

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კ. მჭედლიშვილი, ა. ბურდულაძე

## საავტომობილო გზების დაპროექტების საფუძვლები



დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ  
სტუ-ის სარედაქციო-საგამომცემლო  
საბჭოს მიერ.

თბილისი  
2015

სახელმძღვანელო განკუთვნილია საავტომობილო გზებისა და აეროდრომების მიმართულების ბაკალავრებისა და მაგისტრანტებისთვის. იგი სასარგებლო იქნება აგრეთვე ამავე მიმართულებით მომუშავე დოქტორანტებისა და პრაქტიკოსი ინჟინრებისათვის.

სახელმძღვანელო ეყრდნობა საავტომობილო გზების დაპროექტებას ქართული საინჟინრო სკოლის მრავალი ათეული წლის გამოცდილებას მხედველობაშია მიღებული აგრეთვე რუსული და დასავლეთ ევროპული სკოლების მიღწევები საავტომობილო გზების დაპროექტებაში.

რეცენზენტი: ტ.მ.კ. მერაბ ძიძიგური

კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ზარიძის

ISBN

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2015  
<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.



## თავი 1. საავტომობილო გზების ქსელი

### 1.1. ერთიანი სატრანსპორტო სისტემა და საავტომობილო ტრანსპორტი

ტვირთებისა და მგზავრთა გადაადგილების პროცესი რომელსაც ლათინურად „ტრანსპორტი“ ეწოდება ეროვნული ეკონომიკის უმნიშვნელოვანესი დარგია. კავშირგაბმულობასა და ეკონომიკასთან ერთად იგი წარმოადგენს სამი ძირითადი დარგიდან პირველს, რომელთა გარეშე შეუძლებელია ქვეყნის ან რეგიონის არსებობა. ტრანსპორტი ხორციელდება სატრანსპორტო საშუალებით, შესაბამისი კომუნიკაციათა ქსელზე. ქსელი ჩვეულებრივ შედგება რკინიგზის და საავტომობილო გზებისაგან, საავიაციო ტრასების, სამდინარო და საზღვაო სანაოსნო ხაზებისაგან. სითხეებისა და გაზის ტრანსპორტირება წარმოებს მილსადენების საშუალებით. ტრანსპორტის ყველა სახეობა წარმოქმნის ერთიან სატრანსპორტო სისტემას, თუ ისინი მუშაობენ ურთიერთშეთანხმებით და ჯანსაღი კონკურენციის საფუძველზე ავსებენ ერთმანეთს წარმოიქმნება თითოეული მათგანის ყველაზე უფრო მიზანშეწონილი გამოყენების შესაძლებლობა. ტრანსპორტის ცალკეულ სახეობათა შორის ჯანსაღი კონკურენციის საფუძველია ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში გადაადგილების უსაფრთხოება, ეკონომიურობა და კომფორტულობა. მგზავრი და ტვირთის მფლობელი ტრანსპორტის სახეობას ირჩევს ამ ფაქტორთა გათვალისწინებით.

ტრანსპორტი ეროვნული ეკონომიკის უმნიშვნელოვანესი დარგია. მას ემსახურება ქვეყანაში არსებული მუშახელის 10–20%, ერთიანი ეროვნული პროდუქტის ღირებულებას 15–30% იქნება ტრანსპორტზე. ქვეყანაში წარმოებული ან შემოტანილი საქონელის თვითღირებულების არანაკლებ 5% (ხშირ შემთხვევაში კი 15 – 25%) შეადგენენ სატრანსპორტო დანახარჯები.

ქვეყნის ერთიანი სატრანსპორტო სისტემა ჩვეულებრივ შედგენილია ტრანსპორტის მასობრივ სახეობათაგან. საქართველოში და მსოფლიოს უამრავ ქვეყანაში ეს სახეობებია: საავტომობილო, სარკინიგზო, წყლის (საზღვაო და სამდინარო) და მილსადენი. ტრანსპორტის მასობრივ სახეობათა გარდა არსებობენ ტრანსპორტის შედარებით მცირედ გამოყენებული სხვა სახეობანი. მაგ. კიდული ანუ საბაგირო ტრანსპორტი. საქართველოში მისი მთავორიანი რელიეფის გამო საკმაოდ იყო სამრეწველო, სამგზავრო და ტურისტული დანიშნულების ბაგირგზები. ჩვენში მათ განვითარების დიდი პერსპექტივები გააჩნიათ განსაკუთრებით მაღალმთიან რეგიონებში ტურისტების მომსახურებისათვის.

მსოფლიოს ქვეყანათა უმრავლესობის სატრანსპორტო სისტემაში წამყვანი ადგილი საავტომობილო ტრანსპორტს უჭირავს ვინაიდან მხოლოდ მას შეუძლია ტვირთების გადაადგილება. მაწარმოებლიდან მომხმარებლამდე და მგზავრების გადაყვანა „კარიდან კარამდე“. ყველა სხვა სახეობის ტრანსპორტს ესაჭიროება საავტომობილო ტრანსპორტის მომსახურება და დატვირთვა გადმოტვირთვის დამატებითი ოპერაციები. ქვეყანათა უმრავლესობას მასიური ტრანსპორტის სახეობათა შორის ტვირთებისა და ტვიტობრუნვის გადანაწილებას შემდგომი კანონზომიერება ახასიათებს იხ. ცხრ. 1.1.

ცხრილი 1.1

ტრანსპორტის სახეობა	ტვირთი	ტვირთობრუნვა
საავტომობილო	80 (99)	5-10
სარკინიგზო	15	60-70
საჰაერო, წყლის, მილსადენი	5	20-35

ვინაიდან ავტომობილებს შეუძლიათ ტვირთების მიღება უშუალოდ მისი ფორმირების ადგილზე და მიტანა დანიშნულების ადგილზე ყოველგვარი გადატვირთვების გარეშე ტვირთების 80% გადაადგილდება მხოლოდ ავტომობილებით, ხოლო 99% ავტომობილების მონაწილეობით. საავტომობილო ტრანსპორტი წარმოადგენს ყველაზე უფრო ეფექტურ ტრანსპორტის სახეობას შედარებით მოკლე მანძილზე (ნაკლები 1000კმ) კონკრეტულ მარშრუტზე შედარებით მცირე მოცულობის (არაუმეტეს 1 მლნ ტ ტვირთისა წელიწადში) გადაზიდვებისათვის.

მაგისტრალური საავტომობილო გზების ქსელის შექმნის შემდეგ საავტომობილო ტრანსპორტმა მიიღო უპირატესი მნიშვნელობა შორ მანძილზე, მალეფუჭებადი და სასწრაფო ტვირთის გადაზიდვისათვის. მგზავრთა გადაყვანა საავტომობილო ტრანსპორტით ხორციელდება უფრო ოპერატიულად, რეისების მეტი სიხშირით, ვიდრე ტრანსპორტის სხვა სახეობით ამიტომაცაა, რომ საავტომობილო ტრანსპორტით გადაზიდულ ტვირთებს და გაყვანილ მგზავრთა საერთო რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება იგივე მაჩვენებელს სხვა სახის ტრანსპორტზე. ამასთანავე საავტომობილო ტრანსპორტს ახასიათებს რიგი უარყოფითი მოვლენაც, მათგან ყველაზე მნიშვნელოვანია ერთეულ სატრანსპორტო სამუშაოზე საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევებში დაღუპულთა და დასახიჩრებულთა აგრეთვე მატერიალური ზარალის ყველაზე მეტი რაოდენობა სხვა სახის ტრანსპორტთან შედარებით. აღსანიშნავია აგრეთვე

ეკოლოგიური სიტუაციის გაუარესებაში თბური ძრავებით აღჭურვილი ავტომობილების უდიდესი როლი.

ახლო მომავალში საქართველოში გათვალისწინებულია საავტომობილო ტრანსპორტის შემდგომი განვითარება, განსაკუთრებით ტვირთების სატრანზიტო ნაკადების მოცულობათა ზრდა.

განსაკუთრებით დიდია საავტომობილო ტრანსპორტის მნიშვნელობა ნაკლებად დასახლებული და მაღალმთიანი რაიონების ათვისების საქმეში. იგი საშუალებას იძლევა ტვირთების გადაზიდვები ვაწარმოთ ოპერატიულად და ეკონომიურად ვიდრე რკინიგზის ტრანსპორტის გამოყენების შემთხვევაში.

საავტომობილო ტრანსპორტი აუცილებელი შემადგენელი ნაწილია სოფლის მეურნეობისა და მშენებლობის დარგებისათვის. იგი უდიდეს როლს თამაშობს ტურიზმის განვითარებაში. ქვეყნის თავდაცვის უნარიანობის განმტკიცებაში.

## **1.2. საავტომობილო გზების ქსელი და მისი როლი საავტომობილო ტრანსპორტის ეფექტურობის უზრუნველყოფაში**

გზები, რომლებიც ერთმანეთთან დასახლებულ პუნქტებს, სამრეწველო ცენტრებსა და სასოფლო-სამეურნეო რაიონებს, ქმნიან საავტომობილო გზების ქსელს. განსაზღვრული მიმართულებით გადასაზიდი ტვირთები ქმნიან სხვადასხვა სიდიდის ტვირთნაკადებს.

საავტომობილო გზების ქსელის მოხაზულობა პირველ რიგში უნდა შეესაბამებოდეს ტვირთების და მგზავრთა გადაადგილების მთავარ მიმართულებებს. ქვეყანაში საერთო სარგებლობის საგზაო ქსელის საფუძველია საერთაშორისო დანიშნულების საავტომობილო მაგისტრალების ქსელი, რომელიც განკუთვნილია შორ მანძილზე მგზავრთა ჩქაროსნული გადაყვანისა და ტვირთის გადაზიდვისათვის, მეზობელი ქვეყნების საგზაო ქსელთან და მნიშვნელოვან ცენტრებთან დასაკავშირებლად. საავტომობილო მაგისტრალების ქსელის დაგეგმვაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს აგრეთვე ქვეყნის თავდაცვის მოთხოვნები, ადმინისტრაციული, კულტურული და სამეურნეო კავშირების უზრუნველყოფა ცალკეულ რეგიონებს შორის, ავტომაგისტრალების საერთაშორისო ქსელთან დაკავშირება.

საერთო სარგებლობას გზების ქსელის მნიშვნელოვანი ნაწილია შიდასახელმწიფო მნიშვნელობის გზები, რომლებიც ასრულებენ იგივე ფუნქციებს რეგიონების მასშტაბით. ადგილობრივი მნიშვნელობის გზები თავის

მხრივ, წარმოადგენენ რეგიონების შიგნით რაიონული მნიშვნელობების გზების ქსელს.

საერთო სარგებლობის ქსელის გარდა არსებობენ შიგასამეურნეო გზები, რომლებიც ემსახურებიან გადაზიდვებს სასოფლო მეურნეობის საველე უბნებსა და საწყობებს შორის, ტყის უბნებსა და ტყის გადამამუშავებელ საწარმოთა შორის, სამრეწველო საწარმოთა ცალკეულ საამქროებსა და საწყობებს შორის.

რამდენადაც მეტია გზის ადმინისტრაციული მნიშვნელობა, მით უფრო მეტი ავტომობილი მოძრაობს მასზე და მით უფრო სრულყოფილად უნდა აიგოს იგი.

საგზაო ქსელის დაპროექტების დროს მაქსიმალურად უნდა გამოვიყენოთ მაგარი საფარის მქონე არსებული გზები. ამიტომ, საგზაო ქსელის დაგეგმვისას თვალსაჩინო ადგილი უკავია გზის რეკონსტრუქციის სამუშაოებს - ძველი გზების მისადაგებას თანამედროვე ჩქაროსნული საავტომობილო მოძრაობის მოთხოვნებისადმი.

როგორც წესი მთავრობის მიერ დადგენილი ქვეყნის განვითარების პრიორიტეტული მიმართულებები, აგრეთვე თავდაცვის უნარიანობის განმტკიცების ამოცანები პირველ რიგში აუცილებლად უნდა ითვალისწინებდნენ საგზაო ქსელის შესაბამის განვითარებას და გაუმჯობესებას.

ჩვენი ქვეყნის შემდგომი განვითარებისათვის აუცილებელია მაღალმთიან ნაწილში ახალი დასახლებული პუნქტების შექმნა და ძველების აღდგენა, ნაკლებად დასახლებულ რაიონებში სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების დამუშავება, დაჭაობებული და გვაღვიანი ზონის მიწების გამოყენება, საერთაშორისო ტურიზმის განვითარება და ახალი საკურორტო ზონების შექმნა, თავდაცვის უნარიანობის გამტკიცება. ყოველივე ეს კი მოითხოვს თვისობრივად ახალი საგზაო ქსელის შექმნას.

### **1.3. მოძრავი შემადგენლობა საავტომობილო გზებზე**

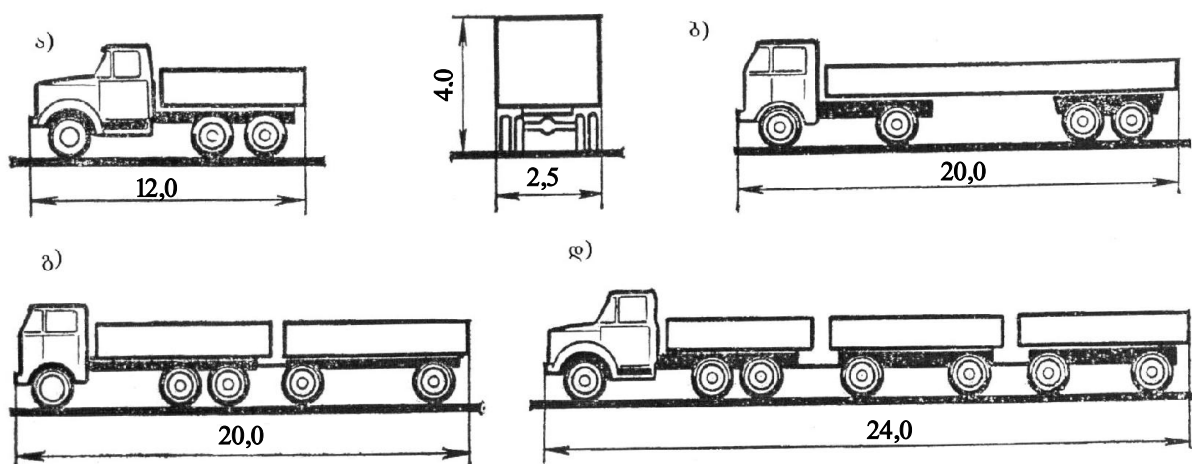
თანამედროვე საავტომობილო გზა განკუთვნილია მხოლოდ ერთი ტიპის სატრანსპორტო სახეობის - ავტომობილების გატარებისათვის. მუხლუხა მანქანები, საჭაპანო ოთხთვალები, ურმები და ა.შ. უნდა მოძრაობდნენ პარალელურად მოწყობილ, გრუნტის ან სპეციალურ სატრაქტორო გზებზე. ამიტომ, საავტომობილო გზებზე მოძრავი შემადგენლობის ძირითადი სახეობებია - ავტობუსები, მსუბუქი და სატვირთო ავტომობილები, ავტომატარებლები.

დასაშვებია მოტოციკლების, აგრეთვე რეზინის სალტებიანი ტრაქტორებისა და სასოფლო-სამეურნეო მანქანების გავლა. როგორც ნებისმიერი საინჟინრო ნაგებობას, გზას შეუძლია მხოლოდ იმ დატვირთვების და ისეთი რაოდენობის გატარება, რომელზედაც იგი გაანგარიშებულია დაპროექტებისას.

ავტომობილების გაბარიტებისა და წონის მიმართ წაყენებული მოთხოვნები დადგენილია საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად. ის ითვალისწინებს საერთაშორისო და შიდასახელმწიფოებრივი დანიშნულების გზებზე და იმ გზებზე რომლებზედაც სპეციალურად არის მითითებული საპროექტო დავალებაში, ავტომობილებისა და ავტობუსების მოძრაობის შესაძლებლობას ზღვრული დატვირთვით მათ თითოეულ დერძზე 10 ტმ; ხოლო ორი შეწყვილებული დერძისათვის – 18 ტმ (A ჯგუფის ავტომობილები). დანარჩენი გზებისათვის დადგენილია ზღვრული დერძული დატვირთვა შესაბამისად 6 და 10 ტმ (B ჯგუფის ავტომობილები). A ჯგუფის ავტომობილების თვლებში საშუალო წნევა გზის ზედაპირზე არ უნდა აღემატებოდეს 6, 5კგს/სმ<sup>2</sup>, ხოლო B ჯგუფისათვის 5,5კგს/სმ<sup>2</sup>.

ამრიგად ზოგ ქვეყანაში სადაც შემოდგომა გაზაფხულზე მიწის ვაკისის სიმტკიცე კლებულობს ავტომობილების გარკვეული ტიპის მოძრაობა მეორეხარისისოვან გზებზე შეზღუდულია. მათი გადაადგილება დაიშვება მცირე რაოდენობით და ისიც მხოლოდ წლის მშრალ პერიოდებში.

ავტომობილის გაბარიტული ზომები საერთაშორისო სტანდარტების მიხედვით შეზღუდულია სიმაღლეში 4,0 მ-ით, ხოლო სიგანეში 2,5 მ-ით (იხ. ნახ. 1.1).



ნახ. 1.1. გზებზე მოძრავი ავტომობილებისა და ავტომატარებლების ზღვრული გაბარიტული ზომები:

- ა, ბ – სატვირთო ავტომობილები; გ – ორდერძა უნაგირა გამწე ნახევარ მისაბმელით; დ – სამდერძა მისაბმელით;
- ე – სამდერძა გამწევი ორი ორდერძა მისაბმელით

საავტომობილო გზების პროფილისა და გეგმის ელემენტების განსაზღვრისათვის საანგარიშო ფორმულებში შედის მთელი რიგი მახასიათებლები, რომლებიც ავტომობილებს ფართო საზღვრებში ეცვლებათ. მათ რიცხვს მიეკუთვნება მაგ. ავტომობილების დინამიური თვისებები, მსუბუქი ავტომობილის მძღოლის თვალის მდებარეობა სავალი ნაწილის დონისა და მისი წიბოს მიმართ და სხვა. ეს ქმნის დიდ სიძნელეებს გზების საექსპლუატაციო თვისებების შეფასებისას, ვინაიდან ზუსტად არ არის ცნობილი, მსუბუქი ავტომობილის რომელ მოდელზეა საჭირო ორიენტირება. მოძრაობის სინქარების ანალიზს ჩვეულებრივად აწარმოებენ სატრანსპორტო საშუალებათა ნაკადში ყველაზე გავრცელებულ საშუალო ლიტრაჟიან მსუბუქ და საშუალო ტვირთამწვობის სატვირთო ავტომობილზე.

საავტომობილო გზებზე ხიდების პროექტებში ითვალისწინებენ უფრო მეტ დატვირთვებს, ვიდრე გზებისათვის, ვინაიდან ხიდების სამსახურის ვადა მნიშვნელოვნად აჭარბებს საგზაო სამოსის კონსტრუქციების სამსახურის ვადას.

#### **1.4. საავტომობილო გზებზე მოძრაობის მახასიათებლები**

ერთი მიმართულებით და სხვადასხვა სიჩქარით მოძრავი განსხვავებული ტიპის ცალკეული ავტომობილები გზაზე წარმოქმნიან სატრანსპორტო საშუალებათა ნაკადს. რამდენადაც უფრო მეტი ავტომობილი მოძრაობს ნაკადში, მით უფრო მკაცრი მოთხოვნები უნდა იყოს წაყენებული გზისადმი. გზის გეომეტრიული ელემენტების დასაბუთების დროს იყენებენ ავტომობილთა ნაკადის სხვადასხვა მახასიათებლებს.

ავტომობილის სამოძრაო ზოლების რაოდენობის განსაზღვრისათვის, მიწის ვაკისისა და სავალი ნაწილის სიგანის დასაბუთებისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ავტომობილების რაოდენობას, რომლებიც გაივლიან გზაზე განსაზღვრული დროის განმავლობაში. ამიტომ, გზებზე მოძრაობის ძირითად მახასიათებლად ღებულობენ ავტომობილების საერთო რაოდენობას, რომლებიც გაივლიან დროის ერთეულში (დღე-ღამეში, საათში) გზის რომელიმე განივკვეთზე. ამ მახასიათებელს ეწოდება მოძრაობის ინტენსიობა.

გზის მუშაობის პირობების შეფასებისას მოძრაობის ინტენსიობას თუ გამოვხატავთ გამავალი ავტომობილების მხოლოდ ფაქტიური, საერთო რაოდენობით, მათი ტიპების მიუხედავად ეს არასაკმარისი იქნება. გზაზე გარკვეული სიჩქარით მოძრავი რამდენიმე ავტომობილის გავლა მძიმე



მისაბმელით, დატვირთვისა და ხანგრძლიობის მიხედვით არაა ეკვივალენტური იგივე რაოდენობის სწრაფმავალი მსუბუქი ავტომობილების გავლისა, ამიტომ მოძრაობის ფაქტიური ინტენსიობა დაჰყავთ მსუბუქი ავტომობილების ეკვივალენტურ რაოდენობამდე. ამისათვის იყენებენ დაყვანის კოეფიციენტებს, რომლებიც გვიჩვენებს თუ რამდენ მსუბუქ ავტომობილს შეუძლია გაიაროს გზის უბანზე ერთი სატვირთო ავტომობილის ან ავტომატარებლის გავლის დროის განმავლობაში. ამ კოეფიციენტებზე ამრავლებენ თითოეული ტიპის ავტომობილების რაოდენობას.

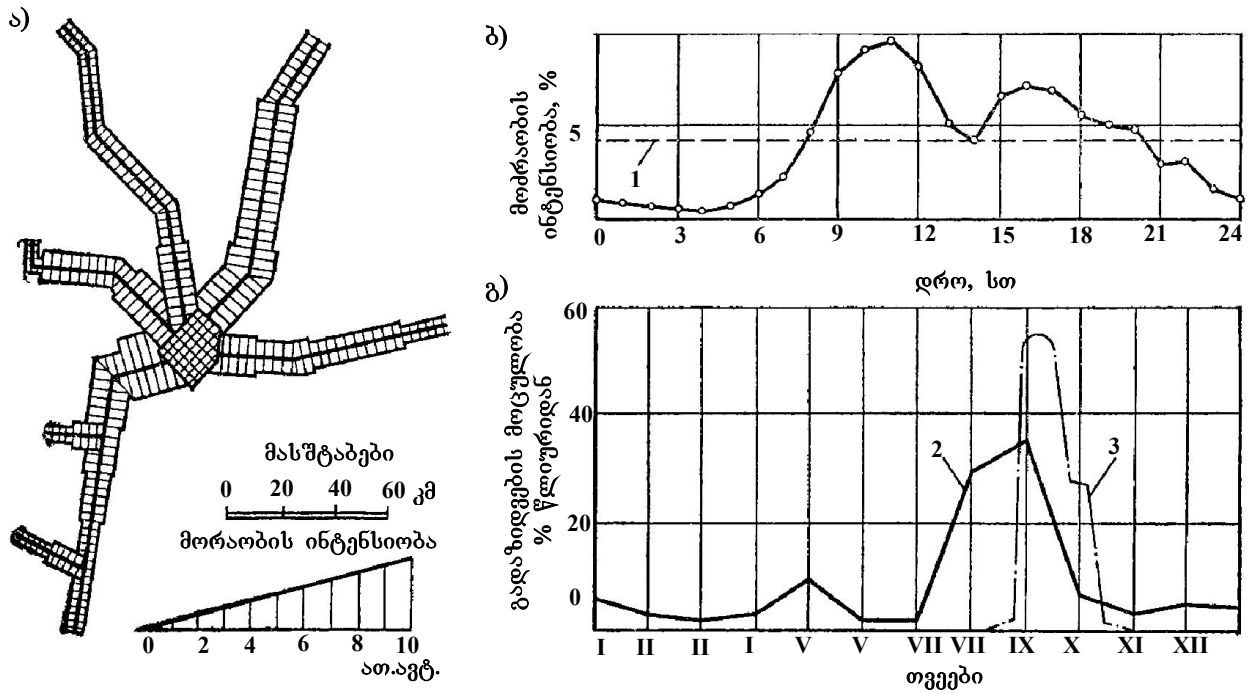
მოძრაობის დაყვანილი ინტენსიურობის განსაზღვრისათვის იყენებენ შემდეგ კოეფიციენტებს:

ცხრილი 1.2

სატრანსპორტო საშუალებების ტიპი	დაყვანის კოეფიციენტი
მსუბუქი ავტომობილები	1, 0
მოტოციკლები	0,5
სატვირთო ავტომობილები	1, 5-4, 5
ავტომატარებლები	5, 0 -6, 0

დაყვანის კოეფიციენტები ავტობუსებისათვის ისეთივეა, რაც სატვირთო ავტომობილებისათვის, რომელთა ბაზაზეც არიან ისინი აგებული. დასერილი და მთიანი ადგილებისათვის დაყვანის კოეფიციენტებს ადიდებენ შესაბამისად 1,4 და 2-ჯერ.

მოძრაობის ინტენსიობა იცვლება გზის ცალკეული უბნების მიხედვით, იზრდება ქალაქებთან, მსხვილ დასახლებულ პუნქტებთან და რკინიგზის სადგურებთან მიახლოვებისას, მცირდება სამარშრუტო უბნების შუაში (ნახ. 1.2. ა). მოძრაობის ინტენსიობა არა არის მუდმივი დღე-ღამის განმავლობაში და მკვეთრად მცირდება ღამის საათებში (ნახ. 1.2. ბ) არ არის მუდმივი აგრეთვე წლის განმავლობაში (ნახ. 1.2. გ). აგრარული რაიონების გზებზე მოსავლის აღების პერიოდში გადაზიდვების მოცულობა და შესაბამისად მოძრაობის ინტენსიურობაც მნიშვნელოვნად იზრდება. სადღესასწაულო დღეებში სატვირთო ავტომობილების მოძრაობა მცირდება, ხოლო მსუბუქისა, პირიქით - იზრდება. გზებზე მოძრაობის ინტენსიობის ხშირ მერყეობასთან დაკავშირებით საანგარიშო პერიოდისათვის მიღებულია მისი საშუალო სიდიდეები, მაგალითად მოძრაობის საშუალო წლიური სადღეღამისო ინტენსიობა (ნახ. 1.2. ბ „1“).



ნახ. 12. მოძრაობის ინტენსიობის ცვლილება მისასვლელი გზის სხვადასხვა უბანზე ა), დღელამის განმავლობაში ბ) თვეების მიხედვით გ)

შეიძლება ასევე ვისარგებლოთ მაქსიმალური ინტენსიობით, რომელიც გვხვდება გზის ყველაზე უფრო დიდ დატვირთვის დროს. მაგალითად სასოფლო – სამეურნეო წარმოების პროდუქტების გადაზიდვისას ნახ. 12. გ („2“ – მარცვლეული „3“ – ყურძენი). მოძრაობის ასეთი ინტენსიობა მნიშვნელოვნად აღემატება საშუალო წლიურს. ამ შემთხვევაში გზის პროფილისა და გეგმის ელემენტების გაანგარიშებისას ითვალისწინებენ საშუალო ინტენსიობას პიკის პერიოდში, რაც არანაკლებ 1,5-ჯერ მეტია მის საშუალო წლიურ ინტენსიობაზე.

ინტენსიობა არ წარმოადგენს მოძრაობის ამომწურავ მახასიათებელს. საავტომობილო გზების დაპროექტებისა და ექსპლუატაციის ზოგიერთ ამოცანათა გადაწყვეტისათვის სარგებლობენ სხვა სახის მახასიათებლებითაც.

ასე, მაგალითად: საგზაო სამოსის სიმტკიცის გაანგარიშებისათვის მნიშვნელოვანია დატვირთვების არამარტო რაოდენობა არამედ სიდიდეც. ვინაიდან მძიმე ავტომობილის ერთი გავლა გზაზე ზოგჯერ ახდენს უფრო დამანგრეველ ზემოქმედებას ვიდრე მრავალი შედარებით მსუბუქი ავტომობილის გავლა. ამის გამო საჭიროა მოძრაობის ფაქტიური ინტენსიობა დაიყვანა რომელიმე, საანგარიშოდ მიღებული მძიმე ავტომობილის მოძრაობის ეკვივალენტურ (დაყვანილ) ინტენსიობაზე.

სამრეწველო საწარმოთა გზების დაპროექტების დროს სადაც მსუბუქი ავტომობილების მოძრაობა პრაქტიკულად არ ხდება, სატრანსპორტო ნაკადს

ახასიათებენ ტვირთ დაძაბულობით ანუ ერთი წლის განმავლობაში გადაზიდული ტვირთების (ნეტო მასის მიხედვით) რაოდენობით. მოძრავი შემადგენლობის დეტალური დახასიათებისათვის ავტომობილებს ჩვეულებრივ ჰყოფენ 4 ძირითად კატეგორიად: ძალზე მცირე ტვირთამწეობით 1,5 ტ-მდე, მცირე - 1,5-დან 3 ტ - მდე, საშუალო –3- დან 7 ტ -მდე და დიდი 7 ტ. უფრო მეტი ტვირთამწეობით.

კარიერებში, სამშენებლო მოედნებზე გამოსაყენებლად განკუთვნილია ზემოთხსენებულ ტვირთამწეობის ავტომობილები 40, 60 და მეტი ტ ტვირთამწეობით. მათი გავლა საერთო სარგებლობის საავტომობილო გზებზე შეიძლება მხოლოდ ერთეულ შემთხვევებში, საგზაო სამოსების მუშაობისათვის წლის ხელსაყრელ პერიოდში, დაუტვირთავ მდგომარეობაში.

ჩვეულებრივ ერთი ქვეყნის ან რეგიონის სხვადასხვა გზებზე მოძრაობის ნაკადების საშუალო შემადგენლობა შედარებით მუდმივია და შეიცავს: 5-10% ავტობუსებს, 15-20% სატვირთო ავტომობილებს (მათ შორის 5% მოსაბმელიან ავტომობილებს, 10% ავტომობილებს 7 ტ-ზე ნაკლები ტვირთამწეობით) და 70-80% მსუბუქ ავტომობილებს. საქართველოში მსუბუქი ავტომობილების რიცხვი საერთო ნაკადში განუწყვეტლივ იზრდება, განსაკუთრებით საკურორტო რაიონებში სადაც გზებზე მსუბუქი ავტომობილების რაოდენობა ხშირად აღწარბებს 90%-ს. საერთაშორისო სატრანსპორტო კორიდორებზე საქართველოს ტერიტორიის ჩართვის შემდეგ ჩვენს საერთაშორისო დანიშნულების მაგისტრალზე ფართოდ გავრცელდა ავტომობილები და ნახევარმისაბმელიანი უნაგირა გამწეები 20-25 ტ ტვირთამწეობის მისაბმელებით.

## 1.5. საავტომობილო გზების კლასიფიკაცია

ქვეყნის ეროვნული ეკონომიკისა და კულტურული ცხოვრებისათვის მნიშვნელობის, ასევე ადმინისტრაციული დაქვემდებარების მიხედვით საავტომობილო გზები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

საერთაშორისო მნიშვნელობის მაგისტრალური გზები, რომლებიც განკუთვნილია მეზობელი ქვეყნების მსხვილ ადმინისტრაციულ, სამრეწველო და კულტურულ ცენტრებს შორის და სახელმწიფოთა უმნიშვნელოვანეს რაიონებს შორის ჩქაროსნული საავტომობილო მიმოსვლისათვის;

შიდა სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის მაგისტრალური გზები – რეგიონების ცენტრებსა და ქვეყნის მასშტაბით მსხვილ დასახლებულ პუნქტებს შორის საავტომობილო მიმოსვლისათვის.

ადგილობრივი მნიშვნელობის გზები, რომლებიც აკავშირებენ ერთმანეთთან რაიონულ ცენტრებს, დასახლებულ პუნქტებს და მსხვილ სამრეწველო წარმოებებს, რკინიგზის სადგურებს და ნავსადგომებს. გადაზიდვების ძირითადი მოცულობა სრულდება შიდასახელმწიფოებრივ და ადგილობრივი მნიშვნელობის გზებზე ვინაიდან სიგრძის მიხედვით ისინი შეადგენენ საგზაო ქსელის არანაკლებ 80%.

გარდა ზემოხსენებული ტიპებისა საერთო სარგებლობის ქსელში შეიძლება გამოვეყოთ ე.წ. საპარკო და საკურორტო გზები. საპარკო გზები ემსახურებიან ნაკრძალებსა და ეროვნულ პარკებში ტურისტების გადაადგილებას. საკურორტო გზები კი უპირატესად განკუთვნილი საკურორტო რაიონებში მგზავრთა მიმოსვლისათვის;

ცალკე შეიძლება გამოვეყოთ: მისასვლელი გზები უმსხვილეს ქალაქებთან და სამრეწველო ცენტრებთან მიმდებარე რაიონებთან მათი დაკავშირებისათვის;

ქალაქის და დასახლებული ადგილების ქუჩები (გზები), რომლებიც ემსახურებიან შიგა სამგზავრო და სატვირთო გადაზიდვებს.

სამრეწველო საწარმოების, ცალკეული აგრარული, სატყეო მეურნეობის და სხვა კერძო მეურნეთა კუთვნილი გზები, რომლებზედაც ხორციელდება შიგასამეურნეო გადაზიდვები არ შედიან საერთო სარგებლობის გზების ქსელში და მიეკუთვნებიან ე.წ. შიდასაწარმოო გზებს. მათზე სახელმწიფოს მიერ დადგენილ ნორმატიულ-ტექნიკურ მოთხოვნებს მხოლოდ სარეკომენდაციო ხასიათი აქვთ.

საავტომობილო გზის დანიშნულება და ტექნიკური პარამეტრები დამოკიდებული მოძრაობის ინტენსიობაზე. რაც უფრო ინტენსიურია მოძრაობა მით უფრო სრულყოფილი უნდა იყოს გზა და მისი ტექნიკური აღჭურვილობა.

გზის დანიშნულებისა და პროექტის შედგენის პერიოდიდან მოძრაობის ინტენსიობის 20 წლის პერსპექტიული სიდიდის მიხედვით, საქართველოს საავტომობილო გზებს ჰყოფენ სხვადასხვა კატეგორიად (ცხრ. 1.3).

თუ მოძრაობის მაღალი ინტენსიობის პირობებში ავაგებთ გზას შედარებით დიდი ქანობებით, მკვეთრი მოსახვევებით და ვიწრო სავალი ნაწილით მშენებლობა იაფი დაჯდება, სამაგიეროდ გზაზე ავტომობილები ვერ იმოძრავენ მაღალი სიჩქარით. ამის გამო გზაზე ექსპლუატაციის მთელ პერიოდში გადაზიდვების თვითღირებულება დიდი იქნება და საბოლოოდ ეროვნულ ეკონომიკას მოუწევს მეტად მძიმე და ზედმეტი ხარჯების გაღება.

უნდა აღინიშნოს, რომ გზის მნიშვნელობა ფასდება არამარტო მოძრაობის ინტენსიობით ან მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ღირებულებით,

ითვალისწინებენ ასევე გზის მნიშვნელობას ეროვნული ეკონომიკისა თავდაცვისათვის, აგრეთვე გზის როლს სატრანსპორტო ქსელში. ზოგჯერ გზებს აგებენ მაღალი ტექნიკური მოთხოვნების დაცვით მოძრაობის შედარებით მცირე ინტენსიობის მიუხედავად, ასეთია მაგალითად: მისასვლელები მსხვილ აეროპორტებთან, გზები ბუნებრივ ნაკრძალებსა და საკურორტო ადგილებში, ქალაქგარე დასვენების ზონებში, სადაც მგზავრების, ტურისტებისა და დამსვენებლებისათვის უნდა უზრუნველყონ მოძრაობის მაქსიმალური კომფორტი.

ცხრილი 1.3

პარამეტრების დასახელება		საავტომობილო გზის დანიშნულება							
		საერთაშორისო		შიდასახელ- მწიფოებრივი			ადგილობრივი		
ტექნიკური კატეგორია		IA	IIA	IB	IIB	IIC	IID	IIIA	IIIB
საანგარიშო სიჩქარე, კმ/სთ	ძირითადი	120	100	100	80	70	60	40	40
	შეზღუდული პირობები	100	80	80	70	60	50	30	15
	გამონაკლის შემთხვევაში	80	60	60	50	40	30	20	10
მოძრაობის ინტენსიობა მს. ავტ/დღ.	პიკის პერიოდი	22000	8000	19100	7000	6000	5000	3000	1000
	საშუალო წლიური	15000	6000	14250	4000	3000	3000	1000	300

ასევე არ შეიძლება შევიზღუდოთ მხოლოდ მოძრაობის მოსალოდნელი ინტენსიობით პიონერულ (პირველადი) გზების დაპროექტების დროსა ახლადათვისებულ ნაკლებად დასახლებულ რაიონებში. ასეთი გზა, მომავალში შესაძლოა გადაიქცეს დიდი ინტენსიობის მქონე მაგისტრალურ გზად, რომლის გარშემოც გაშენდება რაიონის ინფრასტრუქტურა. ამიტომ პიონერული გზები საჭიროა აშენდეს რაიონის განვითარების შორეული პერსპექტივების გათვალისწინებით ტრასის გეგმისა და გრძივი პროფილის უფრო მაღალი ტექნიკური კატეგორიის ნორმატივებით.

გზის გეომეტრიულ ელემენტებს ანგარიშობენ ცალკეული მსუბუქი ავტომობილების უსაფრთხო მოძრაობის პირობიდან კარგი ხილვადობის დროს, სველ, სუფთა საფარზე საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობისას.

ავტომობილების მოძრაობის სიჩქარეები სხვადასხვა კატეგორიის გზების გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტების გაანგარიშებისათვის მოცემულია ცხრ. 1.3-ში.

I და II კატეგორიის გზებისთვის მოძრაობის ძირითადი საანგარიშო სიჩქარე ტოლია თანამედროვე, საშუალო ლიტრაჟის ძრავიანი მსუბუქი ავტომობილით მოძრაობის საშუალო სიჩქარეებისა, ხოლო III კატეგორიის გზებისათვის საანგარიშო სიჩქარე უახლოვდება სატვირთო ავტომობილების მოძრაობის საშუალო სიჩქარეებს. დაბალი კატეგორიის ადგილობრივი გზები ზღუდავენ ავტომობილების შესაძლებლობებს სრულად გამოიყენონ თავისი დინამიური თვისებები. ამიტომ თუ, საავტომობილო გზების დაპროექტებისას ადგილობრივი პირობები იძლევა შესაძლებლობას და არ იწვევს მშენებლობის ღირებულებისა და სამუშაოების მოცულობის არსებით გადიდებას, საჭიროა გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტების ისეთ სიდიდეთა დანიშვნა, რომლებიც უზრუნველყოფენ მოძრაობას უფრო მაღალი სიჩქარეებით.

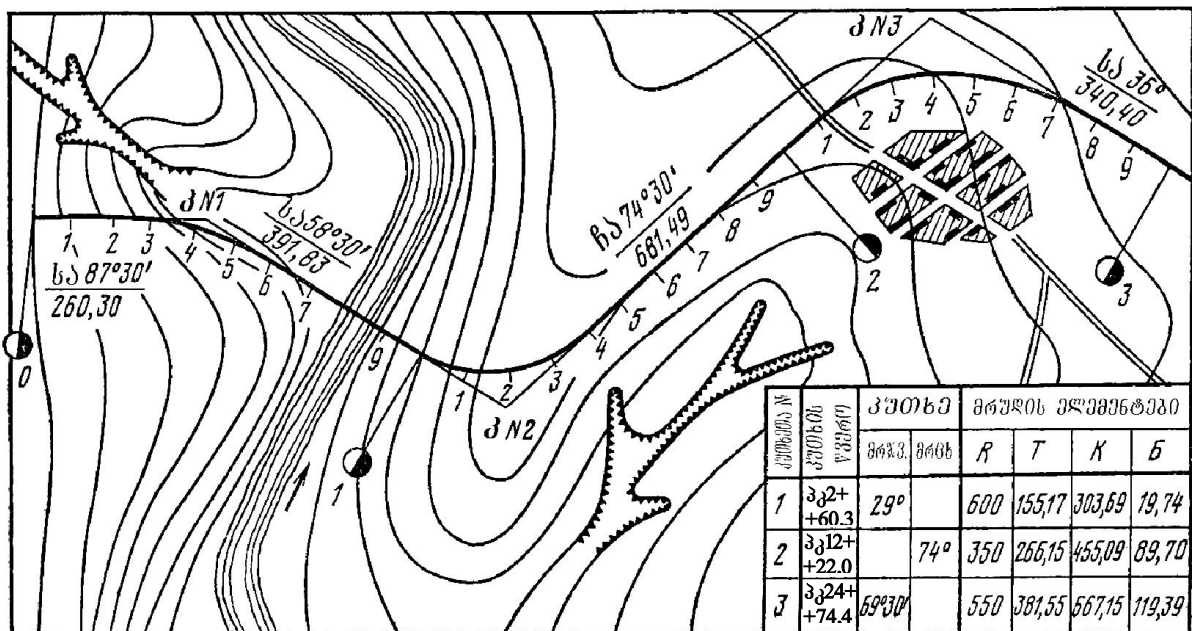
ავტომობილის მოძრაობის საანგარიშო სიჩქარეები, რომლებიც მიღებულია საქართველოში, დაახლოებით შეესაბამება სხვა ქვეყნებში მიღებულ საანგარიშო სიჩქარეებს. ასე, მაგალითად: იტალიის, გერმანიის, საფრანგეთისა და ნიდერლანდების საავტომობილო მაგისტრალებზე, საანგარიშო სიჩქარედ მიღებულია 140 კმ/საათი (ვაკე ადგილებში), ინგლისში – 120 კმ/ საათი, აშშ - ში 112 კმ/ საათი.

## თავი 2. საავტომობილო გზის ელემენტები

### 2.1. გზის გეგმის ელემენტები

საავტომობილო გზებმა უნდა უზრუნველყონ მგზავრების და ტვირთების უსაფრთხო, ეკონომიური და კომფორტული გადაადგილება ეკოლოგიურად სუფთა გარემოში. ერთი შეხედვით ამ მოთხოვნათა სრული დაკმაყოფილება შეუძლია გზას, აგებულს სწორ ხაზზე (წრფეზე), რომელიც აერთებს მოცემულ წერტილებს. მაგრამ, უმოკლესი მიმართულებით გზის აგებას აფერხებენ რელიეფის ელემენტები (მთები, ხრამები) წყლისაგან შექმნილი წინაღობანი (ჭაობები, ტბები, მდინარეები), ნაკრძალები, გზების გაყვანის აუცილებლობა შუალედურ პუნქტებთან, მდინარეების, რკინიგზებისა და არსებული საავტომობილო გზების გადაკვეთისათვის მოხერხებულ ადგილებზე ასევე გზის გაყვანის მიზანშეუწონლობა სოფლის მეურნეობისათვის ძვირფას მიწებზე და ა.შ.

ნახ. 2.1-ზე ნათლად ჩანს, რომ ხრამის დამრეცი ფერდობების, დასახლებული პუნქტების შემოვლისა და ხრამის გადაკვეთის თავიდან აცილების საჭიროებამ გამოიწვია გადახვევა უმოკლესი სწორი მიმართულებიდან და გზის გეგმამ მიიღო მრუდების შეუღლებული ტეხილი ხაზის სახე.

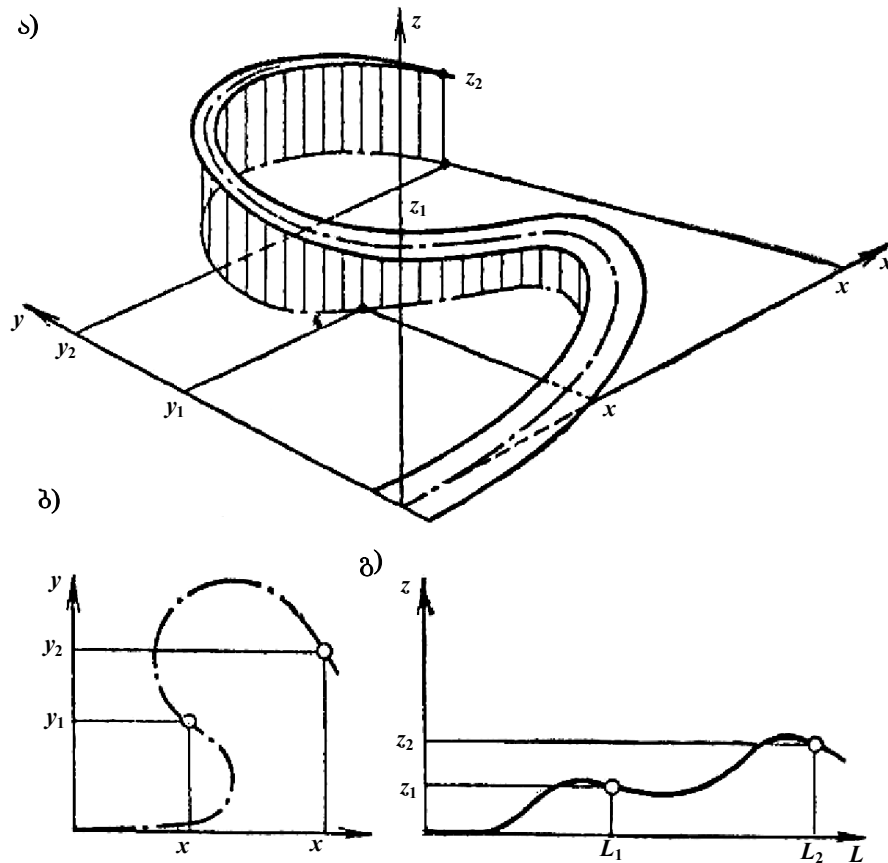


ნახ. 2.1. გზის ტრასის გეგმა

ავტომობილების უსაფრთხო და კომფორტული მოძრაობისათვის გზის გეგმის ტეხილ ხაზს არბილებენ მის კუთხეებში წრის რკალების და თანდათან ცვალებად რადიუსიანი მრუდების ჩაწერით.

გზის დაგრობლებას, რომელიც გამოწვეულია მოხვევის კუთხეების შეტანით, ახასიათებენ განვითარების, ანუ დაგრობების კოეფიციენტით, რომელიც ტოლია გზის ფაქტიური სიგრძის ფარდობისა პირდაპირ მიმართულებაზე (საპარო ხაზზე) გადაზომილ მანძილთან.

გზის გეომეტრიული ღერძს სივრცეში ეწოდება ტრასა. ტრასა დაბრკოლებათა შემოვლისა და გადალახვისას იცვლის თავის მიმართულებას გეგმაში და პროფილში, ამიტომ ის წარმოადგენს რთულ სივრცულ ხაზს (ნახ. 2.2).



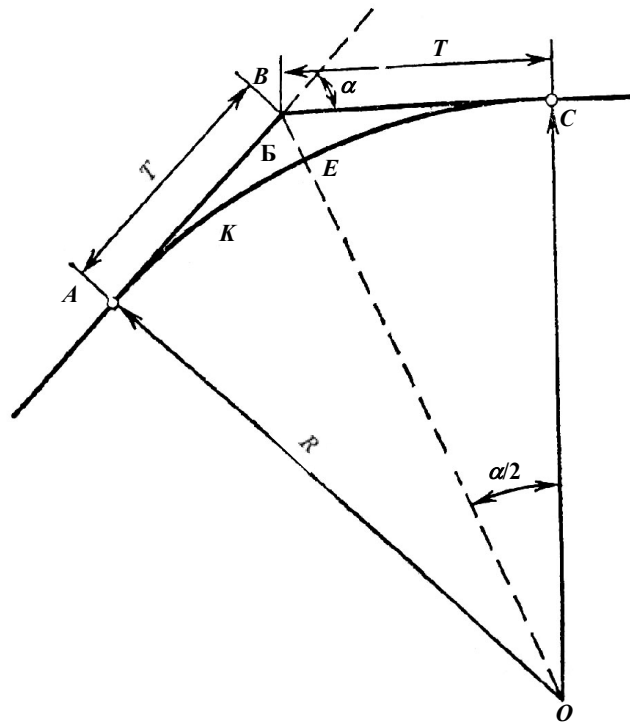
ნახ. 2.2. გზის ღერძი, როგორც სივრცობრივი მრუდი:  
 ა - გზის ვაკისის ხედი აქსონომეტრიაში; ბ - გზის გეგმა;  
 გ - გრძივი პროფილი.

შემცირებულ მასშტაბში ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე ტრასის პროექციის გრაფიკულ გამოსახულებას ეწოდება ტრასის გეგმა.

ტრასის მიმართულების შეცვლა განისაზღვრება მოხვევის კუთხით, რომელიც იზომება ტრასის მიმართულების გაგრძელებასა და მის ახალ მიმართულებას შორის. მოხვევის კუთხეებს თანმიმდევრულად ნომრავენ გზის გასწვრივ - ტრასის სიგრძის მიხედვით. დაპროექტებული ტრასის ადგილზე ზუსტად გადატანის მიზნით, მის ორიენტირება წარმოებს დედამიწის მხარესთან შეფარდებით. ამ მიზნით გამოთვლიან ტრასის სწორი უბნების რუმბებს (ნახ. 2.1).



გზის გეგმაზე მრუდეთა გეომეტრიული ელემენტებია (სურ. 2.3): მოხვევის კუთხე  $\alpha$  რადიუსი  $R$ , მრუდის სიგრძე  $K$ , ტანგენსი  $T$  და ბისექტრისა  $B$ .



ნახ. 2.3. ჰორიზონტალური მრუდის კუთხის ელემენტები:  
 $\alpha$  – მოხვევის კუთხე, B – კუთხის წვერო, A – მრუდის საწყისი წერტილი;  
 C – მრუდის დასრულების წერტილი; E – ბისექტრისა; R – რადიუსი; K – მრუდი; T – ტანგენსი.

ვინაიდან კვლევა – ძიების დროს ტრასის სიგრძეს ზომავენ ტანგენსების მიმართულებით, მრუდის საზღვრებში წარმოიშვება შეუსაბამობა გზის სიგრძის შეფასების დროს. გასაზომი ტეხილი ხაზი ABC (იხ. ნახ. 2.3) უფრო გრძელია, ვიდრე რკალი AEC ამ შეუსაბამობის შესწორების მიზნით, გზის სიგრძის გაზომვისას, თითოეულ მრუდზე შეაქვთ შესწორება, რომელსაც ეწოდება მინაზომი D.

მრუდის ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია მარტივი ტრიგონომეტრიული ფორმულებით, რომლებიც მიიღება ნახ. 2.3-დან

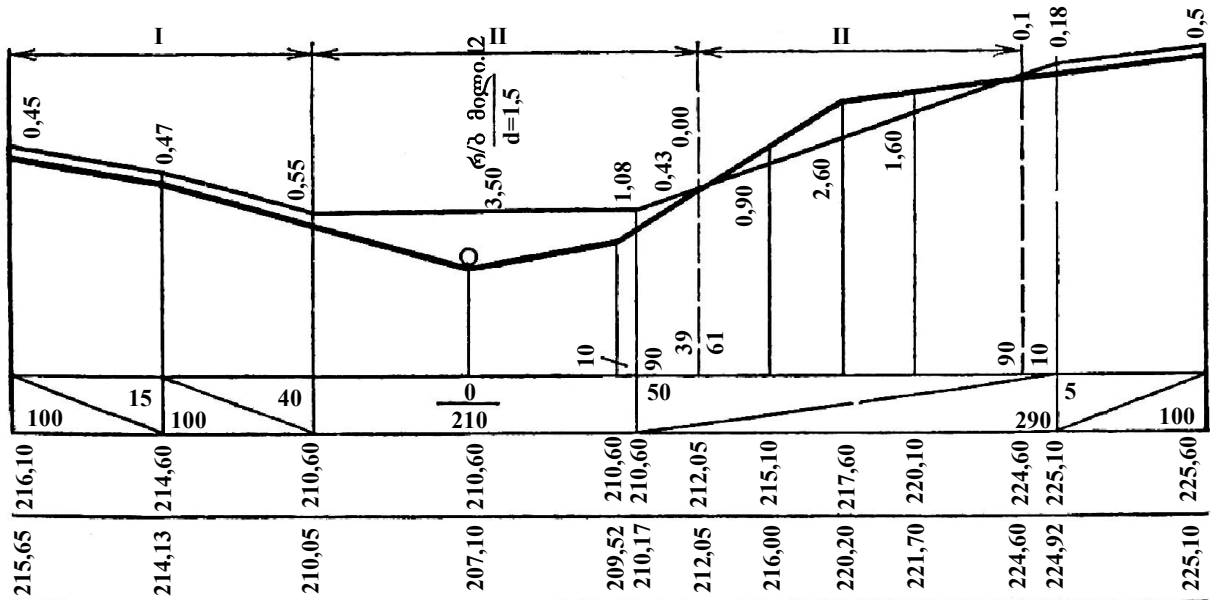
$$\begin{aligned}
 T &= R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; & B &= R(\sec \frac{\alpha}{2} - 1); \\
 K &= \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}; & D &= 2T - K.
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

მრუდეთა ელემენტებს განსაზღვრისა და მათი ადგილზე დაკვალვის გასაადვილებლად არსებობს სპეციალური ცხრილები და ელექტრონულ გამოთვლელ მანქანათა შესაბამისი პროგრამები.

