რაციონალური კუთრი სიმძლავრისას $P_{sr}=7,5$ კვტ/ტ, სერიული ძრავის შემთხვევაში ($N_{emax} = 235$ კვტ)–ტვირთშიდაობა იქნება $q_r=20$ ტ, ხოლო “მაზ-6422” ავტომატარებლის ნომინალური ტვირთშიდაობის $q_r=28$ ტ შენარჩუნების შემთხვევაში, მასზე უნდა დაყენდეს $N_{emax}=315$ კვტ მაქსიმალური სიმძლავრიანი ძრავი.

ამრიგად, ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდი საშუალებას იძლევა ასს-ს ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის მიხედვით განისაზღვროს მისი რაციონალური ტვირთშიდაობა ან ასს-ს დასაშვები მაქსიმალური ტვირთშიდაობის მიხედვით განისაზღვროს მისი ძრავის მაქსიმალური სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობა. ორივე შემთხვევაში მიიღწევა საავტომობილო პარკის მუშაობის მაღალი ეფექტიანობა.

მესამე თავში მოცემულია ნაშრომის ფარგლებში შესრულებული კვლევების შედეგების ეკონომიკური და ეკოლოგიური ეფექტების შეფასება.

საქართველოში საავტომობილო სატვირთო გადაზიდვებისას, ჩვენი კვლევის შედეგების გამოყენების შემთხვევაში მოსალოდნელი საანგარიშო ეკონომიკური ეფექტი შემდეგია:

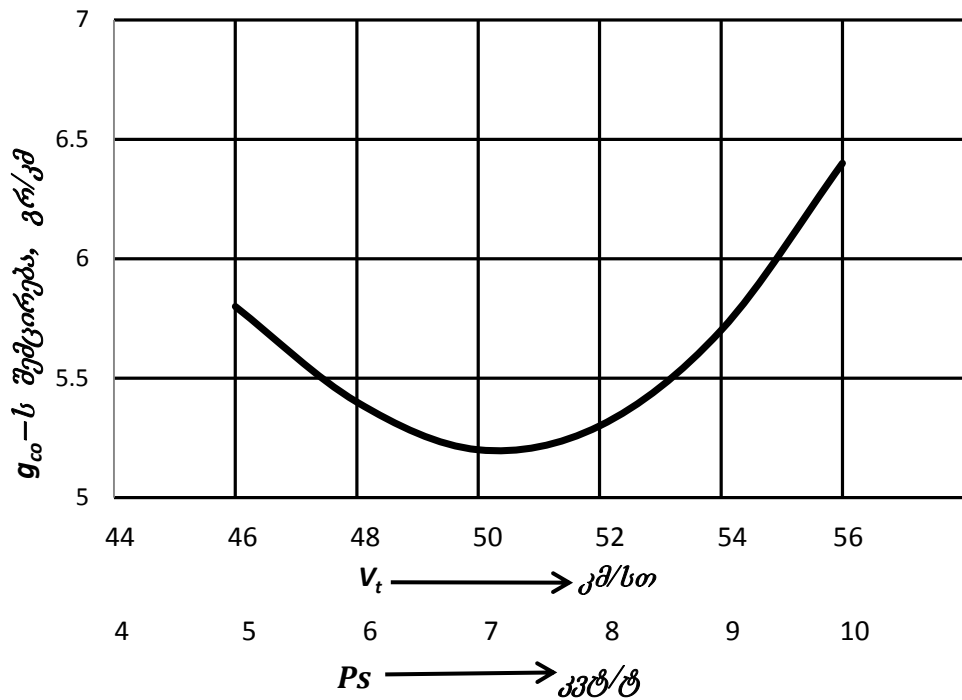
„მაზ-6422“ მარკის ავტომატარებლის მიერ შესრულებული 1 მლნ.ტ.კმ სამუშაოს ღირებულება მცირდება დაახლოებით 1450 ლარით, ხოლო „მერსედეს-ბენც აქტროს-1853“ მარკის ავტომატარებლისათვის დაახლოებით – 1000 ლარით.