## 2.2. გზის გრძივი პროფილის ელემენტები

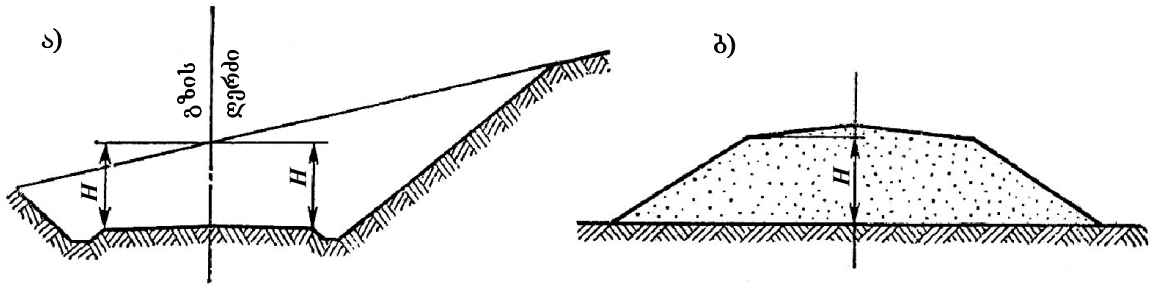
გზის ღერძის გაშლილ პროექციას ვერტიკალურ სიბრტყეზე ეწოდება გზის გრძივი პროფილი, იგი გვიჩვენებს გზის ცალკეული უბნების დახრილობას და მისი სავალი ნაწილის განლაგებას მიწის ზედაპირის მიმართ, ხელოვნურ ნაგებობათა ტიპებს და ზომებს, გეოლოგიური ჭრილის მონაცემებს და ა.შ.

გრძივი ქანობის სიდიდე წარმოადგენს საავტომობილო გზის სატრანსპორტო თვისებების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს მახასიათებელს. ადგილის ბუნებრივი ქანობები ხშირად მეტია ავტომობილების ეფექტური გამოყენებისათვის დასაშვებ სიდიდეზე. ასეთ შემთხვევებში გზის ქანობს აკეთებენ მიწის ზედაპირის ქანობზე უფრო ნაკლებს ბორცვებზე გრუნტის მოჭრით ან პირიქით, რელიეფის დადაბლებულ უბნებზე-გრუნტის მიყრით.



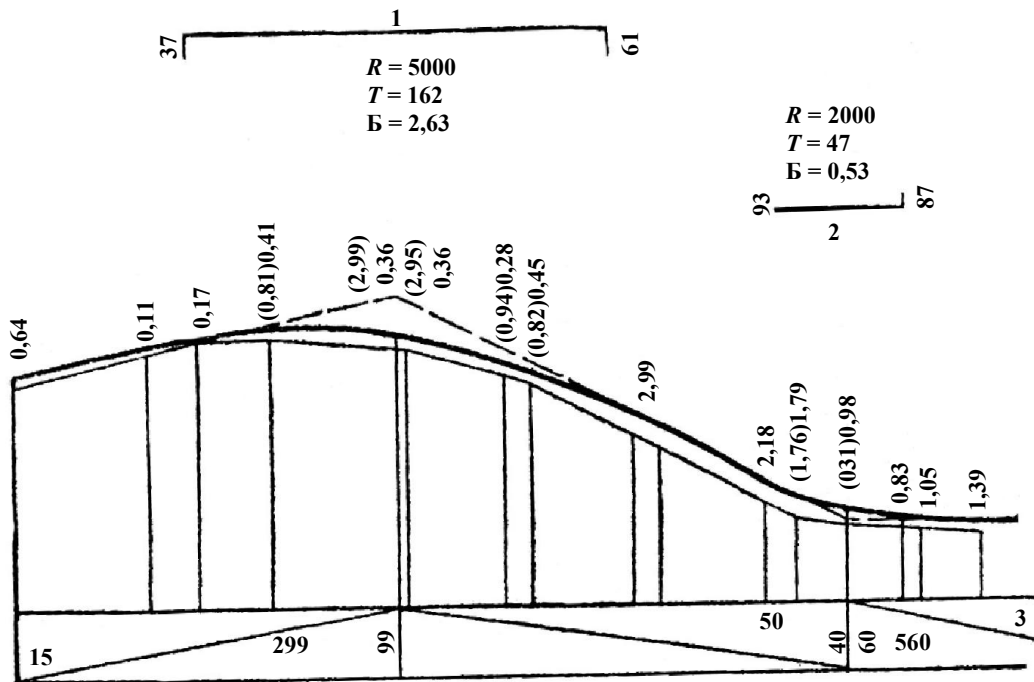
ნახ. 2.4. გზის განლაგება გრძივი პროფილზე:  
I – გზა ნულოვან ნიშნულზე; II – ყრილზე; III – ჭრილში.

იმ ადგილებს სადაც გზის ზედაპირი გრუნტის მოჭრის შედეგად დედამიწის ზედაპირზე უფრო დაბლაა განლაგებული, ეწოდება – ჭრილი, ხოლო უბნები, სადაც გზა გადის მიწის ზედაპირზე უფრო მაღლა, ხელოვნურად დაყრილ გრუნტზე ყრილი. როდესაც ყრილის სიმაღლე 1 მ. ნაკლებია, ამბობენ, რომ გზა გადის ნულოვან ნიშნულზე. ყრილების და ჭრილების მოწყობის გამო გზის ნიშნულები არ ემთხვევა მიწის ზედაპირის ნიშნულებს (ნახ. 2.4). მიწის ზედაპირის ნიშნულებსა და გზის კიდეს (წარბას) ნიშნულს შორის სხვაობას, რომელიც განსაზღვრავს ყრილის სიმაღლეს ან ჭრილის სიღრმეს, ეწოდება მუშა ნიშნული (ნახ. 2.5).



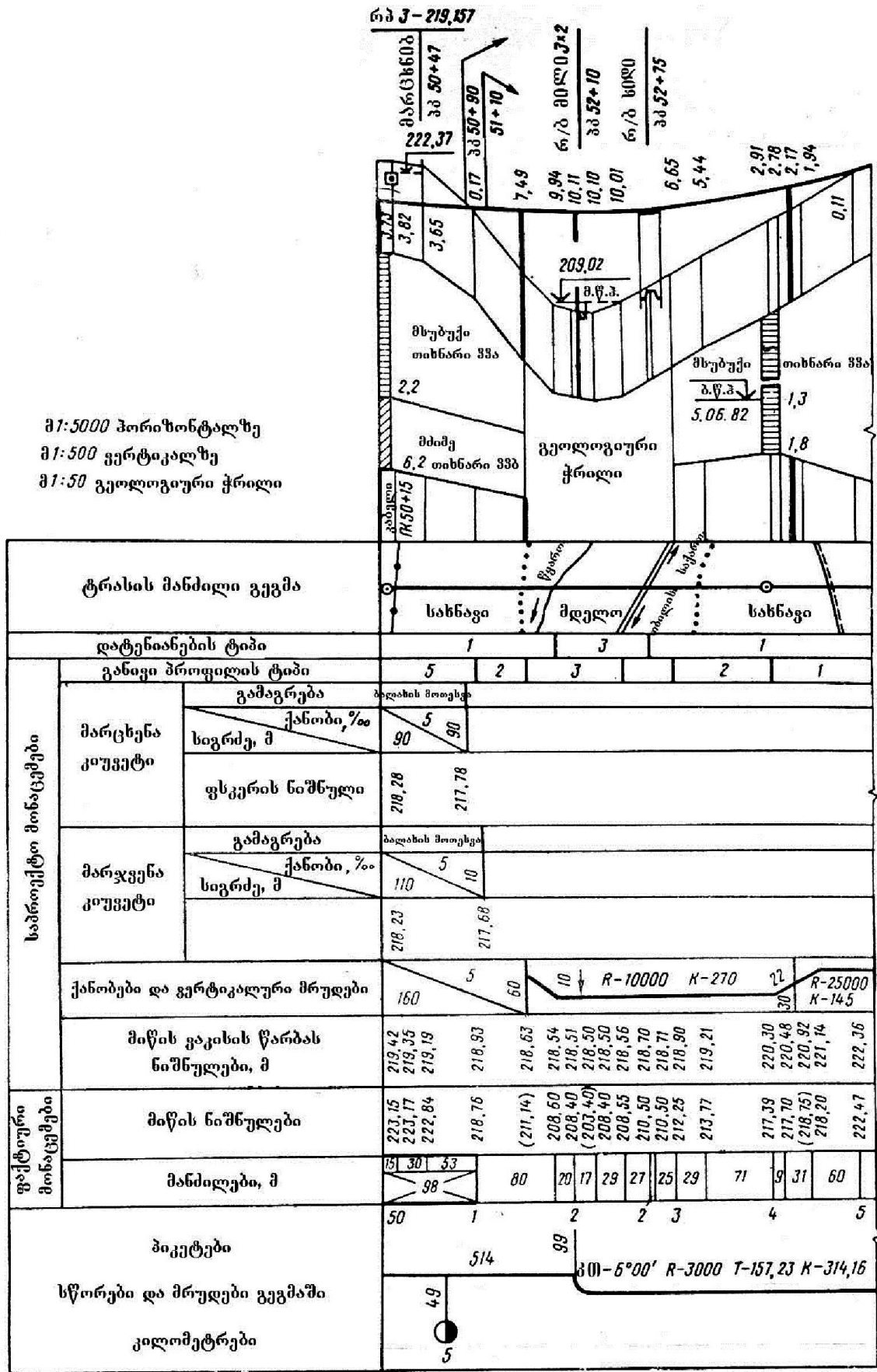
ნახ. 2.5. მიწის ვაკისის მუშა ნიშნული:  
 ა - ჭრილში; ბ - ყრილში.

გრძივი პროფილის გარდატეხები, გამოწვეული ქანობის ცვლილებით, ართულებს მოძრაობის რიგ პირობებს: ამოზნექილი ადგილები გზაზე აუარესებს ხილვადობას, ხოლო თუ სიმრუდის რადიუსი შედარებით მცირეა, დიდი სიჩქარით მოძრაობის დროს ავტომობილის წინა ღერძის განტვირთვის გამო წარმოიქმნება მართვადობის დაკარგვის საშიშროება. ჩამოზნექილ გარდატეხებზე მოძრაობის მიმართულების უცარი შეცვლა წარმოიქმნის ბიძგს, იგი არასასიამოვნოა მგზავრებისათვის და ამავე დროს იწვევს ავტომობილის დაკიდების ელემენტთა გადატვირთვას. ამ მიზეზთა გამო გრძივი პროფილის გარდატეხებს აუღლებენ მრუდებით. ნახ. 2.6-ზე წყვეტილი ხაზით ნაჩვენებია გრძივი პროფილის შემარბილებელი გარდატეხები. ფრჩხილებში ჩასმული ციფრები ახასიათებენ მუშა ნიშნულებს, რომლებიც უნდა ყოფილიყო ვერტიკალური მრუდების გარეშე, ციფრები უფრჩხილებოდ ფაქტიური ნიშნულებია.



ნახ. 2.6. ვერტიკალური მრუდები:  
 1 - ამოზნექილი; 2 - ჩაზნექილი

ნაპ 3-219,157



ნახ. 2.7. გრძივი პროფილის გაფორმების ტიპობრივი ნიმუში

გრძივი პროფილის გრაფიკული გამოსახულება წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად საპროექტო დოკუმენტს, რომლის საფუძველზეც შენდება გზა. გრძივი პროფილის ნახაზს აფორმებენ დადგენილ წესებთან ზუსტი შესაბამისობით (ნახ. 2.7).

თვალსაჩინოებისათვის გრძივ პროფილზე ვერტიკალურ მანძილებს (ნიშნულებს) გამოსახავენ უფრო დიდ მასშტაბში, ვიდრე ჰორიზონტალურს. ვაკე ადგილებში გამავალი გზებისთვის მიღებულია ვერტიკალური მასშტაბი 1: 500 (5 მ. 1 სმ) და ჰორიზონტალური მასშტაბი 1: 5000 (50 მ. 1 სმ). გრძივი პროფილის გამოსახვის დროს იყენებენ პირობით აღნიშვნებს (ნახ. 2.8).

მთის გზებზე, სადაც გრძივი პროფილი ხასიათდება გზისა და მიწის ზედაპირის ქანობების ხშირი ცვალებადობით და მოკლე უბნებზე ნიშნულების დიდი სხვაობით, მიღებულია უფრო მსხვილი მასშტაბები: ვერტიკალური 1: 200, ჰორიზონტალური 1 : 2000.

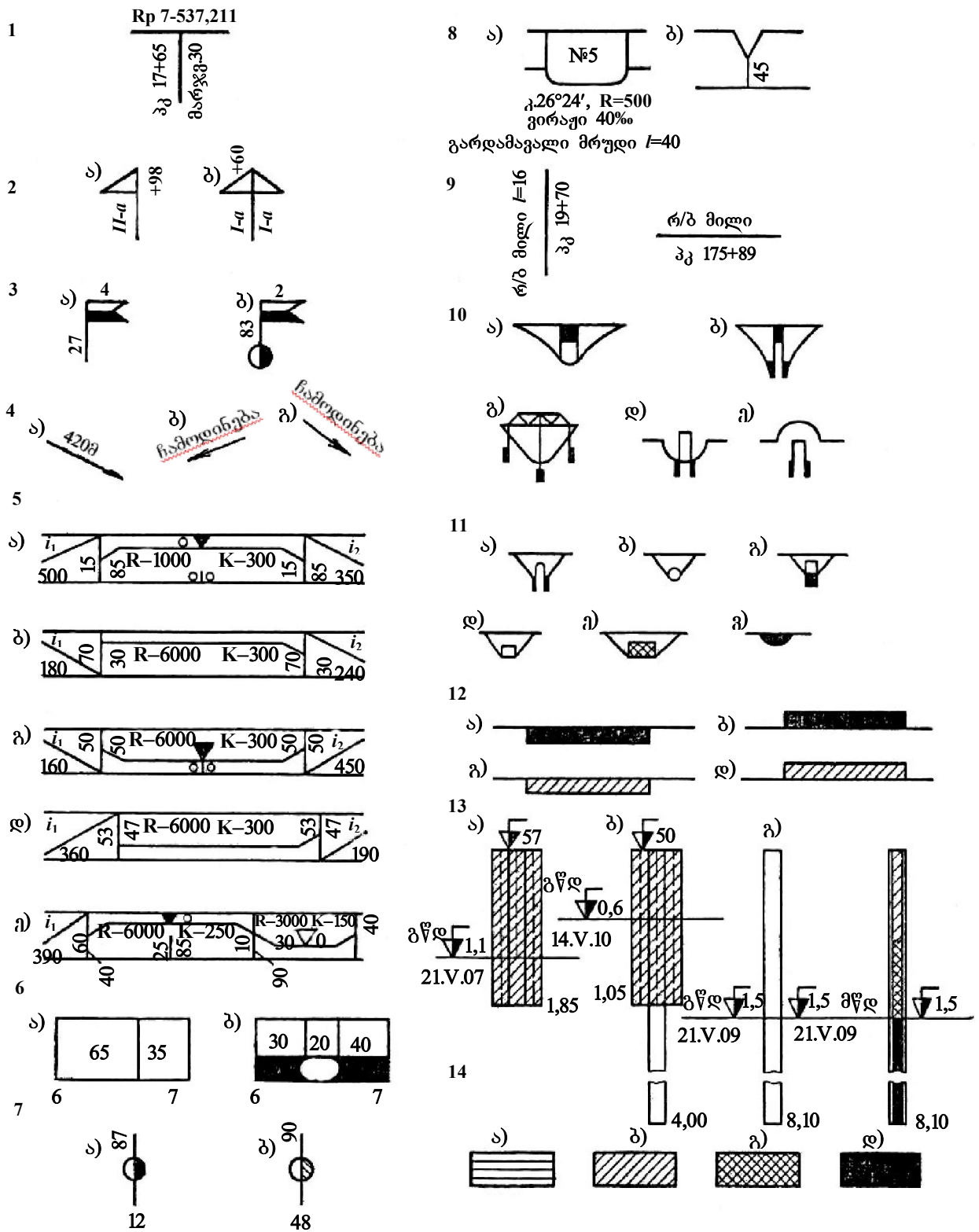
გრძივ პროფილზე შედარებით წვრილად გავლებულ ხაზს, რომელიც აერთიანებს მიწის ზედაპირის ნიშნულებს, ეწოდება მიწის ზედაპირის ხაზი ან შავი ხაზი. უფრო მსხვილად წითელი ფერით გავლებულ ხაზს, რომელიც შეესაბამება გზის წარბას ნიშნულებს, ეწოდება საპროექტო ხაზი.

საპროექტო ხაზს გამოსახავენ გრძივ პროფილზე 2-ჯერ უფრო მსხვილად, ვიდრე მიწის ზედაპირის ხაზს.

გრძივ პროფილზე, მიწის ზედაპირის ხაზზე 2 სმ-ით უფრო დაბლა მის პარალელურად გამოსახავენ გრუნტის პროფილს, რომელზედაც ამოწერილია გრუნტის დასახელება; ხოლო შურფების და ბურღილების პირობითი აღნიშვნები მიუთითებენ გრუნტის სახეობებზე და კონსისტენციაზე (ნახ. 2.9).

ტორფს, საპროპელს და კლდოვან ქანებს პროფილზე აღნიშნავენ მათი განლაგების მთელ სიგრძეზე და სიღრმეზე.

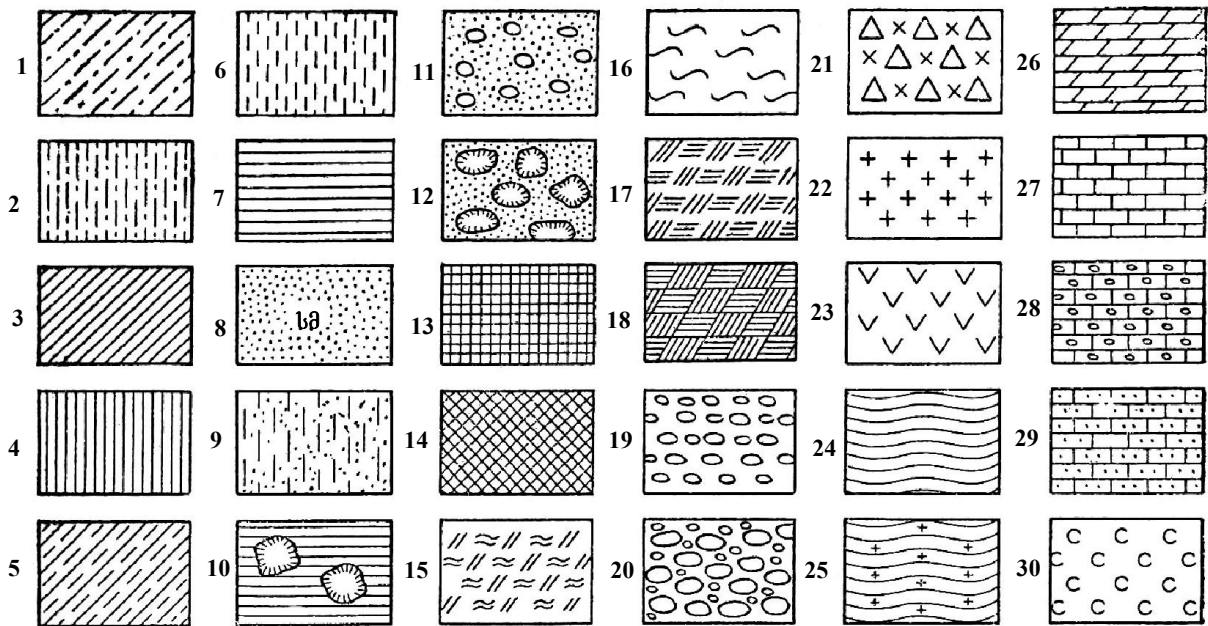
გრუნტის პროფილის შედგენის დროს ვერტიკალურ მასშტაბს ღებულობენ 1:50.



ნახ. 2.8. ძირითადი პირობითი აღნიშვნები გრძივ პროფილზე

1 – რეპერი 7, ნიშნული 537,211, განლაგებულია პკ 17+65-დან მარჯნივ 30 მ;  
 2 – ავტომობილების ჩამოსასვლელები და გადასასვლელები, მიერთებები, გადაკვეთები; ა – ჩამოსასვლელი მიერთება ტიპური პროექტის II-ა მარცხნივ 98 მ-ზე წინამდებარე პიკეტიდან; ბ – გადასასვლელი გადაკვეთა ტიპური პროექტის I-ა მიხედვით 60 მ-ზე პიკეტიდან; 3 – რკინიგზის გადასასვლელები;

ა – დაუცველი გადასასვლელი პკ+27-ზე; ბ – დაცული გადასასვლელი პკ+83 მ-ზე.  
 სანიშნე აღმის ზემოთ ნაჩვენები ციფრები მიანიშნებენ გადასასვლელის  
 კატეგორიაზე; 4 – წყალსარინი: ა – სამთო არხის მიმართულება და სიგრძე;  
 ბ – წყლის მარცხნივ გაშვება; გ – წყლის მარჯვნივ გაშვება; 5 – ვერტიკალური  
 მრუდები: ა – ამოზნექილი ვერტიკალური მრუდი აღმავალი და ჩაღმავალი  
 განშტოებებით; ბ – ამოზნექილი მრუდი ჩაღმავალი განშტოებით; გ – ჩაზნექილი  
 ვერტიკალური მრუდი ჩაღმავალი და აღმავალი განშტოებებით, მრუდის შუა  
 ნაწილი განლაგებულია პიკეტზე; დ – ჩაზნექილი მრუდი აღმავალი განშტოებით;  
 ე – პკ-10 მ-ზე ამოზნექილი მრუდის (რადიუსით 6000 მ) გარდაქმნა ჩაზნექილ  
 მრუდედ (რადიუსით 3000 მ) 3% ქანობზე; მრუდის შუა ნაწილი მოთავსებულია  
 25 მ-ზე პიკეტიდან; 6 – პიკეტაჟი: ა – შუალედი წერტილი პკ+65 მ-ზე;  
 ბ – ჩაჭრილი პიკეტი სიგრძით 90 მ შუალედი წერტილებით პკ+30 მ და პკ+50 მ-ზე;  
 7 – საკილომეტრო ნიშანი; ა – დასაპროექტებელი გზის საკილომეტრო ნიშანი;  
 8 – მრუდები გეგმაზე; ა – მრუდი №5 რადიუსით 500 მ და მოხვევის კუთხით  
 26 24; ვირაჟის განივი ქანობი 4%, გარდაღმავალი მრუდის სიგრძე – 40 მ. მრუდის  
 დასაწყისი და ბოლო განლაგებულია შესაბამისად პლიუსიან წერტილებზე +13 და  
 +10 მ-ზე; ბ – მრუდი 5 -ზე ნაკლებ მოხვევის კუთხისათვის; 9 – ხელოვნური  
 ნაგებობების განლაგების ადგილი: ა – საპროექტო რკინაბეტონის ხიდი სიგრძით  
 16 მ; ბ – არსებული რკინაბეტონის ხიდი სიგრძით 20 მ; 10 – ხიდები; ა – ხის  
 ხიდი ან გზაგამტარი; ბ – კაპიტალური ხიდი ან გზაგამტარი კოჭური სამალო  
 ნაგებობით; გ – ხიდი ქვედა სვლის ფერმით; დ – გზაგამტარი საპროექტო გზის  
 ზევით; ე – გზაგამტარი საპროექტო გზის ქვევით; 11 – მიწები და სხვა ხელოვნური  
 ნაგებობები; ა – კაპიტალური ტიპის ოვალური მილი; ბ – კაპიტალური  
 ტიპის მრგვალი მილი; გ – კაპიტალური ტიპის სწორკუთხა მილი; დ – ხის  
 სწორკუთხა მილი; ე – მჟონავი ყრილი; ვ – ღარი. 12 – საყრდენი კედლები;  
 ა – ზემო საყრდენი კედელი; ბ – ქვემო საყრდენი კედელი; გ – ზემო გარსაცმი  
 კედელი; დ – ქვემო გარსაცმი კედელი; 13 – შურფები და ჭაბურღილები;  
 ა – შურფი №57 სიღრმით 1,85მ თიხნარ გრუნტებში; გრუნტის წყლები (2007 წ.  
 21 მაისის დაკვირვებით). სიღრმით 1,1 მ (სვეტის სისქე პროფილზე 6 მმ);  
 ბ – შურფი მტვროვან თიხნარებში, ჭაბურღილის ჩაღრმავებით 4 მ-დე; დაჭაო-  
 ბებული გრუნტის საზღვარი 0,6 მ-ზე; გ – ჭაბურღილი სიღრმით 8,1 მ (სვეტის  
 სიგანე პროფილზე 2 მმ); დ – იგივე, ჭაბურღილი გრუნტის კონსისტენციის  
 აღნიშვნით; 14 – ხიდით გადასასვლელზე საინჟინრო-გეოლოგიურ პასპორტებში  
 მოცემული ჭაბურღილების მიხედვით ბმული გრუნტებისა და ტენიანი ფხვიერი  
 გრუნტების კონსისტენციის აღნიშვნა; ა – მცირეტენიანი ქვიშოვანი გრუნტები  
 და მყარი ბმული გრუნტები; ბ – მცირეტენიანი ქვიშოვანი გრუნტები და  
 ძნელადპლასტიკური ბმული გრუნტები; გ – ძლიერტენიანი ქვიშოვანი გრუნტები  
 და რბილი პლასტიკური ბმული გრუნტები; დ – წყლით გაჟღენთილი ქვიშოვანი  
 გრუნტები და დენადი ბმული გრუნტები.



ნახ. 2.9. გრუნტებისა და მთის ქანების პირობითი აღნიშვნები საავტომობილო

გზების გეოლოგიურ ჭრილებზე, გრძივ და განივ პროფილებზე:

- 1 – ქვიშნარი; 2 – წვრილი ქვიშნარი; 3 – თიხნარი; 4 – მძიმე თიხნარი;  
 5 – მტვროვანი თიხნარი; 6 – მტვროვანი გრუნტი; 7 – თიხა; 8 – საშუალო  
 მარცვლოვანი ქვიშა; 9 – მტვროვანი ქვიშა; 10 – ნაკაჭრი თიხა; 11 – ხრეშოვანი  
 ქვიშა; 12 – ქვიშიანი ქვის ნაყარი; 13 – ტორფი; 14 – საპროპელი; 15 – ხავს-  
 მცენარეული საფარი; 16 – ლამიანი გრუნტი; 17 – ნაყარი გრუნტი; 18 – სამშენებლო  
 ნაგავი; 19 – ხრეში; 20 – კენჭი; 21 – ხვინჭა, ნაშალი ხეივ ა; 22 – გრანიტი;  
 23 – დიაბაზი; 24 – თიხოვანი ფიქალი; 25 – მეტამორფული ფიქალი; 26 – მერგელი;  
 27 – კირქვა; 28 – ნიჟაროვანი კირქვა; 29 – ქვიშაქვა (ნიშნაკით „თხ“ – თიხოვანი;  
 „კვ“ – კვარციტი და ა.შ.)

### 2.3. საავტომობილო გზის განივი პროფილი

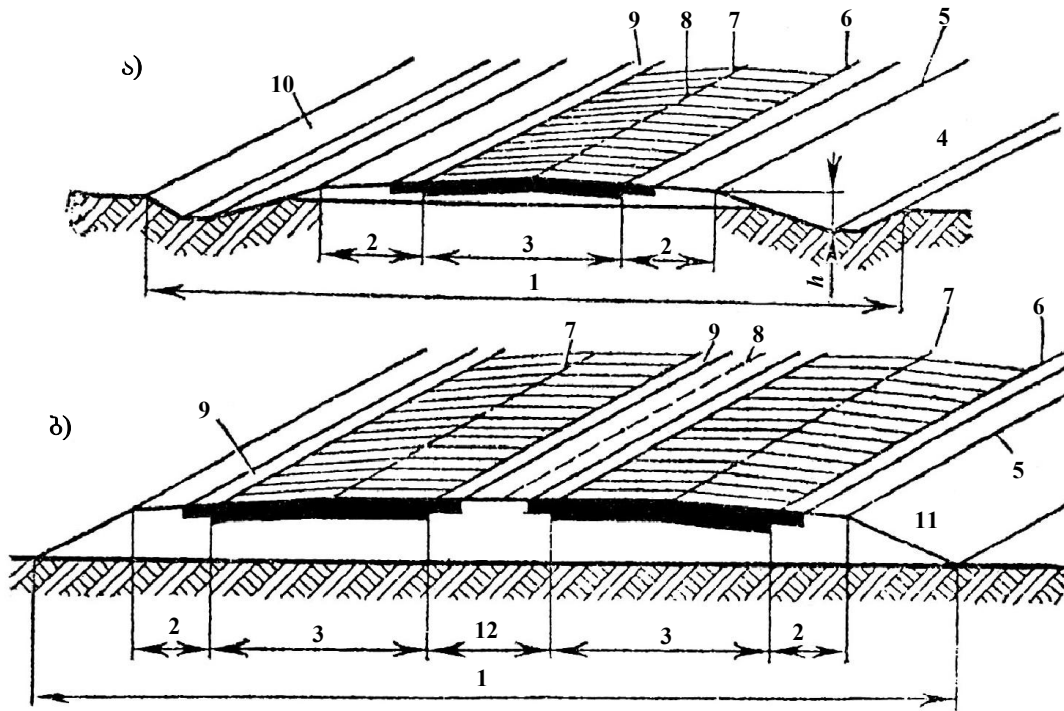
გზის ღერძის გასწვრივ მდებარე მიწის ფართობს რომელზედაც განლაგებულია საგზაო ვაკისი, დამხმარე ნაგებობაში, გამწვანების ელემენტები ეწოდება საგზაო ანუ განთვისების ზოლი.

გზის განივი კვეთის პროექციას ტრასის მართობულ სიბრტყეზე ეწოდება განივი პროფილი (ნახ. 2. 10).

ცხრილში 2.1. მოცემულია განივი პროფილის ძირითადი პარამეტრები.

ქვემოთ განხილულია განივი პროფილის მხოლოდ ტიპური ელემენტები, რომლებიც გამოიყენება ხელსაყრელ გრუნტებისა და ჰიდროლოგიურ პირობებში. საავტომობილო გზის დაპროექტებისას დაჭაობებულ, მთავორიან, უდაბნო და სხვა რთულ პირობებში განივი პროფილის მოხაზულობა იცვლება. ეს ცვლილებები განხილულია სახელმძღვანელოს შესაბამის ნაწილებში.





ნახ. 2.10. გზის განივი პროფილის ელემენტები:

ა – ერთი სავალი ნაწილით; ბ – ორი სავალი ნაწილითა და გამყოფი ზოლით;  
 1 – მიწის ვაკისი; 2 – გვერდული; 3 – სავალი ნაწილი; 4 – გვერდითი არხის შიდა ფერდობი; 5 – ყრილის წარბა; 6 – სავალი ნაწილის წიბო; 7 – სავალი ნაწილის ღერძი; 8 – გზის ღერძი; 9 – სანაპირო ზოლი; 10 – გვერდითი არხის გარე ფერდობი; 11 – ყრილის ფერდობი; 12 – გამყოფი ზოლი.

ცხრილი 2.1

პარამეტრების დასახელება	საავტომობილო გზის მნიშვნელობა							
	საერთა-შორისო		შიდასახელ-მწიფოებრივი			ადგილობრივი		
ტექნიკური კატეგორია	I A	II A	I B	II B	II C	II D	III A	III B
სამოძრაო ზოლების რაოდენობა	≥ 4	2	4	2	2	2	1	1
ერთი სამოძრაო ზოლის სიგანე, მ	3.75	3.75	3.50	3.50	3.25	3.00	4.5	3.5
უსაფრთხოების ზოლის სიგანე ხიდებზე, მ	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	-
გვერდულების სიგანე, მ	3.75	3.75	3.50	3.00	2.00	2.00	1.5	1.0
გვერდულის გამაგრების ზოლის მინიმალური სიგანე, მ	3.00	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.50	1.0
გამყოფი ზოლის მინიმალური სიგანე, მ	ძირითადი	6.00	-	5.00	-	-	-	-
	შეზღუდულ პირობებში	4.00	-	3.50	-	-	-	-
	გამონაკლის შემთხვევაში	2.00	-	1.5	-	-	-	-
გამყოფი ზოლის გამაგრების მინიმალური სიგანე, მ	1.00	-	0.75	-	-	-	-	-
ერთი სამოძრაო ზოლის მაქსიმალური გამტარუნარიანობა, მს.ავტ/სთ	2000	1900	1800	1700	1500	1500	1300	1150

გზის ზედაპირს რომლის ფარგლებშიც მოძრაობენ ავტომობილები ეწოდება სავალი ნაწილი. მას ამაგრებენ მაგარი ჯიშის ქვის მასალისა შემკვრელით მოწყობილი რამდენიმე ფენით, აგებენ ე.წ. საგზაო სამოსს რომლის ზედა ფენას ეწოდება ფენილი.

უმაღლესი კატეგორიის გზებზე ყოველი მიმართულებით მოძრაობისთვის სავალი ნაწილი ცალკეა გამოყოფილი. უსაფრთხოებისათვის სავალ ნაწილთა შორის ეწყობა გამყოფი ზოლი რომელზედაც ავტომობილებს ეკრძალებათ შესვლა. სავალი ნაწილის გვერდით ეწყობა გვერდულები, მათ იყენებენ ავტომობილთა დროებით გასაჩერებლად და გზის სარემონტო მასალების დასაწყობად. გვერდული აუმჯობესებს მოძრაობის უსაფრთხოებას ვინაიდან ავარიულ სიტუაციაში იგი სავალი ნაწილის რეზერვიცაა. სავალი ნაწილის გასწვრივ გვერდულებსა და გამყოფ ზოლებზე აწყობენ გამაგრებულ ე.წ. სანაპირო ზოლებს, რომლებიც უნარჩუნებენ საგზაო სამოსის კიდეს სიმტკიცეს და უზრუნველყოფენ ავტომობილის უსაფრთხოებას სავალი ზოლიდან უეცრად გადასვლისას.

სავალი ზოლის გრუნტის ზედაპირიდან საჭირო სიმაღლეზე მოსათავსებლად ეწყობა მიწის ვაკისი - ყრილი ან ჭრილი გვერდითი არხებით, რომლებიც ზედაპირულ წყალს აშორებენ გზას. მიწის ვაკისში შედის აგრეთვე რეზერვები - გზის გასწვრივ განლაგებული მცირე სიგრძის თხრილები საიდანაც იღებენ გრუნტს ყრილის ასაგებად. ზედმეტი ან გამოუდგარი გრუნტის დასაყრელად ეწყობა კავალიერი - ჭრილის პარალელური გრუნტის ნაყარი.

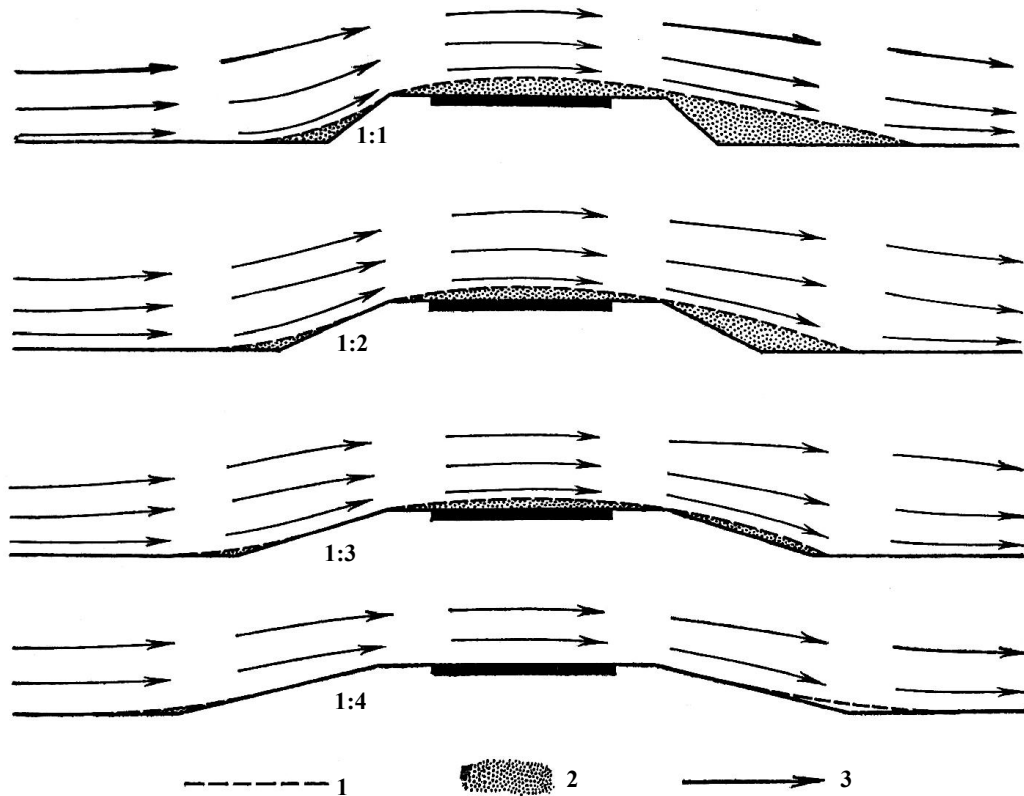
სავალი ნაწილი და გვერდულები მიმდებარე ადგილებიდან გამოყოფილია მოსწორებული დახრილი სიბრტყეებით – ფერდობებით.

ჭრილებსა და გვერდით არხებში არჩევენ შიდა და გარე ფერდობებს. გვერდულისა და ფერდობის სიბრტყეთა კვეთის ხაზს ეწოდება მიწის ვაკისის წარბა. წარბებს შორის მანძილი შეადგენს მიწის ვაკისის სიგანეს. მიწის ვაკისის ფერდობების დახრილობას ახასიათებენ დახრილობის კოეფიციენტით, რომელიც წარმოადგენს ყრილის სიმაღლის მის ჰორიზონტალურ პროექციასთან შეფარდებას.

მცირე ყრილებს უკეთდებათ დახრილობა 1:5, 1:6 რათა ავარიულ სიტუაციაში ავტომობილმა შეძლოს მიწის ვაკისიდან უხიფათოდ გადმოსვლა. ამასთან ერთად, ფერდობების მცირე დახრილობა აუმჯობესებს მიწის ვაკისის გარსდენას და იგი აღარ იფარება თოვლით (ნახ. 2.11). თუ ყრილის სიმაღლე 6 მ-ზე ნაკლებია მიწის სამუშაოთა ეკონომიის მიზნით ფერდობებს აწყობენ 1:1,5

დახრილობით. მრავალწლიანი დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ ასეთი ყრილები მდგრადია. თუ ფერდობებს უფრო მეტად დავხრით გრუნტი დასველებისას ჩამოიშლება საკუთარი წონის გაზრდის შედეგად. ამჟამად მიწის ვაკისის აგების ნორმების მიხედვით მიღებულია ფერდობთა შემდგომი დახრილობა:

- არაუმეტეს 1:4 – 2 მ-დე სიმაღლის ყრილებისათვის მაღალი კატეგორიის გზებზე;
- არაუმეტეს 1:3 – 1 მ-დე ყრილებისათვის დაბალი კატეგორიის გზებზე.



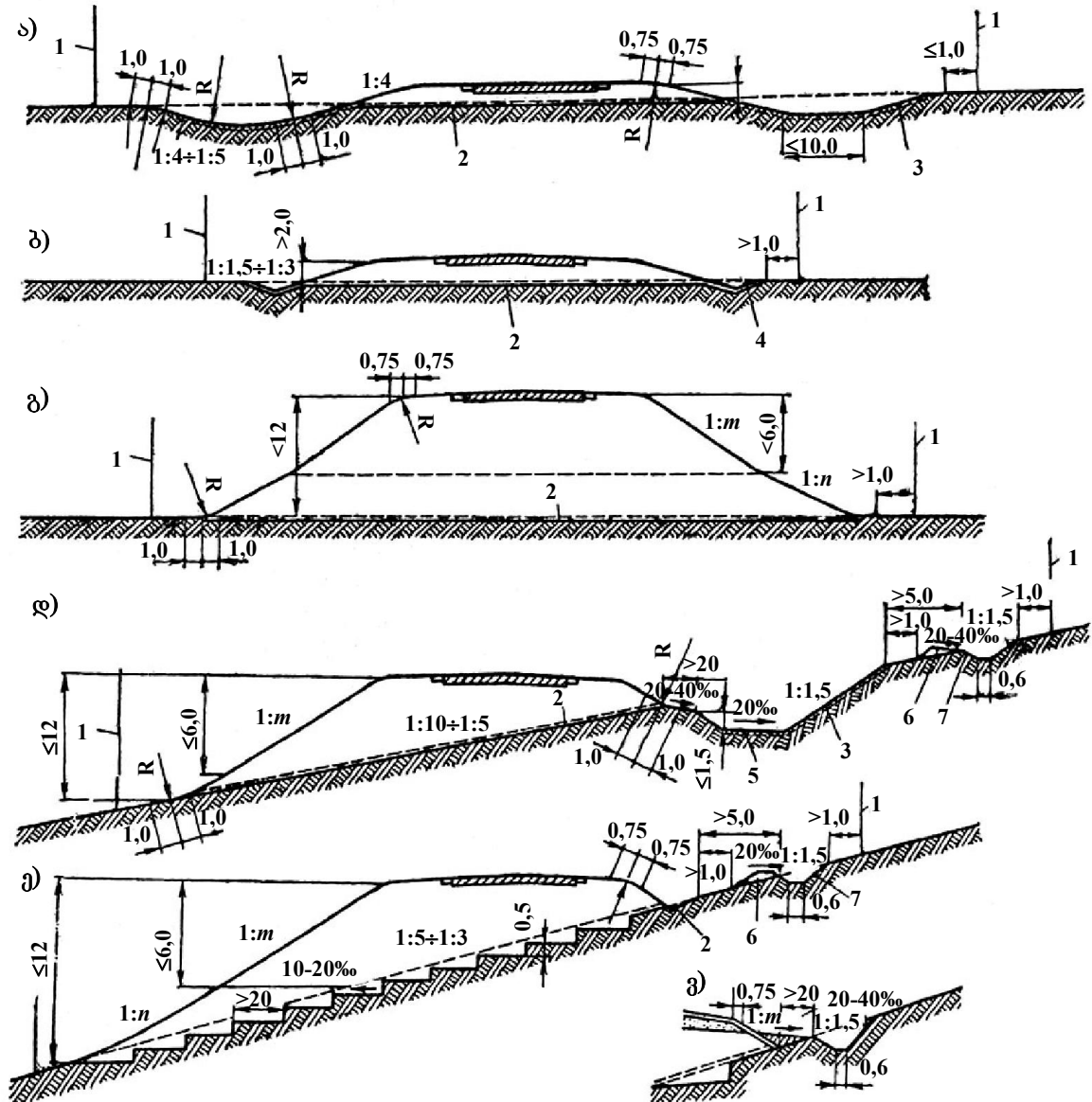
ნახ. 2.11. ყრილის ფერდობების დახრილობის გავლენა მიწის ვაკისის ქარბუქისაგან დაცვაზე:

1 – თოვლის ნამქერის მოხაზულობა; 2 – ნამქერი; 3 – ქარბუქის მიმართულება.

უფრო მაღალი ყრილები, აგრეთვე ყრილები რომელთაც აგებენ 0,5 კმ-ზე უფრო შორი მანძილიდან მოტანილი გრუნტით, ან თუ ყრილიდან ავტომობილის გადასვლა შეუძლებელია ეწყოფა ფერდობებით 1:1,5.

მაღალი ყრილების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად ვაკისის წარბიდან ქვემოთ 6 მ-ზე ამცირებენ ფერდობების დახრილობას 1:1,75- მდე. თუ მაღალი ყრილი აგებულია კლდოვანი, ხრეშოვანი ან ღორღოვანი გრუნტებისაგან მიწის ვაკისის მთელ სიმაღლეზე აქვს თანაბარი დახრილობა 1:1,5. გამოფიტული კლდოვანი ქანების განაგებულ ყრილებს აძლევენ დახრილობას 1:1,2 და 1:1,5.

მიწის ვაკის კონსტრუქციას და ზომებს ნიშნავენ ადგილობრივი ბუნებრივი პირობებისა და მშენებლობის ადგილზე მიწების სასოფლო-სამეურნეო და სხვა დანიშნულებით გამოყენების მიხედვით. ყრილების განივი პროფილები ნაჩვენებია ნახაზზე 2.12.



ნახ. 2.12. მიწის ვაკის განივი პროფილები ყრილებში:

- ა - გარსმდენი განივი პროფილი კიუვეტ-რეზერვუარით 1 მ-დე სიმაღლის ყრილებში;  
 ბ - ჩვეულებრივი განივი პროფილი, ყრილის სიმაღლე 2 მ-დე; გ - იგივე, ყრილის სიმაღლე 12 მ-დე; დ - რეზერვუარი ყრილი ფერდობზე, რომლის დახრილობა ნაკლებია 1:5; ე - ყრილი ფერდობზე დახრილობით 1:5, 1:3; ვ - ყრილის ზედა ფერდობის შეერთება მიწის ზედაპირთან, როდესაც არაა სამთო არხი;  
 1 - განთვისების ზოლის საზღვრები; 2 - მოსახსნელი გრუნტის ფენა; 3 - ყრილის ფერდობებზე დასაყრელი მცენარეული გრუნტის ფენა; 4 - სამკუთხა კვეთის არხი, სიღრმე მიიღება ანგარიშით, არა ნაკლები 0,3 მ; 5 - რეზერვუარი, ზომები დამოკიდებულია საჭირო გრუნტის რაოდენობაზე; 6 - ბანკეტი სიმაღლით არაუმეტეს 0,6 მ; 7 - სამთო არხი, სიღრმე მიიღება ანგარიშით არანაკლები 0,6 მ.

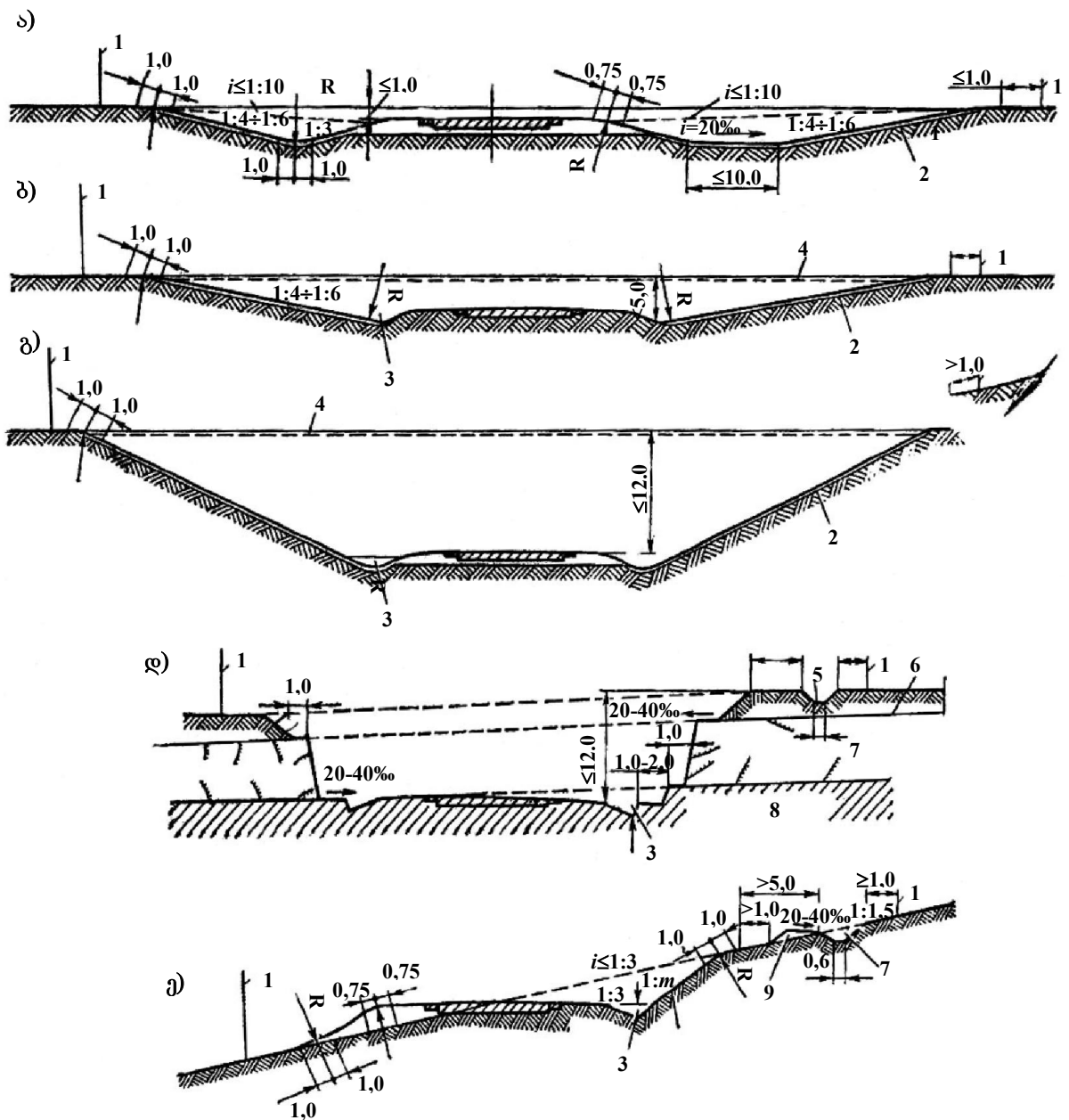
2 მ-ზე დაბალი ყრილებისათვის გვაქვს განივების ორი ტიპი: თუ გზის ასაშენებლად გვეძლევა განთვისების საკმაო სიგანის ზოლი მიწის ვაკის ეძლევა გარსდენის ფორმა რათა თოვლის ნამქერმა არ დაფაროს იგი. თუ გზა გადის სოფლის მეურნეობისათვის ნაკლებად გამოსადეგ მიწებზე ყრილის ასაგებ გრუნტს იღებენ გზის გასწვრივ რეზერვებიდან, რომელთა ზომები დამოკიდებულია საჭირო გრუნტის რაოდენობაზე. რეზერვის სიღრმე უნდა იყოს არაუმეტეს 1,5 და არანაკლებ 0,2 მ-სა. ადგილობრივი პირობების მიხედვით მათი განლაგება შეიძლება გზიდან ერთი ან ორივე მხრიდან, სასურველია რეზერვების სიგანე ავიღოთ თანაბარი, რომ არ დავამახინჯოთ გზის მიმდებარე გარემოს გარეგნული სახე.

თუ გზა გადის ძვირფას სასოფლო-სამეურნეო რაიონებში ან რაიმე სხვა მიზეზით შეუძლებელია განთვისების ფართო ზოლის გამოყოფა აწყობენ ყრილებს ჩვეულებრივი განივი პროფილით გარსდენის ფორმის გარეშე და აგებენ მოტანილი გრუნტისაგან.

ნახ. 2.13-ზე მოცემულია ჭრილების პროფილები. მაღალი კატეგორიის გზებზე ჭრილების სიღრმე თუ ნაკლებია 1 მ-ზე ვაწყოთ გარსდენის ფორმის განივ პროფილს, ღიას, ოდნავ დახრილი გარე ფერდობებით ან ყრილისებურს იმდენად ფართოს, რომ სავალი ნაწილი აღიქვება როგორც ყრილზე მოწყობილი. თუ ვერ მივიღეთ საჭირო სიგანის განთვისების ზოლი ან გზაა დაბალი კატეგორიის ვაწყოთ ჩვეულებრივი ფორმის განივებს.

ღრმა ჭრილებში რომლებიც ეწყობა ქვემოდან, ან ერთგვაროვან თიხოვან, მკვრივი კონსისტენციის გრუნტებში ფერდობებს ვაძლევთ 1:1,5 დახრილობას, მსხვილმონატეს გრუნტებში 1:1. გარსდენის გასაუმჯობესებლად ფერდობთა გარე წიბოს ვამრგვალებთ.

კლდოვან გრუნტებში გამოფიტვისა და დარბილების ხარისხის მიხედვით აგრეთვე ჭრილის სიღრმის გათვალისწინებით ფერდობის დახრილობას ვიღებთ 1:0,2-დან 1:1,5-მდე. ამავე დროს აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ კლდის ფენების დაქანება, გამოფიტვისადმი მდგრადობა და ფერდობების ექსპოზიცია. ხშირია შემთხვევები, როდესაც ერთი შეხედვით მდგრადი კლდოვანი ქანები გაშიშვლებისას ინტენსიურად იშლებიან მაგ. საქართველოში მეტად გავრცელებული თიხოვანი ფიქალები აგრეთვე ცარცი და ა.შ. ამიტომ, ფერდობებიდან ჩამონაშალმა გრუნტმა გზისპირა არხი, რომ არ ამოავსოს არხის გარე წარბასთან ვაწყოთ 1-2 მ. სიგანის თაროს რომელთაც პერიოდულად გაწმენდა სჭირდებათ.



ნახ. 2.13. მიწის ვაკისის განივი პროფილები ჭრილებში:

- ა - გარსმდენი მცირე ჭრილი - ღია (მარტივ) და ყრილისმაგვარი (მარჯვნივ);
- ბ - ჩვეულებრივი მცირე ჭრილი; გ - ჭრილი სიღრმით 12 მ-დე; გ - ჭრილი არაერთგვაროვან გრუნტებში; დ - ნახევარჭრილი - ნახევარყრილი ფერდობზე;
- 1 - განთვისების ზოლის საზღვრები; 2 - მცენარეული გრუნტის ფენა ჭრილის ფერდობზე; 3 - არხი, სიღრმე ანგარიშით მაგრამ არანაკლებ 0,3 მ; 4 - მცენარეული გრუნტის მოსახსნელი ფენა; 5 - სამთო არხი სიღრმით არანაკლებ 0,6 მ;
- 6 - ფხვიერი ქანები; 7 - შლადი კლდოვანი გრუნტები; 8 - კლდოვანი გრუნტი;
- 9 - ბანკეტი სიმაღლით არა უმეტეს 0,6 მ.

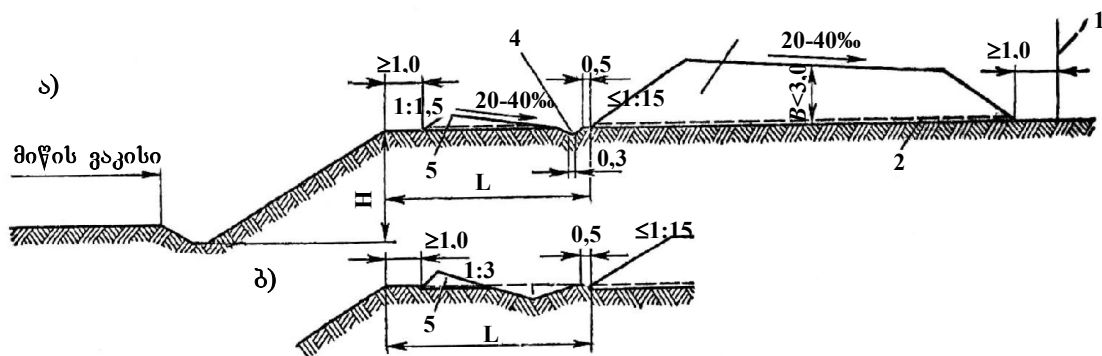
გვაღვიანი კლიმატის პირობებში მაგ.: შუა აზიასა და ჩრდილო აფრიკაში გავრცელებული ლიოსური გრუნტების ფერდობები მშრალ ადგილებში ვერტიკალურ მდგომარეობას ინარჩუნებს, ამიტომაც ასეთ ადგილებში ჭრილებს შეიძლება მივცეთ 1:0,1 - 1:0,5 დახრილობა. მაგრამ ასეთი განივი პროფილი

მიუღებელია ლიოსისებურ თიხნარებში და ლიოსებში რომლებიც მდებარეობს უფრო ტენიან რაიონებში მაგ. აღმოსავლეთ საქართველოში. მაშინ ჭრილის ფერდობებს ვაძლევთ დახრას 1:0,5 – 1:1,5, ხოლო ექსპლუატაციის სამსახურებმა უნდა უზრუნველყოს გვერდითი და სამთო არხების შეუფერხებელი მუშაობა მიწის ვაკისისა და ჭრილის მიმდებარე ფერდობებისგან ზედაპირული წყლების სრულად ასაცილებლად.

თუ ჭრილი ჰკვეთს არაერთგვაროვანი ფიზიკური თვისებების გრუნტებს მის ფერდობებს შეიძლება მივცეთ ტეხილი ან საფეხურებიანი მოხაზულობა (ნახ. 2.13 დ) მაგრამ ასეთი ფერდობების მოწყობა რთულია და მათ აკეთებენ მაშინ თუ როდესაც ეს გვაძლევს საამშენებლო ხარჯების მნიშვნელოვან ეკონომიას.

ჭრილიდან ამოღებული გრუნტი თუ უვარგისია ყრილებში გამოსაყენებლად, არ გეჭირდება მიწის სამუშაოთა ბალანსის მიხედვით ან მისი გადატანა შორ მანძილზე ყრილის მოსაწყობად არაა მიზანშეწონილი მაშინ მას ვხმარობთ ყრილების ფერდობების დახრილობის შესამცირებლად ან მიკრორელიეფის ფორმების მოსასწორებლად.

ზემოთ აღნიშნული მიზნებითაც თუ ვერ გამოვიყენეთ გრუნტი მაშინ მას ვვრით ჭრილის წარბას პარალელურად და ვაძლევთ გეომეტრიულად სწორ ფორმას. მიღებულ გრუნტის მასივს კავალიერი ანუ ნაყარი ეწოდება (ნახ. 2.14).



ნახ. 2.14. კავალიერების განლაგების სქემა:

- ა – კავალიერის განივი პროფილი; ბ – ვარიანტი ბანკეტსიქითა არხით;
- 1 – განთვისების ზოლის საზღვრები; 2 – მოსახსნელი მცენარეული გრუნტის ფენა; 3 – კავალიერი; 4 – ბანკეტსიქითა არხი  $h = 0,4$  მ; 5 – ბანკეტი

კავალიერის სიმაღლემ არ უნდა გადააჭარბოს 3 მ-ს. მას აწყობენ ჭრილის წარბადან არანაკლებ 3 მ-ს მოშორებით. თუ თიხოვანი, ტენიანი გრუნტები გვაქვს კავალიერის სიმაღლემ რომ არ ჩამოაზვავოს ჭრილის ფერდობი მას

ვაცილებთ ჭრილის წარბადან არანაკლები  $H + 5$  მ მანძილით.  $H$  - ფერდობების სიმაღლეა. ვაკე ადგილებში სადაც ზამთრობით ქარბუქი იცის კავალიერებს ჭრილიდან გაშორებთ არანაკლები 20 მ-ით, რათა არ ამოივსოს ჭრილი ნამქერით.

წვიმის ან თოვლის ნადნობი წყალი რომ არ ჩავიდეს ჭრილში კავალიერსა და ფერდობს შორის ეწეობა სამკუთხა კვეთის ნაყარი.ე. წ. ბანკეტი. მისი სიმაღლე არ აჭარბებს 0, 6 მ-ს; მისი ძირი ჭრილის წარბადან დაშორებულია არანაკლებ 1 მ-ით. ბანკეტის ზედაპირს ეძლევა 2–4 %, ქანობი ჭრილის მოპირდაპირე მხარეს.

ბანკეტსა და კავალიერს შორის თხრიან ბანკეტის იქითა არხს სიღრმითა და ფსკერის სიგანით არაუმეტეს 0,3 მ.



### თავი 3. ავტომობილის წვის ბალანსი

#### 3.1. ავტომობილის მოძრაობა გზაზე, მოძრაობის წინააღმდეგობანი

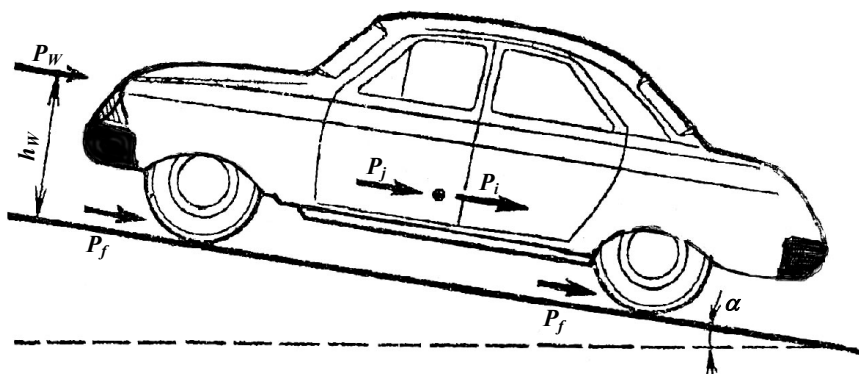
თანამედროვე საავტომობილო გზის ყველა ელემენტი უნდა უზრუნველყოფდეს საანგარიშო სინქარით მოძრავი ავტომობილების უსაფრთხო გადაადგილებას. ავტომობილთა მოძრაობის ინტენსიობის ზრდასთან ერთად გზაზე იზრდება მოძრაობის ხელისშემშლელი ფაქტორების რაოდენობა და ავტომობილთა სინქარე მცირდება. ამიტომ გზის გეგმისა და პროფილისადმი მოთხოვნების დადგენა მიზანშეწონილია გზაზე ერთეული ავტომობილის თავისუფალი რეჟიმით მოძრაობის პირობიდან გამომდინარე.

ავტომობილის მოძრაობა გადაადგილებათა რთული ერთობლიობაა: ხაზოვანი გადაადგილება გზის სწორ მონაკვეთზე; ბრუნვა ვერტიკალური ღერძის გარშემო მრუდზე მოძრაობისას; რხევები როგორც განივი ისე გრძივი მიმართულებით გამომწვეული გზის ზედაპირის უსწორმასწორობისაგან და ა.შ. ჯერჯერობით ყველა ამ ფაქტორის გათვალისწინება გზების დაპროექტების დროს არ ხერხდება. ამიტომ გეგმასა და პროფილში გზის გეომეტრიული ელემენტებისადმი მოთხოვნების დასაბუთებისას პირობით თვლიან, რომ ავტომობილი მოძრაობს ხაზოვანი ტრაექტორიით მტკიცე ზედაპირზე, რხევების გარეშე.

ავტომობილის მოძრაობის რეჟიმი განისაზღვრება სამი ფაქტორით: ავტომობილის საექსპლუატაციო მახასიათებლებით, საგზაო პირობებით რომლებიც საშუალებას იძლევიან ავტომობილმა განავითაროს ესა თუ ის სინქარე და მძღოლის ინდივიდუალური თვისებებით – შეარჩიოს ავტომობილის მოძრაობის რეჟიმი იმის მიხედვით თუ როგორ აღიქვამს იგი კონკრეტულ საგზაო სიტუაციას. მძღოლები როგორც წესი, ავტომობილის წვევით შესაძლებლობებს მთლიანად არ იყენებენ, მაგრამ პროექტი, რომ უზრუნველყოფდეს ავტომობილის უხიფათო, ეკონომიურ და მოხერხებულ მოძრაობას გზაზე საჭიროა დაეუშვათ, რომ მძღოლი მთლიანად იყენებდა ავტომობილის წვევით შესაძლებლობებს ამასთან ერთად აუცილებელია ზემოთ ჩამოთვლილი სამი ფაქტორის ურთიერთკავშირის კომპლექსური გათვალისწინება.

წვევის ძალა, რომელსაც ავტომობილის ძრავი აწვითარებს წამყვან თვლებზე იხარჯება მოძრაობის წინააღმდეგობების გადალახვაზე. ყველაზე უფრო ზოგად შემთხვევაში, როდესაც ავტომობილი მოძრაობს აჩქარებით აღმართში მასზე მოქმედებენ შემდეგი ძალები (ნახ. 3.1): გორვის წინააღმდეგობა

(გორვის ხახუნი)  $P_f$ , წინააღმდეგობა აღმართზე მოძრაობისას  $P_i$ , ჰაერის წინააღმდეგობა  $P_w$ , ინერციის წინააღმდეგობის ძალები, როგორც საკუთრივ ავტომობილის ისე მისი მბრუნავი ნაწილების მასით განპირობებული  $P_j$ .



ნახ. 3.1. მოძრავ ავტომობილზე მოქმედი წინააღმდეგობების ძალები.

ინერციის ძალები თავს იჩენს ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარის ცვლილებისას. გორვის და ჰაერის წინააღმდეგობა ყოველთვის მოქმედებს ავტომობილზე მოძრაობის საწინააღმდეგოდ. აღმართის წინააღმდეგობის ძალები და ინერციის ძალები შეიძლება არ წარმოიქმნას ან და წარმოიქმნან უარყოფითი ნიშნით (მაგ. დაღმართზე მოძრაობისას ან დამუხრუჭებისას).

გორვის წინააღმდეგობა ფასდება ავტომობილის საბურავების და გზის ფენილის დეფორმაციაზე დახარჯული ენერჯით. სწორ, ცემენტბეტონის და ასფალტბეტონის საფარიან გზებზე გორვის წინააღმდეგობა ძირითადად გამოწვეულია საბურავების დეფორმაციით. უსწორმასწორო გზის საფარზე მოძრაობისას (მაგ. მოხრეშილ, ღორღის საფარიან საფარზე ან ქვაფენილზე) გორვის წინააღმდეგობა იზრდება გზის უსწორო ზედაპირზე ავტომობილის საბურავების დეფორმირების გამო.

რბილი ზედაპირის მქონე გრუნტის გზებზე ავტომობილის საბურავები ნაკლებ დეფორმაციას განიცდის და გორვის წინააღმდეგობა ძირითადად იქმნება გრუნტის დეფორმაციისა და კვალის წარმოქმნის შედეგად.

მაგარ საფარიან გზებზე მოძრაობისას გორვის წინააღმდეგობა პირდაპირ პროპორციულია ბორბლების და წნევისა გზის ზედაპირზე.

$$P_f = \sum G_i f_i, \tag{3.1}$$

სადაც  $G_i$  არის დაწნევა გზის ზედაპირზე გამოწვეული ცალკეული თვლების მიერ.

$f_i$  – გორვის წინააღმდეგობის შესაბამისი კოეფიციენტი.

დეფორმირებულ გრუნტის საფარზე მოძრაობისას გორვის წინააღმდეგობის ძალასა და გორვის წნევას შორის არსებობს უფრო რთული დამოკიდებულება

$$P_f = \xi G_i \sqrt{\frac{H}{D}}, \quad (3.2)$$

$H$  – კვალის სიღრმე ბორბლის გაეღის შემდეგ.

$D$  – ბორბლის დიამეტრი.

$\xi$  – გრუნტის მდგომარეობაზე დამოკიდებული კოეფიციენტი, იცვლება 0,6-დან 1-მდე.

ჩვეულებრივ გორვის წინააღმდეგობას უკავშირებენ ავტომობილის საერთო წონას და თვლიან, რომ

$$f = \frac{\sum P_f}{G}, \quad (3.3)$$

სადაც  $\sum P_f$  არის გორვის ჯამური წინააღმდეგობა ყველა ბორბლისათვის;

$G$  – ავტომობილის წონაა.

გორვის წინააღმდეგობა დამოკიდებულია მოძრაობის სიჩქარეზე და თვლის საბურავის ელასტიურობაზე. გზის უსწორმასწორო ზედაპირის გადალახვისას ავტომობილის თვალი განიცდის დარტყმებს რაც ამცირებს სიჩქარეს. აქედან გამომდინარე გზის უსწორმასწორო ზედაპირზე მოძრაობისას მუდმივი სიჩქარის შესანარჩუნებლად საჭიროა დამატებითი სიმძლავრის დახარჯვა. თვლის კინეტიკური ენერჯია პირდაპირ პროპორციულია გორვის სიჩქარის კვადრატისა. ამიტომ ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარის გაზრდისას გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი იზრდება. 50 კმ-ზე ნაკლები სიჩქარით მოძრაობისას იგი ფაქტიურად რჩება მუდმივი და ტოლია ქვემოთ ცხრილში 3.1 მოყვანილ სიდიდეებისა:

ცხრილი 3.1

ფენილი	$f_0$
ცემენტბეტონის და ასფალტბეტონის საფარი	0,01 – 0,02
ხრეშის ან ღორღის სწორი ზედაპირი დამუშავებული ორგანული შემკვრელი მასალებით	0,02 – 0,025
შემკვრელი მასალით დამუშავებული ღორღიანი და მოხრეშილი ზედაპირი პატარა ორმოებით	0,03 – 0,04
რიყის ქვის ქვაფენილი	0,04 – 0,05
სწორი, მშრალი და კარგად დატკეპნილი გრუნტის გზა	0,03 – 0,06
ტენიანი, დაჭაობებული გრუნტები, ფხვიერი ქვიშა	0,15 – 0,30

უმაღლესი ტექნიკური კატეგორიის საავტომობილო გზების დაპროექტებისას, საანგარიშო სიჩქარით მოძრავი ავტომობილებისათვის. მხედველობაში უნდა

მივიღოთ გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტის მატება. ამის გაანგარიშება შეიძლება, შემდეგი ემპირიული ფორმულით:

$$f_V = f_0[1 + 0.01(V - 50)], \quad (3.4)$$

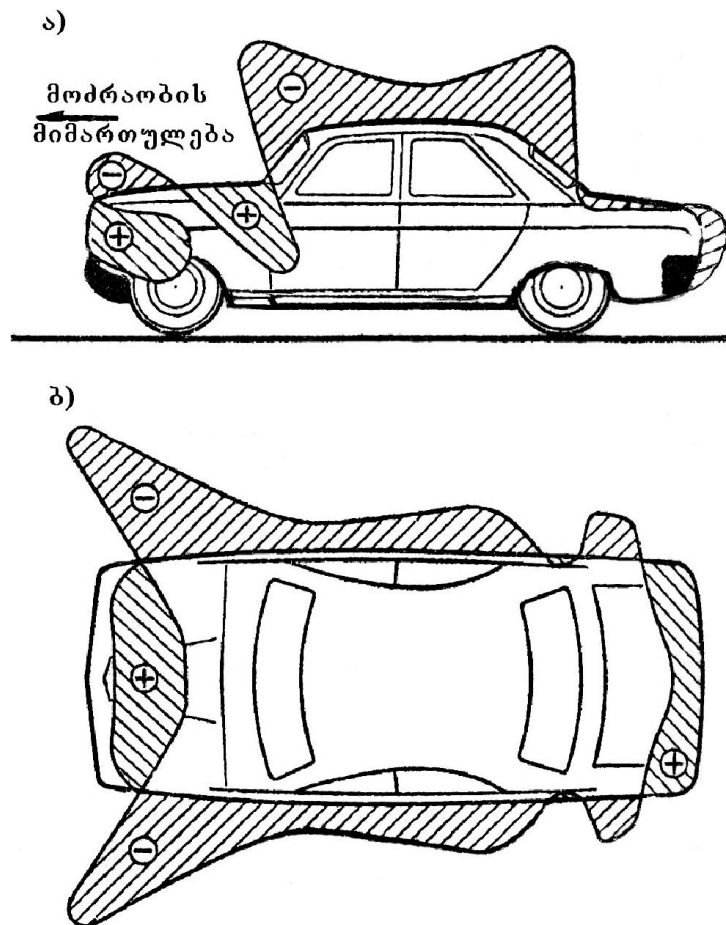
სადაც  $V$  – სიჩქარე კმ/სთ.

$f_0$  – გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი როცა სიჩქარე ნაკლებია 50 კმ/სთ-ზე;

$f$  – იგივე როცა სიჩქარე  $50 < V < 150$  კმ/სთ საზღვრებშია.

ჰაერის წინააღმდეგობას იწვევენ შემდეგი ფაქტორები:

ჰაერის შემხვედრი ნაკადის დაწოლა ავტომობილის წინა ნაწილზე (შუბლა წინააღმდეგობა), ჰაერის ხახუნი ავტომობილის გვერდით ზედაპირზე და წინააღმდეგობა როდესაც ქმნის ავტომობილის გამოშვებული ნაწილები (ფრთები, სარკეები, მოხვევის ნიშნები და სხვა). ავტომობილის სიმძლავრე იხარჯება აგრეთვე მისი ძარის არათანაბარი გარსდენის ფორმის გამო ჰაერის ჭაყლის წნევის ძალის გადალახვაზე. ძარის ზედაპირზე წარმოიქმნება ადგილები სადაც ჰაერის მომატებული წნევაა ან პირიქით გაიშვიათება (ნახ. 3.2).



ნახ. 3.2. ჰაერის დაწნევის განაწილება მოძრავ ავტომობილზე:  
 ა – დაწნევის ეპიურა სიმეტრიის ღერძის გასწვრივ ვერტიკალურ სიბრტყეში;  
 ბ – დაწნევის ეპიურა ბუფერის დონის ჰორიზონტალურ სიბრტყეში.

ჰაერის წინააღმდეგობა ავტომობილის მოძრაობისადმი გამოისახება აეროდინამიკის ცნობილი ფორმულით

$$P_w = \frac{c \cdot \rho \cdot \omega V^2}{13}, \quad (3.5)$$

$C$  არის გარემოს წინააღმდეგობის კოეფიციენტი განზომილების გარეშე (დამოკიდებულია სხეულის ფორმაზე, ძარის ზედაპირის სიგლუვეზე);

$\rho$  – ჰაერის სიმკვრივეა ზღვის დონეზე.

$\omega$  – ავტომობილის შუბლა ფართის პროექცია მისი მოძრაობის მართობელ სიბრტყეზე, მ<sup>2</sup>.

ნამრავლი  $c\rho$  ავტომობილის წვეის ძალის გაანგარიშებისას იცვლება ჰაერის წინააღმდეგობის კოეფიციენტით „ $K$ “ რომელსაც განსაზღვრავენ ექსპერიმენტულად ცხრ. 3.2.

ცხრილი 3.2

ავტომობილი	$K$	$\omega$ , მ <sup>2</sup>
ნახევარმისაბმელიანი სატვირთოები	0,05–0,07	3–7
საშუალო ტვირთამწეობის სატვირთოები	0,025–0,040	4,5–6,0
ავტობუსები ვაგონის ტიპის ძარათი	0,03–0,05	5–,0
მსუბუქი ავტომობილები	0,015–0,030	1,4–2,6
სპორტული ავტომობილები	0,010–0,015	1,0–1,5

ჩვეულებრივად ავტომობილის წვეის გაანგარიშება სწარმოებს მშვიდი (უქარო) ამინდის პირობებში. მიხსლოებით თვლიან, რომ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა მოდებულია ავტომობილის შუბლა ზედაპირის ცენტრში ან სიმძიმის ცენტრში. ჰაერის წინააღმდეგობა მკვეთრად იზრდება სიჩქარის ზრდასთან ერთად და იგი ძირითადი წინააღმდეგობაა თანამედროვე მსუბუქი ავტომობილებისათვის. უკანასკნელ 50 წელიწადში ჰაერის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი სტანდარტული ევროპული მსუბუქი ავტომობილებისათვის შემცირდა 3,5-ჯერ – 0,070-დან 0, 020-მდე.

ავტომატარებლის მოძრაობის დროს ჰაერის წინააღმდეგობა გაცილებით მეტია ვიდრე ერთეული ავტომობილისა. ამ დროს ხდება ჰაერის ჭავლის დაგრეხვა გამწვევ ავტომობილსა და მისაბმელს შორის. საშუალოდ თვლიან, რომ ყოველი მისაბმელი ჰაერის წინააღმდეგობას ადიდებს საშუალოდ 25%-ით გამწვევ ავტომობილთან შედარებით.

მოძრაობის წინააღმდეგობა აღმართში ასვლის დროს იქმნება ენერჯის დამატებითი ხარჯვის გამო ავტომობილის გადასაადგილებლად გზის  $i$  გრძივი ქანობით დახრილ ზედაპირზე გარკვეული სიმაღლის დასაძლევად.

ავტომობილის გადასაადგილებლად აღმართზე რომლის სიგრძეა  $L$  და სიმაღლე  $H$  უნდა შესრულდეს მუშაობა  $F = GH$ . თუ უგულებელვყოფთ გზის დახრილ და ჰორიზონტალურ მონაკვეთებს შორის, სიგრძეების შორის განსხვავებას რომელიც უმნიშვნელოა საავტომობილო გზებზე მიღებული ქანობებისათვის, მოძრაობის წინააღმდეგობა აღმართში გზის ერთეული სიგრძისათვის შეიძლება გამოვსახოთ განტოლებით

$$P_i = \frac{F}{L} = \frac{GH}{L} = Gi. \quad (3.6)$$

ე.ი. აღმართში მოძრაობის ხვედრითი წინაღობა პირდაპირპროპორციულია გზის გრძივი ქანობისა.

ინერციის ძალების წინააღმდეგობა შედგება გადატანითი მოძრაობის ინერციისა და ავტომობილის მბრუნავი ნაწილების ინერციისაგან. ეს ძალები წარმოიქმნებიან და მოქმედებენ ავტომობილზე აჩქარების ან შენელებისას.

$$m = \frac{G}{g} \text{ მასის ავტომობილის } V \text{ (მ/წმ) სიჩქარით გადაადგილებისას}$$

ინერციის ძალის სიდიდე

$$P_j = m \frac{dv}{dt} = \frac{G}{g} \frac{dv}{dt} = Gj, \quad (3.7)$$

სადაც  $\frac{dv}{dt}$  აჩქარებაა, ხოლო  $j = \frac{1}{g} \frac{dv}{dt}$  ფარდობითი აჩქარება.

გადატანითი მოძრაობის ინერციის გარდა სიჩქარის ცვლილების დროს წარმოიქმნება ავტომობილის მბრუნავი ნაწილების: მქნევარას, ბორბლის, გადაბმულობის მექანიზმების და სხვათა ინერციის ძალები. მბრუნავი ნაწილების გავლენის გათვალისწინების მიზნით ავტომობილის გადაადგილებითი ინერციის ძალების გამოსახულებაში შეყავთ მბრუნავი მასების გავლენის კოეფიციენტი  $\delta_{\text{ბრ}}$  რომელიც წარმოადგენს ინერციის ძალების შეფარდების გადაადგილებითი ინერციის ძალებთან ავტომობილის გაქანების მომენტში.

$$\delta_{\text{ბრ}} = \frac{P_{j_{\text{გად}}} + P_{j_{\text{ბრ}}}}{P_{j_{\text{გად}}}}.$$

ამიტომ ინერციის ძალების გამოსახულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$P_j = \delta_{\text{ბრ}} G_j. \quad (3.8)$$

რაც მეტია გადაცემათა კოლოფის გადაცემათა რიცხვი მით მეტია პირდაპირი გადაცემისათვის  $\delta_{\text{ბრ}}$  იცვლება 1,03-1,07-ის ფარგლებში. სხვა გადაცემების დროს  $\delta_{\text{ბრ}}$  იზრდება დაახლოებით შემდეგნაირად

$$\delta_{\text{ბრ}} = 1,04 + ni_j^2, \quad (3.9)$$

სადაც  $n$  არის კოეფიციენტი. მსუბუქი ავტომობილებისათვის  $n = 0,03 - 0,05$ , სატვირთოსათვის,  $n = 0,05 - 0,07$ ,  $i_j$  სიჩქარის კოლოფის გადაცემათა რიცხვია.

### 3.2. ავტომობილის დინამიური მახასიათებელი

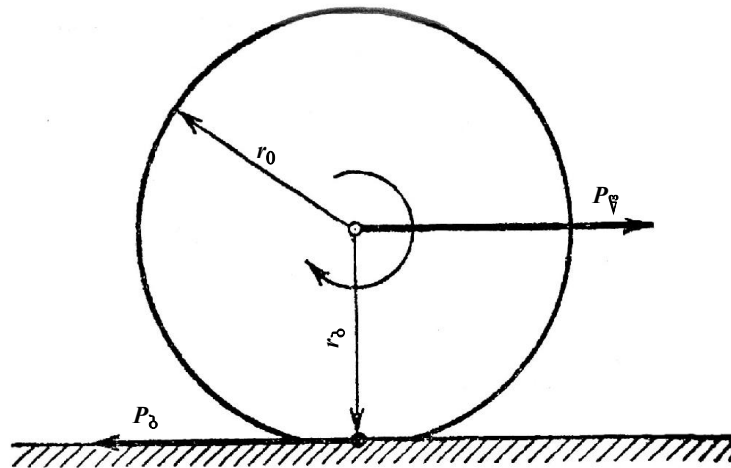
ძრავის მიერ გამომუშავებული მექანიკური ენერგია გადაბმულობის მექანიზმის საშუალებით გადაეცემა წამყვან ბორბლებს.

მაბრუნნი მომენტი  $M_{\text{ბ}}$  წარმოქმნის წვეილ ძალას. ერთერთ მათგანი წრიული ძალაა  $P_{\text{ბ}}$  რომელიც მოქმედებს საბურავის კონტაქტის ადგილას გზასთან, გადაეცემა გზის ზედაპირს და ცდილობს მისი ზედა ნაწილი გადაადგილოს მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. მეორე ძალა ავტომობილის წვეის ძალაა  $P_{\text{წ}}$  წამყვანი ხიდისა და რესორების მეშვეობით გადაეცემა ავტომობილის ძარას და იწვევს მის გადაადგილებას.

წვეის ძალის სიდიდე

$$P_{\text{წ}} = \frac{M_{\text{ბ}}}{r_{\text{ბ}}}, \quad (3.10)$$

სადაც  $r_{\text{ბ}} = \lambda r_0$  არის საბურავების გორვის რადიუსი მისი დეფორმაციის გათვალისწინებით (ნახ. 3.3).



ნახ. 3.3. წვეის ძალა ავტომობილის წამყვან თვლებზე

საბურავების დეფორმაციის კოეფიციენტი დამოკიდებულია როგორც მის კონსტრუქციაზე ასევე საბურავებზე მოდებულ მომენტზე. საშუალოდ მიღებულია, რომ მკვრივ ზედაპირზე მოძრაობისას იგი ტოლია 0,945–0,950 მაღალი წნევის პნევმატური საბურავებისათვის და 0,930–0,935 დაბალი წნევის საბურავებისათვის.

მაბრუნე მომენტი  $M_b$  წამყვან თვლებზე შეიძლება განვსაზღვროთ, როგორც ძრავის მომენტის  $M_e$  ნამრავლი ტრანსმისიის გადაცემათა რიცხვზე  $i_3$ ,  $i_0$  და მარგი ქმედების მექანიკურ კოეფიციენტზე  $\eta$  (ნახ. 3.4).

$$M_b = M_e i_3 \cdot i_0 \eta, \quad (3.11)$$

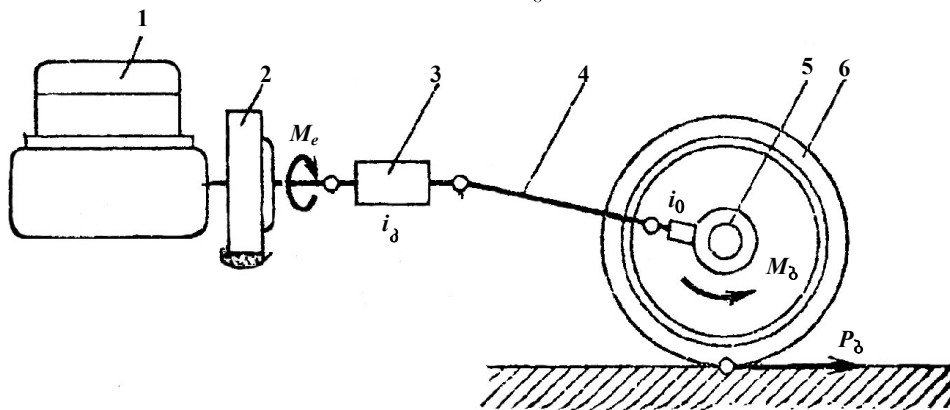
სადაც  $i_3$  არის სიჩქარის კოლოფის გადაცემათა რიცხვი;

$i_0$  – მთავარი გადაცემის გადაცემათა რიცხვი

$\eta$  – ავტომობილის ტრანსმისიის მარგი ქმედების მექანიკური კოეფიციენტი. იგი ითვალისწინებს ენერჯიის მთლიან დანაკარგს მექანიზმებში ძრავიდან წამყვან თვლებამდე. პირობითი მქკ ავტობუსებისა და სატვირთო ავტომობილებისათვის, 0,8–0,9, მსუბუქებისათვის 0,93–0,95.

აქედან გამომდინარე წვევის ძალა

$$P_{\text{წ}} = \frac{M_e i_3 i_0 \eta}{r_b}. \quad (3.12)$$



ნახ. 3.4. ძრავის მაბრუნე მომენტის გადაცემის სქემა ავტომობილის თვლებზე:  
1 – ძრავი; 2 – გადაბმის ქურო; 3 – სიჩქარის კოლოფი; 4 – კარდანის დერძი;  
5 – მთავარი გადაცემა; 6 – საბურავი.

აქ გათვალისწინებულია, რომ მაბრუნე მომენტი, რომელსაც ანვითარებს ძრავი, დაკავშირებულია მის სიმძლავრესთან  $N_e$  და მუხლა ლილვის ბრუნთა რიცხვთან  $n$  ამ დამოკიდებულების  $M_e = \frac{N_e}{n}$  გამოყენებით გვექნება

$$P_{\text{წ}} = 716,2 \frac{N_e i_3 i_0}{n r_b} \eta, \quad (3.13)$$



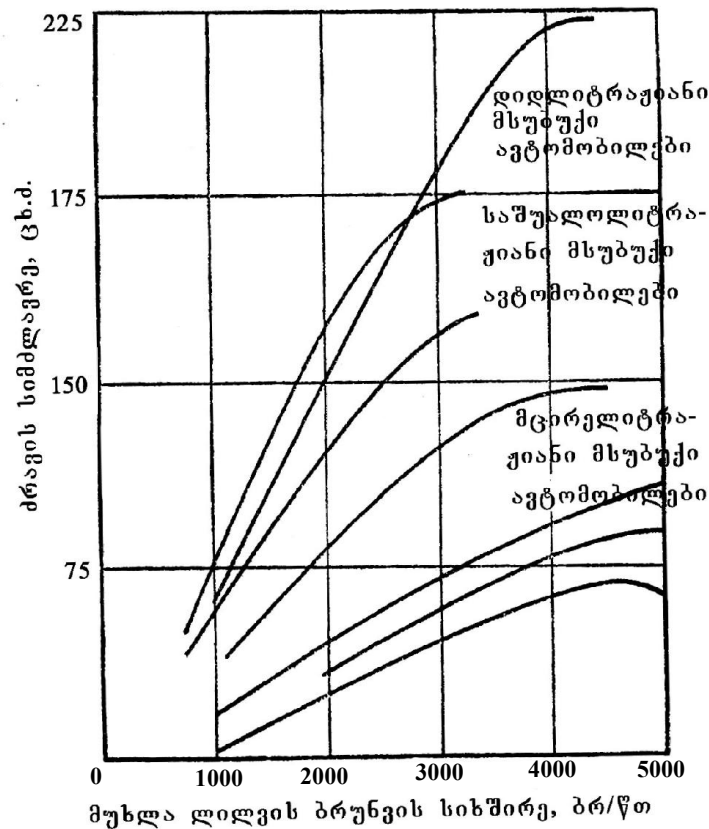
სადაც  $N_e$  არის ძრავის მიერ განვითარებული სიმძლავრე ცხ.ძ.  $i_0$  და  $n_e$ -ს დროს. მუხლა ლილვის ყოველ ბრუნს შეეფარდება ავტომობილის მკაცრად განსაზღვრული სიჩქარე. იგი განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით

$$v = \frac{2\pi r_0 n_0}{60} = \frac{2\pi r_0 n}{60 i_0 i_j} \quad \text{მ/წმ}$$

ან

$$V = 0.377 \frac{r_0 n}{i_0 i_j} \quad \text{კმ/სთ}, \quad (3.14)$$

სადაც  $n$  არის მუხლა ლილვის ბრუნვათა რიცხვი წუთში. დამადაბლებელი გადაცემის გამოყენება იძლევა საშუალებას გავზარდოთ წვევის ძალა სიჩქარის შესაბამისი შემცირებით. ამიტომ ავტომობილის მოძრაობის დროს კარგ გზაზე, როდესაც გორვის წინააღმდეგობა მცირეა გამოიყენება პირდაპირი გადაცემა  $i_j = 1$  ცუდ გზაზე ან აღმართზე მოძრაობისას კი გადადიან დაბალ გადაცემაზე.  $i_j > 1$  ძრავის სიმძლავრე  $N_e$  და მახრუნი მომენტი  $M_e$  დამოკიდებულია მის ბრუნთა რიცხვზე და მოწოდებული საწვავის რაოდენობაზე. ამ დამოკიდებულებებს ახასიათებენ ექსპერიმენტული გრაფიკით. ეს არის ძრავის გარე სიჩქარულ მახასიათებელთა გრაფიკი (ნახ. 3.5).



ნახ. 3.5. ავტომობილთა ძრავების გარე სიჩქარული მახასიათებლები

ეს სიდიდეები მიღებულია ძრავების გამოცდისას საწვავის მაქსიმალური მიწოდების დროს. ამიტომ ეს გვაძლევს საშუალებას შევაფასოთ მოცემული ძრავის მიერ განვითარებული მაქსიმალური სიმძლავრე. ნაწილობრივ დატვირთული ძრავის სიმძლავრის შესაფასებლად იღებენ სიჩქარის მახასიათებლებს საწვავის სხვადასხვა რაოდენობით მიწოდებისას.

ამ გრაფიკის, აგრეთვე  $P_w$  და  $P_v$  გამოსახულებათა გამოყენება საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ წვევის ძალა სხვადასხვა სიჩქარით გადაადგილებისას.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ მთელი წვევის ძალა იხარჯება მოძრაობის წინააღმდეგობის დაძლევაზე, მაშინ

$$P_v = P_f + P_w \pm P_j \pm P_i, \quad (3.15)$$

სადაც  $P_f$  – გორვის წინააღმდეგობა;

$P_i$  – წინააღმდეგობა აღმართში მოძრაობის დროს;

$P_w$  – ჰაერის წინააღმდეგობა;

$P_j$  – ინერციის ძალების წინააღმდეგობა.

ავტომობილის მოძრაობა ხდება მუდმივი სიჩქარით, აჩქარებით ან შენელებით.

თუ ჰაერის წინააღმდეგობის მნიშვნელობას, რომელიც დამოკიდებულია მოძრაობის სიჩქარეზე გადავიტანთ განტოლების მარცხენა მხარეს და ჩავსვათ ზემოთსენებულ ძალათა გამოსახულებებს გვექნება

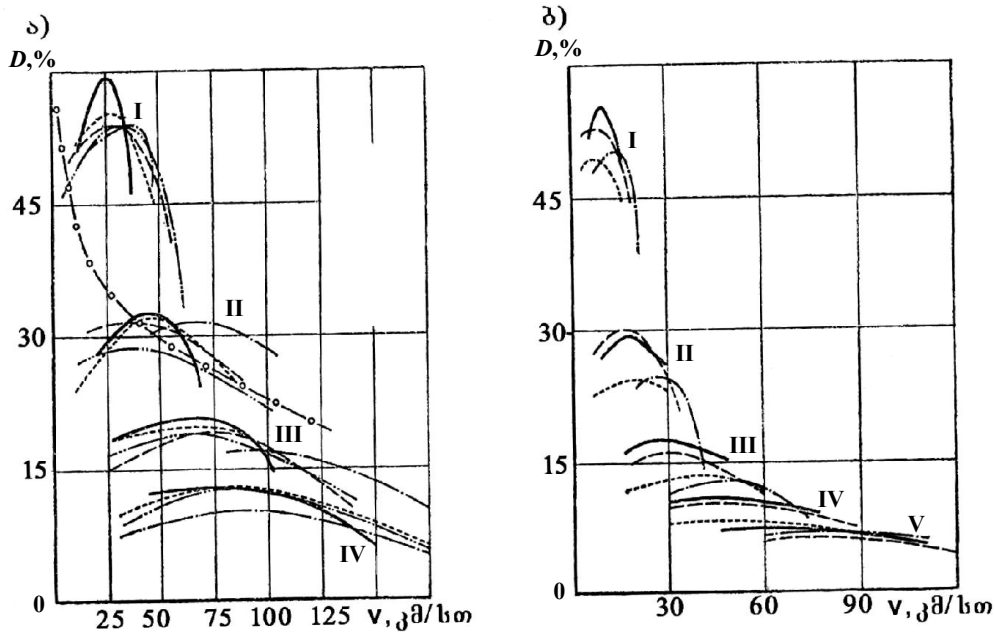
$$P_v - \frac{k\omega^2}{13} = Gf \pm G_i \pm G_j. \quad (3.16)$$

აკადემიკოს ე.ა. ჩუდაკოვს მიზანშეწონილად მიაჩნდა დაახასიათონ ავტომობილის დინამიური თვისებები, დინამიური ფაქტორით, რომელიც გამოხატავს წამყვან თვლებზე სრულ წვევის ძალის და ჰაერის წინააღმდეგობის სხვაობას ავტომობილის წონის ერთეულზე.

$$D = \frac{P_v - P_w}{G} = f \pm i \pm j. \quad (3.17)$$

დინამიური ფაქტორი ახასიათებს ავტომობილის წონის ერთეულზე მოსული წვევის ძალის რეზერვს  $V$  სიჩქარით მოძრაობისას. ეს რეზერვი შეიძლება დაიხარჯოს  $f \pm i$  საგზაო წინააღმდეგობების დასაძლევად და  $j$  ავტომობილის აჩქარებაზე.

როგორც წვეის ძალა ასევე ჰაერის წინააღმდეგობა დამოკიდებულია ავტომობილის სიჩქარეზე, ამიტომ დინამიური ფაქტორის სიდიდე სიჩქარის ცვალებადობის დროს არ არის მუდმივი. დინამიური ფაქტორის დამოკიდებულების გრაფიკი სრული დატვირთვით მოძრავი ავტომობილის სიჩქარესთან გამოიყენება მრავალი ქვეყნის საავტომობილო გზებზე, როგორც ავტომობილის წვეითი მახასიათებლების ძირითადი მაჩვენებელი (ნახ. 3.6).



ნახ. 3.6. სხვადასხვა მარკის ავტომობილთა დინამიური მახასიათებლები.  
 ა - მსუბუქი ავტომობილები; ბ - სატვირთო ავტომობილები.

დინამიური მახასიათებლების გრაფიკს ჩვეულებრივ ადგენენ სრული დატვირთვით მოძრავი ავტომობილისათვის

$$D = \frac{P_v - P_w}{G_{სრ}} \quad (3.18)$$

### 3.3. საბურავების შეჭიდულობა გზის ზედაპირთან

წვეის ძალა, რომელიც ძრავიდან გადაეცემა ავტომობილის ბორბლებს შეიძლება განვითარდეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ავტომობილის ბორბლებსა და გზის ზედაპირს შორის არის საკმარისი შეჭიდულობა. მაქსიმალური წვეის ძალის  $P_v$  სიდიდის შეფარდებას ბორბლის ვერტიკალურ დატვირთვასთან  $G_b$  რომლის გადაჭარბების დროს იწყება თვლის ბრუნვა გადაადგილების გარეშე ეწოდება შეჭიდულობის კოეფიციენტი და აღინიშნება სიმბოლოთი  $\mu$ .

საბურავის შეჭიდულობა გზის ზედაპირთან, რომ გააუმჯობესდეს საჭიროა

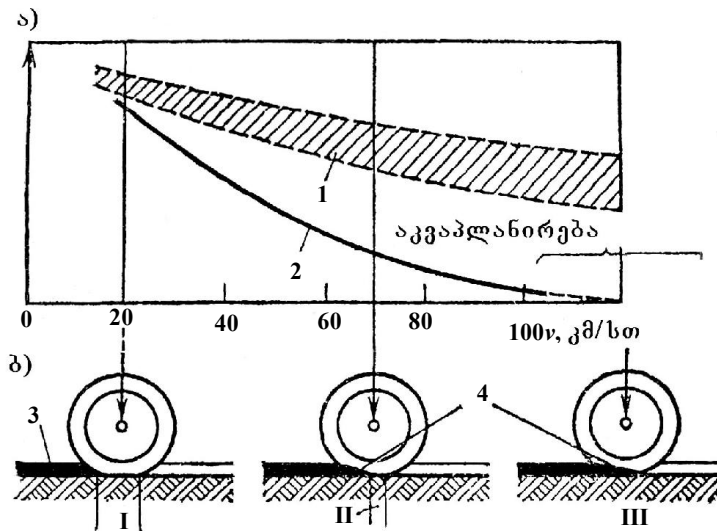
წყლის გამოდევნა სველ გზაზე მგორავი ბორბლისა და გზის ზედაპირის შეხების ადგილიდან, ამიტომ საბურავს უკეთდება ნაოჭებიანი ზედაპირი, ე.წ. პროტექტორი.

გზის ელემენტების გამოთვლისას ყოველთვის დაცული უნდა იყოს პირობა, გზის ზედაპირთან საბურავის საკონტაქტო ფართზე მომქმედი ძალების გეომეტრიული ჯამი არ უნდა აჭარბებდეს შეჭიდულობის ძალას. ამის გამო ნორმირებულია შეჭიდულობის კოეფიციენტის ორი სიდიდე.

გრძივი შეჭიდულობის კოეფიციენტი –  $\phi_1$  შეჭიდულობის კოეფიციენტის, ნაწილი, რომელიც შეესაბამება ბორბლის გადაადგილებას მისი ბრუნვის სიბრტყეში, როდესაც არ მოქმედებს გერდითი ძალა. მას იყენებენ ავტომობილის სამუხრუჭო მანძილისა და ავტომობილის მიერ დაძლეული აღმართის განსაზღვრისათვის.

განივი შეჭიდულობის კოეფიციენტი –  $\phi_2$ , შეჭიდულობის კოეფიციენტის განივი შემადგენელი ნაწილი, რომელიც აღიძვრის ბორბლის გადაადგილებისას ბრუნვის სიბრტყესთან განსხვავებული კუთხით. ჩვენში და საზღვარგარეთ ჩატარებულმა მრავალრიცხოვანმა ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ შეჭიდულობის კოეფიციენტზე უფრო მეტ გავლენას ახდენს გზის ფენილის მდგომარეობა და არა მისი ტიპი. ეს ხდება იმიტომ, რომ ყოველგვარ მშრალ ფენილზე ქვის ნაწილაკების გამონაშვერები აღწევენ საბურავის პროტექტორში ზრდიან შეჭიდულობას. ცვეთასთან ერთად გზის ზედაპირი გლუვდება, აქედან გამომდინარე მცირდება ბორბლის შეჭიდულობა გზასთან.

წვიმის დროს გზის ჭუჭყიან ზედაპირზე საბურავის პროტექტორის კონტაქტის ადგილას იქმნება ტალახის თხელი აფსკი, რომელიც ამცირებს შეჭიდულობას. დიდი სისწრაფის დროს საბურავი ვერ ასწრებს მიიღოს სრული დეფორმაცია, რადგან საბურავის კონტაქტი ფენილთან მცირეა ამიტომ მისი გამონაშვერები ვერ ასწრებენ დაიმალონ პროტექტორში და შეჭიდულობა მცირდება. მშრალ ზედაპირზე სიჩქარის ზრდისას შეჭიდულობის კოეფიციენტის შემცირება ნაკლებად იგრძნობა. ძლიერ გაცვეთილი პროტექტორი გზის სველ ზედაპირზე საბურავის ზედაპირსა და გზის ფენილს შორის რჩება წყლის ფენა, რომელიც გარკვეული სიჩქარის გადაჭარბების შემდეგ იღებს სოლის სახეს და ქმნის ჰიდროდინამიკურ ამწევ ძალას, ხდება ე.წ. აკვაპლანირება. ეს მნიშვნელოვნად ამცირებს ბორბლის დაწნევას ფენილზე და ქმნის ავტომობილის მიერ მართვადობის დაკარგვის რეალურ საფრთხეს, მით უმეტეს თუ ეს ხდება ავტომობილის წინა თვლებში (ნახ. 3.7).



ა - შეჭიდულობის კოეფიციენტის ცვლილება სიჩქარისაგან გზის სველ ზედაპირზე; ბ - საბურავის კონტაქტის ზონის შემცირება გზის სველ ზედაპირთან სიჩქარის გაზრდის შედეგად;  
 1 - საბურავები ახალი პროტექტორით; 2 - გაცვეთილი საბურავები;  
 3 - წყლის აფსკი > 1 მმ; 4 - საბურავის ქვეშ წარმოქმნილი წყლის სოლი:  
 I - ბორბლისა და ფენილის კონტაქტის მთლიანი ზონა;  
 II - შემცირებული ზონა; III - კონტაქტი აღარაა.

გერმანიაში, საავტომობილო გზების პროექტირების ტექნიკურ პირობებში გათვალისწინებულია შეჭიდულობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარესთან ოდნავ გაცვეთილ პროტექტორიანი საბურავის მოძრაობისას სვლა ცემენტბეტონის საფარზე.

სიჩქარე კმ/ სთ..... 30, 50, 70, 80, 100, 120, 150, 175.

შეჭიდულობის კოეფიციენტი  $\phi$  .....0,50; 0,43; 0,38; 0,36; 0,32; 0,30; 0,26; 0,24.

დამუხრუჭებისას ავტომობილის სიჩქარე იცვლება ფართო დიაპაზონში, ამიტომ სამუხრუჭო მანძილის გამოთვლისას იღებენ 30-40 კმ/სთ. სიჩქარის შესაბამის შეჭიდულობის კოეფიციენტის სიდიდეს. ამ სიჩქარეს თვლიან საშუალოდ დამუხრუჭების მთელი პროცესის განმავლობაში. ქვემოთ მოყვანილი ცხრილი გვიჩვენებს გრძივი შეჭიდულობის კოეფიციენტის დამოკიდებულებას ფენილის მდგომარეობასთან

მშრალი ხორკლიანი ზედაპირი .....	0,70
მშრალი გლუვი ზედაპირი .....	0,60
ტენიანი ზედაპირი .....	0,50
სველი ზედაპირი .....	0,4 – 0,3
ტალახიანი ზედაპირი .....	0,2 – 0,3
მოყინული ზედაპირი .....	0,1 – 0,05

პნევმატური საბურავების შეჭიდულება გზის ზედაპირთან დამოკიდებულია მეტეოროლოგიურ პირობებზე. შეჭიდულობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა მაღლდება ზაფხულში და შესამჩნევად იკლებს ზამთარში ყინვის დროს. ექსპლუატაციის მუშაკები იძულებული არიან გზის ფენილს მოაყარონ ქვიშა ან წიდა, მოითხოვონ ავტომობილის გადაადგილება მოცურების საწინააღმდეგო სპეციალური საბურავებით, შემოკრული ჯაჭვებით და ა.შ.

გზის ექსპლუატაციაში გადაცემისას სამშენებლო ნორმები და წესები მოითხოვენ, რომ გრძივი შეჭიდულობის კოეფიციენტი ტენიან ზედაპირზე მოძრაობისას უნდა შეესაბამებოდეს ცხრ. 3.2-ში მოყვანილ სიდიდეებს.