რადგანაც კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობები უზრუნველყოფენ ავტომატარებლების ძრავის მუშაობას საწვავის მინიმალური კუთრი და საგზაო ხარჯების დიაპაზონებში, შესაბამისი ეკოლოგიური ეფექტიანობის დადგენის მიზნით ჩატარებული იქნა ძრავის გამონაბოლქვ აირებში ნახშირჟანგის – CO -ს შემცველობის ასს-ს კუთრი სიმძლავრისაგან დამოკიდებულების გამოკვლევა ანალიზური მეთოდით:

$$g_{CO} = \frac{2,78 \cdot B \cdot V_h \cdot n_e \cdot \eta_v \cdot \rho_{CO} \cdot (1 + 12,9 \cdot (1 - \alpha_T) + 48,3 \cdot (1 - \alpha_T)^2)}{V_t}, \quad (10)$$

სადაც, g_{CO} - CO -ს შემცველობაა გამონაბოლქვ აირებში, გრ/კმ; Q_0 - გამონაბოლქვი აირების მოცულობითი რაოდენობა, მ³; ρ_{CO} – ნახშირჟანგის სიმკვრივე და ნორმალურ პირობებში უდრის 1,25 კგ/მ³; V_t – ავტომობილის მოძრაობის სინქარე; V_h – ძრავის ლიტრაჟი, ლ; η_v – ძრავის ცილინდრების შევსების კოეფიციენტი; n_e – მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირე, ბრ/წთ; B – ემპირიული კოეფიციენტი (დიზელის ძრავებისათვის $B = 0,0004$); α_T – საწვავ ნარევეში ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი.

როგორც ნახ.8-დან ჩანს, ავტომატარებელ „მაზ 6422“-სათვის რაციონალური კუთრი სიმძლავრის ($P_{sv}=7,5$ კვტ/ტ) რეალიზების შემთხვევაში, გამონაბოლქვ აირებში CO -ს მოცულობითი რაოდენობა შემცირდება დაახლოებით 5%-ით.



ნახ.8. დიზელის ძრავიანი ავტომატარებლის „მზ 6422“-ის გამონაბოლქვ აირებში CO-ს მოცულობითი რაოდენობის შემცირების დამოკიდებულება ავტომობილის კუთრი სიმძლავრისა (P_s) და შესაბამისი მოძრაობის საშუალო სიჩქარისაგან (V_t)

პირითადი დასკვნები

1. სადისერტაციო ნაშრომის ფარგლებში ჩატარებული გამოკვლევებით დადგენილი იქნა, რომ საქართველოში სატვირთო საავტომობილო სატრანსპორტო სისტემას გააჩნია მნიშვნელოვანი რეზერვი გადაზიდვების ეფექტიანობის ასამაღლებლად, რისი რეალიზებაც მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული ასს-ს კუთრი სიმძლავრის მოძრაობის პირობებთან ადაპტირების ხარისხზე. ადაპტირების ხარისხის გაზრდა უზრუნველყოფს მოძრაობის საშუალო სიჩქარის და მწარმოებლურობის ამაღლებას საწვავის და სხვა მატერიალური საშუალებების მინიმალური დანახარჯებით, რაც

საბოლოო ჯამში იძლევა საქართველოში სატვირთო საავტომობილო გადაზიდვების ეფექტიანობის 15–20%-ით გაზრდის შესაძლებლობას.

2. სატვირთო ავტოსატრანსპორტო საშუალებების მუშაობის ეფექტიანობის შემფასებელი პარამეტრების შედარებითი ანლიზის შედეგად დასაბუთებულია, რომ საქართველოს საგზაო საექსპლუატაციო პირობებში სატვირთო გადაზიდვებისას ასს-ს მუშაობის ეფექტიანობის ამაღლების მთავარი ფაქტორია კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობა, რომელიც, ასს-ს საექსპლუატაციო თვისებების სრულად რეალიზების პირობებში, უზრუნველყოფს ტვირთის გადაზიდვის მაქსიმალურ კუთრ მწარმოებლურობას .