ცხრილი 3.2

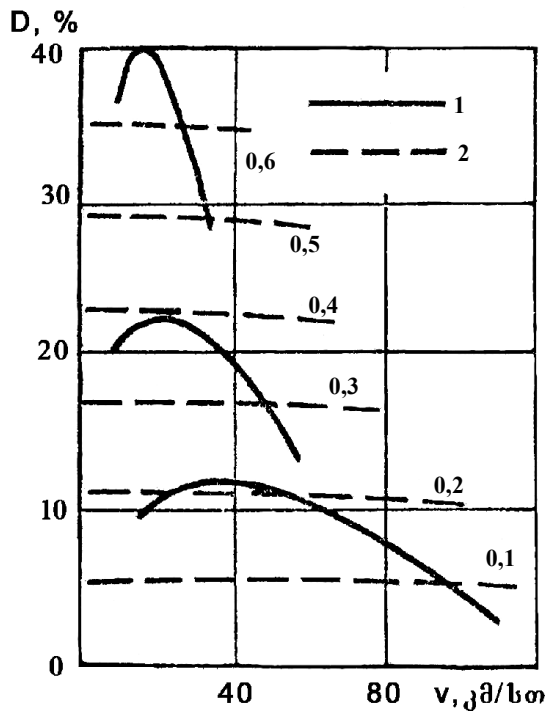
მოძრაობის პირობები	გზის მონაკვეთის დახასიათება	შეჭიდულობის კოეფიციენტი $\mu$ არანაკლები
ადვილი	გეგმაში სწორი ან მრუდე მონაკვეთები რადიუსით >1000 მ, გრძივი ქანობი არაუმეტეს 3% გამაგრებული გვერდულებით	0,40
ძნელი	მრუდები გეგმაში რადიუსით 250 – 1000 მ გრძივი ქანობებით 3 – 6 %	0,45
სახიფათო	მონაკვეთები არასაკმაო მხედველობით, საანგარიშოზე მეტი გრძივი ქანობით, ერთ ღონეზე კვეთის ან მიმხრობის მიმდებარე ადგილები	0,50

ამ მოთხოვნების გათვალისწინებითაა შემოღებული გზებზე გადაადგილების მაქსიმალური სიჩქარის შეზღუდვა.

საბურავების ფენილთან შეჭიდულობის კოეფიციენტი არის მოძრაობის უსაფრთხოების უმთავრესი პირობა, რადგან მასზეა დამოკიდებული მოცურების საწინააღმდეგოდ მდგრადობა მოსახვევებში და დროული შეჩერების შესაძლებლობა რაიმე წინააღმდეგობის წინ.

საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევების სტატისტიკა გვიჩვენებს, რომ უბედური შემთხვევების რიცხვი იზრდება როდესაც მეტეოროლოგიური პირობების გამო  $\mu$  მცირდება. ამიტომ ცუდი მეტეოროლოგიური პირობების დროს მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა შეიძლება მოძრაობის სიჩქარის შემცირებით, რომელიც უნდა შეესაბამებოდეს შეჭიდულობის კოეფიციენტის შესაძლო მნიშვნელობას გზის კონკრეტულ მონაკვეთზე.

საბურავების შეჭიდულობა გზის ზედაპირთან მკვეთრად ზღუდავს ავტომობილის დინამიურ შესაძლებლობას, რადგან შეჭიდულობის კოეფიციენტს მცირე სიდიდის დროს დიდი წევის ძალა განვითარებული ძრავის მიერ წამყვან თვლებზე შეიძლება სრულად ვერ გამოვიყენოთ (ნახ. 3.8).



ნახ. 3.8. ავტომობილის დინამიური მასხასიათებელი შეზღუდვა შეჭიდულობით: 1 – წვევის ძალა; 2 – მისი შეზღუდვა შეჭიდულობით. ციფრები პუნქტირით დახაზულ მრუდებზე გვიჩვენებენ შეჭიდულობის კოეფიციენტის სიდიდეს.

ამიტომ ავტომობილის წვევის ძალას და დინამიური მასხასიათებლების გაანგარიშებისას ითვალისწინებენ შეჭიდულობის გავლენას დინამიურ მასხასიათებლებზე. მას იღებენ წვევითი ბალანსის განტოლებაში წვევის ძალის  $P_{\varphi}$  სიდიდის მაქსიმალური მნიშვნელობის შეტანით, რომელიც შესაძლებელია საბურავის გზის ფენილთან შეჭიდულობის პირობით  $P_{\varphi} = G\varphi$

$$G\varphi = Gf \pm Ci \pm G_j + \frac{K\omega^2}{13}. \quad (3.19)$$

თუ მოვაკლებთ წვევის ძალას ჰაერის წინააღმდეგობას და დარჩენილ სიდიდეს გადავიანგარიშებთ ავტომობილის წონის ერთეულზე მივიღებთ

$$D = \frac{G\varphi - K\omega^2}{G} = f \pm i \pm j. \quad (3.20)$$

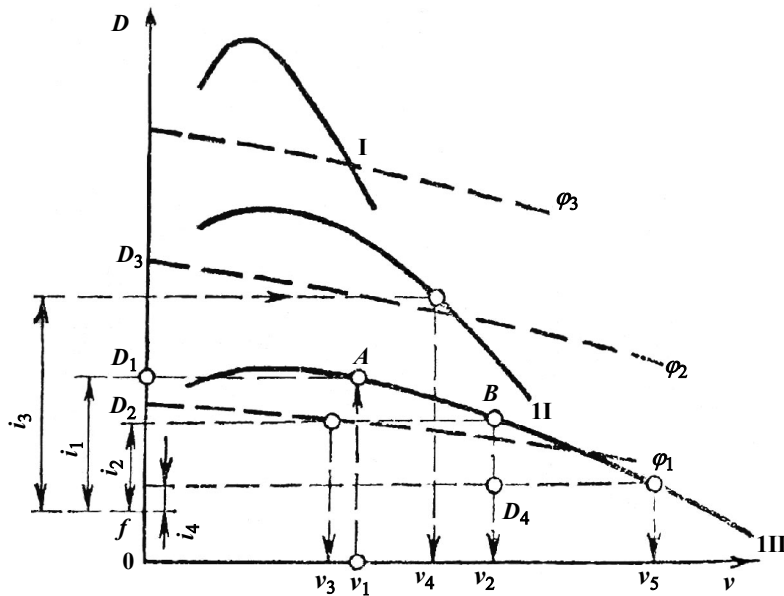
ნახ. 3.8-ზე მოცემული გრაფიკები საშუალებას გვაძლევენ გამოვეყოთ ზონები სადაც შეიძლება წვევის ძალის სრული სიდიდის გამოყენება.

### 3.4. ავტომობილის მიერ გრძივი ქანობების გადალახვა

დინამიური მახასიათებლის გრაფიკი საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ გზაზე ავტომობილის მოძრაობის პირობები და განესაზღვროთ.

1. გრძივი ქანობის სიდიდე, რომელსაც ავტომობილი დაძლევს სხვადასხვა მუდმივი სიჩქარით მოძრაობისას.

ამ ამოცანის გადასაჭრელად დინამიური მახასიათებლის გრაფიკის აბცისიდან რომელიც შეესაბამება გარკვეულ სიჩქარეს აღმართავენ მართობს დინამიური მახასიათებლის მრუდის გადაკვეთამდე (ნახ. 3.9). ამ წერტილის ორდინატი მოგვცემს დინამიური ფაქტორის მნიშვნელობას, რომელიც ტოლია ჯამის  $i+f$ .



ნახ. 3.9. დინამიურ მახასიათებელთა გრაფიკი წვევის ანგარიშებისათვის

ვითვალისწინებთ, რომ ავტომობილი მოძრაობს მუდმივი სიჩქარით  $V=0$  ანუ  $j=0$  აქედან გამომდინარე

$$i = D - f. \quad (3.21)$$

2. მუდმივი სიჩქარე რომლითაც ავტომობილი დაძლევს აღნიშნულ ქანობს. ამ პირობის შესასრულებლად აუცილებელი დინამიური ფაქტორი

$$D_1 = i + f. \quad (3.22)$$

თუ ამ მნიშვნელობას გადავზომავთ ორდინატთა ღერძზე და ვიპოვით შესაბამის აბცისის წერტილს დინამიური ფაქტორის მრუდზე შეგვიძლია განესაზღვროთ სიჩქარე  $V$ .

ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდი ემყარება წვევის ძალის მაქსიმალურ სიდიდეს რომელსაც ძრავი აწვითარებს წამყვან თვლებზე, ამიტომ აუცილებელია



დამატებით შემოწმება შეჭიდულობაზე. ამისათვის დინამიური მახასიათებლის გრაფიკზე უნდა დავიტანოთ შეჭიდულობის აღმნიშვნელი შემზღვეული მრუდები. თუ პირველად მიღებული შედეგით წერტილი მდებარეობს შეჭიდულობის მრუდებზე დაბლა, მაშინ ანგარიშით მიღებული წნევის ძალა არ გამოიწვევს წამყვანი თვლების ბუქსაობას ე.ი. ანგარიში სწორია.

ანგარიშის ყველა ეს მეთოდი დამყარებულია ავტომობილის მოძრაობის ჰიპოთეზაზე აქსელერატორის სატერფულის ბოლომდე ჩაწევით ე.ი. წევის ძალის მაქსიმალური გამოყენებით.

სინამდვილეში ავტომობილის მოძრაობა ხდება ძრავის ნაკლებად გადატვირთული რეჟიმით, რაც აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ სიჩქარის და მოცემული სიძრუდის მონაკვეთის გაგლის ხანგრძლივობის გამოთვლის დროს.

ავტომობილის მოძრაობის რეჟიმზე დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ მძღოლების უმეტესობა აქსელერატორის სატერფულს აწვება გრძივი ქანობის სიდიდის მიხედვით.

ქანობი % .....	0 – 2	2 – 4	4 – 7	>7
აქსელერატორზე დაწოლის ხარისხი % .....	40	50–60	80–85	100.

პროფ. კ. მჭედლიშვილის მიერ მთავორიან პირობებში მყარ საფარიან გზებზე ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ აქსელერატორის პედალზე დაწოლის ხარისხი ანუ კარბურატორიანი ძრავის დროსელის ან დიზელის ძრავის საწვავის ტუმბოს გახსნის ხარისხი დამოკიდებულია არა მარტო გრძივი ქანობზე არამედ ჯამურ საგზაო წინააღმდეგობებსა და ავტომობილის დატვირთვაზე. ეს დამოკიდებულება მის მიერ აღწერილია განტოლებით

$$P = 0,248\gamma + 0,240 + 0.172\varphi - 33,33\psi^2, \quad (3.23)$$

სადაც:  $P$  კარბურატორის დროსელის (საწვავის ტუმბოს) გახსნის ხარისხი, ერთეულის ნაწილებში;

$\gamma$  – ავტომობილის ტვირთამწეობის გამოყენების კოეფიციენტი;

$\psi$  – ჯამური საგზაო წინააღმდეგობა,  $\psi = f + i$ .

ცალკეულ ადგილებზე მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრისათვის შეგვიძლია გამოვიყენოთ დინამიური მახასიათებლის გრაფიკი ზემოთ ცხრილში მოცემული აქსელერატორზე დაწოლის დისკრეტულ მნიშვნელობათა შესაბამისად. გზის გარკვეულ მონაკვეთებზე მოძრაობის სიჩქარის ზუსტი განსაზღვრისთვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ სპეციალური კომპიუტერული პროგრამები შექმნილი განტოლება 3.23-ის გამოყენებით.

3. აჩქარება, რომელსაც ავითარებს ავტომობილი გაქანებისას. თუ გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტია  $f$  და ქანობი  $i$  აგრეთვე საწყისი სიჩქარე  $V$  შესაძლო აჩქარება ავტომობილის გაქანებისას ტოლი იქნება

$$j = \frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta} [D - (f + i)] \quad \text{მ/წმ}^2, \quad (3.24)$$

სადაც  $\delta$  არის ავტომობილის მბრუნავი ნაწილების გავლენის კოეფიციენტი.

### 3.5. ავტომობილის დამუხრუჭება

დამუხრუჭება გამოიყენება როგორც ავტომობილის დაუყოვნებელივი შეჩერებისათვის, ასევე მისი სიჩქარის შესანელებლად. მშრალ, ხორკლიან ზედაპირიან ფენილზე შედარებით ეფექტურია დამუხრუჭება გადაბმულობის გამორთვით. ამ დროს მბრუნე მომენტი აღარ გადაეცემა წამყვან თვლებს და ავტომობილის მიერ დაგროვილი კინეტიკური ენერგია თანდათან ქრება სამუხრუჭო ხუნდებისა და დოლის (დისკოს) ხახუნში. სამაგიეროდ სველ ამინდში შეჭიდულობის კოეფიციენტის მცირე სიდიდის დროს ასეთმა დამუხრუჭებამ შეიძლება გამოიწვიოს ავტომობილის მოცურება. ამ შემთხვევაში დამუხრუჭებას იწყებენ ძრავის უქმი სვლის რეჟიმის დროს ჩართული გადაბმულობით და თიშავენ გადაბმულობას მხოლოდ მაშინ, როდესაც სიჩქარე მნიშვნელოვნად შემცირდება.

ავტომობილის შენელების ინტენსივობის დასახასიათებლად, როდესაც გადაბმულობა გამორთულია და ავტომობილს ამოძრავებს მხოლოდ მისი ინერცია შეიძლება გამოვიყენოთ ავტომობილის მოძრაობის განტოლება შემდეგი სახით

$$\delta G j = P_{\phi} + P_W \pm P_i + P_f, \quad (3.25)$$

სადაც  $P_W, P_i, P_f$  არის მოძრაობის წინააღმდეგობის ძალები;

$P_{\phi} = \gamma_{\phi} G$  სამუხრუჭო ძალაა,  $G$  ავტომობილის წონა,  $\gamma_{\phi}$  სამუხრუჭო ძალის კოეფიციენტია ტოლი სამუხრუჭო ძალების შეფარდებისა (რომლებიც აღიძვრებიან ყველა თვალზე) ავტომობილის წონასთან.

პარამეტრი  $\gamma_{\phi}$  დამოკიდებულია სამუხრუჭო სისტემის კონსტრუქციაზე და მის მდგომარეობაზე, აგრეთვე მძღოლის მიერ შერჩეული დამუხრუჭების ინტენსიობაზე. ეს უკანასკნელი განისაზღვრება დამუხრუჭების მიზნით და ცვლილებას განიცდის ფართე შუალედში – მსუბუქი დამუხრუჭებიდან დაწყებული ყველა თვლის ბლოკირებამდე ავტომობილის მოცურების ჩათვლით.

პარამეტრ  $\gamma_{\phi}$  სიდიდეზე გავლენას ახდენს სავალი ნაწილის სისწორე, ვინაიდან უსწორმასწორო ფენილზე მოძრავი ავტომობილი იწყებს რხევას და

ამცირებს ავტომობილის დაწოლას გზის ზედაპირზე.

კოეფიციენტი  $\gamma_a$  ახასიათებს ავტომობილის სამუხრუჭო შესაძლებლობებს. თანამედროვე ავტომობილებში რომელთა ყველა თვალი აღჭურვილია მუხრუჭებით. სწორ ზედაპირზე  $\gamma_a$  რიცხობრივად ტოლია საბურავის გზასთან შეჭიდულობის კოეფიციენტისა.

თუ განტოლება (3.25)-ში ჩავსვამთ მოძრაობის წინააღმდეგობის მნიშვნელობას მივიღებთ, რომ უარყოფითი აჩქარება დამუხრუჭებისას (ანუ შენელება) ტოლია

$$\delta\gamma = \frac{P_w}{G} \gamma_a \pm i + f. \quad (3.26)$$

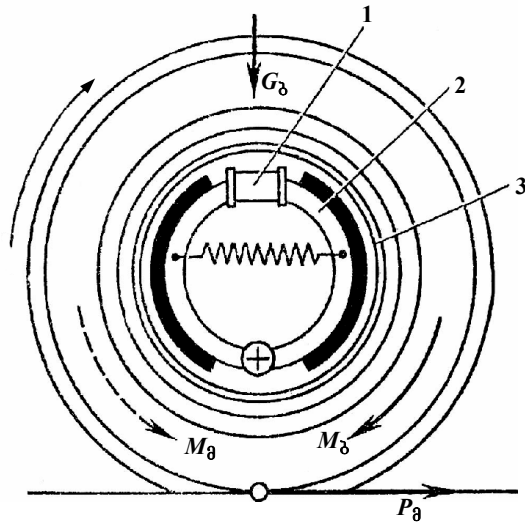
ვინაიდან დამუხრუჭებისას ავტომობილის სიჩქარე მკვეთრად მცირდება, ხოლო 30 კმ სიჩქარეზე დაბლა ჰაერის წინააღმდეგობა პრაქტიკულად უმნიშვნელოა, ამიტომ დამუხრუჭებაზე მის გავლენას მხედველობაში არ იღებენ.

დამუხრუჭების პროცესში მძღოლი აწევა სამუხრუჭო სატერფულს რითაც სამუხრუჭო მექანიზმს (ნახ. 3.10) აიძულებს ხუნდები უფრო მჭიდროდ მიეკრან დოლს (დისკოს), რაც თავისთავად იწვევს ხახუნის გაძლიერებას. ავტომობილების სამუხრუჭო სისტემას შეუძლია განავითაროს ძალვა, რომელიც აღემატება საბურავის შეჭიდულობის ძალას გზის ზედაპირთან. გამოუცდელი მძღოლის მიერ ზედმეტად ინტენსიური დამუხრუჭებისას შეიძლება მოხდეს ავტომობილის თვლების ბლოკირება, რის შედეგადაც ბორბალი წყვეტს ბრუნვას და მისრიალებს გზის ზედაპირზე. ბორბლის გზასთან კონტაქტის ადგილას საბურავის რეზინი ცხელდება, შემდეგ დნება და იწვევს ინტენსიურ სრიალს ფენილზე. ყოველივე ეს ამცირებს შეჭიდულობას, ხოლო საბურავი სწრაფად ცვდება. ავარიულ სიტუაციებში მძღოლს არა აქვს შესაძლებლობა თვითონ არეგულიროს მუხრუჭის სატერფელზე დაწოლა, ამიტომ ხშირად ავტომობილი კარგავს მდგრადობას.

დამუხრუჭების ნორმალური პროცესის უზრუნველსაყოფად თანამედროვე ავტომობილებზე მოწყობილია სპეციალური სისტემა, რომლის საშუალებით ხდება თვლების ნაწილობრივი ბლოკირება. ამის შედეგად ბორბალი კი არ ცურავს გზის ზედაპირზე, არამედ მიგორავს მცირე მოცურებებით, დამუხრუჭების ასეთი რეჟიმი მეტად ეფექტურია, ამცირებს სამუხრუჭე მანძილს და იმავდროულად უზრუნველყოფს ავტომობილის მდგრადობას.

მანძილი, რომელზედაც მძღოლს შეუძლია საანგარიშო სიჩქარით მოძრავი ავტომობილის შეჩერება მოძრაობის უსაფრთხოების მნიშვნელოვანი ფაქტორია

და მასზეა დამოკიდებული ტექნიკური ნორმატივების ჩამოყალიბება საავტომობილო გზების გრძივი პროფილის და გეგმის მთელ რიგ ელემენტებზე ამის გათვალისწინებით პროფ. კ. მჭედლიშვილის მიერ შემუშავებულია გზებზე მოძრაობის უსაფრთხოების შეფასების ეფექტური მეთოდი დამყარებული კონკრეტულ უბნებზე სამუხრუჭე მანძილის შეფარდებაზე იდეალურ მონაკვეთზე რეალიზებულ ანალოგიურ სიდიდესთან.



ნახ. 3.10. ავტომობილის სამუხრუჭო მექანიზმის სქემა:

- 1 – სამუხრუჭო ცილინდრები, რომლებიც აჭერენ ხუნდებს დოლზე;
- 2 – სამუხრუჭო ხუნდი; 3 – სამუხრუჭო დოლი;  $M_b$  – მარბუნი მომენტი;
- $P_a$  – სამუხრუჭო ძალა;  $M_a$  – სამუხრუჭო მომენტი;  $G_b$  – ავტომობილის წონა მოსული ბორბალზე.

იმ მომენტიდან, როდესაც მძღოლი ამჩნევს თავის წინ რაიმე წინააღმდეგობას, მომენტამდე ვიდრე იგი იწყებს სრულად დამუხრუჭებას გადის გარკვეული დრო. სამუხრუჭო მანძილის ზუსტი გაანგარიშებისთვის აუცილებელია გავითვალისწინებული იქნას მძღოლის რეაქციის პერიოდის ხანგრძლივობა  $t_1$  რომლის დროსაც მჭიდროდ შეიცნობს დამუხრუჭების აუცილებლობას, გადააქვს ფეხი აქსელერატორის სატერფულიდან სამუხრუჭოზე, დრო  $t_2$  რომელიც იხარჯება სატერფულის უქმ სვლაზე და პერიოდი  $t_3$  რომლის დროსაც სამუხრუჭო ძალვა თანდათანობით იზრდება და აღწევს თავის სრულ მნიშვნელობას.

სამუხრუჭო მოწყობილობის დაყოვნების დრო შეადგენს დაახლოებით 0,1 წამს ჰიდრაულური მუხრუჭებისათვის და 0,5 წმ-ს პნევმატურისათვის. სამუხრუჭო ძალვის ზრდის პერიოდი ტოლია 0,2 წამისა ჰიდრაულური მუხრუჭებისათვის და 0,6-1 წმ. პნევმატურისათვის.

სპეციალური გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მძღოლის რეაქციის ხანგრძლიობა  $t_1$  ცვლადია. დამოკიდებულია ასაკზე, მუშაობის სტაჟზე, მძღოლის განწყობილებაზე, დაღლილობაზე, ავტომობილის სიჩქარეზე, იმ საგზაო პირობებზე, რომელშიდაც მიმდინარეობს ავტომობილის მოძრაობა. ეს სიდიდე მერყეობს 0,3-1,5 წმ და მეტიც. შედარებით ხშირად ვხვდებით  $t_1$ -ის მნიშვნელობას 0,8 წმ. აქედან გამომდინარე, ის დრო რომელი მომენტიდანაც მძღოლი დაინახავს წინააღმდეგობას ეფექტურ დამუხრუჭებამდე შეადგენს 1,2 წმ-ს ჰიდრავლური მუხრუჭებისათვის და 2 წმ-ს პნევმატურისათვის.

სამუხრუჭო მანძილის გამოთვლისას გზის გეგმისა და პროფილის ელემენტების განსახილვერავად იღებენ საშუალო ჯამურ დროს  $t_1 + t_2 + t_3 = 1$  წმ-ს და მას უწოდებენ რეაქციის პირობით დროს.

მანძილი, რომელსაც გადის ავტომობილი სრული დამუხრუჭების პერიოდში შეიძლება გამოითვალოს თანაბარშენელებული მოძრაობის ფორმულით.

$$v = \sqrt{2aS}, \quad (3.27)$$

სადაც  $v$  – სიჩქარეა დამუხრუჭების დასაწყისში მ/წმ.  $S_T$  სამუხრუჭო მანძილი მ-ში.  $a$  უარყოფითი აჩქარების აბსოლუტური მნიშვნელობაა დამუხრუჭებისას მ/წმ<sup>2</sup> და ტოლია  $(\gamma_a + f \pm i)g$  ამ დროის ჰაერის წინააღმდეგობა და ავტომობილის მბრუნავი მასების მოქმედება მხედველობაში არ მიიღება.

ამჟამად მოქმედი საერთაშორისო მოთხოვნებით შენელების აბსოლუტური მნიშვნელობა რომელსაც უზრუნველყოფს სამუხრუჭო სისტემა უნდა შეადგენდეს სატვირთო ავტომობილებისათვის და ავტომატარებლებისათვის არანაკლებ 5,5 მ/წმ<sup>2</sup>, ხოლო მსუბუქი ავტომობილებისათვის არანაკლებ 7 მ/წმ<sup>2</sup>.

თუ  $a$  და  $\gamma_a$ -ს მნიშვნელობებს ჩავსვამთ (3.27) განტოლებაში მივიღებთ სამუხრუჭო მანძილის გამოსახულებას.

$$S = \frac{v^2}{2g(\gamma_a + f \pm i)}. \quad (3.28)$$

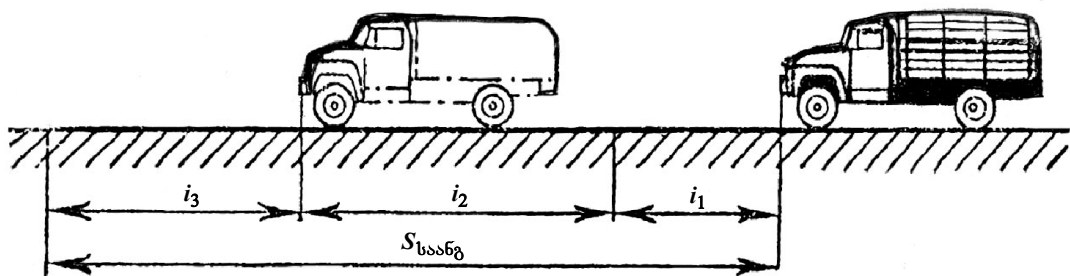
გზის გეგმისა და პროფილის ელემენტების განსახილვერისას პირობითად გამოდიან დამუხრუჭების ავარიული რეჟიმიდან, სრული ბლოკირებით და უშვებენ რომ  $\gamma_a$  ტოლია შეჭიდულობის კოეფიციენტისა  $\phi$ . სინამდვილეში კი ექსპლუატაციის რეალურ პირობებში მუხრუჭების არათანაბარი რეგულირებისას, აგრეთვე ბორბლებს შორის ძაღვის უთანაბრო განაწილებისას და ავტომობილის მოძრაობის დროს მისი რხევის გამო შეუძლებელი ხდება სრულად გამოვიყენოთ სამუხრუჭო ძაღვის თეორიული სიდიდე. პროფ. დ.

ველიკანოვის წინადადებით სამუხრუჭო მანძილის ფორმულაში შეყავთ დამუხრუჭების ეფექტურობის შემასწორებელი კოეფიციენტი  $K_{\phi}$ , აქედან გამომდინარე ფორმულა მიიღებს სახეს

$$S = \frac{K_{\phi} v^2}{2g(\phi \pm i + f)}. \quad (3.29)$$

ცდების შედეგად მიღებულია რომ მსუბუქი ავტომობილებისათვის  $K_{\phi} = 1,2$ . ხოლო სატვირთო ავტომობილებისა და ავტობუსებისათვის  $K_{\phi} = 1,3-1,4$ . მოლიპულ ფენილზე დამუხრუჭებისას სამუხრუჭო ძალები მყისიერად აღწევენ შესაძლო მაქსიმალურ მნიშვნელობას, ამიტომ როდესაც შეჭიდულობის კოეფიციენტი  $\phi \leq 0,4$  უნდა ავიღოთ  $K_{\phi} = 1$ . გზის გეომეტრიული ელემენტების გამოთვლისას სარგებლობენ  $K_{\phi}$  – საშუალო მნიშვნელობით  $K_{\phi} = 1,2$ .

როდესაც სიჩქარე მეტია 90-100 კმ-ზე 3.29 განტოლება გვაძლევს შემცირებულ მნიშვნელობებს ვინაიდან იგი არ ითვალისწინებს მძღოლის ქცევის თავისებურებას დიდი სიჩქარეზე დამუხრუჭებისას. მოცურების შიშის გამო მძღოლი ჯერ ამუხრუჭებს რბილად. სიჩქარე, რომ დაეცემა 70-80 კმ-მდე ამის შემდეგ იწყებს ინტენსიურ დამუხრუჭებას ავტომატურ სამუხრუჭო სისტემის შესაძლებლობების სრული გამოყენებით. მიზანშეწონილია დამუხრუჭების ასეთი პირობებისათვის მივიღოთ  $K_{\phi} = 2,3$  და ამ შედეგით ვისეგმოდვანელოთ საავტომობილო გზის გეომეტრიული ელემენტების დასაბუთებისას.



ნახ. 3.11. სამუხრუჭო მანძილის საანგარიშო სქემა  
 $S$  – საანგარიშო სამუხრუჭო მანძილი;  
 $l_1$  – რეაქციის პერიოდში გავლილი მანძილი;  
 $l_2$  – სამუხრუჭო მანძილი;  $l_3$  – უსაფრთხოების მანძილი

საავტომობილო გზის ელემენტების გამოთვლისას უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით შემოყავთ საანგარიშო სამუხრუჭო მანძილი. 3.29 გამოთვლილ სიდიდეს ემატება მანძილი, რომელსაც ავტომობილი გაივლის მძღოლის რეაქციის პერიოდში და უსაფრთხოების შუალედი (მანძილი შეჩერებული ავტომობილიდან წინააღმდეგობამდე). ჩვეულებრივ მას იღებენ

ავტომობილის სიგრძის ტოლად (ნახ. 3.11) ამ შემთხვევაში  $V$  კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობისას დამუხრუჭების სრული მანძილის ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$S_{\text{საანგ}} = \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 = \frac{V}{3,6} + \frac{K_j V^2}{254(\varphi \pm i + f)} + \ell_3. \quad (3.30)$$

### 3.6. ავტომობილის დამუხრუჭების თავისებურებები გრძელ ციცაბო დაღმართებზე

როდესაც ვნიშნავთ საავტომობილო გზაზე გრძივ ქანობს უნდა გვახსოვდეს, რომ ყოველი აღმართი, შემხვედრი ავტომობილისათვის დაღმართი იქნება.

დინამიური მახასიათებლების გრაფიკით მოძრავი ავტომობილის სიჩქარის გაანგარიშებისას დაღმართით გამოწვეული წინააღმდეგობა განტოლებაში შედის უარყოფითი ნიშნით.

$$\frac{P_{\text{წ}} - P_{\text{წ}}}{G} = f \pm j - i. \quad (3.31)$$

შესაბამისად დაღმართებში აჩქარება აღწევს მნიშვნელოვან სიდიდეს და ავტომობილის სიჩქარე მკვეთრად იზრდება.

დაკვირვებები გვიჩვენებენ, რომ დაღმართებში უფრო ხშირად გამოიყენება მოძრაობის შემდეგი რეჟიმები:

$i \leq 3\%$  ქანობზე მოძრაობა ხდება წამყვან თვლებზე წვეის ძალის მიწოდებით მიუხედავად ქანობის სიგრძისა.

$3\% < i < 5\%$  300-500მ მანძილზე მოძრაობა ხდება გამორთული გადაბმულობით ძრავით ამუხრუჭებენ მხოლოდ სატვირთო ავტომობილები ქანობის ბოლოში. როდესაც  $i > 5\%$  ხდება ძრავით დამუხრუჭება. თუ დაღმართი ნაკლებია 1000 მ-ზე საკმარისია მხოლოდ საბორბლე მუხრუჭებიც.

მთებში ავტომობილის მოძრაობა გეგმაში მრუდების მქონე დაღმართში, ან მოლიპულ ზედაპირზე ძალზე საშიშია. ამიტომ მძღოლი იძულებულია ქანობის მიხედვით შეანელოს ავტომობილის სიჩქარე ჩვეულებრივი ან ძრავით დამუხრუჭებით, ამ უკანასკნელის დროს შეიძლება გადაცემის შეცვლა დასჭირდეს უფრო დაბალით. გრძელ, ციცაბო დაღმართებში მოძრაობისას მარტო საბორბლე მუხრუჭები კარგ ეფექტს ვერ იძლევა ვინაიდან ხშირი გამოყენებისაგან სამუხრუჭე ხუნდები ცხელდება. ეს მათ ფრიქციულ თვისებებს ძალზე ამცირებს, შესაბამისად მცირდება საბორბლე მუხრუჭების ეფექტურობა. ასეთ შემთხვევებში აუცილებელია გამოვიყენოთ ძრავით დამუხრუჭება, რაც თავის მხრივ დაკავშირებულია სიჩქარის მნიშვნელოვან შენელებასთან.

პროფესორ კ. მჭედლიშვილის მიერ მთავორიან პირობებში გრძელ ციცაბო დაღმართებზე ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგად დადგენილია ავტომობილის ფრიქციული მუხრუჭების ტემპერატურის დამოკიდებულება დაღმართის სიგრძესა და გრძივ ქანობთან.

ფრიქციული მუხრუჭების ტემპერატურა შეიძლება ვიანგარიშოთ პროფ. კ. მჭედლიშვილის მიერ შემოთავაზებული გამოსახულებით:

$$T = a + bL, ^\circ C, \quad (3.32)$$

სადაც  $a$  და  $b$  ემპირიული კოეფიციენტებია დამოკიდებული ტრასის გრძივ ქანობზე და ფრიქციული მუხრუჭების ერთეულ ფართობზე მოსულ ავტომობილის წონაზე.

$L$  – გეგმაში მრუდთა დაყვანილი სიგრძე დაღმართის 1 კმ-ზე.

მსუბუქი და საშუალო ტვირთამწეობის ავტომობილთა უმრავლესობისათვის ემპირიული კოეფიციენტის გამოსახულებანი შემდეგია:

$$a = 15,5 - 779,7i - 2767,9i^2$$

$$b = 10,79 - 521,8i - 1875,0i^2$$

$i$  – გრძივი ქანობია ერთეულის ნაწილებში.

ფორმულა 3.32 მონაცემების გამოყენებით შეიძლება დაპროექტების პროცესში ციცაბო მონაკვეთის სიგრძე და გრძივი ქანობი შევარჩიოთ ისე, რომ ფრიქციულმა მუხრუჭების ტემპერატურამ არ გაადაჭარბოს კრიტიკულ სიდიდეს, რომელიც მერყეობს  $200-250^\circ C$  სხვადასხვა ტიპის ფრიქციული მასალებისათვის. ყველა შემთხვევაში ამოცანას ტექნიკურ-ეკონომიკური ხასიათი აქვს და საჭიროა შესაბამისი საპროექტო გადაწყვეტილების შერჩევა: უზრუნველყოთ მოძრაობის შედარებით მაღალი სიჩქარე და უსაფრთხოება ფრიქციული მუხრუჭების გამოყენებით, თუ დაგუშვათ შედარებით დაბალი სიჩქარე და გამოვიყენოთ ძრავის სამუხრუჭე ეფექტი.

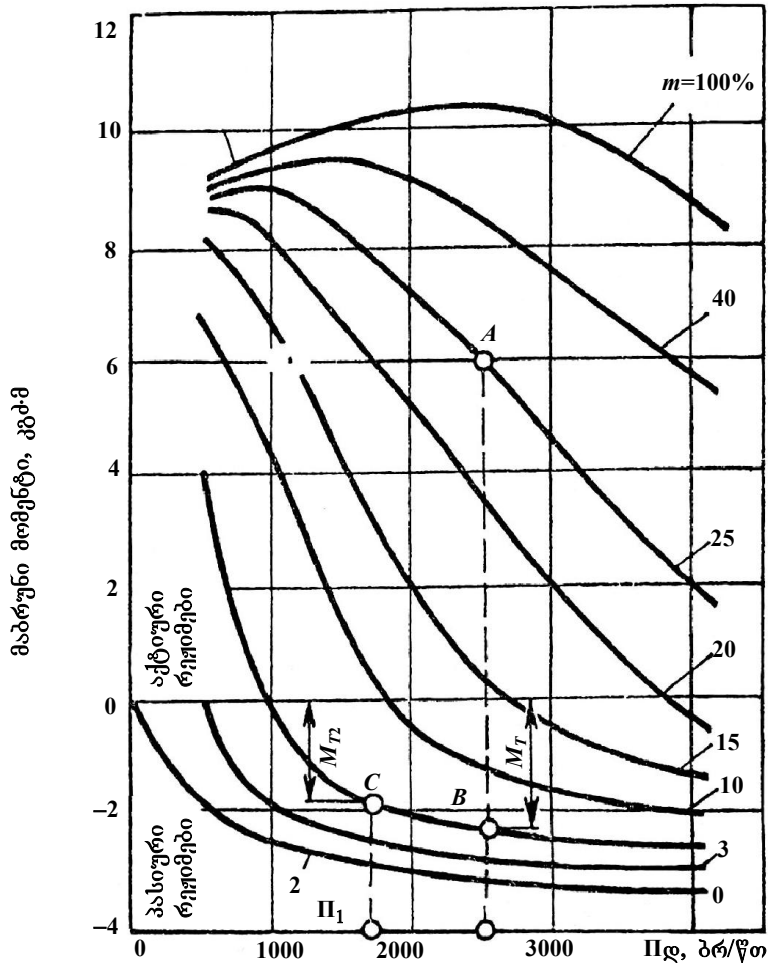
ძრავით დამუხრუჭებისას წინააღმდეგობა ძირიადად იქმნება ცილინდრში დგუშის და მუხლა ლილვის საკისარებში ხახუნით, აგრეთვე ნარევის შეკუმშვით და იძულებით გამოდევნით შემშვები და გამომშვები არხებიდან.

ძრავითი დამუხრუჭების ეფექტურობა შეიძლება განსაზღვრულ იქნას გრაფიკით სადაც მოცემულია ძრავის მიერ განვითარებული მაბრუნე მომენტის, დამოკიდებულება ბრუნთა რიცხვისგან და აქსელერატორის გამოყენების ხარისხისგან (ნახ. 3.12).

ასეთი გრაფიკის მიღება შეიძლება ძრავის სპეციალურ, საცდელ სტენდზე გამოცდისას. გრაფიკის ზედა მხარე ახასიათებს ძრავის ე.წ. აქტიურ რეჟიმს,



რომელსაც იგი ანვითარებს გარე წინააღმდეგობათა დასაძლევად. ქვედა ნაწილი კი უარყოფით მნიშვნელობათა მატრუნ მომენტს – პასიურ ანუ სამუხრუჭე რეჟიმს, როდესაც ძრავის მუშაობისთვის საჭიროა გარედან მივაწოდოთ მბრუნავი მომენტი, ძრავის შინაგანი წინააღმდეგობის მომენტის ტოლი.



ნახ. 3.12. ავტომობილის ძრავის სიჩქარული და სამუხრუჭო მახასიათებლები

ზედა მრუდი I გვიჩვენებს დროსელის (ან საწვავის ტუმბოს) 100%-ნ გახსნას და არის ძრავის გარე სიჩქარული მახასიათებელი. ქვედა მრუდი 2 გვიჩვენებს ძრავის სამუხრუჭე მახასიათებლებს გამორთული ანთებითა და ჩაკეტილი დროსელით. მის ზემოთ მრუდი შეესაბამება 0% დროსელის გახსნას და ახასიათებს ძრავის მუშაობას უქმი სვლის დროს ჩართული ანთებით. შუალედური მრუდები გვიჩვენებენ ნაწილობრივ სიჩქარულ და სამუხრუჭო მახასიათებლებს დროსელის გახსნის სხვადასხვა კუთხის დროს.

დავუშვათ მუდმივი სიჩქარით მოძრავი ავტომობილის დროსელის გახსნის ხარისხია  $m = 25\%$  მუხლა დილვის ბრუნთა რიცხვია  $n$ , ძრავის მიერ

განვითარებული მახრუნი მომენტი, რომლებსაც გრაფიკზე ახასიათებს  $A$  წერტილი იხარჯება გარე წინააღმდეგობების, ე.ი. მოძრაობის წინააღმდეგობების დასაძლევად. თუ შევამცირებთ დროსელის გახსნის კუთხეს მაგ.  $m=3\%$  მაშინ ძრავის შიდა წინააღმდეგობა შექმნის სამუხრუჭო მომენტს (წერტილი  $B$ ), რომელიც ემატება გარე წინააღმდეგობის მომენტს. ავტომობილის მოძრაობის სინქარე დაიწყებს შემცირებას და დამყარდება ახალი თანაბარშეწონილი სინქარე, რომელიც შეეფარდება ძრავის ბრუნთა რიცხვის რომელიმე  $n_2$  სიდიდეს (წერტილი  $C$ ) გრაფიკზე.

ძრავით დამუხრუჭების დროს დამყარებული თანაბარშეწონილი სინქარე შეიძლება გამოითვალოს თეორიულად ავტომობილის მოძრაობის ზოგადი განტოლებიდან, რომელიც ამ შემთხვევაში მიიღებს სახეს:

$$\frac{P_{ა.ა.} - P_W}{G} = f - i. \quad (3.33)$$

ჩაკეტილი დროსელით და პირდაპირი გადაცემით მოძრავი მსუბუქი ავტომობილის სამუხრუჭე ძალა წარმოქმნილი ძრავის სამუხრუჭო მომენტით წამყვან თვლებზე  $P$  კ.მ. შეიძლება ვიპოვოთ შემდეგი ემპირიული ფორმულით

$$P_{ა.ა.} = 9,5W + \frac{0,25GV}{1000}, \quad (3.34)$$

სადაც  $W$  ძრავის მუშა მოცულობაა,  $V$  სინქარე კმ/სთ-ში.  $G$  ავტომობილის წონა.

ძრავითი დამუხრუჭების ეფექტურობა განსაკუთრებით ჩანს დამადაბლებელი გადაცემებით მოძრაობის დროს, რომელიც მცირე სინქარის დროს იწვევს მუხლა ლილვის უფრო სწრაფ ბრუნვას. ასეთი შემთხვევების საანგარიშოდ განტოლებაში 3.34.  $V$ -ს მნიშვნელობის მაგიერ სვამენ  $V \cdot i_j$ , სადაც  $i_j$  ჩართული სინქარის გადაცემათა რიცხვია.

### 3.7. წვევის ძალის გაანგარიშებების თავისებურებანი ავტომატარებლებისათვის

გადაზიდვების ღირებულების შემცირების და მოძრავი შემადგენლობის მწარმოებლობის გაზრდის ერთ-ერთი საშუალებაა ავტომატარებლების გამოყენება. ერთნაირი საგზაო პირობების დროს ავტომატარებლის მწარმოებლობა 1,5-2,0-ჯერ მეტია ვიდრე ავტოსაწევარისა მისაბმელის გარეშე. ავტომატარებლის გამოყენება ეფექტური რომ იყოს საჭიროა გზები აკმაყოფილებდნენ უფრო მაღალ მოთხოვნებს, ვინაიდან უფრო დიდი საერთო წონის მიუხედავად

ავტომატარებლის წვევის ძალა იგივეა რაც ცალკე უმისაბმელო ავტომობილისა, ხოლო გორვის წინააღმდეგობა და ჰაერის წინააღმდეგობა მეტია.

დინამიური ფაქტორის განტოლება ავტომატარებლების შემთხვევაში მიიღებს სახეს:

$$\frac{P_{\text{სა}} - P_{W_{\text{სა}}}}{G_{\text{ს}} + G_{\text{ა}}} = f \pm i \pm \gamma \delta_{\text{სა}}, \quad (3.35)$$

$P_{\text{ა}}$  – გამწვე ავტომობილის წვევის ძალაა;

სადაც  $P_{W_{\text{სა}}}$  – ავტომატარებლის მიერ დასაძლევი ჰაერის წინააღმდეგობა;

$G_{\text{ს}}$  – ავტომობილის წონა;

$G_{\text{ა}}$  – მისაბმელების წონა;

$F_1$  – გორვის წინააღმდეგობა ავტომატარებლებისათვის;

$\delta_{\text{სა}}$  – ავტომატარებლის მბრუნავი ნაწილების ინერციის აღრიცხვის კოეფიციენტი.

ავტომატარებლის დინამიური ფაქტორი ნაკლებია, ვიდრე ცალკეული ავტომობილის. ამავე დროს მოძრაობის წინააღმდეგობა ავტომატარებლისთვის მეტია ვინაიდან იზრდება ხახუნი გადასაბმელ მოწყობილობაში და მისაბმელების რხევა. მისაბმელების რაოდენობის გაზრდასთან ერთად, იზრდება ავტომობილის გორვის წინააღმდეგობა. იზრდება აგრეთვე ჰაერის წინააღმდეგობა ვინაიდან ყოველი მისაბმელის უკან ხდება ჰაერის ნაკადის ჩაგრეხვა ისევე როგორც ცალკეული ავტომობილის უკან.

პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის მხედველობაში შეიძლება მივიღოთ, რომ ყოველი მისაბმელის დამატებით გარსდენის კოეფიციენტი იზრდება 25-30%-ით, ხოლო გორვის წინააღმდეგობა 4-5%-ით.

უფრო არახელსაყრელ პირობებში ხდება წამყვანი თვლების ჩაჭიდება გზის ზედაპირთან ადგილიდან დაძვრის დროს.

ასეთ შემთხვევაში ჰაერის წინააღმდეგობა არ გვაქვს და განტოლებას 3.35 ექნება შემდეგი სახე:

$$\frac{\varphi G}{G_{\text{ს}} + G_{\text{ა}}} = f_1 \pm i \pm \gamma \frac{\delta_{\text{სა}}}{g}. \quad (3.36)$$

შეიძლება ავტომატარებლის ადგილიდან დაძვრის დროს წარმოქმნილ დამატებითი წინააღმდეგობათა გამოსათვლელად გავზარდოთ გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი ზაფხულის პირობებში 1,5-2,5-ჯერ და 2,5-5-ჯერ ზამთრის პირობებში.

მოძრაობის უსაფრთხოების მიზნით მისაბმელები აღჭურვილნი არიან მუხრუჭებით, რომელთა მართვა ხდება წამყვანი ავტომობილიდან.

ავტომობილის დამუხრუჭებისას მოძრაობის განტოლებას შემდეგი სახე აქვს

$$\frac{\varphi G - P_{W_{\text{ა.ბ.}}}}{G_s + G_g} = f_1 \pm i \pm \gamma \frac{\delta_{\text{ა.ბ.}}}{g}. \quad (3.37)$$

ამ შემთხვევაში  $G_g$  – დატვირთვაა სამუხრუჭო დერძებზე. ავტომატარებლის სამუხრუჭო მანძილი მეტია ცალკეული ავტომობილებისაზე. დამუხრუჭების ინტენსივობაც ნაკლებია, ვინაიდან მკვეთრმა დამუხრუჭებამ შეიძლება გამოიწვიოს მისაბმელების მოცურება ან გამწვევ ავტომობილთან შეჯახება.

ზემოთ აღნიშნულიდან სჩანს, თუ გზაზე გათვალისწინებულია ავტომატარებლების ინტენსიური მოძრაობა დაპროექტებისას მიზანშეწონილი არ არის დიდი გრძივი ქანობების გამოყენება. გზის კატეგორიის მიუხედავად სასურველია გრძივი ქანობების სიდიდე არ აღემატებოდეს 3-4 % თუ ეს შეუძლებელია მაშინ აღმართში გათვალისწინებული უნდა იყოს სავალ ნაწილზე დამატებით ზოლის მოწყობა (იხ. თავი 5.3).

### 3.8. საწვავის ხარჯი და საბურავების ცვეთა სხვადასხვა საგზაო პირობებში

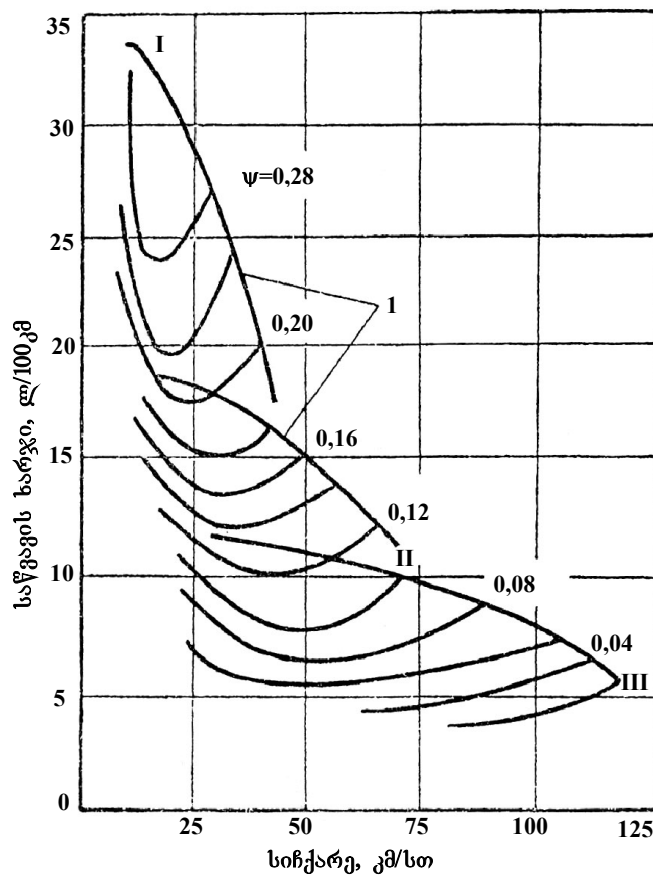
საწვავის ხარჯი დამოკიდებულია ავტომობილის მოძრაობის რეჟიმზე და საგზაო პირობებზე. გზის შესაძლო ვარიანტების ანალიზის დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ საწვავის ხარჯი ვინაიდან ტვირთებისა და მგზავრების გადაადგილების ღირებულების უდიდეს ნაწილს 30-60%-ს საწვავზე დანახარჯები შეადგენს.

ავტომობილის საწვავის ხარჯის დასახასიათებლად ვიყენებთ აკ.ე. ჩუდაკოვის ავტომობილის ეკონომური მახასიათებლების გრაფიკს, რომელიც გვაძლევს საწვავის ხარჯს ლიტრებში 100 კმ მანძილის გარბენაზე მოძრაობის სხვადასხვა სიჩქარისა და წინააღმდეგობის დროს (ნახ. 3.13).

ვინაიდან ავტომობილის წვეის ძალის ანგარიში ხდება აქსელერატორის სატერფულზე სრული დაწოლის პირობით ამავე პირობას ეყრდნობიან ეკონომიკური მახასიათებლების გრაფიკის აგებისას. ეკონომიური მახასიათებლების გრაფიკს აგებენ სხვადასხვა გადაცემისათვის მრუდთა ოჯახის სახით, რომელთაგანც თითოეული განეკუთვნება ჯამური საგზაო წინააღმდეგობების შესაბამის სიდიდეს.

$$\varphi = f + i.$$

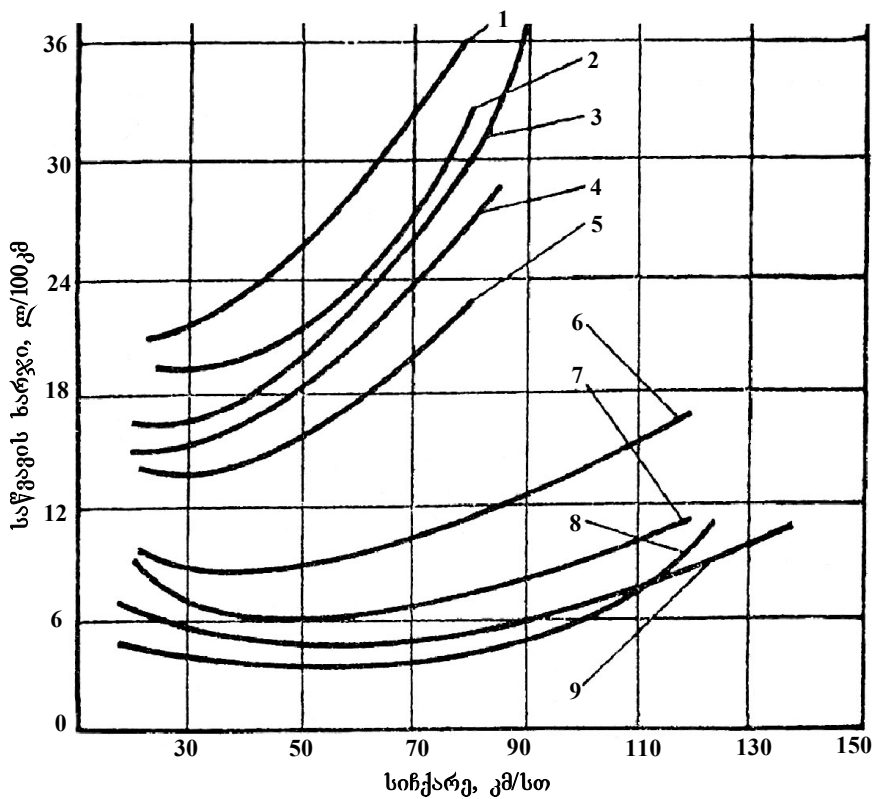
საწვავის მინიმალური ხარჯის შესაბამის სიჩქარეებს ეწოდებათ ეკონომიური სიჩქარეები, მაგრამ ეს დასახელება არასწორია. ავტომობილის გამოყენების ეკონომიურობა განისაზღვრება მის მიერ შესრულებული სატრანსპორტო სამუშაოს ღირებულების მიხედვით. საწვავის გარკვეული გადახარჯვა უმეტეს შემთხვევაში გამოწვეულია ე.წ. ეკონომიური სიჩქარის გადაჭარბებით მაგრამ იგი გამოისყიდის თავის თავს გადაზიდვების ღირებულების შემცირებით და ამის შედეგად ავტომობილების გამოყენების ეფექტურობის გაზრდით.