3. დამუშავებულია მთემპტიკური მოდელი, რომელიც ასს-ს კუთრი მწარმოებლურობის განმსაზღვრელი პარამეტრების – მოძრაობის საშუალო სიჩქარის და საწვავის საგზაო ხარჯის გაანგარიშების კომპიუტერზე რეალიზებისას, არსებულისაგან განსხვავებით, ითვალისწინებს ასს-ს მოძრაობის რეალური პირობების შესაბამისად გზის გრძივი და განივი პროფილის ელემენტების და სატრანსპორტო ნაკადების პარამეტრების ცვალებადობას; ძრავის ნაწილობრივ და ცვალებად სადატვირთო რეჟიმებზე მუშაობას; ასს-ს ტრანზისის საფეხურის გადართვის გარდამავალ პროცესს.

4. დამუშავებულია ასს-ს კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობის განსაზღვრის მეთოდი, რომლის შემფასებელი კრიტერიუმის – კუთრი მწარმოებლურობის საანგარიშო ფორმულაში გათვალისწინებულია კუთრი სიმძლავრისაგან დამოკიდებულებით ასს-ს საკუთარი წონის ცვალებადობის კანონზომიერება.

5. საქართველოს საგზაო პირობებისათვის დადგენილია, რომ N_2 კატეგორიის III და IV კლასის საშუალო ტვირთმზიდლობის ასს-ს კუთრი სიმძლავრის რაციონალური მნიშვნელობა შეადგენს $P_{sr}=12,5...13,0$ კვტ/ტ-ს, ხოლო N_3 კატეგორიის V, VI და VII კლასის მძიმე ტვირთმზიდლობის ავტომობილების და ავტომატარებლებისათვის – $P_{sr}=7,5...8,0$ კვტ/ტ-ს;

6. კვლევის შედეგების რეალიზება საშუალოდ 20%-ით აამაღლებს საქართველოში სატვირთო ავტომობილების კუთრი მწარმოებლურობას (კერძოდ „მაზ-6422“ მარკის ავტომატარებლის მიერ შესრულებული 1 მლნ.ტ.კმ სამუშაოს ღირებულება მცირდება დაახლოებით 1450 ლარით, ხოლო „მერსედეს-ბენც აქტროს-1853“ მარკის ავტომატარებლისათვის დაახლოებით – 1000 ლარით) და უზრუნველყოფს საწვავის საგზაო ხარჯის შემცირებას 3...4%-ით და, შესაბამისად, გამონაბოლქვ აირებში CO-ს მოცულობითი რაოდენობის შემცველობის 5...7%-ით შემცირებას.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში

1. გ. თედორაძე, რ. თედორაძე. საქართველოში საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრაობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების გაუმჯობესების გზები. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი“ №3-4 (23-24), თბილისი, 2006, გვ. 29-31.

2. გ. თედორაძე ჯ. იოსებიძე. რ. თედორაძე. საქართველოში საავტომობილო ტრანსპორტით გადაზიდვების ძირითადი მაჩვენებლები და თავისებურებები. საქართველოს საავტომობილო-საგზაო ინსტიტუტი. საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენციის– „საავტომობილო ტრანსპორტისა და ავტოსაგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების პრობლემები“ შრომების კრებული, №4, თბილისი, 2009, გვ. 202-209.

3. გ.თედორაძე, რ.თედორაძე, ლ.ზურაბიშვილი საქართველოს საავტომობილო ტრანსპორტის მართვის სისტემის განვითარება. ს/სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, №4(16), თბილისი, 2009, გვ. 43-48.

4. გ. თედორაძე. საქართველოში საავტომობილო გადაზიდვების ეფექტურობის ამაღლება მისი ორგანიზების სრულყოფის გზით. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №4(16), თბილისი, 2009, გვ. 167-171.

5. გ. თედორაძე, ჯ. იოსებიძე, თ. ავაქიძე. ავტომობილის ეკოლოგიურობაზე კუთრი სიმძლავრის და აირდიზელის გავლენის გამოკვლევა. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის- „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ შრომების კრებული. თბილისი, 2010, გვ. 165-168.

6. გ. თედორაძე. საქართველოში საავტომობილო სატვირთო გადაზიდვების ეფექტიანობის ამაღლება მახასიათებელი პარამეტრების მათემატიკური მოდელირებით. სტუდენტთა სტუ-ს 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო მე-80 საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მოხსენებათა თეზისები. თბილისი, სტუ, 2012, (გადაცემულია გამოსაქვეყნებლად)

ABSTRACT

According to current researches, one of the important factors for improvement of motor cars efficiency during cargo transportation in Georgia is the provision of adaptation of motor vehicles' traction and speed properties to driving conditions. One of the efficient methods for achievement of this task is the selection of motor vehicle's engine power according to the driving conditions, and that will stipulate high values of average speed of movement and of profitability with minimal expenses of fuel and other materials supplies.

It is established that characteristic integral parameter of assessment of motor vehicles' traction and speed properties and of their adaptation to operation conditions in real driving conditions in transportation flows is the power-to-weight ratio of motor vehicles. It characterizes the level of motor vehicle's supply with energy. Motor cars with low power-to-weight ratio are moving with low speed at the raising roads on the low steps of transmission under high load conditions (modes), and due to this fact the fuel consumption on the road increases; at the same time transportation flows traffic is hampered and traffic safety is lowered. In case of use of motor cars with high power-to-weight ratio all mentioned parameters improve.

Proceeding from abovementioned under given road conditions those value of power-to-weight ratio should be considered as the rational value of motor vehicles' power-to-weight ratio, which will ensure the complete implementation of motor vehicles' operational properties and at the same time will provide maximum specific performance of cargo transportation with minimal material expenses. According to mentioned above, from the viewpoint of cargo transportation efficiency in Georgia and by taking into account the peculiarities of operating conditions in Georgia the elaboration of methods for determination of rational power-to-weight ratio of freight transport and of creation of corresponding motor vehicles fleet is at present the topical scientific problem.

In the introduction are shown the topicality of the work, its objective, major tasks, scientific novelty and is briefly reviewed the essence of the work.

In the first chapter are considered and analyzed current literary sources, which are related to the efficiency of cargo transportation, as well as to the factors acting on it and the methods of assessment and improvement of its efficiency. It is established that basic requirements for achievement of high level of efficiency is the provision of

motor vehicles' operational properties adaptation to the road traffic conditions and complete implementation of parameters determining the efficiency of their operation.

In the second chapter are studied the capabilities of improvement of motor vehicles' efficiency during cargo transportation by road (trucking) in Georgia by means of selection of rational values of their technical parameters.

In the third chapter is given the assessment of economic and ecological efficiency of results of researches carried out within the frameworks of this work.

Within the framework of the thesis work by means of carried out researches has been established that transportation system of freight vehicle has significant reserves for improvement of the efficiency of transportation, implementation of which is to a great extent depended with the degree of adaptation of motor vehicle power-to-weight ratio to road conditions. Growth in degree of adaptation provides the increase in average speed of movement and in profitability with minimal consumption of the fuel and other material supplies, that in the end allows to rise by 15-20% the efficiency of freight transportation by road (trucking) in Georgia.

Mathematical model is elaborated, which (in case of computer implementation of calculation of motor vehicles' specific performance – average speed of movement and fuel consumption on the road) in contradistinction from the current model foresees the variability of road longitudinal and cross profile elements and of transportation stream parameters, according to real conditions of motor vehicles traffic; engine operation in partially and variable load conditions (modes); transition process of motor vehicle transmission step switching.

It is established for road condition of Georgia, that rational value of power-to-weight ratio for motor vehicles of III and IV class of N_2 category with average load-carrying capacity is equal to $P_{sr}=12,5...13,0$ kwt per ton, while for freight vehicles and motor-vehicle trains of V, VI and VII class of N_3 category with heavy load-carrying capacity $P_{sr}=7,5...8,0$ kwt per ton.

Implementation of research results will increase by 20% in average the specific performance of freight vehicles in Georgia (in particular the cost of 1 mln. ton·km work implemented by motor-vehicle train of MAZ-6622 car model is reduced by 1450 GEL, while for motor-vehicle train "Mercedes Benz Actros-1853 approximately by 1000 GEL) and will provide reduction of fuel consumption on the road by 3...4%, and respectively, 5-7% decrease in the volume content of CO in exhaust gases.