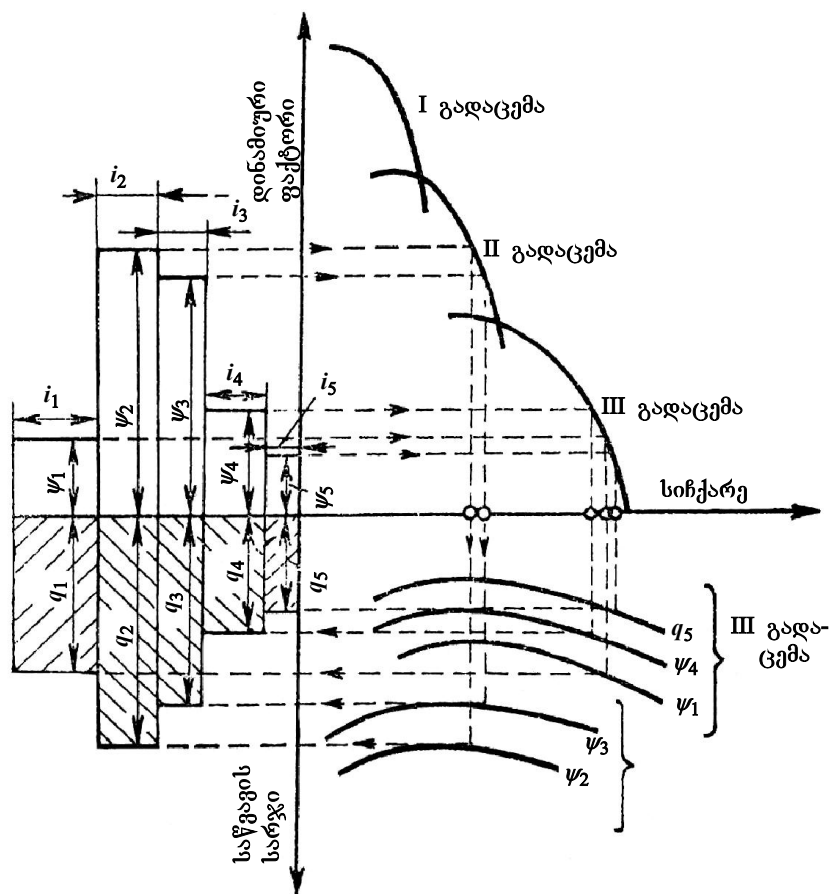
ნახ. 3.13. ეკონომიურ მახასიათებელთა გრაფიკის მაგალითი. ციფრები მრუდებზე ახასიათებენ საგზაო წინააღმდეგობათა სიდიდეს  $\varphi = f + i$ ; I-III მრუდეთა ჯგუფები I-III გადაცემებზე მოძრაობის შესაბამისი 1 – საწვავის მაქსიმალური ხარჯების მრუდები სხვადასხვა სიჩქარით მოძრაობისას.

ავტომობილის ეკონომიური მახასიათებლები შეიძლება მივიღოთ ანგარიშით ან ექსპერიმენტულად (ნახ. 3.14).

ქვემოთ ნახ. 3.15 მოყვანილია ავტომობილის საწვავის ხარჯის განსაზღვრის გრაფიკული სქემა, რომელიც თვალსაჩინოდ წარმოსახავს საწვავის ხარჯის დამოკიდებულებას საგზაო პირობებისაგან.



ნახ. 3.14. სხვადასხვა ტიპის ავტომობილთა ეკონომიური მახასიათებელი პირდაპირი გადაცემით მოძრაობისას: 1,2 - დიდი ტვირთამწეობის; 3,4,5 - საშუალო ტვირთამწეობის; 6-9 - მსუბუქი ავტომობილები.



ნახ. 3.15. საწვავის ხარჯის გრაფიკული განსაზღვრის სქემა

ავტომობილის მოძრაობაში მოსაყვანად  $V$  კმ/სთ სიჩქარით ძრავმა უნდა დახარჯოს სიმძლავრე (ცხ. დ.)

$$N_e = \frac{V \Sigma P}{3,6 \cdot 75 \eta} \quad (3.38)$$

სადაც  $\Sigma P = P_w + P_j + P_i + P_f$  არის წინააღმდეგობათა ჯამი რომლებიც მოქმედებენ ავტომობილზე მოძრაობისას (იხ. თავი. 3.1).  $\eta$  ავტომობილის ტრანსმისიის მ.ქ.კ. თუ ჩავსვამთ წინააღმდეგობათა მნიშვნელობას მაშინ თანაბარი მოძრაობისათვის მივიღებთ

$$N_e = \left( \frac{K \omega V^2}{13} + G \psi \right) \frac{V}{270 \eta}. \quad (3.39)$$

ფაქტიურად  $q_e$  დამოუკიდებელია ძრავის სიმძლავრის გამოყენების ხარისხზე და მის ბრუნვათა რიცხვზე. ჩვეულებრივ მას განსაზღვრავენ ექსპერიმენტულად. საწვავის ხარჯი ავტომობილი მოძრაობისას ლ/სთ-ში.

$$Q_s = \frac{q_e N_e}{1000 \gamma}, \quad (3.40)$$

სადაც  $\gamma$  საწვავის ხვედრითი წონაა.

ავტომობილის ეკონომიური მახასიათებლების გრაფიკის ასაგებად მიღებულია საწვავის ხარჯი გამოისახოს ლიტრებში 100 კმ. გავლილ მანძილზე. ამ შემთხვევაში თუ მხედველობაში მივიღებთ გამოსახულებებს (3.39) და (3.40) საწვავის ხარჯი 100 კმ-ზე იქნება

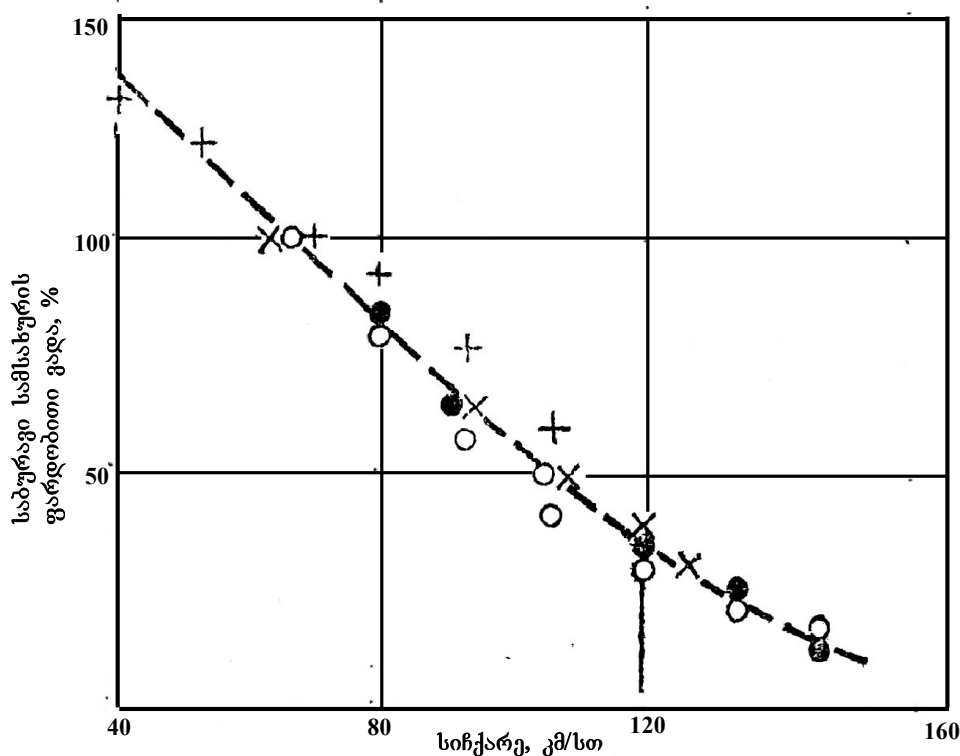
$$Q_{100} = Q_s \frac{100}{V} = \frac{q_e N_e}{10 \nu \gamma} = q_e \frac{\left( \frac{K \omega v^2}{13} + G \phi \right)}{2700 \eta \gamma}. \quad (3.41)$$

(ნახ 3.14)-ზე ნაჩვენებია სხვადასხვა ტიპის ავტომობილების ეკონომიური მახასიათებლები მაგარ საფარიან გზაზე პირდაპირი გადაცემით, ბოლომდე გამოყენებული აქსელერატორით მოძრაობისას.

გზის მოცემულ მონაკვეთზე მოძრავი ავტომობილის საწვავის ხარჯი შეიძლება განისაზღვროს მისი დინამიური და ეკონომიური მახასიათებლების გრაფიკიდან. თავიდან საჭიროა განისაზღვროს მოძრაობის სიჩქარე ცალკეულ მონაკვეთებზე. გამოთვლის შედეგებში შეაქვთ შესწორებები მოძრაობის ფაქტიური პირობების მიხედვით: სიჩქარის შეზღუდვა, მოძრაობა თავდადმართში ძრავით დამუხრუჭებით და ა.შ. მონაკვეთებზე, სადაც იცვლება სიჩქარე იღებენ მის საშუალო მნიშვნელობას. შემდეგ სიჩქარეებით და საგზაო წინააღმდეგობათა სიდიდით  $\psi = f + i$  ადგენენ საწვავის ხარჯს. ცალკეულ მცირე მონაკვეთებზე მისი განსაზღვრა მოხერხებულია გრაფიკულად (ნახ. 3.15). დაპროექტებული გზის

ან შესარჩევი მარშრუტის მთელ სიგრძეზე საწვავის ხარჯის დასადგენად შემუშავებულია სპეციალური კომპიუტერული პროგრამები.

კომპიუტერის დახმარებით ვარიანტების შედარებისას, კერძოდ გრძივი პროფილის გაანალიზების დროს საჭიროა კომპიუტერის მესხიერებაში შევიტანოთ საანგარიშო ავტომობილის დინამიური მახასიათებლები და ცალკეული მონაკვეთების სიგრძეები  $l_1, l_2, \dots, l_n$  საგზაო წინააღმდეგობათა თანაბარი სიდიდებით, რომლებიც შეიძლება დაძლეულ იქნას ამა თუ იმ გადაცემით. მესხიერებაში უნდა შევიტანოთ აგრეთვე ფაქტორები, რომლებიც განისაზღვრავენ მოძრაობის ფაქტიურ პირობებს: სიჩქარეთა შეზღუდვები, ასაქცევები, ავტომობილის დგომის შესაძლებლობა სარკინიგზო გადასასვლელებთან, დაღმართები ძრავით დამუხრუჭებით და ა.შ. საავტომობილო გზების საპროექტო ვარიანტების შედარებისათვის საწვავის ხარჯის გაანგარიშება და მისი გათვალისწინება აუცილებელი პირობაა არჩევანზე საბოლოო გადაწყვეტილების მისაღებად. ავტოსაწარმოები ყოველდღიური მუშაობისათვის სარგებლობენ საწვავის ხარჯის ნორმებით, რომელიც ითვალისწინებს ავტომობილის ექსპლუატაციის კონკრეტულ პირობებს. საწვავის ხარჯის მიხედვით ოპტიმალურ მარშრუტებს ირჩევენ დაკვირვებათა მონაცემებით ან თეორიული გაანგარიშებით.



ნახ. 3.16. საბურავების ცვეთის დამოკიდებულება მოძრაობის სიჩქარისაგან (სხვადასხვა ავტორთა ექსპერიმენტული მონაცემები)



გადაზიდვათა ღირებულებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ აგრეთვე სხვა საექსპლუატაციო ხარჯები: საპოხ-საზეთო მასალების და გაცვეთილი საბურავების ღირებულება. საბურავის ცვეთა დამოკიდებულია ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეზე, რაც თავის მხრივ საგზაო პირობების შედეგია. მაღალ სიჩქარეებზე საბურავები ინტენსიურად ცვდება (ნახ. 3.16). ეს გამოწვეულია მათი მნიშვნელოვანი გაცხელებით და დარტყმის ძალების ზრდით გზის უსწორმასწორო ზედაპირზე. საბურავების ცვეთა დამოკიდებულია აგრეთვე ფენილის სახეობაზე გზის გეგმაში მცირე რადიუსიან მოსახვევების არსებობაზე. ავტომობილის საბურავების გარბენას გაუმჯობესებულ ფენილის მქონე გზაზე თუ მივიღებთ 100%-ად ნაკლებად სწორ ანუ შედარებით უსწორმასწორო ფენილზე (ღორღი, ხრეშის, ქვაფენილი) ის მცირდება 25-30%-ით. გზებზე სადაც არის დიდი რაოდენობით ორმოები და სხვა დეფორმაციები საბურავების გარბენა მცირდება 50%-ით. საბურავების ცვეთას მნიშვნელოვნად ზრდის გეგმაში მცირე რადიუსიან მონაკვეთებზე მაღალი სიჩქარეებით მოძრაობა (იხ. თავი 4.2).

## თაზი 4. მრუდების დაპროექტება ბეზმაში

### 4.1. მრუდზე ავტომობილთა მოძრაობის თავისებურებანი

ავტომობილზე, რომელიც მოძრაობს გზის მრუდსაზოვან მონაკვეთზე მოქმედებენ ცენტრიდანული ძალები. მრუდის წერტილში, რომლის რადიუსია  $R$  მოქმედებს ცენტრიდანული ძალა:

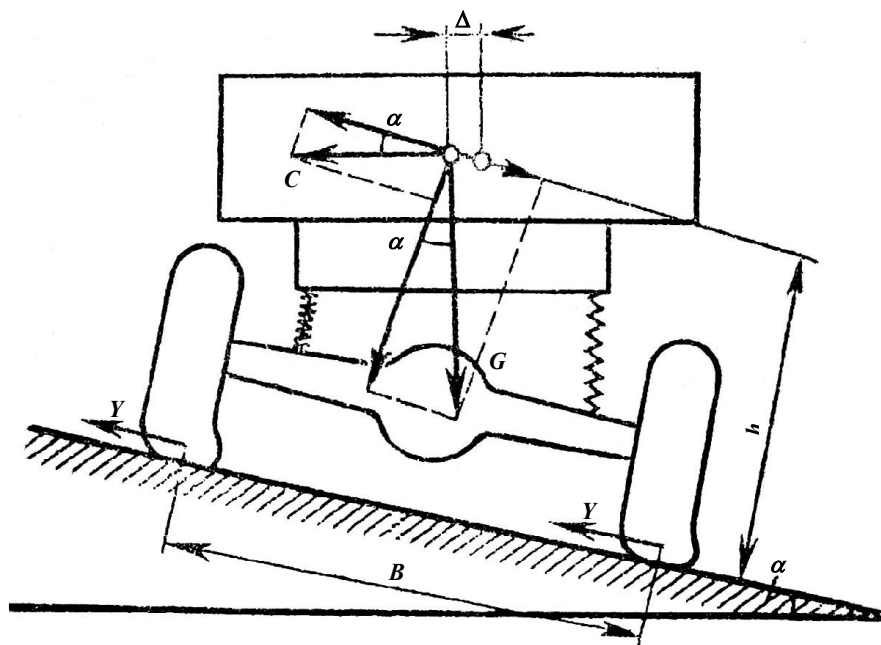
$$C = \frac{mv^2}{R}, \quad (4.1)$$

სადაც  $m$  – ავტომობილის მასაა;  $v$  – სიჩქარე მ/წმ.

ცენტრიდანული ძალა მოძრაობის მიმართულების მართობულია, და მოქმედებს მგზავრებზე, მძღოლებზე და ავტომობილზე. მან შეიძლება გამოიწვიოს ავტომობილის გადაბრუნება ან გვერდცდენა, რთულდება ავტომობილის მართვაც.

მცირე რადიუსიან მრუდებში ცენტრიდანული ძალა იწვევს საბურავების განივ დეფორმაციას, ასეთ პირობებში იზრდება საწვავის ხარჯი და საბურავების ცვეთა. ღამით მოძრაობისას დამატებით სირთულეს ქმნის ავტომობილის მაშუქების ნათება მრუდზე უფრო ნაკლებ მანძილზე ვიდრე სწორსაზოვანზე. ამიტომ მოძრაობის უსაფრთხოება, მოხერხებულობა, ეკონომიურობა, უზრუნველყოფილია მხოლოდ დიდი რადიუსის მრუდების გამოყენებისას.

მრუდში მოძრაობისას ავტომობილზე მოქმედებს ორი ძალა, რომლებიც მოდებულნი არიან მის სიმძიმის ცენტრში (ნახ. 4.1).



ნახ. 4.1. მრუდზე მოძრაობისას ავტომობილზე მოქმედი ძალები

ცენტრიდანული ძალა  $C$  მიმართულია მრუდის გარეთა მხარეს.  $G$  ავტომობილის წონა. ამ ორი ძალის პროექცია გზის სავალი ნაწილის განივ ქანობზე გვაძლევს განტოლებას

$$Y = \frac{mv^2}{R} \cos \alpha \pm mgi, \quad (4.2)$$

სადაც  $Y$  – ჯამური ძალაა, რომელიც ცდილობს გადაადგილოს (გაათრიოს) ავტომობილი გზის ზედაპირიდან და მას უწოდებენ განივ ძალას. გზის განივი ქანობის მიმართულებით ავტომობილის წონის შემადგენელი  $mgi$  შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი ნიშნით. ვინაიდან კუთხე  $\alpha$  მცირეა ( $\cos \alpha \approx 1$ ) მისი მოქმედება შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ.

მაშინ

$$Y = \frac{mv^2}{R} \pm mgi. \quad (4.3)$$

აქედან ვნახავთ, რომ

$$R = v^2 \left( \frac{Y}{mg} \pm i \right)^{-1} g^{-1}. \quad (4.4)$$

ეს განტოლება გვიჩვენებს, რომ მრუდის საჭირო რადიუსი დამოკიდებულია არა განივი ძალის აბსოლუტურ მნიშვნელობაზე  $Y$ -ზე არამედ მის შეფარდებაზე ავტომობილის წონასთან

$$\mu = \frac{Y}{mg}.$$

ამ შეფარდებას ეწოდება განივი ძალის კოეფიციენტი  $\mu$ . იგი რიცხობრივად ტოლია განივი ძალის კოეფიციენტი  $\phi_2$ -ს სიდიდისა. თუ  $\mu$  ან მის თანაბარ  $\phi_2$  შევიტანთ (4.4)-ში მაშინ

$$R = \frac{v^2}{g(\phi_2 \pm i)}. \quad (4.5)$$

ფორმულებში (4.1-4.5) ავტომობილის სიჩქარე მოცემულია მ/წმ-ში.

ამ გამოსახულების პრაქტიკული გამოყენებისათვის საჭიროა განივი ძალის კოეფიციენტის ანუ განივი შეჭიდულობის კოეფიციენტის ნორმირება.

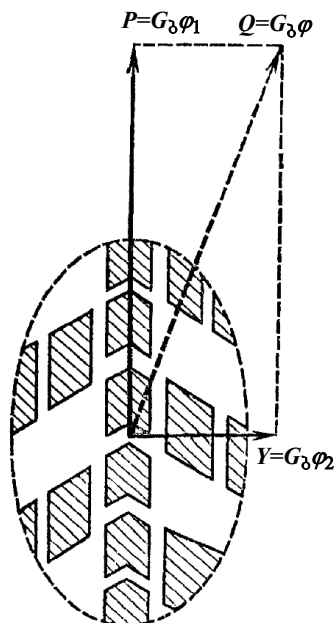
## 4.2. განივი ძალის ზემოქმედება ავტომობილზე და მისი ნორმირება

მცირე რადიუსიან მრუდზე მოძრავ ავტომობილზე მოქმედი განივი ძალა ცდილობს ავტომობილის გზის ზედაპირიდან გადათრევას, მის გადაბრუნებას, ართულებს მართვას, იწვევს საწვავის გადახარჯვას და საბურავების ინტენსიურ ცვეთას, ამიტომ ამ ზემოქმედებათა გათვალისწინებით განსაზღვრავენ განივი ძალის ერთეული სიდიდის ზღვრულ მნიშვნელობას.

ავტომობილის მდგრადობა მოცურების მიმართ უაღრესად მნიშვნელოვანი პირობაა მრუდზე მოძრავი ავტომობილის უსაფრთხოებისათვის. ცენტრიდანული ძალის მიერ ავტომობილის განივად გადაადგილება ამცირებს საბურავების შეჭიდულობას ფენილთან. წამყვან თვლებზე მოღებული განივი და წვევის ან სამუხრუჭო ძალვა  $P$  ქმნიან საბურავისა და გზის კონტაქტის სიბრტყეში ჯამურ გამთრევ ძალას  $Q$ , რომელიც კუთხით არის მიმართული მოძრაობის ტრაექტორიის მიმართ (ნახ. 4.2) ავტომობილის მდგრადობის შესანარჩუნებლად საჭიროა დაცული იყოს პირობა:

$$\sqrt{y^2 + P^2} = Q \leq G_g \phi,$$

სადაც  $G_g$  არის დატვირთვა გზის ზედაპირზე წამყვანი ან დამუხრუჭებული ბორბლისაგან  $\phi$  შეჭიდულობის კოეფიციენტი.



ნახ. 4.2. ავტომობილის ბორბალზედ მოქმედი გრძივი და განივი ძალების შეფარდება

საბურავის ჯამური წინააღმდეგობა განივით გათრევის მიმართ  $G_g$  პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული კუთხეზე, რომელსაც შეადგენს გათრევის მიმართულება ბორბლის ბრუნვის სიბრტყესთან.

ცენტრიდანული ძალის მოქმედების შედეგად დატვირთვა ბორბლებზე გადანაწილდება. განივი ძალის დიდი მნიშვნელობისას წვევის ძალამ ნაკლებად დატვირთულ შიდა ბორბალზე შეიძლება გადააჭარბოს შეჭიდულობის ძალას და გამოიწვიოს ბორბლის თავისუფლად ბრუნვა (ბუქსაობა) რაც შეიძლება გახდეს ავტომობილის მოცურების მიზეზი.

ავტომობილის ერთი ბორბლის მდგრადობის ანალიზის დროს თვლიან, რომ წვევის ან დამუხრუჭებისას შეჭიდულობის კოეფიციენტი განივი  $\phi_2$  და გრძივი მიმართულებით დაკავშირებულნი არიან ერთმანეთთან დამოკიდებულებით

$$\phi_2 = \sqrt{\phi^2 - \phi_1^2}. \quad (4.6)$$

მრუდზე მოძრაობისას ავტომობილის მდგრადობისათვის მოცურების საწინააღმდეგოდ აუცილებელია დაცულ იქნას პირობა  $\phi_2 G_b > Y$  აქედან გამომდინარეობს მოთხოვნა, რომ  $\phi_2 > \frac{Y}{G_b} = \mu$  ე.ი. განივი ძალის კოეფიციენტის

$\mu$ -მ არ უნდა გადააჭარბოს განივი შეჭიდულობის კოეფიციენტს  $\phi_2$ .

კოეფიციენტის  $\phi$ -ს რაც მეტ ნაწილს გამოვიყენეთ წვევის რეჟიმში გრძივი ქანობის დასაძლევად ან ავტომობილის დასამუხრუჭებლად მისი განივი შემადგენლის მით ნაკლები ნაწილი დარჩება ავტომობილს მრუდში გვერდცდენის საწინააღმდეგოდ. ამიტომ გვეგმაში მრუდის რადიუსის ნორმირებისას უნდა გავითვალისწინოთ შეფარდება  $\phi_1$  და  $\phi_2$ -ს შორის.

მთავორიან პირობებში გაყვანილ გზებზე ძალზედ ხშირად მცირე რადიუსიანი ( $R \leq 300-400$ მ) მოსახვევები განლაგებულია მნიშვნელოვან გრძივ ქანობებზე ( $\geq 4-5\%$ ) ასეთ მონაკვეთებზე ჩვეულებრივ არასაკმაო მხედველობის მანძილია და ხშირია სამოძრაო ზოლზე წინაამდგომის უეცარი გამოჩენა რაც იწვევს ინტენსიურად დამუხრუჭებას. ამ პირობებში შეჭიდულობის კოეფიციენტის დიდი ნაწილი იხარჯება გრძივი მიმართულებით დამუხრუჭებისათვის ან წვევის რეჟიმში აღმართის გადასალახავად. ავტომობილმა საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობისას მდგრადობა რომ შეინარჩუნოს აუცილებელია მისმა ყველაზე განტვირთულმა ბორბალმა არ დაიწყოს ბუქსაობა (წვევის რეჟიმში) ან არ შეწყვიტოს ბრუნვა (დამუხრუჭების რეჟიმში). მაშინ ყველა სხვა ბორბალი და მთლიანად ავტომობილი შეინარჩუნებს მდგრადობას და ავტომობილი იქნება მართვადი.

აკადემიკოს ე. ჩუდაკოვის მიერ შემოთავაზებულია გვეგმაში მრუდზე მოძრაობისას უკანა წამყვანი ღერძის გადატვირთულ თვალზე მინიმალურად საჭირო ჩაჭიდების განივი კოეფიციენტის გამოსახულება

$$\varphi_2 = \frac{B}{2h} \left( 1 - \frac{\varphi_1}{\varphi} \right), \quad (4.7)$$

სადაც  $B$  - საანგარიშო ავტომობილის კვალის სიგანეა, მ;

$h$  - სიმძიმის ცენტრის სიმაღლე, მ;

$\varphi$  - შეჭიდულობის საერთო კოეფიციენტი.

სამთო პირობებში დიდ გრძივ ქანობებზე განლაგებულ მრუდებზე მძღოლს უხდება გრძივი მიმართულებით შეჭიდულობის კოეფიციენტის ინტენსიური გამოყენება. პროფ. კ. მჭედლიშვილის მიერ ექსპერიმენტული გზით დადგენილია ასეთ პირობებში გრძივი მიმართულებით ჩაჭიდების კოეფიციენტის მაქსიმალურად დასაშვები მნიშვნელობა, რომელიც უზრუნველყოფს ავტომობილის მდგრადობას

$$\varphi_1 = x_0 + x_1 i + x_2 i^2, \quad (4.8)$$

სადაც  $x_0, x_1, x_2$  - ემპირიული კოეფიციენტებია დამოკიდებული ავტომობილის ტიპზე.

$i$  - გრძივი ქანობი ერთეულის ნაწილებში.

(4.5), (4.7) და (4.8) გამოსახულების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ საავტომობილო გზებზე მოსახვევებში მაქსიმალურად დასაშვები, უსაფრთხო სიჩქარის მნიშვნელობა ან მოცემული საანგარიშო სიჩქარისათვის შევირჩიოთ მინიმალური დასაშვები მოხვევის რადიუსის სიდიდე.

ამ გამოსახულებათა თანახმად მრუდზე მოძრაობისას მაქსიმალური დასაშვები სიჩქარე ტრასის ელემენტების  $(R, i)$  საგზაო სამოსის მდგომარეობის  $(R, \varphi)$  საანგარიშო ავტომობილის პარამეტრების  $(B, h)$  და მძღოლის მიერ კრიტიკულ სიტუაციაში მოქცევის თავისებურებების გათვალისწინებით შეიძლება ვიანგარიშოთ გამოსახულებით

$$V = \sqrt{127R \frac{B}{2h} \left( 1 - \frac{x_0 + x_1 i + x_2 i^2}{\varphi} \right) + i_3}.$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ სხვადასხვა ტიპის ავტომობილებისათვის  $B$  და  $h$  პარამეტრების ფარდობას მცირეოდენი გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ ზღვრულად დასაშვებ სიჩქარის გამოსახულებას

$$V = 3,6(MR)^{0,5} \text{ კმ/სთ}, \quad (4.10)$$

სადაც  $M = c_0 + c_1 i + c_2 i^2$ .

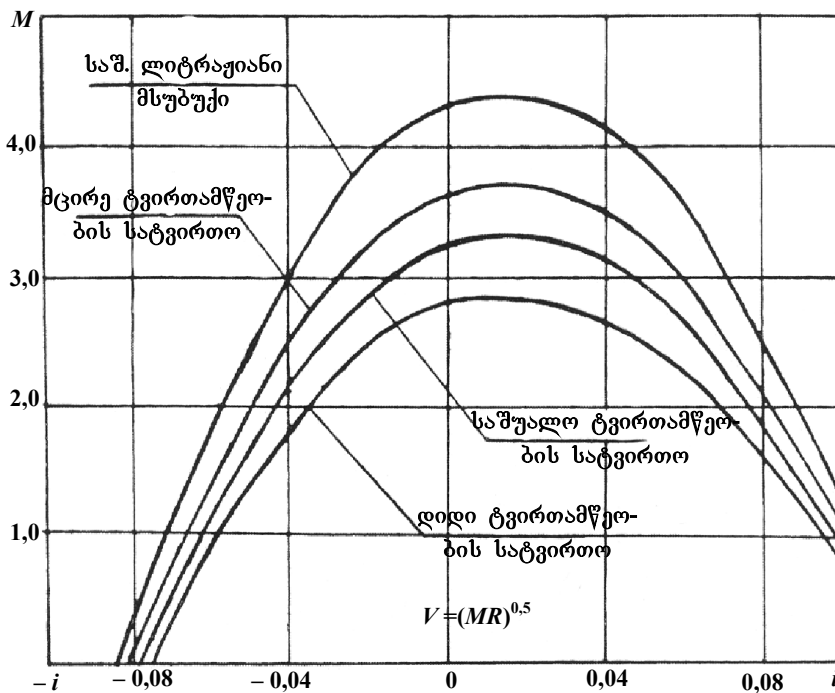
$c_0, c_1, c_2$  მუდმივი კოეფიციენტები დამოკიდებულია ავტომობილის ტიპზე და საგზაო ფენილის მდგომარეობაზე.

ქვემოთ ცხრილში მოყვანილია ამ კოეფიციენტების მნიშვნელობანი ტენიანი ასფალტობეტონის საგზაო ფენილისა და სხვადასხვა ტიპის ავტომობილებისათვის.

ცხრილი 4.1

ავტომობილის ტიპი	კოეფიციენტები		
	$C_0$	$C_1$	$C_2$
მცირელიტრაჟიანი მსუბუქი	3,50	24,40	-414,0
საშუალო ლიტრაჟიანი მსუბუქი	3,34	25,80	-442,0
საშუალო ტვირთამწეობის სატვირთო	2,50	19,40	-333,0
დიდი ტვირთამწეობის სატვირთო	2,20	16,40	-290,0

ნახ. 4.3 და ნახ. 4.4 მოყვანილია (4.10) გამოსახულებით ჩატარებული ზღვრული სიჩქარეთა გაანგარიშების შედეგები.



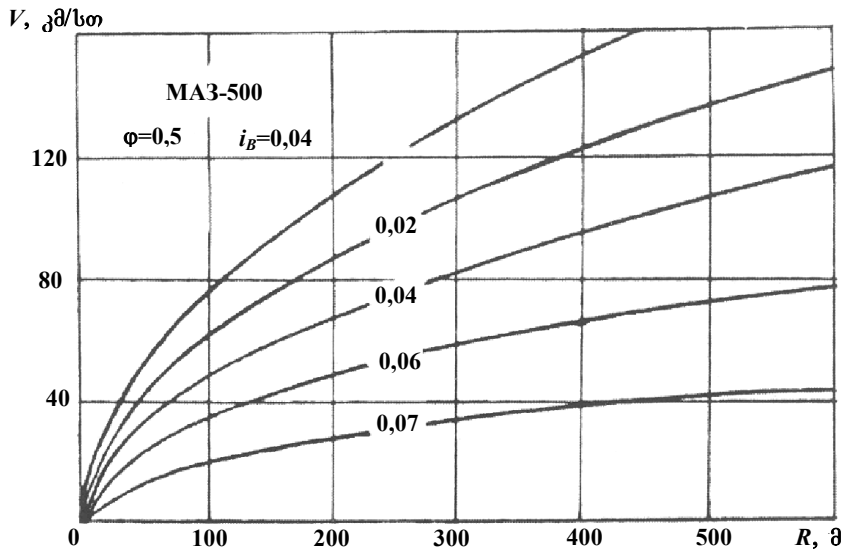
ნახ. 4.3. გრძივ ქანობებზე მდებარე ჰორიზონტალურ მრუდებზე სიჩქარეთა ზღვრული მნიშვნელობების საანგარიშო დიაგრამა

ავტომობილის მდგრადობას გადაბრუნების მიმართ უზრუნველყოფს შემაკავებელი მომენტის სიჭარბე გადამაბრუნებელ მომენტთან შედარებით (ნახ. 4.1) თუ შევადგენთ ავტომობილზე მოქმედი ძალების მომენტების განტოლებას ავტომობილის ღერძის მიმართ რომელიც გადის გარეთა თვლების საბურავების გზასთან კონტაქტის სიბრტყის ცენტრში მივიღებთ

$$Y \cdot h = mg \left( \frac{B}{2} - \Delta \right).$$

აქედან

$$\mu = \frac{Y}{mg} = \frac{1}{2h} (B - 2\Delta). \quad (4.9)$$



ნახ. 4.4. დიდი ტვირთამწეობის სატვირთო ავტომობილისათვის დასაშვები ზღვრული სიჩქარეები სხვადასხვა გრძივ ქანობებზე განლაგებულ მრუდებზე

ამ გამოსახულებაში ვგულისხმობთ, რომ რესორების დეფორმაციის და საბურავების ელასტიურობის გამო ავტომობილის სიმძიმის ცენტრი გადაადგილება განივი მიმართულებით რაღაც  $\Delta$  სიდიდით.

განივი ძალის კოეფიციენტის განსასაზღვრავად უნდა გამოვიყენოთ მისი კვალის სიგანის  $b$ -ს შეფარდება სიმძიმის ცენტრ  $h$ -თან.

ცდების საფუძველზე განივი გადაადგილება  $\Delta$  შეგვიძლია მივიღოთ  $0,2B$ -ტოლად. თანამედროვე მსუბუქი ავტომობილებისათვის შეფარდება  $h/B$  მერყეობს 1,8-დან 2,5-მდე, ხოლო სატვირთოსათვის 2-დან 3-მდე, ავტობუსებისათვის 1,7-დან 2,2-მდე. თუ საანგარიშოთ მივიღებთ  $B=1,7h$ -ის მინიმალურ მნიშვნელობას მივიღებთ, რომ ავტომობილის მდგრადობისათვის გადაბრუნების მიმართ აუცილებელია, რომ განივი ძალის კოეფიციენტმა არ გადააჭარბოს 0,6-ს.

ავტომობილის ექსპლუატაციის ნორმალურ პირობებში ჩვეულებრივი სიჩქარეების დროს განივი ძალის კოეფიციენტი ვერ აღწევს 0,6-ს. გადაბრუნების შემთხვევები გვხვდება მხოლოდ მოცურებული ავტომობილის თვლების რაიმე წინააღმდეგობისთან შეჯახების ან მასზე გადავლის დროს. ამ კოეფიციენტით განისაზღვრება აგრეთვე მგზავრების კომფორტი მრუდში მოძრაობის დროს. მრუდში შესვლისას მძლოელი და მგზავრები განიცდიან ცენტრიდანული ძალის მოქმედებას, რომელიც მათ აიძულებს გადაიხარონ გვერდზე. ცენტრიდანულმა ძალამ არ უნდა მიაღწიოს მგზავრებისათვის უსიამო სიდიდეს. ექსპერიმენტები გვიჩვენებენ, რომ თუ  $\mu=0,1$  მგზავრები რომლებიც არ უყურებენ გზას ვერ ამჩნევენ ავტომობილის მოძრაობას მრუდზე.  $\mu=0,15$  - მრუდზე მოძრაობას

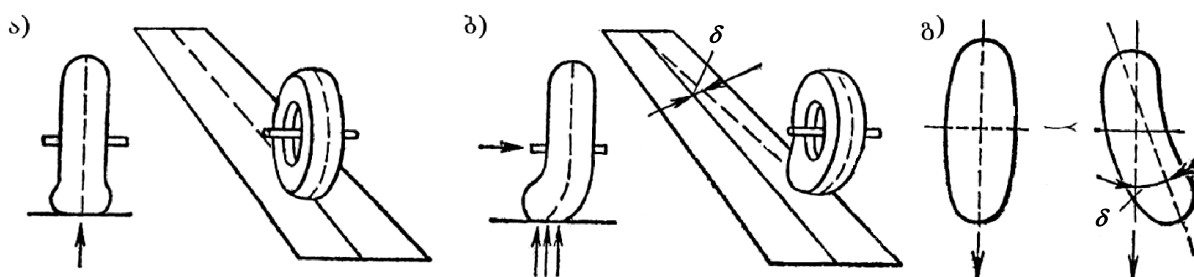


ალიკვამენ უმნიშვნელდ.  $\mu=0,2$  მგზავრი მცირედ განიცდის ცენტრიდანული ძალის გავლენას.

$\mu=0,3$  მრუდში შესვლისას მგზავრები გრძნობენ დაწოლას რომელიც აიძულებს მათ გადაიხარონ გვერდზე. ამიტომ მიღებულია, რომ  $\mu$  არ უნდა აღემატებოდეს 0,15, ხოლო რთულ საგზაო პირობებში 0,2-ს.

საავტომობილო გადაზიდვების ეკონომიურობაც მრუდში მოძრაობისას აგრეთვე დამოკიდებულია  $\mu$  -სიდიდეზე.

ავტომობილზე მოქმედი განივი ძალა იწვევს საბურავის გვერდით დეფორმაციას, რის გამოც საბურავის გზის ზედაპირთან კონტაქტის ფართის ფორმა იცვლება. ხოლო მისი გრძივი ღერძი წარმოქმნის კუთხეს ბორბლის მოძრაობის მიმართულებასთან (გვერდცდენის შემთხვევა). რჩება რა იმავე ვერტიკალურ სიბრტყეში ბორბალი იწვევს ამ მიმართულებით ე.ი. გვერდით გადაადგილებას (ნახ. 4.5.) მძლოლმა ამ გადაადგილებას კომპენსაცია უნდა გაუკეთოს წინა თვლების სათანადო კუთხით მობრუნებით გვერდცდენის მხარეს.



ნახ. 4.5. ავტომობილის ბორბლის გვერდცდენა.

- ა - მოძრაობა განივი ძალის გარეშე; ბ - მოძრაობა განივი ძალის მოქმედებისას; გ - საბურავებისა და გზის ზედაპირის კონტაქტის ფართობის ფორმა განივი ძალისა და მისი ზემოქმედების გარეშე; დ - გვერდცდენის კუთხე.

ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ გვერდცდენის 3-4° კუთხის დროს მსუბუქი ავტომობილების საბურავებისათვის და 4-5° სატვირთოსათვის გვერდცდენის სიდიდე პირდაპირპროპორციულია განივი ძალის, რომელიც მოდებულია ბორბლის ბრუნვის სიბრტყის მართობულად:

$$\delta = \frac{Y}{K_{\text{გვ}}}, \quad (4.10)$$

სადაც  $Y$  განივი ძალაა. კვ.  $K_{\text{გვ}}$  განივი გადაადგილების საწინააღმდეგო კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია პნევმატური საბურავების ელასტიურობაზე განივი მიმართულებით კვ/გრად. სხვადასხვა საბურავებისათვის

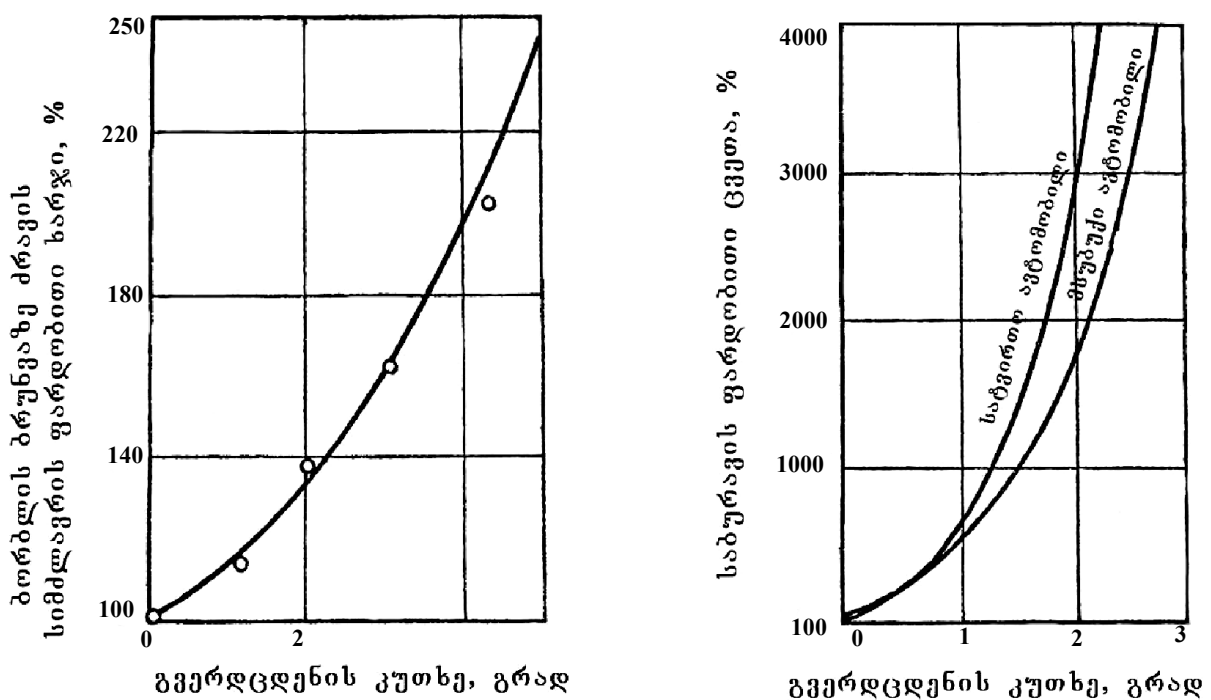
$K_{გვ}$  შეადგენს: მცირელიტრაჟიანი მსუბუქებისთვის 35; საშუალო ლიტრაჟიანი 46; ლიმუხინებისათვის 60 კგ/გრად; სატვირთო ავტომობილებისათვის 100-დან 200 კგ/გრად და ა.შ.

არსებობს ემპირიული ფორმულა, რომელიც გვაძლევს  $K_{გვ}$  მიახლოებით სიდიდეს საბურავების ზომის მიხედვით:

$$K_{გვ} = 5b(d+2b)(P+1), \quad (4.11)$$

სადაც  $b$  – პროფილის სიგანეა დიუმებში;  $D$  ფერსოს დიამეტრი დიუმებში,  $P$  წნევა საბურავებში კგ/სმ<sup>2</sup>.

გვერდცდენის კუთხის გაზრდასთან ერთად იზრდება ძრავის სიმძლავრის ხარჯი თვლების გორვისათვის და მატულობს საბურავების ცვეთა (ნახ. 4.6)



ნახ. 4.6. ავტომობილის მოძრაობის მახასიათებლები ბორბლის გვერდცდენით გორვის პირობებში  
 $a$  – სიმძლავრის დანახარჯები,  $b$  – საბურავის ცვეთა.

ცდისმიერი მონაცემები გვიჩვენებს, რომ თუ გვერდცდენა არის 1° საბურავების ცვეთა მატულობს 5-ჯერ, ხოლო მოძრაობის წინააღმდეგობის გაზრდის გამო ძრავის სიმძლავრის დანაკარგები შეადგენს 15%-ს.

ამ პირობებს შეესაბამება თანამედროვე მსუბუქი ავტომობილების განივი ძალის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია

$$\mu = \frac{Y}{G} = \frac{\delta \cdot K_{გვ}}{G} = 0,1.$$

ამგვარად, რომ არ გაიზარდოს საავტომობილო გადაზიდვათა თვითღირებულება გზის მრუდე მონაკვეთებში მოძრაობისას აუცილებელია დაპროექტდეს მრუდები ისეთი რადიუსებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ავტომობილის საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობას და იმავდროულად განივი ძალის კოეფიციენტს არაუმეტეს 0,1-ს.

### 4.3. გეგმაში რადიუსების სიდიდის დანიშვნა

საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობისას უსაფრთხოების, მოხერხებულობის და ეკონომიურობის უზრუნველსაყოფად გზებზე რადიუსები უნდა დანიშნოთ ისე, რომ განივი ძალის კოეფიციენტი  $\mu$  იყოს რაც შეიძლება მცირე.

რთული რელიეფის პირობებში ან მჭიდრო დასახლებულ ადგილებში როდესაც რადიუსის გაზრდა იწვევს მიწის სამუშაოთა მოცულობის ზრდას, ან ძლიერადღირებული შენობების ადებას შეიძლება მცირე ზომის რადიუსების გამოყენება იმ პირობით, რომ უზრუნველყოფილი იყოს ავტომობილის განივი მდგრადობა. საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობისას ავტომობილზე მოქმედი განივი ძალა არ უნდა აღემატებოდეს საბურავის გზასთან შეჭიდულობას. წინააღმდეგ შემთხვევაში მოხდება გვერდცდენა ან მოცურება, შედეგად ავტომობილი გადაბრუნდება ან ასცდება გზის სავალ ნაწილს.

მრუდზე უსაფრთხო მოძრაობისათვის საჭიროა გვექონდეს მდგრადობის გარკვეული მარაგი განივი ძალის ჩასახშობად. ამ მიზნით შეიძლება გამოვიყენოთ განივი შეჭიდულობის მხოლოდ ნაწილი, ამიტომ განივი ძალის საანგარიშო სიდიდე გამომდინარე მდგრადობის, მოხერხებულობის, ეკონომიურობის მოთხოვნიდან ყოველთვის შეადგენს განივი შეჭიდულობის რაიმე ნაწილს (იხ. ცხრ. 4.2).

ქვეყანათა უმრავლესობაში საავტომობილო გზების დაპროექტებისას საანგარიშო შემთხვევად დროს მიღებულია ტენიან სუფთა ფენილზე მოძრაობა. ყინვის ან ტალახიანი ფენილის შემთხვევაში დიდი სიჩქარით მოძრაობის უზრუნველყოფა შეუძლებელია, ვინაიდან მუხრუჭების რეგულირების უმცირესმა ხარვეზმა დამუხრუჭებისას შეიძლება გამოიწვიოს მოცურება გზის სწორხაზოვან მონაკვეთებზეც.

ადგილმდებარეობის შედარებით ხელსაყრელ პირობებში რადიუსის უმცირესი სიდიდის შერჩევისას უნდა ვეცადოთ მივიღოთ  $\mu=0,05-0,1$  და დანიშნოთ იგი მით უფრო მცირე რაც მეტი იქნება საანგარიშო სიჩქარე.

ქვემოთ მოყვანილია რთულ პირობებში გზების დაპროექტებისათვის ზოგიერთ ქვეყანაში დადგენილი მრუდების რადიუსები გვეგმაში მოძრაობის სხვადასხვა სიჩქარისათვის.

საანგარიშო სიჩქარე კმ/სთ. 120 100 80 60 50 40 30  
 უმცირესი რადიუსები .

რთულ მონაკვეთებზე ( $\mu=0,14-0,15$ ), მ 600 400 250 125 100 60 30

ქვემოთ ცხრილში მოყვანილია განივი ძალის ზღვრული დასაშვები სიდიდეები გზის ზედაპირის სხვადასხვა მდგომარეობისათვის.

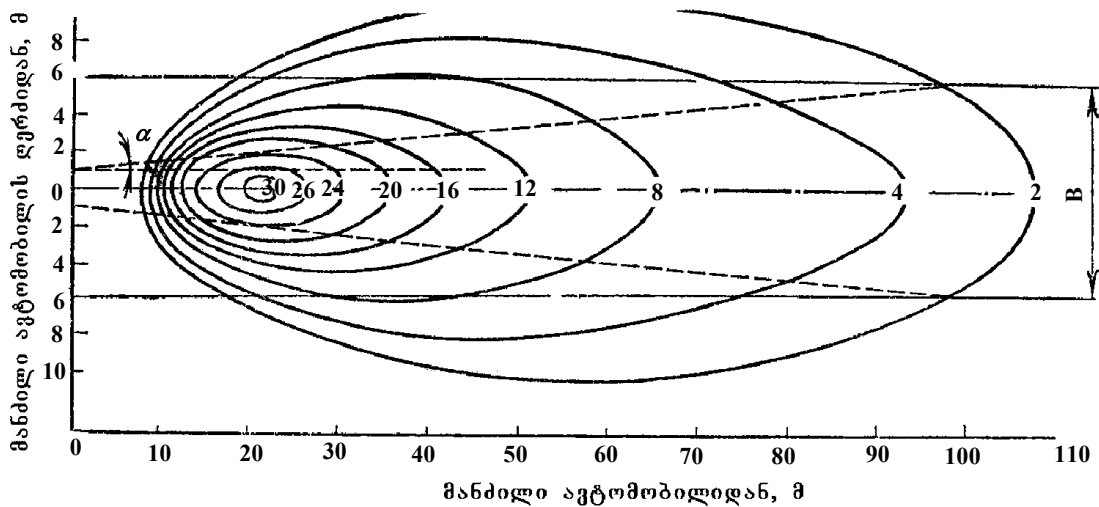
ცხრილი 4.2

მთხოვნები	განივი ძალის ზღვრულად დასაშვები სიდიდეები შეჭიდულობის სხვადასხვა პირობებში		
	მშრალი $\phi=0,60$	სველი $\phi=0,40$	მოყინული $\phi=0,20$
მდგრადობა გადაბრუნებისადმი	0,60	0,40	0,20
მდგრადობა მოცურებისადმი	0,36	0,24	0,12
მოძრაობის კომფორტულობა	0,15	0,15	0,15
ავტომობილის ექსპლუატაციის ეკონომიურობა	0,10	0,10	0,10

დიდი რადიუსი გარდა უსაფრთხოების და კომფორტის გაუმჯობესებისა ამცირებს გზის სიგრძეს და შესაბამისად მშენებლობასა და სატრანსპორტო დანახარჯებს. ამიტომ ხელსაყრელ პირობებში (იოლი რელიეფი, არაა დასახლებული პუნქტები) გზის დაპროექტებისას საჭიროა რადიუსები იყოს არა ნაკლებ 3000 მ-სა რომლებზედაც მოძრაობა პრაქტიკულად არ განსხვავდება სწორზე მოძრაობისაგან.

მცირე რადიუსის მრუდებზე საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობისას დამით უსაფრთხოებას ხშირად ვერ უზრუნველყოფენ, ვინაიდან ამ პირობებში მაშუქი მოწყობილობების მიერ განათებული გზის მონაკვეთი მხედველობის საანგარიშო მანძილზე მცირეა. დამით აუცილებელია უსაფრთხოების განსაკუთრებული უზრუნველყოფა, ვინაიდან დღეზე 10-ჯერ ნაკლები ინტენსივობით მოძრაობისას დამით ხდება საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევათა ნახევარზე მეტი. ავტომობილის მაშუქი ხელსაწყოების (ფარების) ოპტიკური მოწყობილობა სანთლის სხივების კონცენტრაციას ახდენს ელიფსური ფიგურის სახით. იგი ხასიათდება სინათლის ნაკადის გაბნევის კუთხით რომელიც მიწის ვაკისის

ფარგლებში მოჭიმავს იზოხაზებს მინიმალურ დასაშვებ განათებით 2 ლქ (ლუქსი). (ნახ. 4.7).



ნახ. 4.7. გზის განათება ფარების შუქით.  
*B* – მიწის ვაკის სიგანე

თანამედროვე მაშუქი ხელსაწყოები უზრუნველყოფენ შორ მანძილზე გზის განათებას 200-250 მ. სიგრძის მონაკვეთზე რაც ხშირად ნაკლებია მხედველობის საანგარიშო მანძილზე. გზების დაპროექტებისას მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ ავტომობილთა მაშუქი ხელსაწყოების შემდგომი პროგრესი, რაც საშუალებას მოგვცემს მხედველობის არე გაიზარდოს საანგარიშო მინიმუმამდე, მანამდე კი ღამით ვიმოძრაოთ საანგარიშოზე ნაკლები სიჩქარით.

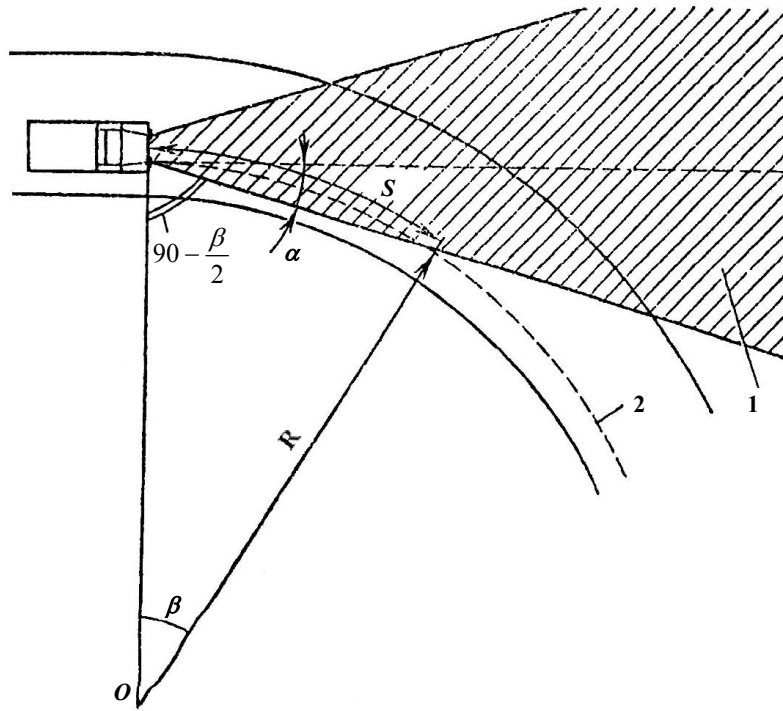
რადიუსის სიდიდე *R* რომლის დროსაც მხედველობა მრუდწიროვან გზაზე იქნება მხედველობის საანგარიშო სიდიდის *S* შესაბამისი შეიძლება ვიპოვოთ შემდეგი მოსაზრებით: ცენტრალური კუთხე  $\beta$ , რომელიც მოჭიმავს რკალს სიგრძით *S* ტოლია (გრადუსებში) (ნახ. 4.8).

$$\beta = \frac{180 \cdot S}{\pi R} \tag{4.12}$$

ვინაიდან  $\beta=2\alpha$ , ამიტომ  $\beta = \frac{28,6S}{\alpha}$ , თუ დავამრგვალებთ მივიღებთ

$$R = \frac{30S}{\alpha} \tag{4.13}$$

ფარების შუქის გაბნევა თანამედროვე ავტომობილებისათვის დაახლოებით 2°-ია, ხოლო იმ მრუდების რადიუსი, რომელთაც ეს შუქი გაანათებს (100-300მ-ზე) ტოლია 1500-დან 4500-მდე.



ნახ. 4.8. მრუდის რადიუსის განსაზღვრის სქემა ფარების შუქით განათების პირობიდან  
 1 - ფარებით განათებული ზონა; 2 - ავტომობილის ტრაექტორია

#### 4.4. გადასასვლელი მრუდები

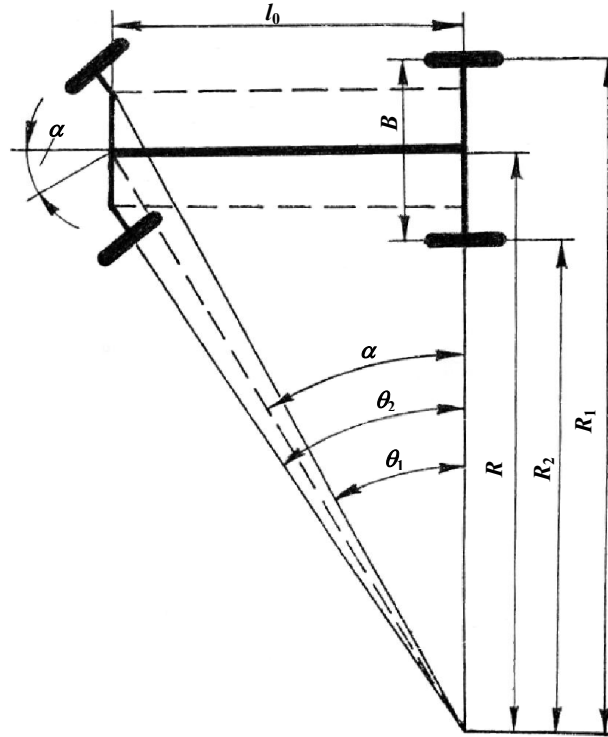
გეგმაში სწორი მონაკვეთიდან მუდმივ რადიუსიან წრიულ მრუდებზე შესვლისათვის ავტომობილის მძღოლი იწყებს წინა ბორბლების თანდათანობით მობრუნებას. ამის გამო მრუდთან მიახლოებისას ავტომობილი მოძრაობს გარდამავალი სიმრუდის მქონე ტრაექტორიით, რომლის რადიუსი იცვლება უსასრულოდ სწორ მონაკვეთზე, გარკვეულ  $R$  სიდიდემდე წრიულ მრუდზე შესვლისას. გარდამავალი რადიუსის მქონე ტრაექტორიაზე მოძრაობა უზრუნველყოფს ავტომობილის წინა ბორბლების თანდათანობით, მდორე მობრუნებას წრიულ მრუდზე მოძრაობის შესაბამის კუთხემდე. მდორედ იზრდება ცენტრიდანული ძალაც, ვინაიდან ტრაექტორიის სიმრუდე იზრდება  $0$ -დან  $\frac{1}{R}$  სიდიდემდე გადასასვლელი მონაკვეთის სიგრძის პროპორციულად.

გადასასვლელი მრუდის განტოლება უნდა შეესაბამებოდეს ავტომობილის მოქმედი ძალები და მოძრაობის რეჟიმი აკმაყოფილებს მოძრაობის გარდამავალი სიმრუდით მოძრაობის ტრაექტორიას შესაბამისად სწორიდან წრიულ მრუდზე გადასასვლელ მონაკვეთზე სიმრუდის რადიუსი  $R$  უნდა იცვლებოდეს ავტომობილის მობრუნების კუთხის უკუპროპორციულად (ნახ. 4.9)

$$R = \frac{l_0}{\alpha}, \quad (4.14)$$

სადაც  $l_0$  არის ავტომობილის ბაზა;

$\alpha$  – წინა თვლების მობრუნების კუთხე.



ნახ. 4.9.

სწორ მონაკვეთზე  $\alpha = 0$  და იზრდება მუდმივ  $\alpha_0$  სიდიდემდე  $R$  რადიუსის მქონე წრიულ მრუდზე შესვლისას

$$\alpha_0 = \frac{l_0}{R}. \quad (4.15)$$

ავტომობილის მუდმივი  $v$  მ/წმ სიჩქარით გადაადგილებისას და წინა თვლების ასევე  $\omega$  მუდმივი კუთხური სიჩქარით მობრუნებისას მივიღებთ

$$R = \frac{l_0 v}{\omega s}, \quad (4.16)$$

სადაც  $s$  – გადასასვლელი მრუდის სიგრძეა.

გარკვეული დაშვებით შეგვიძლია მივიღოთ, რომ  $l_0$ ,  $v$  და  $\omega$  მუდმივი სიდიდეებია, ანუ  $\frac{l_0 v}{\omega} = c$ , მაშინ

$$R = \frac{c}{s}. \quad (4.17)$$

ამგვარად, მივიღებთ გადასასვლელი მრუდის განტოლებას, რომელიც ასრულებს პირობას: სიმრუდის რადიუსი იცვლება ტრაექტორიის სიგრძის უკუპროპორციულად. ამ მოთხოვნას მეტნაკლებად აკმაყოფილებენ სხვადასხვა მრუდები. მაგ. ბერნულის ლემნისკატა, კუბური პარაბოლა და სხვა.

გამოსახულება (4.17) შეესაბამება განტოლებას კორნიუს სპირალის, ანუ კლოტოიდის ძირითად განტოლებას, რომელსაც დიდი ხანია ფართოდ იყენებენ თანამედროვე საავტომობილო გზებზე ვინაიდან კლოტოიდის სიმრუდის რადიუსი მის მთელ სიგრძეზე იცვლება სიგრძის უკუპროპორციულად.

გზების დაპროექტებისას გარდა კლოტოიდისა იყენებენ სხვა მრუდებსაც რომელთა განტოლებები აკმაყოფილებენ სიმრუდის ცვლილებას მრუდის სიგრძის პროპორციულად. კლოტოიდის შემდეგ ყველაზე მეტად გავრცელებულია: კუბური პარაბოლა-მრუდი, რომლის სიმრუდის რადიუსი აბსცისის უკუპროპორციულია

$$R = \frac{c}{x}. \quad (4.18)$$

ბერნულის ლემნისკატი – მრუდი, რომლის რადიუსი კოორდინატთა სათავისა და მოცემული წერტილის მომჭიმავი ქორდის სიგრძის  $a$  უკუპროპორციულია

$$R = \frac{c}{a}. \quad (4.19)$$

აღრე გადასასვლელი მრუდის განტოლებას ირჩევდნენ უპირატესად დაკვალების ცხრილების იოლად შედგენიდან გამომდინარე. ახლა კომპიუტერების გამოყენების გამო ამ შეხედულებამ დაკარგა თავისი მნიშვნელობა. მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში უპირატესად გავრცელებულია კლოტოიდური მრუდები (ნახ. 4.9), რომელთა მოხაზულობა ავტომობილის მოძრაობის ტრაექტორიას ყველაზე უკეთ შეესაბამება.

თუ გადასასვლელ მრუდს არ უყენებენ სპეციალურ მოთხოვნებს მაგ. ტრასის მხედველობითი სიმღვრე მაშინ მის სიგრძეს ნიშნავენ იმ პირობით, რომ გადასასვლელი მრუდის გაელისას ცენტრიდანული ძალა ნელა გაიზრდება და არ გამოიწვევს მგზავრებში უსიამოვნო შეგრძნებას. ამისათვის ცენტრიდანული ძალის ზრდის სიჩქარე  $I$  ნაკლები უნდა იყოს სიდიდეზე, რომლის შემდეგ მგზავრები განიცდიან უსიამოვნო შეგრძნებას.

სხვადასხვა ქვეყნებში საგზაო ტექნიკური პირობების დამუშავებისას  $I$ -ს მნიშვნელობას იღებენ 0,3-დან 1 მ/წმ<sup>2</sup>. ჩვენი ქვეყნისთვის მიზანშეწონილია



$I=0,5\text{მ/წმ}^3$  ვინაიდან ეს სიდიდე ახლოსაა მოძრაობის ფაქტიურ რეჟიმთან. გზებზე გადასასვლელი მრუდის გავლის დრო, რომლის განმავლობაშიც ცენტრიდანული აჩქარება თანაბრად გაზრდება 0-დან  $\frac{v^2}{R}$ -მდე შეადგენს  $t = \frac{v^2}{R \cdot I}$  (სადაც  $v$  - ავტომობილის სიჩქარეა მ/წმ). აქედან გამომდინარე გადასასვლელი მრუდის საჭირო სიგრძე (მ-ში) იქნება  $L = vt = \frac{v^3}{R \cdot I}$  სიჩქარეს თუ გამოვსახავთ კმ/სთ-ში მაშინ

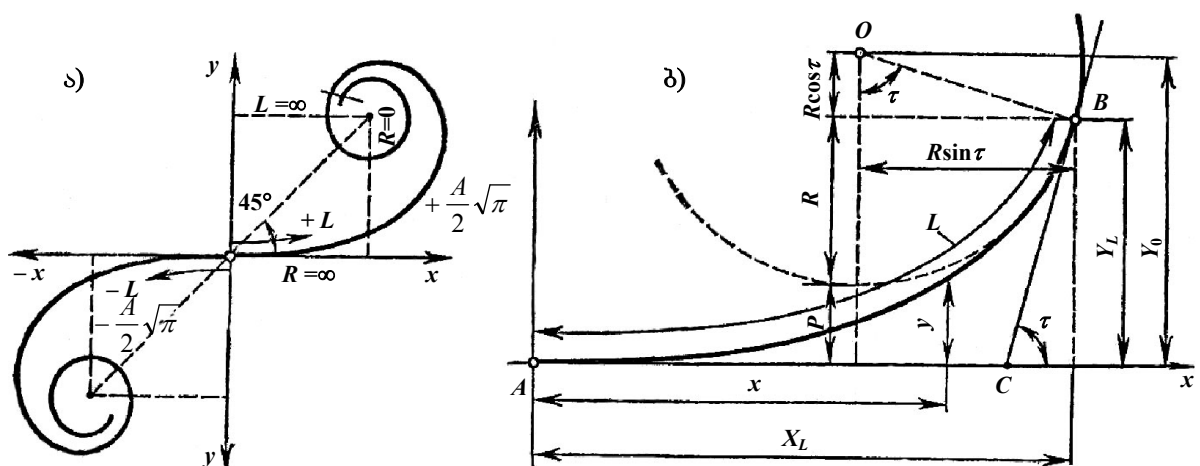
$$L = \frac{v^3}{47IR} \quad (4.20)$$

ბევრ ქვეყანაში მოქმედი ნორმებით გადასასვლელი მრუდები ეწყობა ყველა კატეგორიის გზებზე 2000 მ-ზე ნაკლები რადიუსის მრუდებისათვის:

წრიული მრუდის რადიუსი, მ-ში	60	100	200	300	500	600-1000	1000-2000
გადასასვლელი მრუდის სიგრძე, მ	40	50	70	90	110	120	150

აქ მოყვანილი გადასასვლელი მრუდის სიგრძეები უნდა ჩავთვალოთ როგორც მინიმალურად დასაშვები. გადასასვლელი მრუდის სასურველი სიგრძე მიზანშეწონილია ავიღოთ 1,5-2-ჯერ მეტი, მაშინ იგი მიანიჭებს გზას მხედველობით სიმდორეს და უზრუნველყოფს მრუდის გავლას სიჩქარის შეუმცირებლად.

მაღალი სიჩქარით მოძრავი ავტომობილებისათვის გათვალისწინებული გზების დაპროექტებისას, გადასასვლელი მრუდები დამხმარე ელემენტებიდან გადაიქცევიან გეგმისა და პროფილის დამოუკიდებელ ელემენტებად. სწორების და მრუდების თანაბრად.



ნახ. 4.10. კლოტიდური გადასასვლელი მრუდი  
 ა - კლოტიდა; ბ - სწორი და წრიული მრუდის შეერთება კლოტიდით.

საქართველოში კლოტიდური მრუდების გამოყენება გზების დასაპროექტებლად დაიწყო გასული საუკუნის სამოციანი წლების დასაწყისიდან.

ქართველმა ინჟინრებმა კ. ანდრონიკაშვილმა და ვ. ქსენოდოხოვმა შეიმუშავეს უწყვეტი კლოტოიდური მრუდებით გზის გეგმისა და გრძივი პროფილის დაპროექტების თეორია და პირველებმა ყოფ. სსრკ-ს რესპუბლიკებს შორის ფართოდ დანერგეს საინჟინრო პრაქტიკაში.

კლოტოიდის განტოლებას მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში აქვს სახე

$$x = \ell - \frac{\ell^5}{40c^2} + \frac{\ell^9}{3456c^4}$$

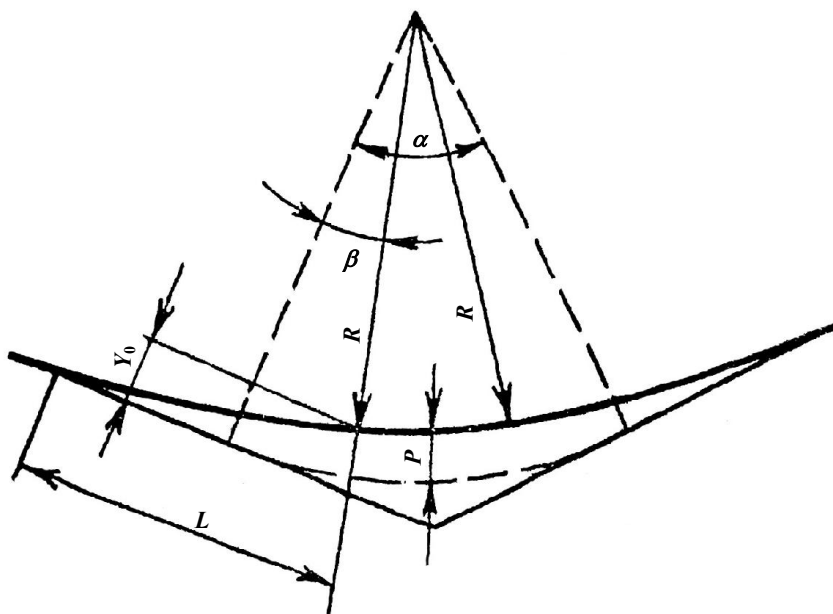
$$Y = \frac{\ell^3}{6c} - \frac{\ell^7}{336c^3} + \frac{\ell^{11}}{42240c^5}, \quad (4.21)$$

სადაც  $C=RL$   $\ell$ ,  $x$ ,  $y$  კოორდინატების შესაბამისი მრუდის სიგრძეა. ჩვეულებრივ სარგებლობენ განტოლების ორი პირველი წევრით (4.21).

გადასასვლელი მრუდის შემოტანა იწვევს ძირითადი წრიული მრუდის გადაადგილებას კუთხის შიგნით (ნახ. 4.11). ეს უნდა მივიღოთ მხედველობაში მოხვევის კუთხეების და რადიუსების დანიშვნისას, ვინაიდან ბისექტრისის სიდიდე იზრდება მრუდის გადაწევის სიდიდით კუთხის შიგნით

$$P=Y_0 - R(1 - \cos\beta) = 0, \quad (4.22)$$

სადაც  $Y_0$  არის გადასასვლელი მრუდის ორდინატა წრიულ მრუდთან შეერთების წერტილში  $\beta = \frac{L}{2R}$  რადიანი

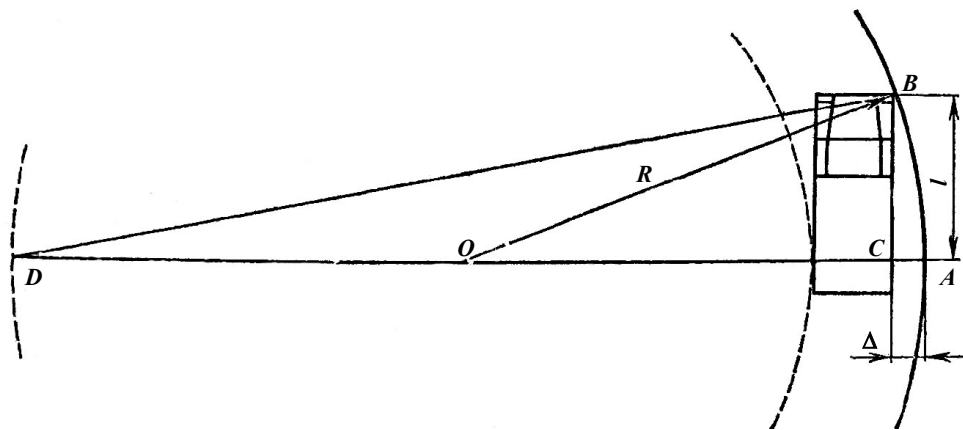


ნახ. 4.11. ძირითადი მრუდის გადაწევა გადასასვლელი მრუდის შემოტანისას  $L$  – გადასასვლელი მრუდი

ძირითადი წრიული მრუდის ნაწილი ამ დროს იცვლება გადასასვლელი მრუდით თანახმად (ნახ. 4.11) გადასასვლელ მრუდის დაკავალვა შესაძლებელია მხოლოდ პირობით  $2\beta < \alpha$  თუ ეს პირობა დაცული არ არის უნდა შევამციროთ გადასასვლელ მრუდის სიგრძე ან გავზარდოთ  $R$  რადიუსი. საერთოდ კი უმჯობესია, თუ წრიულ მრუდზე უარს ვიტყვით და უშუალოდ შევავრთებთ ორ კლოტოიდს. ამისათვის საჭიროა შევასრულოთ პირობა  $\alpha = 2\beta$ . რელიეფის ფორმების მიხედვით შეიძლება სხვადასხვა სიგრძის კლოტოიდების შერჩევა, ოღონდ შეერთების წერტილში რადიუსები უნდა იყოს თანაბარი ან განსხვავდებოდეს არაუმეტეს 20%-ით.

#### 4.5. სავალი ნაწილის გაგანიერება მრუდზე

მოსვევისას ავტომობილის თითოეული თვალი მოძრაობის დამოუკიდებელი ტრაექტორიით. ამის შედეგად ავტომობილის მიერ დაკავებული სავალი ნაწილის სიგანე იზრდება (ნახ. 4.12) თუ გვინდა, რომ ავტომობილის მოძრაობის პირობები მრუდზე სწორ მონაკვეთზე მოძრაობის ანალოგიური იყოს, მრუდებზე, რომელთაც მცირე რადიუსი აქვს საჭიროა სავალი ნაწილის გაგანიერება. თუ დაუშვებთ, რომ ავტომობილი მოძრაობს მრუდზე წრიული ტრაექტორიით შეგვიძლია მივიღოთ ერთი ზოლის გაგანიერებისათვის აუცილებელი მიახლოებითი გამოსახულება (ნახ. 4.12).



ნახ. 4.12. მრუდზე სავალი ნაწილის სიგანის საანგარიშო სქემა.

ორი ABC და BCD სამკუთხედების მსგავსებიდან ვპოულობთ:

$$\frac{AC}{BC} = \frac{BC}{CD} \quad \text{ან} \quad AC(2R - AC) = l^2 AC.$$

თუ უგულებელვყოფთ ფრჩხილებში მოთავსებულ სიდიდეს AC რომელიც გაცილებით მცირეა  $2R$ -ზე მივიღებთ, რომ ერთი სავალი ზოლის გაფართოების სიდიდე

$$\Delta = AC = \frac{\ell^2}{2R}. \quad (4.21)$$

მიღებული ფორმულა დამყარებულია წმინდა გეომეტრიულ მოსაზრებაზე და არ ითვალისწინებს ავტომობილის გარდაუვალ გადახრას საშუალო ტარექტორიიდან. ამიტომ მას იყენებენ მხოლოდ მცირე სიხქარეებით მოძრაობის დროს. დიდი სიხქარეებისთვის გაგანიერება რეკომენდებულია მივიღოთ უფრო მეტი. თუ გავითვალისწინებთ მოძრაობის სიხქარის ( $V$  კმ/სთ) გავლენას ემპირიული ფორმულიდან გვექნება

$$\Delta = \frac{\ell^2}{2R} + \frac{0,05V}{\sqrt{R}}. \quad (4.24)$$

უფრო რთულია გაგანიერების განსაზღვრა ავტომატარებლებისათვის მათი ყოველი მისაბმელი მოძრაობს საკუთარი ტრექტორიით, ამიტომ სავალი ზოლის სიგანე იზრდება მისაბმელების რიცხვთან ერთად. ავტომატარებლების მოხვევის სქემა დამოკიდებულია მათ კონსტრუქციაზე. იგი სხვადასხვაა უნაგირა საწვეარიანი მატარებლებისათვის, ერთღერძიანი და ორღერძიანი მისაბმელებისათვის.

მრუდზე მოძრაობისას ავტომატარებლის სავალი ზოლის გაბარიტების განსაზღვრისათვის, გვთავაზობენ ანალიზურ და გრაფონალიზურ მეთოდებს. მოხვევის მცირე რადიუსის დროს სავალი ნაწილის სიგანე არსებითა იცვლება. ამიტომ მთებში, სატრანსპორტო კვანძების მარყუჟებზე და აგრეთვე სამრეწველო საწარმოთა ტერიტორიაზე არსებულ გზებზე რომლებიც განკუთვნილია გრძელი ტვირთების (მორები, მილები) გადასაზიდად, აგრეთვე ზოგიერთ სხვა შემთხვევაში მცირე რადუსიანი მოსახვევებში მიწის ვაკისის ზომები და ფენილის სიგანე აუცილებელია დავასაბუთოთ ინდივიდუალური გაანგარიშებებით. ამჟამად შემუშავებულია ე.წ. „სიმულაციური მოდელირების“ პროგრამები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ შევამოწმოთ მოცემული სიგრძის ავტომატარებლისათვის საკმარისი არის თუ არა სავალი ზოლის სიგანე მრუდზე. თუ ეს უკანასკნელი არასაკმარისია გავზარდოთ სიმრუდის რადიუსი.

მრავალ ქვეყანაში მიღებულია სავალი ნაწილის გაფართოება ორ ზოლიანი მოძრაობისათვის მრუდებში, რომელთა რადიუსები 1000 მეტრზე ნაკლებია (ცხრ. 4.2) სავალ ნაწილს აფართოებენ მრუდის შიგნითა მხრიდან გვერდულის ხარჯზე, ხოლო მიწის ვაკისის სიგანეს აფართოებენ მაშინ, თუ

გვერდულის დარჩენილი ნაწილის სიგანე ნაკლებია 1,5მ-ზე მაღალი კატეგორიის გზებზე და 1,0 მ დაბალი კატეგორიისაზე.

ცხრილი 4.2

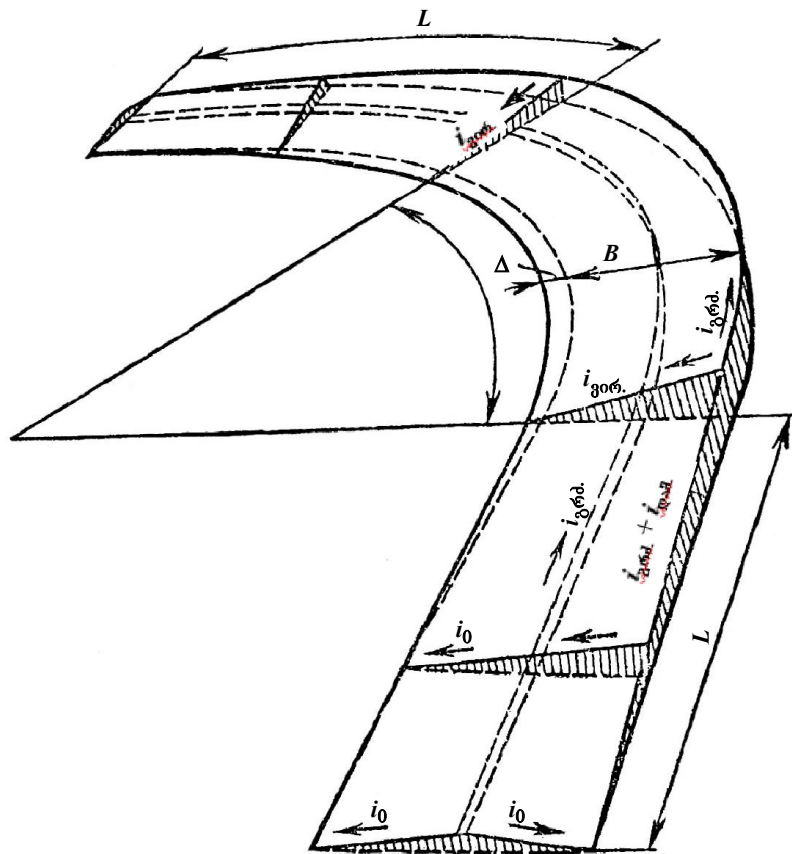
მრუდის რადიუსი, მ	ავტომატარებლის ზღვრული სიგრძე, მ	გაგანიერება, მ	მრუდის რადიუსი, მ	ავტომატარებლის ზღვრული სიგრძე, მ	გაგანიერება
1000	25	0-0,7	100-90	20	1,1-3,5
700-600	25	0,4-1,0	80	18	1,2-3,5
400-450	25	0,5-1,7	50	15	1,5-3,5
200-250	25	0,8-2,8	30	11	2,2

წრიული მრუდის ფარგლებში გაგანიერებას აქვს მუდმივი სიდიდე, შემდეგ თანდათან მცირდება გადასასვლელი მრუდის მთელ სიგრძეზე. მთის გზებზე გამონაკლისის სახით დაშვებულია მცირე რადიუსიანი მოსახვევებში გაგანიერების ნაწილობრივი განლაგება გარეთა გვერდულზე.

#### 4.6. ვირაჟი

მრუდის გავლისას, ცენტრიდანული ძალის ზემოქმედების შედეგად ავტომობილების მდგრადობა მცირდება. ეს ზემოქმედება მით უფრო ინტენსიურია რაც მცირეა მრუდის რადიუსი. დიდი რადიუსიანი მრუდების მოწყობის შესაძლებლობას რელიეფი ყოველთვის არ გვაძლევს, ამიტომ ავტომობილის მდგრადობის ასამაღლებლად მცირე რადიუსიან მოსახვევებში აწყობენ ცალმხრივად დაქანებულ განივ პროფილს ე.წ. ვირაჟს სადაც სავალი ნაწილისა და გვერდულის ქანობი მიმართულია მრუდის ცენტრისაკენ (ნახ. 4.13).

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ვირაჟს ითვლიდნენ, როგორც გზის დამატებით ელემენტს მცირე რადიუსიანი მრუდეებისათვის, რომელიც აუცილებელი იყო ავტომობილის მდგრადობის უზრუნველყოფისათვის. ავტომობილების ესქპლუატაციის გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ ვირაჟი მძლოლზე ახდენს დადებით ფსიქოლოგიურ ზემოქმედებას და ხელს უწყობს მოსახვევის იმავე სიჩქარით გავლას, როგორც მძლოლი მოძრაობდა მრუდში შესვლამდე გზის სწორ უბანზე. ვირაჟების უქონლობისას მრუდში მოძრაობის სიჩქარე ეცემა. ამიტომ დღევანდელ პირობებში მაღალი კატეგორიის გზებზე ვირაჟებს აწყობენ მრუდებზე, რომელთა რადიუსი ნაკლებია 3000 მ-ზე ხოლო ყველა ყველა დანარჩენი კატეგორიის გზებზე 2000 მ-ზე ნაკლებზე.



ნახ. 4.13. ვირაჟის სქემა ორმხრივ დახრილი სავალი ნაწილის მქონე გზაზე:  
 L – ვირაჟის განდევნა და გადასასვლელი მრუდი; K – წრიული მრუდი;  
 B – სავალი ნაწილის სიგანე,  $\Delta$  – გაგანიერება.

ვირაჟის განივი ქანობი, აუცილებელი მოძრაობის  $v$  (მ/წმ) სიჩქარის შესანარჩუნებლად მრუდის მოცემულ რადიუსზე შეიძლება განისაზღვროს (4.25) გამოსახულების გარდაქმნით:

$$i_{\text{გორ}} = \frac{v^2}{gR} - \mu = \frac{v^2}{gr} - \varphi_2, \quad (4.25)$$

სადაც  $\varphi_2$  – შეჭიდულობის კოეფიციენტის საანგარიშო სიდიდეა,  $v$  ავტომობილის სიჩქარეა.

თუ მცირე რადიუსიანი მრუდები გათვალისწინებულია დიდი სიჩქარით მოძრაობისათვის მათზე განლაგებულ ვირაჟებზე, განივი ქანობის საანგარიშო სიდიდეები შეიძლება გამოვიდეს საკმაოდ მნიშვნელოვანი, 80-120% ან უფრო მეტი. ასეთ ვირაჟებს აწეობენ ავტოდრომებზე და ავტორალისათვის განკუთვნილ გზის სპეციალურ მონაკვეთებზე. საერთო სარგებლობის საავტომობილო გზებზე იმ რაიონებში სადაც ხშირია ნისლი და ყინვა ვირაჟის ქანობი არ უნდა აღემატებოდეს 40%, ხოლო რაიონებში სადაც გზის ზედაპირი შეიძლება

მოიყინოს მხოლოდ დროის უმნიშვნელო პერიოდის განმავლობაში დასაშვებია სავალი ნაწილის ქანობმა ვირაჟზე შეადგინოს 60%. ოღონდ ასეთი მკვეთრი ვირაჟები მოუხერხებელია საანგარიშოზე ნაკლები სიჩქარით მოძრავი, ძირითად სატვირთო ავტომობილებისათვის. ასეთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია სხვადასხვა დახრილობის მქონე ე.წ. საფეხურებიანი ვირაჟის გამოყენება.

პრაქტიკამ გვიჩვენა, რომ სხვადასხვა მრუდეებისათვის მიზანშეწონილია ვირაჟის შემდეგი ქანობები.

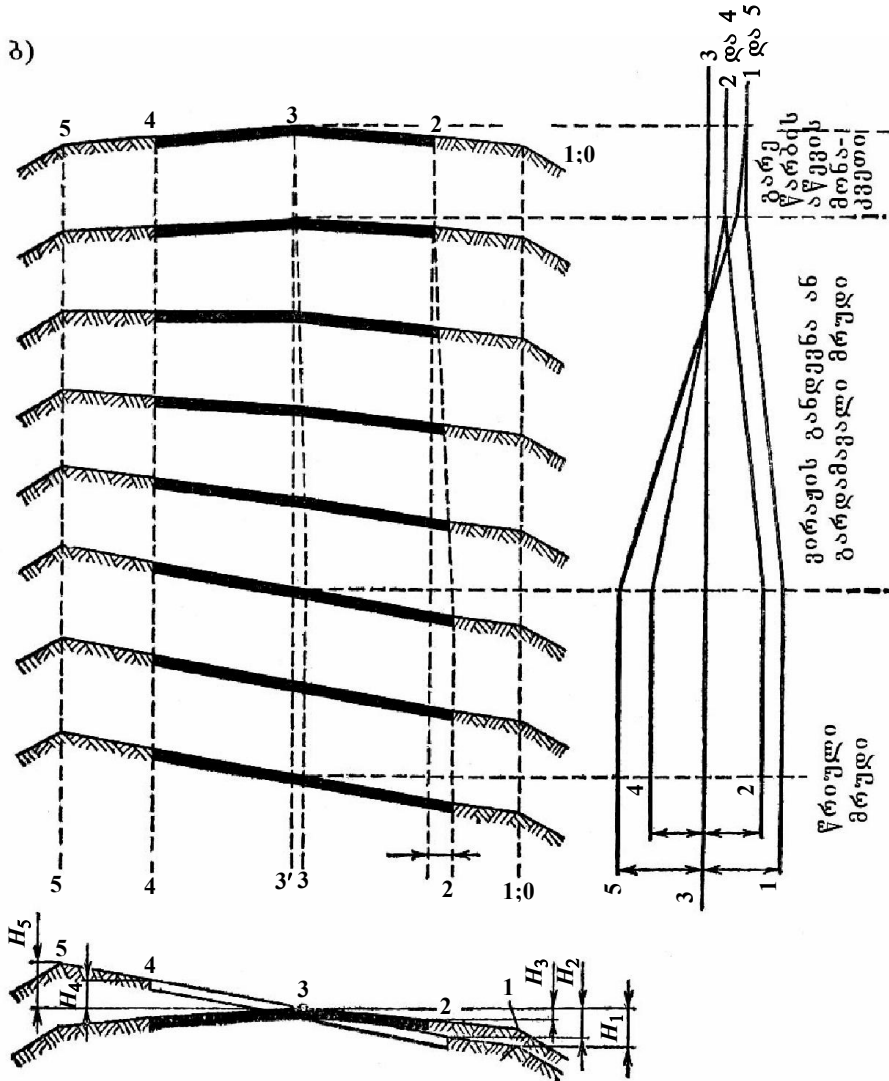
მრუდის რადიუსის გეგმაში –	2000	1000	700	650	600	და ნაკლები
ვირაჟის განივი ქანობი %	– 20	30	40	50	60.	

სავალი ნაწილის სწორ მონაკვეთზე რომელზედაც მდორედ ხორციელდება ორმხრივი დახრიდან ცალმხრივზე გადასვლა ეწოდება ვირაჟის განდევნა (ნახ. 4.13) თუ ვირაჟის განივი ქანობი ტოლია სწორზე სავალი ნაწილის განივი ქანობისა ვირაჟს დევნიან სავალი ნაწილის ნახევარის გზის ღერძის გარშემო ბრუნვით. ვირაჟი ქანობი თუ აღემატება გზის სავალი ნაწილის ქანობს განდევნა ხდება ფენილის შიგნითა წიბოს გარშემო. ბრუნვით ამ დროს სავალი ნაწილის ღერძი ინაცვლებს შიგნით ფენილის გაგანიერების ნახევრის ტოლი სიდიდით. (ნახ. 4.14).

ვირაჟებზე გვერდულების განივ ქანობს იღებენ სავალი ნაწილის განივი ქანობის ტოლს. გვერდულის ქანობს ცვლიან ვირაჟის დასაწყისიდან 10 მეტრით ადრე.

მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად საჭიროა, რომ გარეთა გვერდულს ჰქონდეს ქანობი იმ მხარეს რომელ მხარესაც აქვს გზის სავალ ნაწილს. ამ შემთხვევაში ბორბლის გვერდულზე შემთხვევითი გადასვლისას განივი ძალა არ იცვლება. გვერდულები თუ გაუმაგრებელია წვიმის დროს სავალ ნაწილზე ჩამოდის ტალახი, რომელიც ამცირებს განივი შეჭიდულობის კოეფიციენტს ამიტომ გაუმაგრებელ გვერდულებს იძულებით აძლევენ საპირისპირო ქანობს ე.ი. მრუდის ცენტრიდან გარეთ.

ვირაჟის განდევნის სიგრძე უნდა იყოს საკმაო. წინააღმდეგ შემთხვევაში დიდი სიჩქარით მოძრავ ავტომობილში გზის ცვალებად განივ პროფილზე მოძრაობისას წარმოიშვება მგზავრებისათვის უსიამოვნო რხევები. ვირაჟის განდევნის აუცილებელ მინიმალურ სიგრძეს განსაზღვრავენ ამ დამატებითი ქანობიდან, რომელიც წარმოიქმნება სავალი ნაწილის გარეთა წიბოს აწევისას (ნახ. 4.15).



ნახ. 4.14. ორმხრივად დახრილი სავალი ნაწილიდან ცალმხრივ დახრაზე გადასვლის საშუალებები  
 ა – განივი პროფილის აწევა გზის ღერძის ზემოთ;  
 ბ – განივი პროფილის ბრუნება გზის ღერძის გარშემო;  
 1-5 განივი პროფილის მახასიათებელი წერტილები

თუ სავალი ნაწილის განივი ქანობია  $i$  მაშინ სავალი ნაწილის წიბოს საერთო ქანობი ვირაჟის განდევნის მონაკვეთზე

$$i_{\text{გან}} = i + \frac{B \cdot i_n}{L} = i + i_{\text{დამ}},$$

სადაც  $B$  – სავალი ნაწილის სიგანეა;

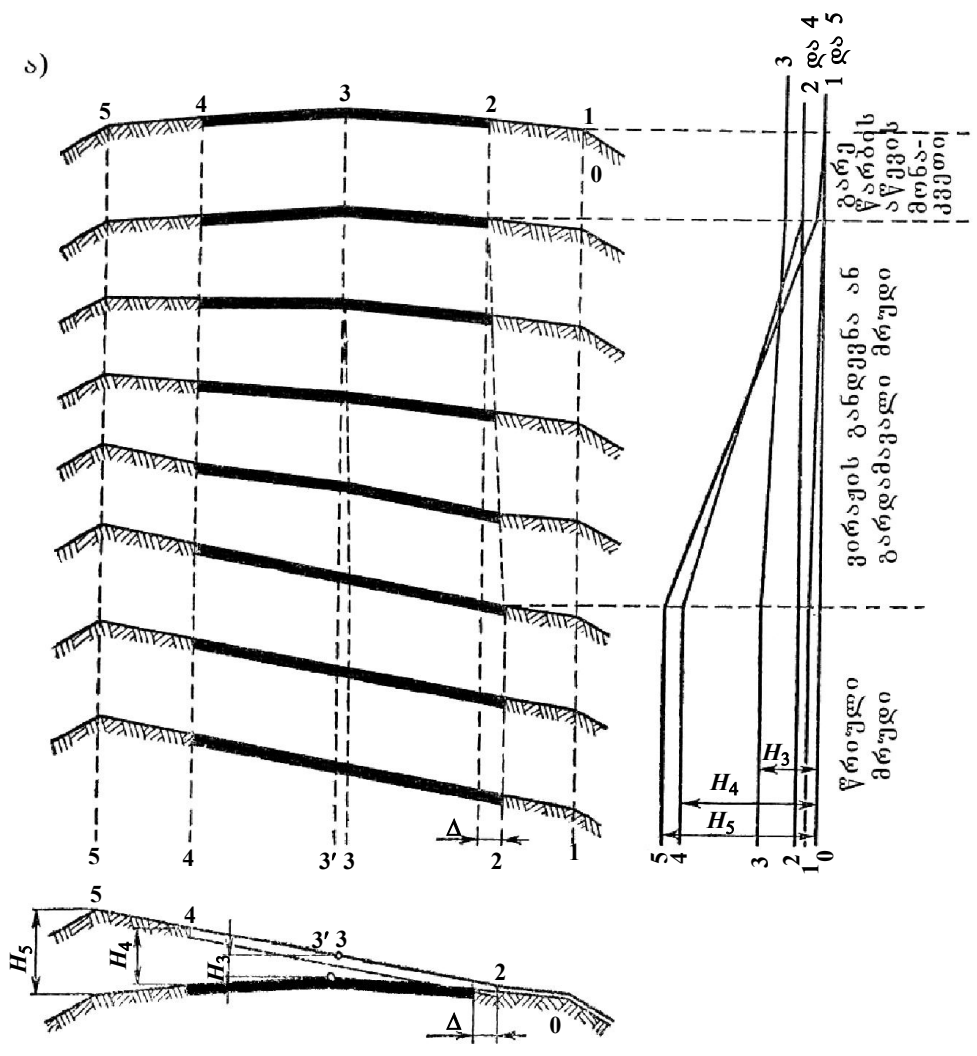
$L$  – ვირაჟის განდევნის სიგრძე;

$i_n$  – ფენილის განივი ქანობი.

ვირაჟის განდევნის მინიმალური სიგრძე (ნახ. 4.15) მიხედვით შეადგენს

$$L_{\text{გან}} = \frac{B \cdot i_{\text{ვორ}}}{i_{\text{დამ}}}. \quad (4.26)$$



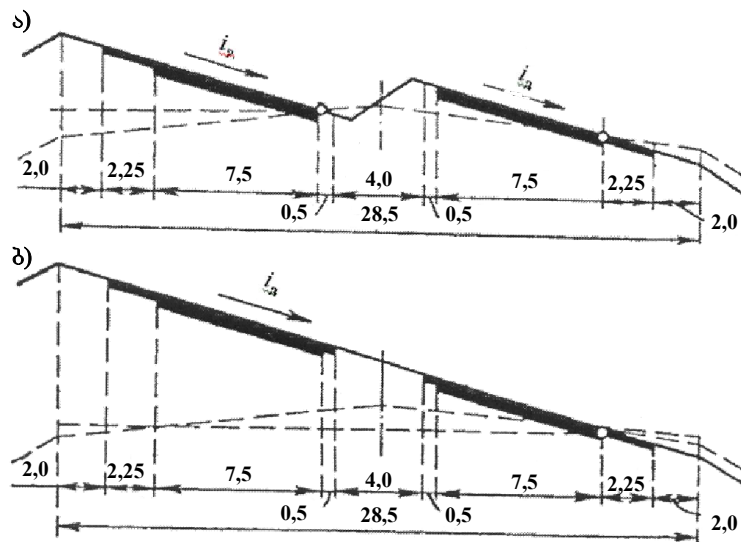


ნახ. 4.15. ვირაჟის განდევნის მონაკვეთის სიგრძის დასადგენი სქემა

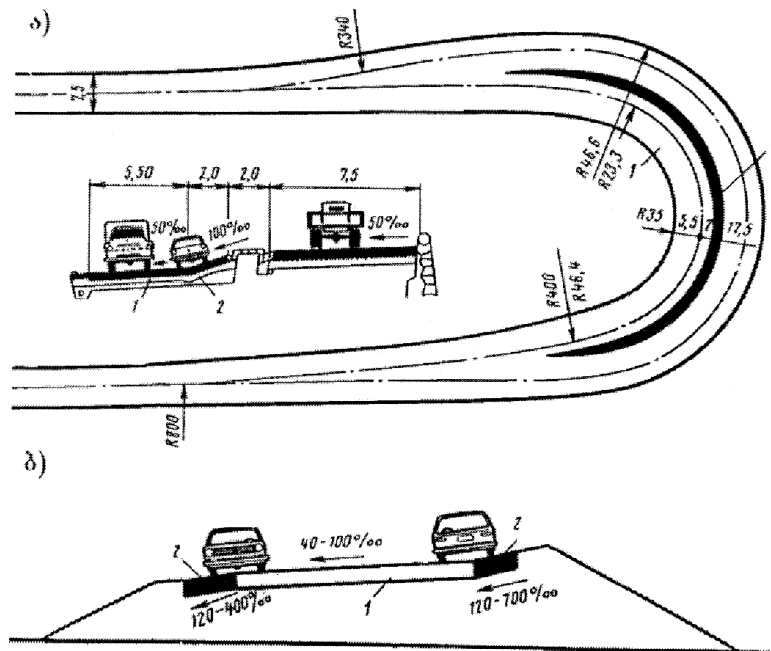
თუ მონაკვეთზე დიდი გრძივი ქანობია ვირაჟზე შეჯამებული გრძივი ქანობის სიდიდემ შეიძლება გადააჭარბოს ზღვრულად დასაშვებ ქანობს. ამიტომ აუცილებელია რომ ვირაჟის განდევნის მონაკვეთზე საერთო ქანობი სავალი ნაწილის წიბოს გასწვრივ არ აღემატებოდეს ამ გზაზე დასაშვებ ქანობს. დამატებითი გრძივი ქანობი ვირაჟზე I-II კატეგორიის გზებისათვის არ უნდა აღემატებოდეს 5%. სხვა კატეგორიის გზებისათვის ვაკე და ბორცვიან ადგილებში 10%, ხოლო მთიანი რელიეფის დროს 20%-ს.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ მაღალი საანგარიშო სიჩქარით მოძრავი მსუბუქი ავტომობილისათვის განკუთვნილ დახრილ სავალ ნაწილზე უფრო ნაკლები სიჩქარით მოძრავი სატვირთო ავტომობილი შეიძლება მოცურდეს. ამიტომ ცდილობენ, შეზღუდონ ვირაჟის ქანობი, რათა ცენტრიდანული ძალის მხოლოდ 1/3 გააწონასწოროს ვირაჟის ქანობმა, 2/3 კი საბურავის სავალი ნაწილის ზედაპირზე ჩაჭიდების ძალამ.

ვირაუებზე სავალი ნაწილის ხორკლიანი ზედაპირი გზის სწორ მონაკვეთებთან შედარებით გაცილებით მალე ცვდება და ვეღარ ასრულებს თავის დანიშნულებას. მცირე რადიუსიან მრუდებზე მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფისა და მაღალი სიჩქარის შენარჩუნების უფრო ეფექტური ხერხია საფეხურიანი (სამფერდა) ვირაუების მოწყობა გარდამავალი განივი ქანობებით. მრავალზოლიანი მაგისტრალებისათვის ეს ხერხი პირველად გამოიყენეს გერმანიაში, XX ს-ის 30-იან წლებში. მთავორიან პირობებში ორზოლიან გზებზე კი ამ ხერხის გამოყენების მეთოდი დაამუშავა და შესაბამისი პატენტიც მიიღო ცნობილმა ქართველმა მეგზვეე ინჟინერმა თამაზ შილაკაძემ გასული საუკუნის 70-იან წლებში (ნახ. 4.17 ა და ბ).



ნახ. 4.16. ვირაუის განივი პროფილები ავტომაგისტრალებზე



ნახ. 4.17. მოძრაობის პირობების გაუმჯობესება მკვეთრ მოსახვევებში საფეხურიანი ვირაუის მოწყობით:

ა) გერმანიაში მიღებული კონსტრუქცია; ბ) საქართველოში მიღებული კონსტრუქცია; – ძირითადი სავალი ნაწილი; 2 – დამატებითი ვირაუი

სამფერდა ვირაჟს გააჩნია სამი განსახვავებული ქანობი შუა ნაწილში ძირითად ვირაჟზე ქანობი შეადგენს 40-100 -ს განაპირა ნაწილებზე ეწყობა დამატებითი ვირაჟები. გარე ზოლზე ქანობით 120-700 , შიგა ზოლზე 120-400 - მდე მრუდის რადიუსის მიხედვით. სამფერდა ვირაჟზე შედარებით ნელა მავალი სატვირთო ავტომობილები იყენებენ ძირითად ვირაჟს. სწრაფად მავალნი კი შიდა მხრის ბორბლებით მოძრაობენ ძირითად ვირაჟზე, გარე მხრის ბორბლებით კი დამატებითზე. მძღოლები ირჩევენ ავტომობილის განივ დახრილობას მოძრაობის სასურველი სიჩქარის შესაბამისად. ერთდროულად უზრუნველყოფილია მაღალი სიჩქარეც, უსაფრთხოება და კომფორტი. პირველი ასეთი ვირაჟი მოწყობილია საქართველოში, წყნეთთან და კოჯორთან მისასვლელ გზებზე.

#### 4.7. მხედველობის მანძილი საავტომობილო გზებზე

გზის სწორხაზოვან კორიზონტალურ უბანზე მძღოლი ხედავს თავის წინ გზას უსაფრთხოდ მოძრაობისთვის საკმარის მანძილზე. მრუდეებში, გეგმისა და გრძივი პროფილის გარდატეხის ადგილებში გზის ხილული ნაწილი მნიშვნელოვნად მცირდება. ასეთ ადგილებში გზის დაპროექტებისას ხელოვნურად უნდა იყოს უზრუნველყოფილი საანგარიშო მხედველობა – მანძილი ავტომობილის წინ, რომელზედაც მძღოლი უნდა ხედავდეს გზას, რათა ხიფათის შემჩნევისას შესძლოს მისი შემოვლა ან შეჩერება.

გზების დაპროექტების თეორიაში მოცემულია მხედველობის მრავალი სქემა, რომლებიც განხილავენ ავტომობილის მოძრაობის სხვადასხვა პირობებს, აგრეთვე წინააღმდეგობის განლაგებას გზაზე. ყველა ეს სქემა შეიძლება დაიყოს ორ სხვადასხვა ჯგუფად: სქემები, რომლებიც ითვალისწინებენ ავტომობილის შეჩერებას წინააღმდეგობის ან შემხვედრი ავტომობილის წინ; სქემები რომლებიც ითვალისწინებენ ავტომობილის მიერ წინააღმდეგობის ავლას ან იგივე მიმართულებით მოძრავ ავტომობილის გასწრებას მოპირდაპირე სავალ ზოლზე გადასვლით. პირველ შემთხვევაში მანძილი (მეტრებში), რომელზედაც მძღოლს შეუძლია შეაჩეროს ავტომობილი განისაზღვრება ფორმულით

$$S = \frac{V}{3,6} + \frac{K_3 \cdot V^2}{254(\varphi \pm i + f)} + \ell_0, \quad (4.27)$$

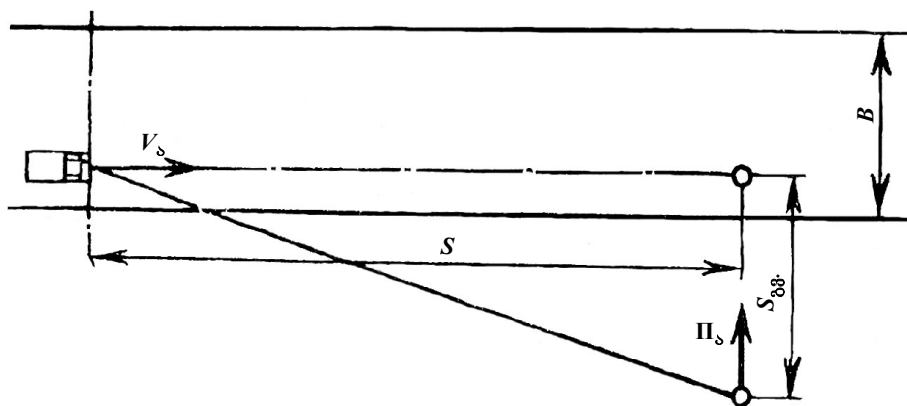
სადაც  $V$  – სიჩქარეა კმ/სთ.

შეიძლება განხილულ იქნას ავტომობილის შეჩერება წინააღმდეგობის წინ ან ორი ავტომობილის შემხვედრი მოძრაობა ერთ ზოლზე უკანასკნელ შემთხვევაში მხედველობის მანძილი შედგება ორი ავტომობილის სამუხრუჭო მანძილების ჯამისა და სამარაგო მანძილისაგან მათ შორის (ერთი ავტომობილის სიგრძე).

გასწრების პირობიდან მხედველობის მანძილის საანგარიშო მრავალრიცხოვანი სქემები დამყარებულია მანძილის განსაზღვრაზე, რომელიც აუცილებელია ნელა მოძრავი ავტომობილის გასასწრებად, შეიცავს მთელ რიგ დაშვებებს რეჟიმის, და მოძრაობის ტრაექტორიის შესახებ.

გასწრებაზე პრაქტიკული დაკვირვების შედეგად მიღებული მონაცემები გვიჩვენებს, რომ მოძრაობის რეჟიმი დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და არ შეიძლება შემოიფარგლოს რომელიმე ერთი სქემით. ამიტომ გასწრების პირობით მხედველობის საანგარიშო მანძილის განსაზღვრისას მიზანშეწონილია დავეყრდნოთ შედარებით მარტივ სქემებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ საკმარის უსაფრთხოებას, ან დავნიშნოთ მხედველობის მანძილი გასწრების მანევრის უსაფრთხო შესრულებისთვის. მრავალწლიანი პრაქტიკიდან გამომდინარე იგი უნდა იყოს არანაკლები უძრავი წინააღმდეგობის წინ შესაჩერებლად საკმარისი სამმაგი მანძილისა.

მრავალი ქვეყნის ტექნიკური პირობები ითვალისწინებენ სავალდებულო მხედველობის მანძილს 200-300 მ. საზღვარგარეთ ჩქაროსნული მაგისტრალების დაპროექტებისას კი ცდილობენ უზრუნველყონ მხედველობა არანაკლებ 750 მ მანძილზე, ვინაიდან მძღოლებს ეს უდიდებს გზის საიმედოებას მოძრაობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით.



ნახ. 4.18. გვერდითი მხედველობის მანძილის საანგარიშო სქემა  
 $B$  – სავალი ნაწილის სიგანე

დასახლებულ ადგილებში გამავალი გზებისათვის, განსაკუთრებით კი ქალაქში და რკინის გზების ერთ ღონეში გადაკვეთაზე მოძრაობის უსაფრთხოებისათვის საჭიროა საკმაოდ გვერდითი მხედველობის მანძილი.

ავტომობილის მძღოლმა წინასწარ უნდა შეამჩნიოს ქუჩაზე წინააღმდეგობა მაგ., ბავშვი, გამოქცეული ეზოდან ან ტროტუარიდან, ხოლო გზების ერთ ღონეში გადაკვეთებზე კი მოახლოებული ავტომობილი ან მატარებელი. ამ შემთხვევაში მინიმალური გვერდითი მხედველობის მანძილი (ნახ. 4.18)

$$S_{\text{ვგ}} = \frac{V_{\text{ქ}}}{V_{\text{ს}}} \cdot S, \quad (4.28)$$

სადაც  $V_{\text{ს}}$  – ავტომობილის საანგარიშო სიჩქარეა,  $V_{\text{ქ}}$  – ქვეითად მოსიარულის ან გზის გადაკვეთაზე მოძრავი ავტომობილის სიჩქარე. მორბენალი კაცისთვის  $V_{\text{ქ}}=10$ კმ/სთ,  $S$  – მხედველობის საანგარიშო მანძილი, რომელზედაც შეიძლება ავტომობილის შეჩერება (იხ. განტოლება 4.27).

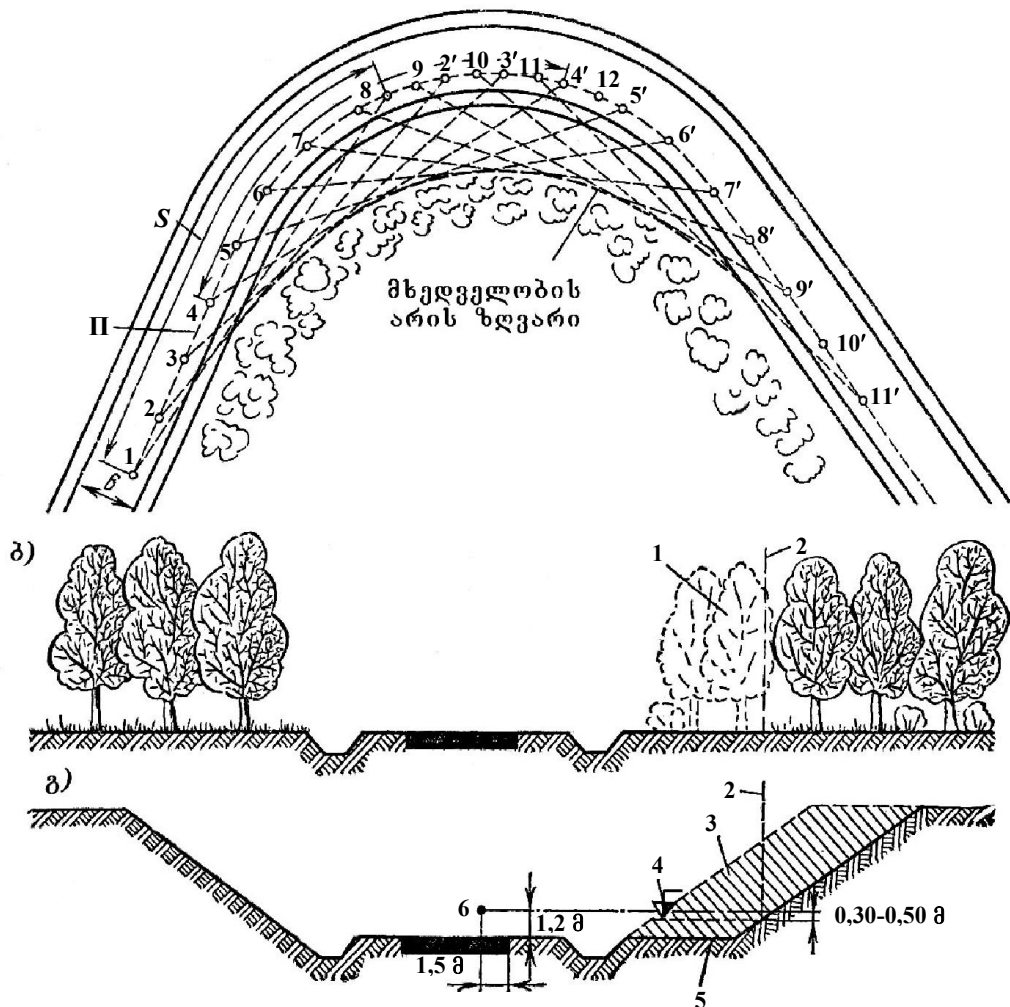
#### 4.8. მხედველობის უზრუნველყოფა მრუდებზე

გზების დაპროექტების თეორიის ერთ-ერთი საფუძველია მოსაზრება, რომლის მიხედვით გზა უნდა უზრუნველყოფდეს სრულ უსაფრთხოებას ყველაზე უარეს პირობებში. მაშინ ნაკლებად უარეს პირობებში უსაფრთხოება უზრუნველყოფილი იქნება. აქედან გამომდინარე მრუდებზე არსებულ მხედველობას ამოწმებენ ავტომობილისათვის, რომელიც მოძრაობს სავალი ნაწილის უკიდურეს შიგნითა ზოლში. მიღებულია, რომ ყველაზე უარეს პირობებში მძღოლის თვალი განლაგებულია 1,5 მეტრზე სიგრძეზე და 1,2 მ სიმაღლეზე ფენილის შიგა წიბოდან. ეს შეეხება მძღოლის მდებარეობას მსუბუქ ავტომობილში. რამდენადაც მხედველობის მანძილად იგულისხმება გზის სიგრძე, რომელსაც გადის ავტომობილი გზაზე მხედველობის მანძილს ზომავენ ავტომობილის მოძრაობის ტრაექტორიის მიხედვით.

გეგმაში მხედველობის შედარებით ამომწურავი მათემატიკური ანალიზი ჩატარებული ცნობილი ქართველი ინჟინრის ვ. ქსენოდოხოვის მიერ. იგი იკვლევდა მრუდის განტოლებას, მძღოლის მხედველობის სხივების რკალის სისტემას წრიულ მრუდზე, გადასასვლელი მრუდებით და გაგანიერებით.

მხედველობის ზონაში ჩამოსატრელები ზოლის მისაღებად პრაქტიკაში უფრო ხშირად იყენებენ მის მიერ შემოთავაზებულ გრაფიკულ მეთოდს. მსხვილი მასშტაბით გამოხატულ გეგმაზე დააქვთ ავტომობილის მოძრაობის ტრაექტორია

და აღნიშნავენ წერტილებს, რომლებიდანაც ზომავენ მხედველობის მანძილს. შედეგად ამ წერტილებს აერთებენ სწორი ხაზებით, რომელთა გადაკვეთებით შემოსაზღვრული კონტური განსაზღვრავს მხედველობის არეს (ნახ. 4.19).



ნახ. 4.19. მრუდებზე მხედველობის უზრუნველყოფის სქემა:  
 ა – მხედველობის ზონის განსაზღვრის გრაფიკული მეთოდი; ბ – ტყის გაკაფვის საზღვარი; გ – ჭრილის მოცულობის გაზრდა მხედველობის უზრუნველსაყოფად; B – სავალი ნაწილის სიგანე; II – ავტომობილის სავალი ზოლი; 1 – ტყის საკაფი მხედველობის უზრუნველსაყოფად; 2 – მხედველობის ზონის საზღვარი; 3 – ჭრილის მომატება; 4 – ჩამოჭრის მინიმალური სიმაღლე; 5 – ჩამოჭრის საუკეთესო დონე; 6 – მძღოლის თვალის მდებარეობა.

როდესაც ვნიშნავთ ჩამოჭრის ზონას ჭრილში უნდა გავითვალისწინოთ შემდგომში მათი დაფარვა ბალახით და თოვლით. ამიტომ ჩამოჭრის ძირი უნდა განვაღაგოთ არა ნაკლებ 0,3-0,5 მ დაბლა თვალის დონიდან. უფრო ხელსაყრელია ჭრილი ჩამოჭრათ გზის ზედაპირამდე.

უცებ რომ შევამოწმოთ მხედველობა გზაზე გეგმაში და მარტივად ავაგოთ მხედველობის ზონის საზღვრები შეიძლება გამოვიყენოთ ჩამოჭრის სიდიდე მრუდის ბისექტრისის მიმართულებით.

მრუდის ფარგლებში ჩამოჭრის სიდიდე შეიძლება მივიღოთ მუდმივი და გაავალოთ ჩამოჭრის საზღვარი კონცენტრულ წრეზე. ჩამოჭრა უნდა იწყებოდეს სწორზე ან გარდამავალ მრუდზე მხედველობის მანძილზე მრუდის დასაწყისიდან დასასრულამდე.

თუ მხედველობა შეზღუდულია არსებული ხილით, გზაგამტარების საყრდენებით და ა.შ. მაშინ მხედველობის მანძილის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია გზის ღერძის გადაადგილება, მრუდის გასწორება ან მისი რადიუსის მნიშვნელოვანი გადიდება.

## თავი 5. მოთხოვნები გზის ბრძოვი და ბანივი პროვილის ელემენტებისაღმი

### 5.1. გრძივი ქანობების სიდიდის ნორმირება გზებზე

ავტომობილის მიერ დაძლეული ქანობების გამოთვლის მეთოდი გადმოცემული 3.4-ში. იგი საშუალებას გვაძლევს გავიანგარიშოთ ზღვრული ქანობი, დაძლეული განსაზღვრული ტიპის ავტომობილის მიერ, მოცემული დატვირთვის ქვეშ. მაგრამ გზების დაპროექტების ტექნიკური პირობების შემუშავების და მაქსიმალური გრძივი ქანობების ნორმირების დროს აუცილებელია გავითვალისწინოთ მთელი რიგი ტექნიკურ-ეკონომიკური მოსაზრებანი.

გზებზე მოძრაობენ სხვადასხვა ტიპის ავტომობილები, სხვადასხვა ტვირთით და ტექნიკური მდგომარეობით. ავტომობილთა ნაკადის შემადგენლობაც ცვალებადია. ამიტომ გრძივი ქანობების ნორმირება კონკრეტული ტიპის ავტომობილის თვისებებიდან გამომდინარე შეიძლება მხოლოდ იშვიათ შემთხვევებში. მაგ. სამრეწველო ტრანსპორტისათვის, ანუ წინასწარ განსაზღვრული ტიპის ავტომობილის მუშაობისას მაგ. ღია კარიერებში.

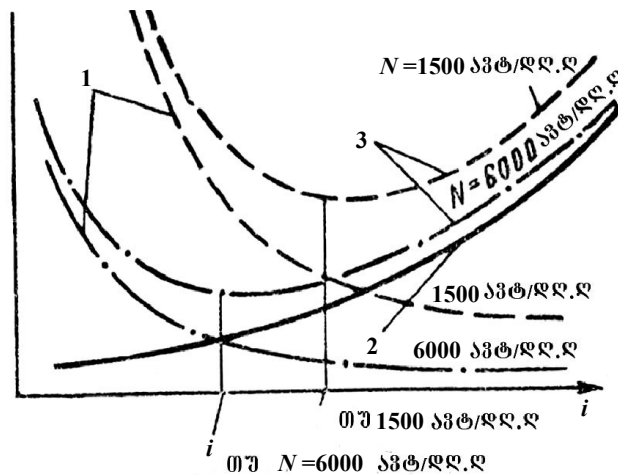
საერთო სარგებლობის საავტომობილო გზებისთვის ტექნიკური პირობების დამუშავების საფუძველია ეროვნული ეკონომიკის მიერ გაწეული დანახარჯები. აფასებენ ქანობების მთლიან გავლენას გზის მშენებლობის ღირებულებასა და მის საექსპლუატაციო მაჩვენებლებთან: მოძრაობის სიჩქარე; საწვავის ხარჯი; ავტომობილის ტვირთამწეობის გამოყენება.

მაგალითად მთიან პირობებში გზაზე თუ გავაკეთებთ ციცაბო აღმართებს ამით მნიშვნელოვნად შევამცირებთ მიწის სამუშაოებს და მშენებლობის ღირებულებას, მაგრამ შემცირდება ავტომობილების მოძრაობის სიჩქარე. ავტომობილების მაღალი სიჩქარეებით მოძრაობისათვის საჭიროა უფრო ძვირადღირებული გზის აშენება გაცილებით მცირე გრძივი ქანობებით, ამიტომ გრძივი ქანობების ნორმირებისას ხელმძღვანელობენ გზის მშენებლობაზე და ავტომობილების ექსპლუატაციაზე გაწეული ჯამური დანახარჯების მინიმალური რაოდენობიდან. ამავე დროს უნდა ვიცოდეთ, რომ გზის მშენებლობის გაიაფება მოძრაობის პირობების გაუარესების ხარჯზე ხანგრძლივი დროის განმავლობაში გავლენას მოახდენს ავტომობილების ექსპლუატაციაზე და მომავალში საჭირო გახდება გზის რეკონსტრუქცია. ამრიგად გზის გრძივი ქანობის ნორმირება ტექნიკურ-ეკონომიკური ამოცანაა.

გრძივი ქანობის სიდიდის ნორმირება მდგომარეობს შემდეგში.



სხვადასხვა გრძივი ქანობებიანი აღმართის დაძლევისას მშენებლობის ღირებულებაზე ძირითადად გავლენას ახდენს მიწის სამუშაოების მოცულობა. მშენებლობის ღირებულება დაყვანილი ერთი ავტომობილის გავლაზე დროის პერიოდში, რომლის განმავლობაში უნდა გამართლდეს მშენებლობაზე გაწეული დანახარჯები (გამოსყიდვის ვადა) სხვადასხვა გრძივი ქანობებისათვის გამოისახება ჰიპერბოლური მრუდებით (ნახ. 5.1). მშენებლობაზე გაწეული ხარჯები დაყვანილი ერთ ავტომობილზე მით უფრო მცირე იქნება რაც დიდი იქნება მოძრაობის ინტენსივობა.



ნახ. 5.1. გრძივი ქანობების ზღვრული მნიშვნელობების დასაბუთების სქემა:

- 1 – სამშენებლო ხარჯები ერთ ავტომობილზე ანაზღაურების ვადაში;
- 2 – საექსპლუატაციო ხარჯები ერთ ავტომობილზე;
- 3 – ჯამური ხარჯები.

გრძივი ქანობის გაზრდასთან ერთად ავტომობილთა ექსპლუატაციის ხარჯები კი პირიქით იზრდება. იგი არ იცვლება გზის გამოსყიდვის ვადის მიხედვით. გრძივი ქანობის ჩვენთვის მისაღები ოპტიმალური მნიშვნელობა შეესაბამება ჯამურ სამშენებლო და სატრანსპორტო დანახარჯების მინიმუმებს. ამიტომ გრძივი ქანობი იგი მით მცირე უნდა იყოს, რაც მაღალია მოძრაობის საანგარიშო ინტენსიურობა. პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სხვადასხვა საანგარიშო სიჩქარეებისთვის მიზანშეწონილია შემდეგი მაქსიმალური გრძივი ქანობები:

საანგარიშო სიჩქარე კმ/სთ.	150	120	100	80	60	50	40	30
გრძივი ქანობი %	30	40	50	60	70	80	90	100

საერთოდ რეკომენდებულია, ყველა კატეგორიის გზა დაპროექტდეს არა უმეტეს 30% ქანობებით, თუ ეს არ არის დაკავშირებული გზის მშენებლობის გაძვირებასთან.

განსაკუთრებით რთული ადგილმდებარეობის პირობებში დაშვებულია გრძივი ქანობი გავზარდოთ არა უმეტეს 15-20% მოყვანილი ნორმის ზემოთ. იმ პირობით თუ ტექნიკურ-ეკონომიკურად იქნება დასაბუთებული. ამ გამონაკლისის გამოყენება მოკლე რთულ მონაკვეთებზე, აუარესებს გზის სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მახასიათებლებს და ცალკეულ მონაკვეთებზე წარმოქმნის სახიფათო უბნებს. ამიტომ გრძივი ქანობის გაზრდა გამართლებულია მხოლოდ მთიან პირობებში, სადაც სიჩქარე გზის მთელ მონაკვეთზე შედარებით მცირეა. რაც უფრო გრძელია აღმართი მით უფრო ძლიერად იხენს თავს გრძივი ქანობის გავლენა ავტომობილის მოძრაობაზე.

ცდისეული მონაცემებით დადგენილია, რომ მიზანშეწონილია სხვადასხვა ქანობის მქონე მონაკვეთების შემდეგი ზღვრული სიგრძე:

ქანობი %	20	30	40	50	60	70	80	90	100
აღმართის ზღვრული სიგრძე მთიან რელიეფზე, მ	–	–	1500	1200	700	500	450	350	300
სწორ და ბორცვიან	2000	1200	600	400	300	250	200	150	150

მიღებული სხვადასხვა ქვეყნებში მაქსიმალური გრძივი ქანობების ნორმატივები მცირედ განსხვავდებიან ერთმანეთისგან.

## 5.2. ვერტიკალური მრუდები

საავტომობილო გზებზე ვერტიკალურ მრუდებს აპროექტებენ კვადრატული პარაბოლით, რომლის განტოლებაა

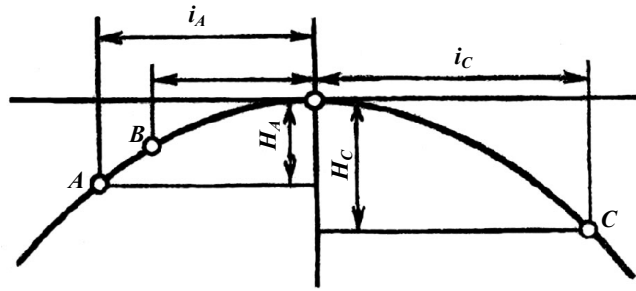
$$Y = \pm \frac{X^2}{2R}, \quad (5.1)$$

სადაც  $R$  – სიმრუდის რადიუსია კოორდინატების საწყისში რომელიც მდებარეობს მრუდის წვეროში: ნიშანი (+) ეკუთვნის ამოზნექილ მრუდებს (-) კი ჩაზნექილს.

საავტომობილო გზებზე გრძივი ქანობები არ აჭარბებს 10-12%-ს ამიტომ  $X$  საგრძნობი ცდომილების გარეშე შეიძლება მივიღოთ, მრუდის სიგრძის ტოლი. ქანობი ვერტიკალური მრუდის რომელიმე  $A$  წერტილში  $\ell_A$  მანძილზე მისი წვეროდან (ნახ. 5.2)

$$i_A = \frac{dy}{dx} = \frac{X}{R} \approx \frac{\ell_A}{R}. \quad (5.2)$$

ეს მიახლოებითი დამოკიდებულება საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ მთელი რიგი ფორმულები, რომლებიც აკავშირებს მსებ ქანობებს მრუდების სხვა ელემენტებთან.



ნახ. 5.2. ვერტიკალური მრუდის ელემენტების განსაზღვრის სქემა საავტომობილო გზაზე

მანძილი მრუდის წვეროდან  $A$  წერტილამდე რომლის ქანობია  $i_A$

$$\ell_A = R \cdot i_A. \quad (5.3)$$

მანძილი მრუდის  $A$  და  $B$  წერტილებს შორის რომელთა ქანობებია  $i_A$  და  $i_B$ .

$$\ell = \ell_A - \ell_B = R \cdot (i_A - i_B). \quad (5.4)$$

$A$  და  $C$  წერტილების ნიშნულებს შორის სხვაობა, რომელიც შეადგენს  $i_A$  და  $i_B$  ქანობებს შეგვიძლია ვიანგარიშოთ შემდეგნაირად:

$$H_C = \frac{\ell_c^2}{2R} \quad H_A = \frac{\ell_A^2}{2R} \quad (5.5)$$

$$\Delta H = H_C - H_A = \frac{\ell_C^2 - \ell_A^2}{2R} = \frac{R}{2}(i_C^2 - i_A^2). \quad (5.6)$$

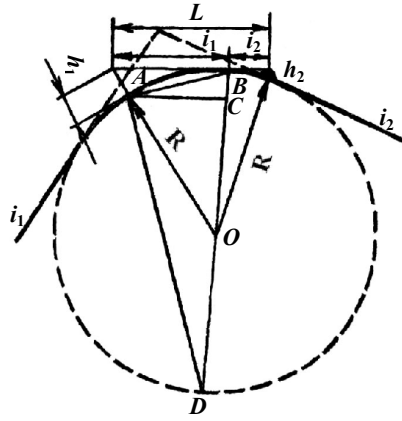
ვერტიკალური წრიული ამოხნეკილი მრუდის რადიუსს საზღვრავენ მძღოლის მიერ გზის ზედაპირის საანგარიშო მხედველობის პირობიდან. შედარებითმა გამოთვლებმა გვიჩვენეს, რომ ამ მოთხოვნის დაკმაყოფილება უზრუნველყოფს მოძრაობის უსაფრთხოებას და მგზავრობის კომფორტს.

ანგარიში ეყრდნობა მარტივ გეომეტრიულ შეფარდებას (ნახ. 5.3). ვთქვათ  $h_1$ -არის მძღოლის თვალის სიმაღლე გზის ზედაპირიდან,  $h_2$ -წინააღმდეგობის სიმაღლე ასევე გზის ზედაპირიდან, რომლის დანახვაც უზრუნველყოფილი უნდა იყოს. ნახაზის თანახმად მხედველობის მანძილის საანგარიშო სიდიდე ამხნეკილ მრუდზე შედგება ორი მონაკვეთისგან  $\ell_1$  და  $\ell_2$  თუ ამ შემთხვევაში გავავრცელებთ კანონზომიერებას რომელიც სამართლიანია წრიული მრუდებისათვის მაშინ  $ABC$  და  $ACD$  სამკუთხედების მსგავსებიდან მივიღებთ.

$$\frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{AC}}{\overline{CD}} \quad \text{ან} \quad \overline{BC} \cdot \overline{CD} = \overline{AC}^2. \quad (5.7)$$

რამდენადაც ვერტიკალური მრუდის რადიუსი მნიშვნელოვნად აღემატება  $h_1$  და  $h_2$  შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ

$$\overline{BC} = h_1 \quad \overline{CD} = 2R - h_1 \approx 2R \quad \overline{AC} = \ell_1$$



ნახ. 5.3. ვერტიკალური ამოზნექილი მრუდის რადიუსის განსაზღვრა მხედველობის უზრუნველყოფის პირობიდან

ამ მნიშვნელობების ჩასმით (5.7) განტოლებაში მივიღებთ

$$\ell_1 = \sqrt{2h_1 R}.$$

ანალოგიურად განისაზღვრება

$$\ell_2 = \sqrt{2h_2 R}$$

მხედველობის საანგარიშო მანძილის საძიებელი სიდიდე იქნება

$$L = \ell_1 + \ell_2 = (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \cdot \sqrt{2R},$$

აქედან

$$R = \frac{L^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}.$$

ორი ერთნაირი ავტომობილის შეხვედრის შემთხვევაში თუ მხედველობაში არ მივიღებთ სხვაობას მძღოლის თვალის დონესა და ავტომობილის სიმაღლესთან გვექნება

$$R = \frac{L^2}{8 \cdot h_1}. \quad (5.8)$$

გზის ზედაპირის ხედვის მანძილის ანგარიშისას სიდიდე  $h_2 = 0$ , ე.ი.

$$R = \frac{L^2}{2 \cdot h_1}. \quad (5.9)$$

ჩაზნექილი მრუდების რადიუსს განსაზღვრავენ ცენტრიდანული ძალის სიდიდის მიხედვით, რომელიც დასაშვებია მგზავრების მიერ აღქმისა და რესორების გადატვირთვის პირობით.

დასაშვები  $b$  ცენტრიდანული აჩქარებიდან გვაქვს

$$\frac{V^2}{13R} = b \quad R = \frac{V^2}{13b}. \quad (5.10)$$

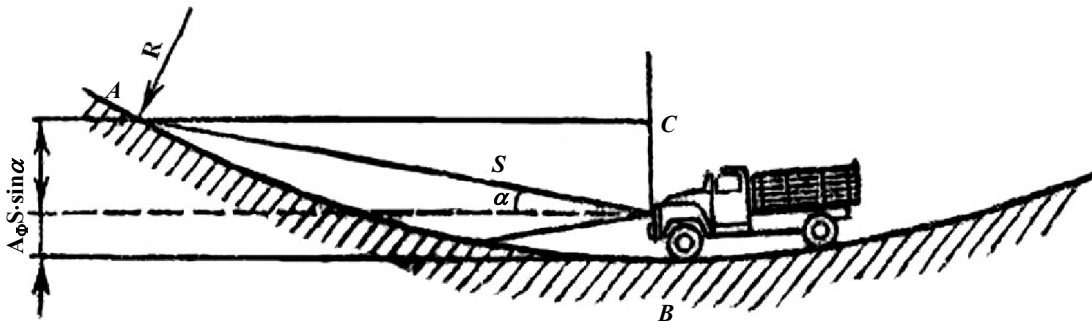
სადაც  $V$  – საანგარიშო სიჩქარეა, კმ/სთ.

ვერტიკალური მრუდების დაპროექტების ნორმირების დამუშავებისას სხვადასხვა ქვეყნებში იღებენ  $b=0,5-0,7$  მ/წმ<sup>2</sup>.

მცირე რადიუსიანი ჩაზნექილი მრუდები ძალიან მოუხერხებელია ღამით მგზავრობისთვის, ფარების სინათლე ანათებს გზის ზედაპირს ნაკლებ მანძილზე ვიდრე მხედველობის საანგარიშო მანძილია. ამიტომ ცენტრიდანული ძალის მიხედვით განსაზღვრული ჩაზნექილი მრუდების რადიუსები უნდა შემოწმდეს მხედველობის უზრუნველყოფაზე ღამით მოძრაობისას (ნახ. 5.4). ფარების სინათლის გაბნევის კუთხე ვერტიკალურ სიბრტყეში შეადგენს  $2\alpha$  სავალი ნაწილის განათებული მონაკვეთის ზედა საზღვარი აწეულია კოორდინატთა სათავესთან სიდიდით

$$H=h_{\phi}+S\sin\alpha,$$

სადაც  $h_{\phi}$  –ფარის ცენტრის სიმაღლეა გზის ზედაპირიდან,  $S$  – მხედველობის საანგარიშო მანძილი.



ნახ. 5.4. მხედველობა ჩაზნექილ მრუდზე ავტომობილის ფარების განათებისას

გეომეტრიული კანონზომიერებით, რომელიც აკავშირებს ქორდას და რადიუსს გვექნება

$$\overline{AC^2} \approx 2R\overline{CB} \quad \text{ან} \quad S^2 = 2R(h_{\phi} + S \sin \alpha).$$

აქედან

$$R \approx \frac{S^2}{2(h_{\phi} + S \sin \alpha)}.$$

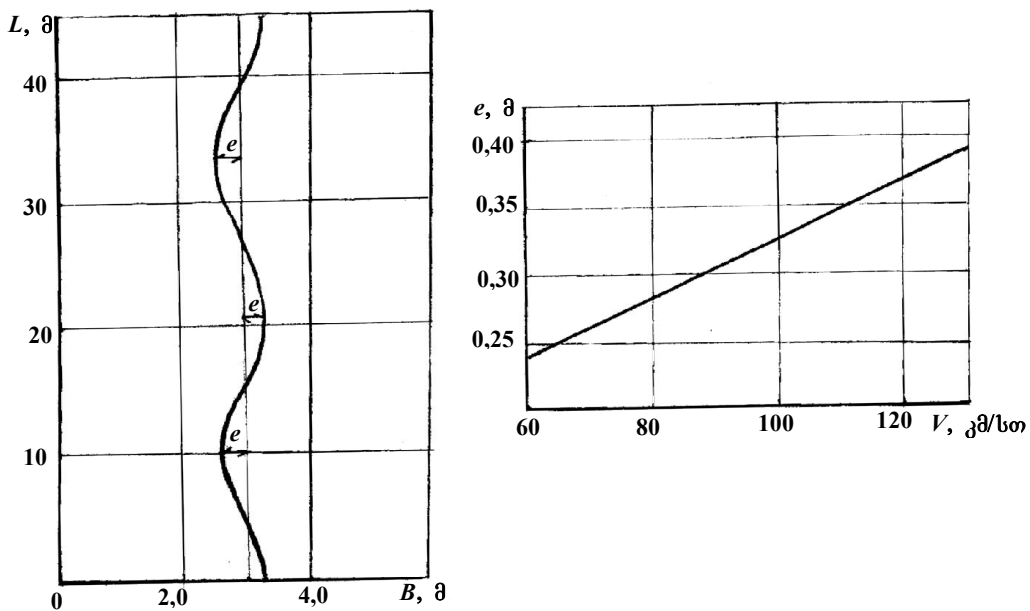
ჩვეულებრივ საამშენებლო წესები და ნორმები იძლევიან რეკომენდაციას მივიღოთ ვერტიკალური ამოზნექილი მრუდების რადიუსები არა ნაკლებ 70 000 მ-სა (მრუდის სიგრძე 300-ზე მეტი) და ჩაზნექილი მრუდისა 8000 მ (მრუდის

სიგრძე არა ნაკლებ 100 მ-სა) თუ ეს შესაძლებელია ადგილობრივი პირობების მიხედვით და არ იწვევს გზის მშენებლობის მნიშვნელოვან გაძვირებას.

იმის მიხედვით თუ რა სირთულისაა რელიეფი, ერთი კატეგორიის გზის ფარგლებში შესაძლებელია რადიუსების შეიცვალოს საკმაოდ ფართო ინტერვალში. მაგალითად II კატეგორიის გზებისათვის ამოზნექილი მრუდის რადიუსებს იღებენ 15 000-დან 2500-მდე.

### 5.3. სავალი ნაწილის და გვერდულების სიგანე

როგორც დაკვირვებები გვიჩვენებენ, მაშინაც კი როდესაც მძლოლი ცდილობს იმოძრაოს სწორხაზოვანი მიმართულებით, ავტომობილი ფაქტიურად მოძრაობს სინუსოიდური ტრაექტორიით.



ნახ. 5.5. ავტომობილის მოძრაობის ტრაექტორია გეგმაში გზის სწორხაზოვან უბნებზე

სინუსოიდის სიგრძეს  $\ell$  და სავალი ზოლის ღერძიდან სინუსოიდის გადახრის სიდიდე  $e$  დამოკიდებულია ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეზე, საჭის მექანიზმის თავისებურებებზე და სავალი ნაწილის ღერძის რადიუსზე

$$\ell = f_1(v, R) \quad e = f_2(v, R). \quad (5.12)$$

როგორც ვხედავთ ტრაექტორიის გადახრა სავალი ზოლის ღერძიდან მით მეტია რაც დიდია მოძრაობის სიჩქარე. ამიტომ რაც მეტია სიჩქარე მით ფართო ზოლი სჭირდება ავტომობილს სამოძრაოდ.

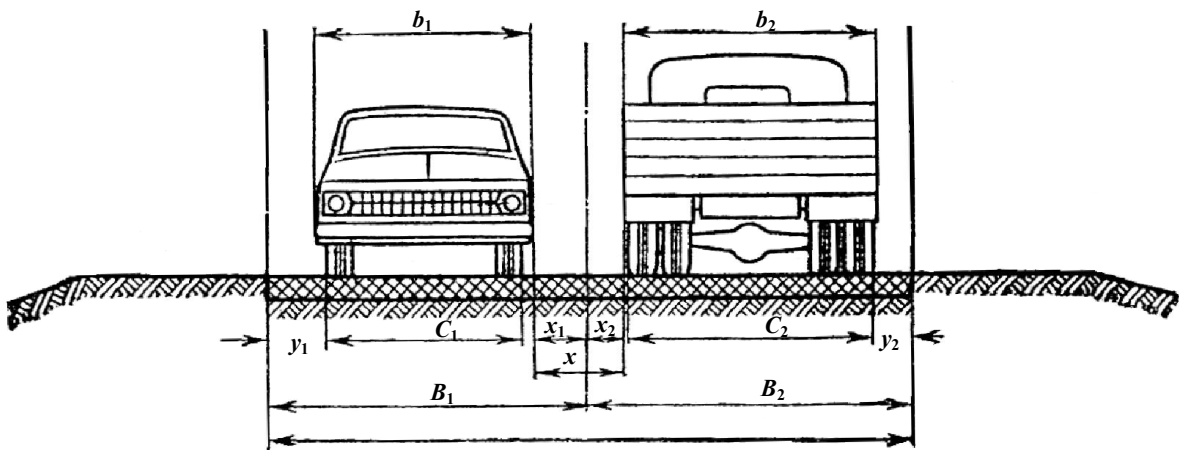
სავალი ნაწილის აუცილებელი სიგანე შედგება ავტომობილის ძარის სიგანისაგან, ძარიდან შემხვედრი ზოლის ნაპირამდე და ბორბლიდან სავალი

ნაწილის წიბომდე მანძილისაგან. ეს მანძილები დამოკიდებულია მძღოლების ინდივიდუალურ თავისებურებებზე და იცვლება გარკვეულ საზღვრებში. ამიტომ ამ სიდიდეთა აუცილებელი მნიშვნელობები შეიძლება დადგენილ იქნას მხოლოდ მრავალრიცხოვანი დაკვირვებების საფუძველზე.

ქვემოთ მოყვანილ რეკომენდაციებს საფუძველად დაედო ცნობილი რუსი მეგზვეე მეცნიერის ნ. ხოროშილოვის მრავალწლიანი გამოკვლევების შედეგები, რომელიც გვთავაზობს განისაზღვროს სავალი ნაწილის სიგანე ორზოლიანი გზისათვის (ნახ. 5. 6) ფორმულით

$$B = b+c+2y+x, \quad (5.13)$$

სადაც  $b$  – ძარის სიგანეა, მ-ში,  $c$  – ავტომობილის კვალი განსაზღვრული ყველაზე უფრო განიერი კვალის მიხედვით მათი გარეთა ნაპირებიდან, მ-ში),  $x$  – ღრეჩო შემხვედრი ავტომობილების ძარებს შორის,  $y$ -მანძილი ბორბლის კვალის გარეთა ნაპირიდან სავალი ნაწილის წიბომდე.



ნახ. 5.6. სავალი ზოლის სიგანის დასადგენი სქემა

$x$  და  $y$  სიდიდეებს საანგარიშო მნიშვნელობებს ნ. ხოროშილოვი განსაზღვრავს ემპირული ფორმულებით

$$\begin{aligned} x &= 0.3 + 0.1\sqrt{V_1 + V_2}, \\ y &= \sqrt{0.1 + 0.0075V_2}, \end{aligned} \quad (5.14)$$

სადაც  $X$  და  $Y$  მოცემულია მეტრებში,  $V_1$  და  $V_2$ , კმ/სთ-ში.

ერთი მიმართულებით ორ მეზობელ ზოლზე მოძრაობისას მაგ. გასწრებისას

$$x = 0.3 + 0.075\sqrt{V_1 + V_2}$$

$$y = \sqrt{0.1 + 0.0075V} . \quad (5.15)$$

ავტომობილის შესაძლებელ თავისუფალ გადაადგილებას მარჯვნივ ეწინააღმდეგება მძღოლის შიში აცილდეს სავალ ნაწილს, ამიტომ შემხვედრი ავტომობილები შორდებიან ერთმანეთს ნაკლები მანძილით. ფორმულები ითვალისწინებენ მოძრაობას სავალ ნაწილთან ერთ დონეზე მყოფი გვერდულით. სავალი ნაწილის წიბოსთან ბორდიურის არსებობისას მასთან შეჯახების შიშით მძღოლები ვერ იყენებენ სავალი ნაწილის კიდურა ნაწილს, რომელიც ორი, სამი ბორდიურის სიმაღლის ტოლია.

ქვეყნების უმრავლესობა სავალი ნაწილის სიგანის დასაბუთების დროს I-II კატეგორიის გზებისთვის მხედველობაში იღებენ მოძრაობის ნაკლებ სიჩქარეებს ვიდრე გზის გეგმისა გრძივი პროფილის ელემენტების სიდიდეთა დასაბუთებისას. ეს გადაწყვეტილება იძულებითია ვინაიდან საგზაო საფარი არის გზის ყველაზე ძვირადღირებული ნაწილი, საგზაო მშენებლობის სიძვირე მოითხოვს საგზაო მეურნეობისთვის გამოყოფილი სახსრების მაქსიმალურად ეკონომიურ გამოყენებას.

ასეთ მიდგომას ამართლებს ისიც, რომ სავალი ნაწილის გაფართოება ყოველთვის შეიძლება გზის შემდგომი ექსპლუატაციის პროცესში, ხოლო გზის რეკონსტრუქცია გეგმისა და პროფილში ხშირად გაძნელებულია ან საერთოდ შეუძლებელი.

სამოდრო ზოლის აუცილებელი სიგანის დასაბუთებისას უნდა განვიხილოთ ავტომობილის შეხვედრის ორი შემთხვევა: პირველი-მსუბუქი ავტომობილი, რომელთაც აქვს მცირე გაბარიტი, მაგრამ დიდი სიჩქარე, მეორე-სატვირთო ავტომობილებისა ფართო ძარით მაგრამ ნაკლები სიჩქარით.

სავალი ნაწილის სიგანის დადგენა ტექნიკურ-ეკონომიკური ამოცანაა. გზებზე სადაც მოძრაობის მცირე ინტენსივობა მშენებლობის გასაიაფებლად შეგნებულად იღებენ სავალი ზოლის მცირე სიდიდეს და ითვალისწინებენ სიჩქარის შემცირებას. რთულ მთიან პირობებში გზების მშენებლობისას შეიძლება დავაპროექტოთ გზა ერთი სავალი ზოლით თუ მოვაწყოთ სპეციალურ გაგანიერებებს, რომელზედაც ერთერთი ავტომობილი დაუცდის შემხვედრის ავლას. ყოველი გაგანიერებიდან უნდა ჩანდეს შემხვედრი ავტომობილი. საპროექტო ნორმების მიხედვით ერთი სავალი ზოლის სიგანე, რომლებიც ძირითადად აკმაყოფილებენ მოძრაობის საშუალო თანამედროვე მოთხოვნებს შემდეგია:



- I – კატეგორიის გზებზე – 3,75 მ.
- II – კატეგორიის გზებზე – 3,50 მ.
- III – კატეგორიის გზებზე – 3,0

სამთო პირობებში III კატეგორიის გზებზე (არაუმეტეს 200 ავტ. დღეღამეში) ინტენსივობის დროს დაშვებულია სავალი ნაწილი მოეწყოს ერთ ზოლზე 4, 5 მ სიგანით, რაც ითვალისწინებს ავტომობილის გადასვლას ცალი ბორბლით გვერდულზე შემხვედრი მოძრაობისას და გასწრების დროს. სავალი ნაწილის სიგანეს სხვადასხვა ქვეყნებში აქვს დაახლოებით ერთნაირი მნიშვნელობა.

დასერილ რელიეფზე სადაც ხშირად გზა შედგება მიმდევრობით განლაგებული აღმართების და დაღმართებისაგან მძლოლთა გარკვეული ნაწილი თავდაღმართის ბოლოში უმატებს სიჩქარეს, რათა დაგროვილი კინეტიკური ენერგიით სწრაფად დასძლიოს შემდგომი აღმართი. ამიტომ იმ მონაკვეთებზე სადაც ავტომობილები ანვითარებენ მაღალ სიჩქარეებს სასურველია სავალი ნაწილი მოეწყოს უფრო განიერი, ხოლო სავალი ზოლის სიგანე გაფართოვდეს ჩახნეკილი ვერტიკალური მრუდის შუა ნაწილში. მაგ. თუ მიმდებარე ქანობების აღგებრული სხვაობაა 60‰ და მეტი 0,5 მეტრზე I და II კატეგორიის გზებისთვის და 0, 25 მ III კატეგორიაზე.

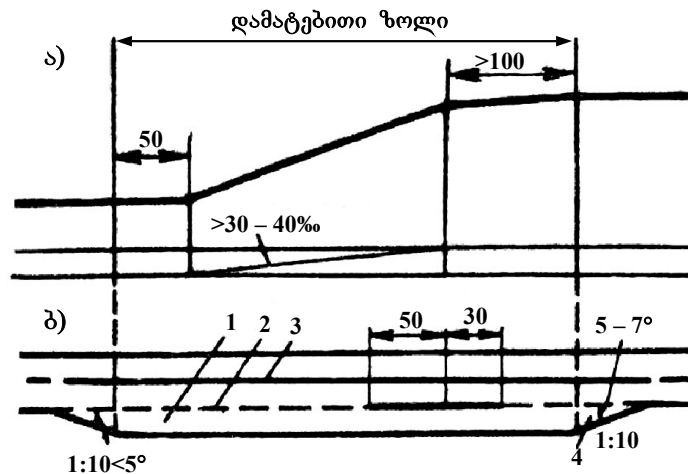
აღმართებს რომელთა ქანობი 30-40‰-ზე. უფრო ციცაბოა სიმძლავრის მცირე მარაგის მქონე ავტომატარებლები და დიდი ტვირთამწეობის ავტომობილები ძლევენ მცირე, 25-30 კმ სიჩქარით, რითაც აიძულებენ უკან მომდევნო ავტომობილების ნაკადს მიყენენ მას იგივე სიჩქარით. ასეთ პირობებში გასწრების მცდელობას ხშირად მოჰყვება მძიმე საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევები.

იმ გზებზე სადაც ინტენსიური მოძრაობაა (150-200 და მეტი ავტ/სთ-ში აღმართის მიმართულებით) საჭიროა მცირე სიჩქარით მოძრავი ავტომობილების გამოცალკეება ძირითადი ნაკადიდან. სავალ ნაწილს აფართოებენ აღმართის მხარეს (ნახ. 5.7.) დამატებითი ზოლით. მის სიგანეს ნიშნავენ არა ნაკლებ 3,5 მ-სა. ავტომობილების გადანაცვლებამ მოძრაობის შეფერხება რომ არ გამოიწვიოს დამატებითი ზოლი უნდა იწყებოდეს არა ნაკლებ 50 მ-სა აღმართის დასაწყისიდან და გრძელდებოდეს არა ნაკლებ 100 მ-სა მისი დამთავრების შემდეგ.

დამატებითი ზოლი ძირითადი სავალი ნაწილისაგან უნდა გამოეყოთ მონიშნის ხაზებით და აღჭურვოთ მაჩვენებელი ნიშნებით.

სავალი ნაწილის ორივე მხარეს გვერდულებმა უნდა უზრუნველყოს სავალი ზოლის წიბოს სიმტკიცე რათა ავტომობილებმა შესძლონ შეუფერხებლად გადასვლა ან გაჩერება გვერდულზე. ფენილის შეკეთებისას მასზე აწყობენ

სამშენებლო მასალებს. გვერდულზე გაჩერებული ავტომობილის გაბარიტი არ უნდა გამოდიოდეს ძირითად სავალ ნაწილზე. ავტომობილების ტიპების უმრავლესობისათვის გვერდულის ასეთი სიგარეა 3,75 მ ამიტომაცაა იგი მიღებული ნორმად I კატეგორიის გზებზე.



ნახ. 5.7. დამატებითი სავალი ზოლის სქემა აღმართზე:

- ა - გრძივი პროფილი; ბ - გვერდი;  
 1 - დამატებითი ზოლი; 2 - მონიშნის ხაზი, რომელიც გასწრების უფლებას რთავს; 3 - მონიშნის ხაზი, რომელიც კრძალავს გასწრებას; 4 - დამატებითი ზოლის განდევნის მონაკვეთი

მაღალი კატეგორიის გზებზე დასახლებული პუნქტების ფარგლებში გვერდულები გამაგრებული უნდა იყოს, ვინაიდან ნალექიან ამინდში დიდი სიჩქარით მოძრავი ავტომობილის ბორბლის გადასვლამ გვერდულზე შეიძლება გამოიწვიოს მისი მოცურება, ხოლო გზა ისვრება ტალახით, რომელიც გამოაქვს ბორბალს.

I - II კატეგორიის გზებზე გვერდულებს ამაგრებენ კაპიტალურ ფენილიან სანაპირო ზოლების მოწყობით სიგანით 0,75 ხოლო III კატეგორიაზე გაუმჯობესებულ ფენილიანი გვერდულებით 0,5 მ სიგანეზე. სანაპირო ზოლის და ძირითადი ფენილის განსხვავებული ფერები მკაფიოდ საზღვრავენ ფენილის ნაპირს და ხელს უწყობენ მოძრაობის დისციპლინის ამაღლებას. უმაღლესი კატეგორიის გზებზე გვერდულებს ამაგრებენ 3,0 მ სიგანეზე. ადგილობრივი დანიშნულების გზაზე მიზანშეწონილია 1,0 მ.

#### 5.4. განთვისების ზოლი

გზისპირა ზოლს გამოყოფილს საგზაო ვაკისის განლაგებისათვის, მოძრაობის მონაწილეთა მომსახურების ნაგებობათა აშენების, აგრეთვე გზისპირა ზოლში მწვანე ნარგავების მოწყობისათვის ეწოდება განთვისების ზოლი. ის შედის საგზაო ორგანიზაციების განკარგულებაში და იხსნება იმ მიწათმოსარგებლების გამგებლობიდან, რომლებსაც ეკუთვნოდათ გზის აშენებამდე. საკურორტო, სატყეო, სოფლის მეურნეობისათვის და ა.შ. გამოსადეგი მიწების მაღალ ღირებულებასთან დაკავშირებით, საავტომობილო გზებისათვის განთვისების ზოლის სიგანეს შემოსაზღვრვენ მიწის ვაკისის ფაქტიური საზღვრებზე ყოველი მხრიდან 10მ-ის დამატებით.

სარწყავ ან დაშრობილ მიწებზე, ასევე ვენახებით, ხილის ბაღებით, ყანებით და ა.შ. დაკავებულ ფართობებზე არ არის ნებადართული კავალიერების და გვერდითი რეზერვების მოწყობა. როდესაც გზის გვერდზე ყრილების ამოსაყვანად არ არის შესაძლებელი გრუნტის კარიერების გახსნა, როგორც გამონაკლისი, დროებითი გამოჰყოფენ ზოლს არაღრმა რეზერვების მოსაწყობად, ისე რომ მშენებლობის დროს შენარჩუნებულ იქნას ნაყოფიერი ჰუმუსის ფენა. ყრილების ამოყვანის შემდეგ რეზერვი უნდა იყოს გასწორებული, დაფარული მცენარეული გრუნტით და მოყვანილი სოფლის მეურნეობისათვის გამოსადეგ მდგომარეობაში.

დამატებითი ფართობი, რომელიც საჭიროა სამთო არხების მოსაწყობად, ხიდების ქვეშ კალაპოტების გასასწორებლად, ხილვადობის უზრუნველყოფისათვის მოსატრელად, დეკორატიული ნარგავების დასარგავად; წყლის აცილების მოსაწყობად, ავტომობილთა გაჩერებებისათვის (სადგომებისათვის) დასვენების მოედნებისათვის, მოძრაობის მონაწილეთა მომსახურების შენობებისათვის და სხვა საგზაო ნაგებობებისათვის, გამოიყოფა ამ მოთხოვნების დეტალური დასაბუთების საფუძველზე.

გზების მექანიზებული მშენებლობის თანამედროვე მეთოდების გამოყენება შეუძლებელია თუ საგზაო ზოლის სიგანე შემოვფარგლეთ მხოლოდ საგზაო ვაკისის ფართობით. აუცილებელია გამოიყოს ადგილები აღებული მცენარეული გრუნტის განლაგებისათვის, მშენებლობის დროს მასალების გადაზიდვებისათვის, დროებითი გზების მოსაწყობად, მშენებარე მონაკვეთის გვერდის ასავლელად და ა.შ. ამ მიზნებისათვის მშენებლების განკარგულებაში დროებით გამოყოფენ მიწის დამატებით ფართობს, რომელიც სამუშაოს დასრულების შემდეგ უნდა

დაუბრუნდეს მიწათმოსარგებლეებს სოფლის მეურნეობისათვის გამოსადეგ მდგომარეობაში.

განთვისების ზოლის საშუალო სიგანე გზის კატეგორიის მიხედვით მერყეობს 60-დან 20-მდე ნოყიერ მიწებზე და 75-დან 30მ-მდე – სოფლის მეურნეობისათვის გამოუსადეგ ნაკვეთებზე.

მცირე ტერიტორიის მქონე განვითარებული ქვეყნები მაგ.: იაპონია, ჰოლანდია, დანია, შვეიცარია და ა.შ. უდიდეს ყურადღებას უთმობენ განთვისების ზოლისათვის მიწის გამოყოფას. ისეთი მცირე ტერიტორიის მქონე და ძვირფას მიწებიან ქვეყანაში როგორც საქართველოა განთვისების ზოლის სიგანის დასაბუთებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს.

## თავი 6. ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის კანონზომიერებაანი

### 6.1. ავტომობილების მოძრაობის რეჟიმები

წინა თავებში განხილულია მოთხოვნები გზის ელემენტებისადმი რომლებიც უზრუნველყოფენ ერთეული ავტომობილების მოძრაობას საანგარიშო სინქარით, როდესაც მძღოლებს შეუძლიათ შეარჩიონ მოძრაობის ყველაზე უფრო მისაღები რეჟიმი, სრულად გამოიყენონ ავტომობილების დინამიკური შესაძლებლობები.

ფაქტიურად გზებზე ერთდროულად მოძრაობს სხვადასხვა ტიპის, ტექნიკური მდგომარეობისა და სხვადასხვაგვარად დატვირთული ავტომობილების დიდი რიცხვი. მათ მართავენ სხვადასხვა კვალიფიკაციის, ინდივიდუალური თავისებურებების, მოძრაობის პირობების შეცვლაზე სხვადასხვა ხანგრძლივობის რეაქციის მქონე მძღოლები. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ყველა საპროექტო გადაწყვეტილება დამუშავებული ერთეული ავტომობილებისათვის უნდა გაანალიზდეს ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის მოთხოვნების დაკმაყოფილების თვალსაზრისით.

ნაკადში მოძრაობისას ავტომობილებს შორის მყარდება ინტერვალები, რომელთა სიდიდე დამოკიდებულია მოძრაობის სინქარეზე და მძღოლების ინდივიდუალურ თავისებურებებზე. მძღოლები ცდილობენ შეინარჩუნონ მათი აზრით უსაფრთხო მანძილი წინ მიმავალ ავტომობილამდე. საგზაო პირობების შეცვლა შესაბამისად იწვევს ავტომობილებს შორის მანძილის შეცვლას. ხდება ნაკადის შემჭიდროვება ან გაჭიმვა. მოძრაობის პირობების განსხვავებული შეფასება სხვადასხვა მძღოლის მიერ იწვევს ნაკადში შიგა დაბრკოლებების წარმოქმნას. ჩქარი ავტომობილები უსწრებენ ნელმავალ ავტომობილებს. ორზოლიან გზებზე გამსწრები ავტომობილები გამოდიან შემხვედრი მოძრაობის ზოლებზე და ქმნიან დაბრკოლებას შემხვედრი ნაკადისათვის.

ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის თეორია წარმოადგენს გამოყენებითი მეცნიერების ნაწილს, რომელიც აღწერს მოძრაობის სხვადასხვა პირობებში ავტომობილების მოძრაობის კანონზომიერებას, მათი დინამიკური თვისებებისა და მძღოლების ფსიქოფიზიოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით. ემყარება ავტომობილების თეორიას, საინჟინრო ფსიქოლოგიას, ალბათობის თეორიას და ა.შ.

გზაზე მოძრაობის პირობები არსებითად იცვლება ინტენსიობის ზრდასთან ერთად. მგზავრობის კომფორტი, ავტომობილის ტარების სიადვილე, გამოყენების

ეფექტურობა და საწვავის ხარჯი უშუალოდ და მოკიდებული ავტომობილებით გზის დატვირთვაზე. გზის დატვირთვის ხარისხის მიხედვით განასხვავებენ ავტომობილთა ნაკადების გადაადგილების რამდენიმე დამახასიათებელ რეჟიმს.

**თავისუფალი ნაკადი** (მოძრაობის კომფორტის დონე A) – გზაზე მომავალი ერთეული ავტომობილები ერთმანეთისგან დაშორებულია საკმაოდ მანძილზე, და არ ახდენენ ურთიერთ მოქმედებას. მძღოლებისთვის და მგზავრებისთვის მოძრაობის პირობები არ არის დამძლევი. ადრე ასეთი პირობებიდან ასაბუთებდენ გზის ცალკეულ ელემენტების მიმართ მოთხოვნებს.

**ნაწილობრივ დაკავშირებული ნაკადი** (მოძრაობის კომფორტის დონე B) – მოძრაობენ რამდენიმე ავტომობილისაგან შემდგარი ჯგუფები, რომლებსაც აქვთ სხვადასხვა დინამიკური თვისებები და ერთმანეთს მიჰყვებიან ახლო მანძილზე. ამის მიზეზია წინა, ნელა მავალი ავტომობილი, რომელიც აკავებს უკან მომავალს. მისი მძღოლი იძულებულია ნელა იმოძრაოს, ვიდრე ეს სურს. იგი ელოდება ხელსაყრელ მომენტს გასწრებისათვის მეზობელ ზოლზე გასვლით, რის შემდეგ მას საშუალება ექნება გააგრძელოს მოძრაობა სასურველი რეჟიმით, სანამ არ დაეწევა შემდგომ ჯგუფს. ნაკადის საშუალო სიჩქარე კლებულობს, თუ მძღოლთა ჯგუფი იძულებულია იმოძრაოს ერთმანეთისგან ახლო მანძილზე. ძნელდება ავტომობილის მართვა.

**შეკავშირებული ნაკადი** (მოძრაობის კომფორტის დონეზე C) – მოძრაობენ ავტომობილთა დიდი ჯგუფები. ყველა ავტომობილი ერთმანეთზე ახდენს გავლენას. სწრაფად მავალი ავტომობილის სიჩქარე გასწრების შემდეგ კვლავ იზღუდება მის წინ მოძრავი ავტომობილით. გასწრება მით უფრო ძნელია, რაც მეტია მოძრაობის ინტენსიობა. მგზავრობა რთულდება, მძღოლებს სჭირდებათ მეტი ყურადღება.

**მჭიდრო ნაკადი** (მოძრაობის კომფორტის დონე D) – ავტომობილები მიჰყვებიან ერთმანეთს. გასწრება პრაქტიკულად შეუძლებელია. მოძრაობის სიჩქარე მკვეთრად კლებულობს. ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ორგანიზებულ კოლონურ მოძრაობასთან. საგზაო პირობების გაუარესების ადგილებზე შესაძლებელია „საცობების“ წარმოქმნა.

კვირის სხვადასხვა დღეებში და დღე-ღამის სხვადასხვა საათებში გზის ერთი და იგივე უბანზე მოძრაობის ინტენსიობის მერყეობის გამო, მოძრაობის რეჟიმები იცვლება. ვინაიდან ავტომობილების მოძრაობის პირობები თითოეული მითითებული რეჟიმისათვის სხვადასხვაა, მათ აღწერენ ავტომობილთა ნაკადების თეორიის სხვადასხვა კანონზომიერებით.

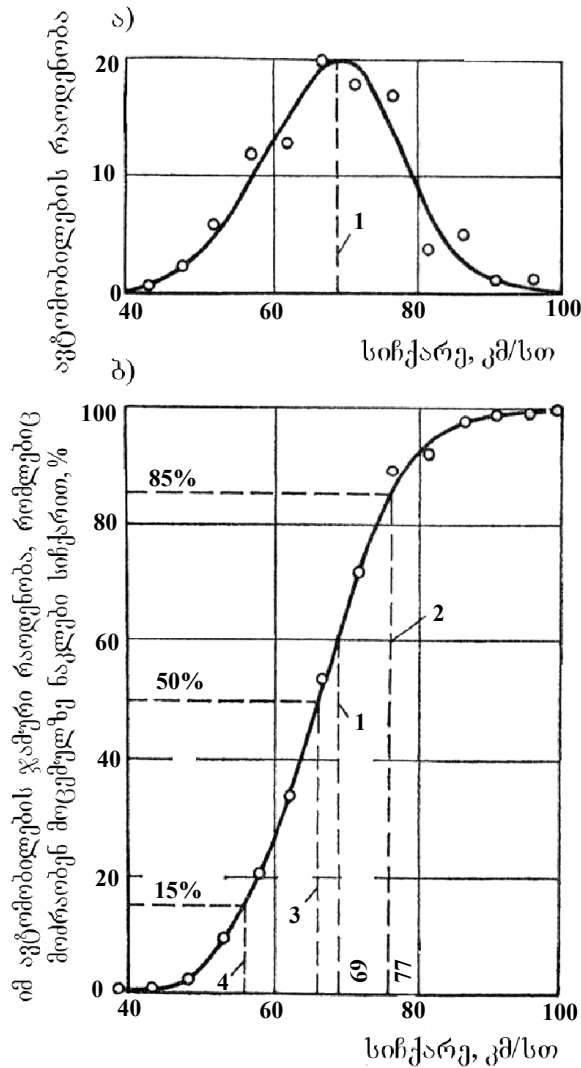
## 6.2. ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის რეჟიმების მახასიათებლები

გზაზე ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობა თავისებური არამყარი პროცესია, რომელშიც ავტომობილთა ურთიერთგანლაგებას და სიჩქარეს შემთხვევითი ხასიათი აქვს და მუდამ იცვლება. ამიტომ ნაკადის მოძრაობის რეჟიმი შეიძლება დახასიათებულ იქნას მხოლოდ საშუალო სტატისტიკური მონაცემებით.

გზის რომელიმე უბანზე ავტომობილების მოძრაობის სიჩქარის გაზომვა გვიჩვენებს, რომ სიჩქარე იცვლება შედარებით ფართო ინტერვალში, მაგრამ ავტომობილების ძირითადი მასისათვის კი არის რაიმე საშუალო მნიშვნელობასთან ახლოს. რაც უფრო მჭიდროა ნაკადი, მით უფრო ნაკლებია განსხვავება ცალკეულ ავტომობილთა სიჩქარეებში. მდგრადი ნაკადის შესაბამისი მოძრაობის ინტენსიობის დროს მოძრაობის სიჩქარის მიხედვით ავტომობილების რაოდენობის განაწილების მრუდების (ნახ. 6.1) აქვთ ზარისებრი მოხაზულობა, რაც შეესაბამება ნორმალური განაწილების მრუდს.

ავტომობილთა ნაკადების სიჩქარეებისა და მოძრაობის რეჟიმები აგრეთვე შეიძლება დავახასიათოთ კუმულაციური მრუდებით, რომლებიც უჩვენებენ ავტომობილების საერთო რაოდენობიდან რამდენი პროცენტი მოძრაობს მოცემულზე უფრო ნაკლები სიჩქარით (ნახ. 6.1 ბ). მრუდის საშუალო ნაწილი შეესაბამება ნაკადის ძირითად ნაწილს. მრუდის ქვედა ნაწილი დაახლოებით 15%-მდე უზრუნველყოფით გვიჩვენებს, რა სიჩქარით მოძრაობენ ყველაზე უფრო ნელა ავტომობილები, რომლებიც იწვევენ გასწრებებს. 50% უზრუნველყოფის შესაბამისია ნაკადის საშუალო სიჩქარე, მას ღებულობენ, როგორც ნაკადის მოძრაობის მთავარ მახასიათებელს. მრუდის ზედა ნაწილი, 80-დან 90%-მდე უზრუნველყოფით შეესაბამება ავტომობილების ყველაზე უფრო სწრაფ ჯგუფს, რომელთა რიცხვში შედის მოძრაობა წესების დამრღვევი ავტომობილებიც. ამიტომ, ავტომობილების მოძრაობის უსაფრთხო მაქსიმალურ სიჩქარედ ჩვეულებრივ ღებულობენ 85% უზრუნველყოფის შესაბამის სიდიდეს. ამ სიჩქარიდან გამომდინარეობენ მოძრაობის ორგანიზაციის ღონისძიებების შემუშავებისას.

თუ ნაკადი ფორმირებულია განსხვავებული დინამიკური თვისებების მქონე ავტომობილების რამდენიმე ჯგუფისაგან, მოძრაობის შედარებით მცირე ინტენსიობისას ავტომობილები გავლენას ახდენენ ერთმანეთის მოძრაობაზე, განაწილების მრუდები მთლიანი ნაკადისათვის წარმოადგენს მრუდეთა ჯამს, რომელთაც შეიძლება ჰქონდეს ავტომობილთა ცალკეული ჯგუფის შესაბამისი რამდენიმე წვერო (ნახ. 6.2).



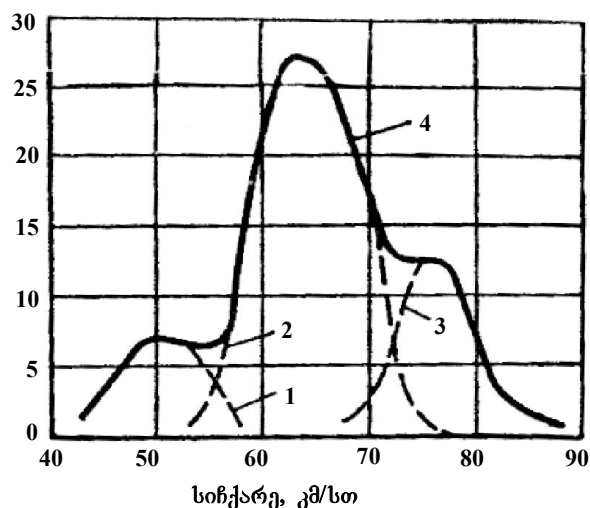
ნახ. 6.1. ავტომობილების სიჩქარეთა განაწილების კანონზომიერება ნაკადში მოძრაობისას:

- ა - ერთგვარი ავტომობილების ნაკადში სიჩქარეთა განაწილების მრუდი;
- ბ - კუმულაციური მრუდი;
- 1 - ყველაზე ალბათური (მოდალური) სიჩქარე; 2 - 85% უზრუნველყოფის სიჩქარე; 3 - საშუალო სიჩქარე; 4 - 15% უზრუნველყოფის სიჩქარე

გზების გადაკვეთებისა და მიმსრობების დაპროექტებისას ისევე როგორც მოძრაობის ორგანიზაციის ღონისძიებების შემუშავებისას საჭიროა განისაზღვროს ერთმანეთის მომდევნო ავტომობილების გავლებს შორის დროის ინტერვალები და გადაადგილების სიჩქარე. მოძრაობის სხვადასხვა ინტენსიობას შეესაბამება მათი განაწილების სხვადასხვა კანონები.

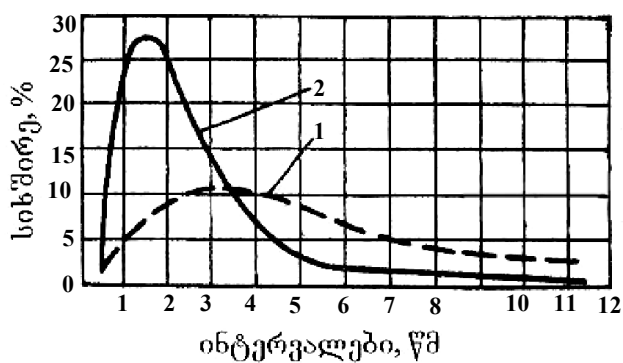
მცირე ინტენსივობის დროს (ერთ ზოლზე 200-მდე ავტ/სთ) დროის ინტერვალების განაწილება ახლოსაა პუასონის განაწილებასთან, ხოლო მაღალი ინტენსიობის დროს კი პირსონის მე-3 ტიპის განაწილებასთან (ნახ. 6.3).





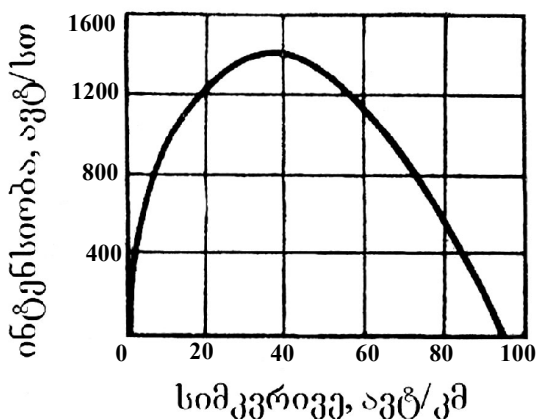
ნახ. 6.2. სიქარეთა განაწილება სხვადასხვა ტიპის ავტომობილთა ნაკადში:

- 1 – სიქარეთა განაწილება ნელამოძრავი ავტომობილებისათვის
- 2 – სიქარეთა განაწილება სატვირთო ავტომობილთა ძირითადი მასისათვის;
- 3 – იგივე მსუბუქი ავტომობილებისათვის;
- 4 – განაწილების ჯამური მრუდი ავტომობილთა მთლიანი ნაკადისათვის



ნახ. 6.3. დროის ინტერვალების განაწილების მრუდები

- 1 – პუასონის განაწილება მცირე ინტენსიობის ნაკადის მოძრაობისას;
- 2 – პირსონის III ტიპის განაწილება მოძრაობის მაღალი ინტენსიობისას



ნახ. 6.4. ავტომობილთა ნაკადის სიმკვრივისა და მოძრაობის ინტენსიობის დამოკიდებულების გრაფიკი

მოძრაობის მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს ავტომობილთა ნაკადის სიმჭიდროვე, ანუ ავტომობილების რაოდენობა, რომელიც მოდის გზის სიგრძის ერთეულზე, ჩვეულებრივ ერთ კმ სიგრძეზე:

$$q = \frac{N}{V} \cdot 10^{-3}, \quad (6.1)$$

სადაც  $N$  მოძრაობის ინტენსიობაა ავტ/სთ.

$V$  – მოძრაობის სიჩქარეა, კმ/სთ. ავტომობილთა ნაკადის ინტენსიობის და სიმჭიდროვის ურთიერთდამოკიდებულების გრაფიკს (ნახ. 6.4) აქვს აშკარად გამოსატული მაქსიმუმი. იგი შეესაბამება ავტომობილების ყველაზე დიდ რაოდენობას, რომელთა გაშვებაც შეუძლია გზის მოცემულ უბანს.

### 6.3. ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის თეორიები

ავტომობილთა ნაკადში მიმდინარე პროცესები რთულია, თითოეული ავტომობილის სიჩქარეზე ფაქტორების დიდი რიცხვი ახდენს გავლენას. ამიტომ არ გვაქვს საშუალება აღვწეროთ ნაკადების მოძრაობის რეჟიმები ზუსტი მათემატიკური ფორმულებით. შედეგად ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის კანონზომიერებათა შესახებ სხვადასხვა ჰიპოთეზები არსებობს გამომდინარე გამარტივებული სქემების (მოდელების) განხილვიდან ისინი შეიძლება დავეყოს ორ ძირითად ჯგუფად:

ავტომობილების ნაკადების დინამიკური მოდელები. იკვლევენ ავტომობილებს შორის ინტერვალებს სხვადასხვა სიჩქარეების დროს. ითვლება, რომ ავტომობილები ერთმანეთს მიჰყვებიან სავალი ნაწილის ერთ ზოლზე გასწვრების გარეშე. ამ კანონზომიერებას ავრცელებენ ავტომობილთა მთელ ნაკადზე. ეს სქემა ყველაზე კარგად შეესაბამება მაღალ ინტენსიობით მოძრაობის შემთხვევას, როდესაც გასწვრება პრაქტიკულად შეუძლებელია ან დაკავშირებულია ძალიან დიდ რისკთან.

აღბათური მოდელები, რომლებიც აანალიზებენ ავტომობილთა ორი შემხვედრი ნაკადის მოძრაობას, შემხვედრი მოძრაობის ზოლზე გადასვლით, გასწვრების შესაძლებლობის გათვალისწინებით.

დინამიკური მოდელებიდან გზებისადმი მოთხოვნების დასაბუთებისათვის ყველაზე მეტად გამოიყენება გამარტივებულ დინამიკური მოდელი, იგი ვარაუდობს, რომ ყველა ავტომობილი მოძრაობს თანაბარი სიჩქარით, ერთმანეთისგან ერთნაირი მანძილის დაშორებით, რომელიც დამოკიდებულია გადაადგილების სიჩქარეზე.

რამდენადმე უფრო სრულყოფილია „ლიდერზე გამოდევნების“ თეორია, რომელიც ვარაუდობს, რომ ნაკადის საზღვრებში ავტომობილებს შორის მანძილი არ არის მუდმივი და ყოველთვის იცვლება, ავტომობილების თითოეულ წყვილში უკან მიმავალი მოძრაობს ამ ავტომობილების სიჩქარეთა სხვაობის პროპორციული აჩქარებით:

$$a_3 = \frac{dV_3}{dt} = \frac{1}{t} \cdot (V_{\text{წ}} - V_{\text{უ}})$$

სადაც  $V_{\text{წ}}$  და  $V_{\text{უ}}$  უკანა და წინა ავტომობილების სიჩქარეა;  $t$ -მძლოლის რეაქციის დრო.

ავტომობილთა ნაკადის მოძრაობისა და კალაპოტში ბლანტი სითხის დინებას შორის ანალოგიის ჩატარების შესაძლებლობამ მიგვიყვანა „ჰიდროდინამიური მოდელის“ წარმოშობაზე, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოვიკვლიოთ ნაკადების შემჭიდროებისა და გაჭიმვის სიჩქარე მუდმივი სიჩქარით მოძრავ ავტომობილებს შორის წინაღობის გაჩენისას.

ამჟამად ფართოდაა გავრცელებული ალბათური მოდელები, რომლებიც ითვალისწინებენ გასწრების შესაძლებლობას და უფრო მეტი სიზუსტით აღწერენ გზაზე მოძრაობის რეალურ პირობებს. ისინი განიხილავენ თითოეულ ავტომობილის მოძრაობის რეჟიმის მახასიათებლებს: სიჩქარეს, დაყოვნების ინტერვალს და გასწრებაზე გამოსვლას როგორც შემთხვევით ხდომილებებს, რომელთაგან თითოეულის წარმოშობა გარკვეულად დაკავშირებულია წინამავალთან. ამ მახასიათებლების შეფასებისთვის, პრაქტიკაში უფრო მეტად გამოიყენება ალბათობის თეორიის ერთ-ერთი ნაწილი ე.წ. „მასობრივი მომსახურების თეორია“. საავტომობილო გზების დაპროექტების პრაქტიკაში მასობრივი მომსახურების თეორიის გამოყენების პიონერები იყვნენ ხარკოვის საავტომობილო – საგზაო ინსტიტუტის პროფესორები ი. კალუჟსკი და ვ. ფილიპოვი გასული საუკუნის 70-იან წლებში.

#### 6.4. გზის გამტარუნარიანობა

გზის გამტარუნარიანობა გვიჩვენებს ავტომობილთა რაოდენობას, რომელთაც შეუძლიათ გავლა გზაზე დროის განსაზღვრულ ინტერვალში. გამტარუნარიანობის სიდიდე დამოკიდებულია ავტომობილთა სიჩქარეზე და მოძრაობის ორგანიზებულობის ხარისხზე.

ამასთან დაკავშირებით შეიძლება განვასხვავოთ გამტარუნარიანობის, როგორც გზის მახასიათებლის შემდეგ მნიშვნელობანი:

მაქსიმალური თეორიული გამტარუნარიანობა – განისაზღვრება ხელსაყრელ საგზაო პირობებში (სწორი, ჰორიზონტალური უბანი მშრალი ხორკლიანი საფარით) ერთნაირი ავტომობილების იდეალური კოლონური მოძრაობის პირობებში, მოძრაობის დინამიკური თეორიის ფორმულების გამოყენებით.

პრაქტიკული გამტარუნარიანობა: ავტომობილების ყველაზე დიდი რიცხვი, რომელიც შეიძლება გაატაროს გზის რეალურმა უბანმა, კარგ ამინდში. ნორმებში მოყვანილია მნიშვნელობანი სხვადასხვა საგზაო პირობებისათვის, რელიეფისათვის, შერეული ნაკადისათვის და გამოიხატება ავტომობილების დაყვანილი რაოდენობით.

გზის ამა თუ იმ უბნის გამტარუნარიანობა ექსპლუატაციის პირობებში შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს მოძრაობის მონაწილეთა, ავტომობილთა ნაკადის შემადგენლობის და მოძრაობის ორგანიზაციაზე დასახული ღონისძიებების მიხედვით.

მაქსიმალური გამტარუნარიანობის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ავტომობილთა ნაკადების თეორიის გამარტივებული დინამიკური მოდელი. განვიხილოთ სამოძრაო ზოლის გამტარუნარიანობა, რომელზედაც გადაადგილდება ერთნაირ ავტომობილთა ნაკადი, ერთიმეორეს შორის მუდმივი მანძილების დაცვით.

როდესაც პირველი ავტომობილის მძღოლი რაიმე მიზეზით იწყებს დამუხრუჭებას, უკანა ავტომობილი  $t$  დროის განმავლობაში – (მძღოლის რეაქციის პერიოდი) გადის  $l_1 = t_1 \cdot v$  მანძილს.

წინა და უკანა ავტომობილების მუხრუჭების მდგომარეობა შესაძლებელია განსხვავდებოდეს. პირველი ავტომობილის სამუხრუჭე მანძილი შეიძლება აღმოჩნდეს უფრო მცირე და მაშინ ავტომობილი  $l_1$ -თან დამატებით მიუახლოვდება წინას მანძილზე

$$l_2 = S_{\text{წ}} - S_{\text{უ}} = \frac{V(K_{\text{წ}} - K_{\text{უ}})}{254(\varphi \pm i + f)},$$

სადაც  $S_{\text{წ}}$  და  $S_{\text{უ}}$  – წინა და უკანა ავტომობილების სამუხრუჭე მანძილებია.  $K_{\text{წ}}$  და  $K_{\text{უ}}$  – ორივე ავტომობილის მუხრუჭების საექსპლუატაციო მდგომარეობის კოეფიციენტებია:  $V$  – ავტომობილის სიჩქარე, კმ/სთ.

მოძრაობის უსაფრთხოებისათვის მძღოლებმა ასევე უნდა დაიცვან მანძილის მარაგი გაჩერებულ ავტომობილებს შორის.

აქედან, ავტომობილებს შორის უსაფრთხო მანძილი:

$$S = l_1 + l_2 + l_3 = \frac{V}{3,6} + \frac{V^2(K_{\text{წ}} - K_{\text{უ}})}{254(\varphi \pm i + f)} + l_3, \text{ მ} \quad (6.2)$$

უბნის სიგრძე, რომელიც მოდის გზაზე ერთ ავტომობილზე  $L=S+l_4$ , სადაც  $l_4$  ავტომობილის სიგრძეა.

$V$  სიჩქარით მოძრაობისას დროს (კმ/სთ) გზის განხილულ მონაკვეთში ერთი მიმართულებით 1 სთ-ში გატარებულების რაოდენობა ანუ მოძრაობის ზოლის გამტარუნარიანობა შეადგენს

$$N = \frac{1000V}{L} = \frac{1000V}{\frac{V}{3,6} + \frac{V^2(K_{\text{ჟ}} - K_{\text{ფ}})}{254(\varphi \pm i + f)} + l_3 + l_4} \quad \text{ავტ/სთ.} \quad (6.3)$$

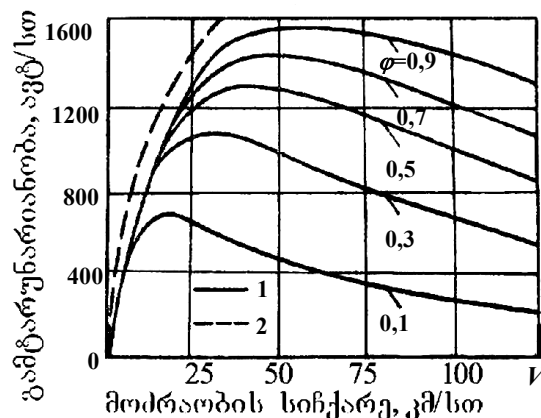
მოძრაობის რეჟიმების უკეთესი აღწერის მიზნით, სხვადასხვა ავტორები, იძლევიან სხვადასხვა დაშვებას დამუხრუჭების რეჟიმზე, წინა და უკანა ავტომობილების მუხრუჭების მდგომარეობაზე.

ყველაზე მეტად გავრცელებულია ვარაუდი წინა ავტომობილის მყისიერ გაჩერებაზე ( $l_3$ ) რეალურ სიტუაციაში. წარმოვიდგინოთ სატვირთო ავტომობილიდან რაიმე საგნის ვარდნა, რაც საფრთხეს უქმნის უკანა ავტომობილს.

ამ შემთხვევაში

$$N_1 = \frac{1000V}{\frac{V}{3,6} + \frac{K_3 \cdot V^2}{254(\varphi \pm i + f)} + l_3 + l_4}, \quad (6.4)$$

განტოლება (6.4)-ის მათემატიკური გამოკვლევა გვიჩვენებს, რომ მას გააჩნია მაქსიმუმი 1100-1600 ავტ/სთ საზღვრებში, რაც შეესაბამება მაქსიმალურ გამტარობის უნარს 35-45 კმ/სთ. მოძრაობის სიჩქარის დროს. სიჩქარის შემდგომი გაზრდისას გამტარობის უნარი თანდათან მცირდება (ნახ. 6.5).



ნახ. 6.5. საავალი ზოლის თეორიული გამტარუნარიანობა ჩაჭიდების კოეფიციენტის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის:  
1 – განტოლება 6.4-ის მიხედვით; 2 – განტოლება 6.5-ის მიხედვით

მეორე დაშვება გამომდინარეობს წინაპირობიდან წინა და უკანა ავტომობილების მუხრუჭების ერთნაირ მდგომარეობაზე  $K_{\text{ჟ}}=K_{\text{წ}}$  ამ შემთხვევაში

$$N_2 = \frac{1000V}{\frac{V}{3,6} + l_3 + l_4}. \quad (6.5)$$

განტოლება (6.5)-ის თანახმად გზის გამტარობის უნარი იზრდება სიჩქარესთან ერთად. ეს ვარაუდი შეიძლება გამართლდეს ერთი ტიპის ავტომობილების ორგანიზებული კოლონით მოძრაობის დროს ამ მოძრაობის ავტომატური მართვის საშუალებით. სხვადასხვა ქვეყნებში სხვადასხვა ტიპის გზებზე ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის რეჟიმებზე მრავალი დაკვირვების შედეგად მიიღეს რიგი ემპირიული ფორმულები (6.4) და (6.5) გამოსახულებათა სტრუქტურის შენარჩუნებით. მათში ადგილობრივი პირობების მიხედვით დადგენილი იყო  $V$  და  $V_2$  შესაბამისი კოეფიციენტები და  $l_3$  და  $l_4$  -ის რიცხობრივი მნიშვნელობები.

ნახ. 6.5-ზე გამოსახული მრუდეთა ანალიზი, აგებული  $l_3=5\text{მ}$  და  $l_4=3\text{მ}$ -თვის საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ პრინციპულად მნიშვნელოვანი დასკვნები: ავტომობილების რაოდენობა, რომელიც შეიძლება გაატაროს გზამ დროის ერთეულში, ანუ გამტარუნარიანობა არაა მუდმივი სიდიდე, შეჭიდულობის კოეფიციენტის მერყეობა ამინდის შეცვლასთან დაკავშირებით გვიჩვენებს, რომ გზაზე მოძრაობის ინტენსივობა, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილი ხდება უსაფრთხოება იცვლება წლის განმავლობაში. საფარის უცვლელი მდგომარეობის დროს ( $\varphi=\text{const}$ ) გამტარობის უნარი დამოკიდებულია ავტომობილის ნაკადის მოძრაობის სიჩქარეზე, მაგრამ ვინაიდან ეს სიჩქარე გზის სხვადასხვა უბანზე არ არის ერთნაირი, შესაბამისად განსხვავდება მათი გამტარუნარიანობაც. აშკარაა, რომ გზის უბანი უმცირესი გამტარუნარიანობით განსაზღვრავს გზის მთელი მონაკვეთის გამტარუნარიანობას მომიჯნავე დასახლებულ პუნქტებსა და გზის სხვა კვანძებს შორის. ამიტომ გამტარუნარიანობას როგორც გზების მუშაობის უნარისა და სატრანსპორტო თვისებების მახასიათებელს ადგენენ სტანდარტული პირობებისათვის – სწორი, სუფთა, ოდნავ დატენიანებული საფარისათვის, რის საფუძველზე განისაზღვრება მოთხოვნები გეგმაში გზის ელემენტებისადმი.

ერთი სამოძრაო ზოლის გამტარუნარიანობის თეორიულ გაანგარიშებისას გამარტივებული დინამიკური თეორიის სქემის მიხედვით საჭიროა შესწორებები. გზის ექსპლუატაციის რეალურ პირობებში ავტომობილები ნაკადში მოძრაობენ

სხვადასხვა სიჩქარეებით, მათ შორის ინტერვალები იცვლება და ხდება გასწრებები, რომლებიც აბრკოლებენ მოძრაობას შემხვედრ სავალ ზოლში.

მოძრაობის ინტენსიობის გაზრდასთან ერთად ავტომობილების ურთიერთდაბრკოლებები იზრდება და ნაკადის საშუალო სიჩქარეები კლებულობს. (ნახ. 6.6). მოვლენა აღიწერება ემპირიული დამოკიდებულებით. გზებისათვის მოძრაობის ორი ზოლით  $V = V_0 - a \cdot N$ , სადაც  $V_0$  ერთეული ავტომობილის მოძრაობის სიჩქარეა დაბრკოლებების არარსებობისას კმ/სთ, იგი დამოკიდებულია საგზაო და ამინდის პირობებზე:  $N$  – მოძრაობის ინტენსიობაა ორივე მიმართულებით ავტ/სთ.  $a$  – სიჩქარის შემცირების კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ნაკადის შემადგენლობაზე. პროფ. ვ. სილიანოვის მონაცემების მიხედვით  $a=0,08$  თუ ნაკადის შემადგენლობაშია მსუბუქი ავტომობილების 80%, თუ 50%  $a=0,012$ .

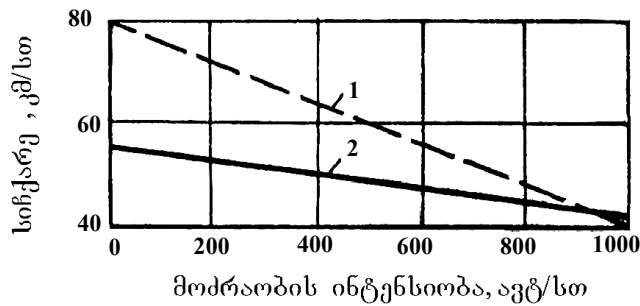
ჯგუფში ცალკეულ ავტომობილებს შორის მანძილი დამოკიდებულია მოძრაობის ინტენსიობაზე და ჩვეულებრივ აკმაყოფილებს უსაფრთხოებისა და მოხერხებულობის მოთხოვნებს. ამიტომ მოძრაობის მაქსიმალური ინტენსიობა, რომელიც შეესაბამება ავტომობილებით გზის მთლიან დატვირთვას და მოძრაობის მაღალ ორგანიზებულობას, განისაზღვრება გამოსახულებით (6.5)

$$N = \frac{1000V}{\frac{V}{3,6} + l_3 + l_4},$$

სადაც  $l_3$  – ავტომობილის სიგრძეა, მ;  $l_4$  – გაჩერებულ ავტომობილებს შორის სამარგო მანძილია, მ;  $V$  – ავტომობილის ავტომობილის სიჩქარეა, კმ/სთ. დაკვირვებები, რომ გვიჩვენებენ მოძრაობის ყოველ ინტენსივობას შეესაბამება ნაკადის გარკვეული სიჩქარე, რომელიც განისაზღვრება (6.6) განტოლებით.

ამიტომ, მოძრაობის ნორმალურ პირობებში მაქსიმალური შესაძლებელი სიჩქარე, რომელსაც შეესაბამება პრაქტიკული გამტარუნარიანობა, განისაზღვრება (ნახ. 6.7), განტოლებით გრაფიკზე გამოსატულ მრუდების გადაკვეთი წერტილით. თუ გზაზე მოძრაობის ინტენსიობა გაცილებით ნაკლებია გამტარუნარიანობაზე, ავტომობილებს შორის ინტერვალები შესაბამისად იზრდება ავტომობილთა ცალკეული ჯგუფები თავისუფლად მოძრაობენ. თუ ინტენსიობა მატულობს ავტომობილებს შორის ინტერვალები მცირდება, მძღოლებისათვის კი მართვა რთულდება, სიჩქარე მნიშვნელოვნად მცირდება. თუ ინტენსიობა მიუახლოვდა გამტარუნარიანობის ზღვარს წარმოიშვება საცობი.

გზების დაპროექტების ნორმების დამუშავების დროს ცნობილი რუსი მეცნიერი ნ. ხოროშილოვი მრავალი წლის მანძილზე აკვირდებოდა ავტომობილთა ნაკადის საშუალო სიჩქარეებს და ავტომობილებს შორის ინტერვალებს

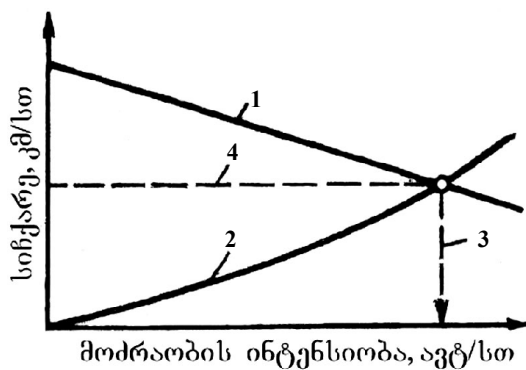


ნახ. 6.6. მოძრაობის საშუალო სიჩქარის დამოკიდებულება ნაკადის ინტენსიობისაგან:  
1 – მხოლოდ მსუბუქი ავტომობილები; 2 – შერეული ნაკადი.

დამოკიდებულებას სიჩქარეზე. ექსპერიმენტთა მონაცემების გამოყენებით მან დაადგინა სამოძრაო ზოლის გამტარუნარიანობა. მის მიერ მიღებული გამტარუნარიანობის პრაქტიკული სიდიდეები, ე.წ. ტიპური გამტარუნარიანობა მოყვანილია ცხრილ 6.1.

ცხრილი 6.1

გზის კატეგორია	მოძრაობის ერთი ზოლის საშუალო პრაქტიკული გამტარუნარიანობა სხვადასხვა რელიეფის დროს, ავტ/სთ.		
	ვაკე	დასერილი	მთიანი
I	1200	1100	1000
II	1000	900	800
III a	850	800	650
III b	650	550	400



ნახ. 6.7. გზის გამტარუნარიანობის დამოკიდებულება მოძრაობის სიჩქარისაგან:  
1 – ნაკადის სიჩქარის დამოკიდებულება ინტენსიობისაგან;  
2 – გამტარუნარიანობა გათვლილი ავტომობილებს შორის ინტერვალებით;  
3 – სავალი ზოლის გამტარუნარიანობა ტიპურ პირობებში;  
4 – სიჩქარე ტიპური გამტარუნარიანობისას



ეს მნიშვნელობები შეიძლება გამოვიყენოთ საორიენტაციოდ, ვინაიდან გზის თითოეული უბნის ფაქტიური გამტარიანობა, დამოკიდებულია მასზე ავტომობილთა ნაკადის მოძრაობის შესაძლებელ სიჩქარეზე და გზის სხვადასხვა უბნებისათვის განსხვავებული იქნება ნახ. 6.7.

### 6.5. გზების დატვირთვა მოძრაობით და სამოძრაო ზოლის გამტარუნარიანობა

სამოძრაო ზოლის ტიპური გამტარუნარიანობა შეესაბამება ავტომობილთა ნაკადის ნაწილობრივ შეზღუდული რეჟიმით მოძრაობის მაქსიმალურ ინტენსიობას, როდესაც ერთეულ ავტომობილებთან შედარებით სიჩქარე რამდენადმე შემცირებულია.

გზას შეუძლია გაატაროს საშუალო მნიშვნელობებთან შედარებით (იხ. ცხრ. 6.1), უფრო მეტი ავტომობილი, მაგრამ საგზაო პირობების გაუარესების ადგილებში მოძრაობის სიჩქარე იწვევს შემცირებას და წარმოიქმნება საცობები.

ავტომობილთა მოძრაობის რეჟიმები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მოძრაობის ინტენსიობაზე. გზის დაპროექტებისას რაც უფრო ნაკლები ინტენსიობაა გათვალისწინებული საგალი ნაწილის ერთ ზოლზე მით უფრო მოხერხებული იქნება გზით სარგებლობა. ამიტომ აუცილებელია, რომ დაპროექტებისას მიღებულ გზის ექსპლუატაციის საანგარიშო ვადებში ინტენსიობამ არ მიაღწიოს ტიპური გამტარუნარიანობის ზღვარს. ყოველთვის უნდა იყოს გათვალისწინებული გამტარუნარიანობის რეზერვი, რათა უზრუნველყოთ მოულოდნელი ინტენსიური გადაზიდვები, აგრეთვე მოძრაობის უსაფრთხოება და კომფორტი სადღეღამისო და სეზონურ პიკის საათებში.

გზაზე მოძრაობის რეჟიმები დამოკიდებულია ზოლების მოძრაობით დატვირთვის კოეფიციენტზე, რომელიც წარმოადგენს მოძრაობის ფაქტიური ინტენსიობის შეფარდებას სამოძრაო ზოლის ტიპურ გამტარუნარიანობასთან. განასხვავებენ ავტომობილთა ნაკადის ოთხ დამახასიათებელ მდგომარეობას (ცხრ. 6.2).

გზის დაპროექტებისას მოძრაობით საანგარიშო დატვირთვა არ უნდა აღემატებოდეს მისი გამტარუნარიანობის 0, 45-0, 55-ს რათა გზის რეკონსტრუქციის მომენტისთვის გზაზე არ წარმოიქმნას მჭიდრო ნაკადები ანუ გამტარიანობის გამოყენებული ნაწილი არ აღემატებოდეს 0, 65 –0, 75. ამ პირობებიდან გამომდინარე ნიშნავენ მოძრაობის ზოლების რაოდენობას.

საერთო სარგებლობის გზების დაპროექტების ნორმატივები, II–III კატეგორიის გზებზე ითვალისწინებენ მოძრაობის ორ ზოლს, გასწორებისათვის შემხვედრი მოძრაობის ზოლის გამოყენებით. მრავალზოლიან საავტომობილო მაგისტრალზე ზოლების რიცხვის დანიშვნისას და ასევე მოძრაობის დამატებითი ზოლების მოწყობის ადგილების გამოვლინებისათვის (აღმართებზე, გადაკვეთებთან და სხვა) მოძრაობის ზოლების საერთო რაოდენობას განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$n = \frac{N \cdot \varepsilon}{Z \cdot N_{\delta}}$$

სადაც  $N$  – მოძრაობის ინტენსიობა ავტ/სთ დაყვანილი მსუბუქი ავტომობილებზე;  
 $\varepsilon$  – მოძრაობის სეზონური არათანაბრობის კოეფიციენტი,  $Z$  – დატვირთვის კოეფიციენტი, რომელიც შეესაბამება მოხერხებულობის ოპტიმალურ დონეს,  $N_{\delta}$  ტიპური გამტარუნარიანობა.

ცხრილი 6.2

მოდრ. მსხ. ის დონე	ავტომობ. ნაკადის მდგომარეობა	ავტომობილების მოძრაობის პირობები	მოდრაობით გზის დატვირთვის ხარისხი	ნაკადის სიჩქარე ავტომობილის სიჩქარესთან შეფარდებით	მძღოლის მუშაობის პირობები
A	თავისუფალი	ურიერთდაბრკოლებები არ არსებობს	ნაკლები 0,2	0,9-1,0	მსუბუქი
B	ნაწილობრივ შეზღუდული	ჩნდება ავტომობილების ჯგუფები, ხშირია გასწორებები	0,2-0,45	0,7-0,9	ნორმალური
C	შეზღუდული	ავტომობილთა ჯგუფები იზრდება, მათ შორის შენარჩუნებულია ინტერვალი. გასწორება ძნელდება	0,45-0,70	0,55-0,7	გაძნელებული
D	მჭიდრო	მოძრაობს ავტომობილთა მთლიანი ნაკადი. სიჩქარე მნიშვნელოვნად მცირდება. რთულ უბნებზე შესაძლებელია საცობის წარმოშობა	0,7-1,0	0,4-0,55	დაძაბული

საქართველოში გზების მოძრაობის სამი ზოლით აშენება არაა მიზანშეწონილი. მესამე ზოლი უპირატესად გასწორებისათვის გამოიყენება. რთული რელიეფისა და შეზღუდული მხედველობის პირობებში ეს წარმოქმნის

ავტომობილების შეჯახების დიდ საშიშროებას. ზოგიერთი ქვეყნის ტექნიკური პირობები უშვებენ სამ ზოლიანი გზების აშენებას თუ უზრუნველყოფილია ხილვადობის გადიდებული მანძილი.

## 6.6. გზების დაპროექტების ტექნიკური პირობები

ავტომობილის წვევის სანგარიშო მეთოდები საშუალებას გვაძლევს დავასაბუთოდ მოთხოვნები საავტომობილო გზების გეგმისა და პროფილისადმი ავტომობილის თითოეული ტიპის გათვალისწინებით. მაგრამ გზებზე მოძრაობენ სხვადასხვა მარკის ავტომობილები, სხვადასხვა დატვირთვით, ცვეთის სხვადასხვა ხარისხით, სხვადასხვა კვალიფიკაციისა და ფსიქოლოგიური თავისებურებების მქონე მძღოლებით. ამიტომ გზების დასაპროექტებლად ამუშავებენ ნორმებს დამყარებულს წვევის ანგარიშებზე და ავტომობილების მოძრაობის საშუალო პირობებზე.

ნორმები ითვალისწინებენ აშენებული გზების ექსპლუატაციის გამოცდილებას, რომელიც გვიჩვენებს, თუ როგორ აკმაყოფილებს მიღებული გადაწყვეტილება ავტომობილთა მოძრაობის მოთხოვნებს.

ნორმების დაზუსტებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს საგზაო პირობებით კერძოდ, გეგმაში და პროფილში გზის ელემენტების შეხამებით გამოწვეულ საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების მიზეზების გამოკვლევას.

გზების მშენებლობის ტექნიკური პირობები პერიოდულად გადამუშავდება ქვეყანაში საავტომობილო პარკის გაზრდასთან, გამოცდილების დაგროვებასთან, გზების დაპროექტების და მშენებლობის სამეცნიერო ბაზის განვითარებასთან ერთად. ამასთან ერთად, გზის ელემენტებისადმი მოთხოვნები მუდმივად იზრდება და მკაცრდება.

1881-1917 წლებში საქართველოში მოქმედებენ რევოლუციამდელი რუსეთის გზების სამინისტროს ტექნიკური პირობები, რომლებიც ითვალისწინებდნენ მხოლოდ საჭაპანო ოთხთვალას გადაადგილებას. სსრკ საგზაო ტრანსპორტის ცენტრალური სამმართველოს ტექნიკური პირობები 1931 და 1934 წლებში წლებში უკვე ითვალისწინებდნენ შერეული, ავტოსაჭაპანე მოძრაობის მოთხოვნებს.

სსრკ-ს გზატკეცილების მთავარი სამმართველოს 1938 წ. ტექნიკურ პირობებში პირველად, გეგმისა და პროფილის ყველა ელემენტი დასაბუთებული იყო ავტომობილის მუდმივი საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობის პირობიდან.

ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში საქართველოში გზის დაპროექტებას აწარმოებდნენ სსრკ-ს „საავტომობილო გზების სამშენებლო ნორმებისა და წესების“ ბოლო რედაქციის СНИП II- 5-85 საფუძველზე, რომელიც დამტკიცებული იყო სსრკ-ს მშენებლობის საქმეთა სახელმწიფო კომიტეტის მიერ. მასში საქართველოსთვის დამახასიათებელი ბუნებრივი პირობები არასაკმაოდ იყო გათვალისწინებული. ჩვენს ქვეყანას მეტად მრავალფეროვანი ბუნებრივი პირობები აქვს. გზების მუშაობის პირობები დამახასიათებელი ქვეყნის დასავლეთ ნაწილისათვის (საგზაო სამოსელის საფუძვლების ჭარბი დატენიანება, დაჭაობებული გრუნტები და ა.შ.) სრულიად არატიპურია აღმოსავლეთ რაიონებისათვის, სადაც ხელოვნური მორწყვის ზონაა, კავკასიონის მთიანეთში კი ხანგრძლივია თოვლის საფარი. რეგიონალური თავისებურებანი გზებს უყენებენ სპეციფიკურ მოთხოვნებს, რაც არ არის დამახასიათებელი ქვეყნის ყველა რაიონისათვის.

გზების დაპროექტების თეორიის შემდგომი განვითარების პროცესში საქართველოსათვის აუცილებელია, დამუშავდეს დაპროექტების ნორმატივები ცალკეული რეგიონებისათვის დამახასიათებელი ბუნებრივი-ეკონომიკური-ისტორიული პირობების გათვალისწინებით. ამ რეგიონული პირობების გამაერთიანებელი ელემენტია მუდმივი საანგარიშო სიჩქარე თითოეული კატეგორიის გზისათვის, რომელიც უზრუნველყოფილი უნდა იყოს მთელი წელი ხოლო მაღალმთიან პირობებში კი წლის საკმაოდ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში.

გზების დაპროექტების ნორმები ეყრდნობა მიღწევებს ავტომობილების თეორიაში, ითვალისწინებს მათი ახალი კონსტრუქციების თავისებურებებს, არჩევს საანგარიშო ავტომობილთა მოდელს ეროვნული ეკონომიკისათვის შესაფერ საექსპლუატაციო მახასიათებლებით. ამასთან ერთად საქართველოში იმპორტირებული ავტომობილები კარგად უნდა მიესადაგებოდნენ ჩვენს გზებსა და ბუნებრივ პირობებში ექსპლუატაციის მოთხოვნებს.

თავისი პრაქტიკული მოღვაწეობის დროს ინჟინერმა, ნათლად უნდა წარმოიდგინოს, რომ ნებისმიერი ტექნიკური ნორმებისა და ტექნიკური პირობების მოთხოვნები გამოსატყვევებელი ჩვენი ცოდნის დონეს მათი შედგენის პირობებში. ეს ნორმები არ უნდა განვიხილოთ, როგორც მათემატიკისა და ფიზიკის დაურღვეველი კანონები, რომელთაგან გადახრას ყოველთვის მიყვარათ შეცდომებამდე.

ადგილობრივი ბუნებრივი პირობების, ახალი ტიპის სატრანსპორტო საშუალებების თავისებურებების, ადგილობრივი საშენი მასალების თვისებებისა და ა.შ. საგულდაგულო გაანალიზების შემდეგ ინჟინერი ვალდებულია საჭიროების შემთხვევაში განსახილველად გამოიტანოს საკუთარი, ნორმატიულიდან განსხვავებული დასაბუთებული გადაწყვეტა.

ტექნიკურ პირობებში მოყვანილი ნორმატივები ითვალისწინებენ ქვეყნის ავტოპარკში ყველაზე უფრო გავრცელებული ავტომობილების დინამიკურ თვისებებს, დაიშვება ავტომობილების ზოგიერთი შესაძლებლობების არასრულ გამოყენება რთული რელიეფის პირობებში, აგრეთვე მოძრაობის მცირე ინტენსიობის მქონე დაბალი კატეგორიის გზებზე.

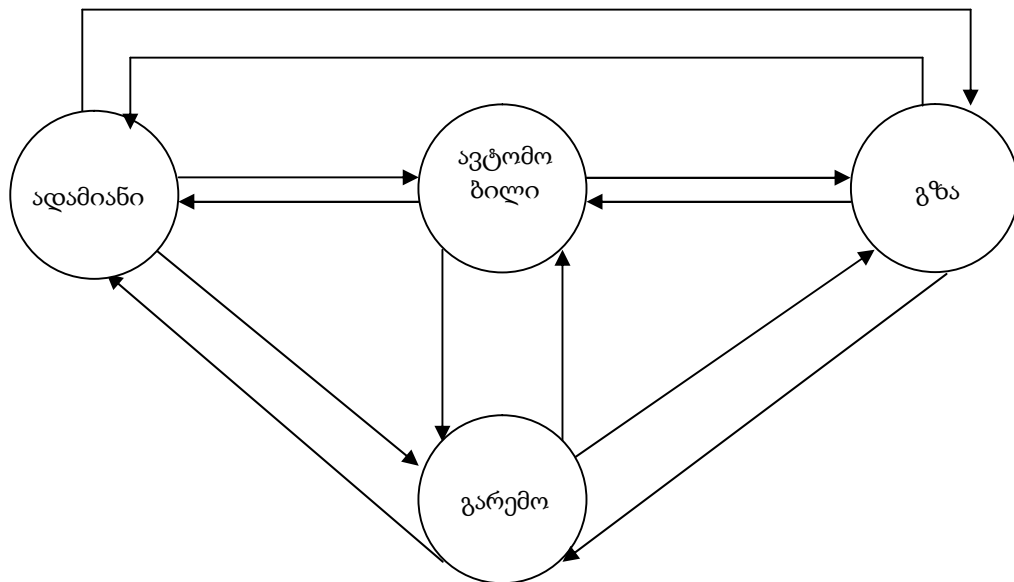
ტექნიკურ პირობებს ამუშავებენ საავტომობილო ტრანსპორტის განვითარების პერსპექტივის გათვალისწინებით, ამით რამდენიმე წლით ადრე განსაზღვრავენ ტექნიკურ პოლიტიკას საგზაო მშენებლობის სფეროში. საგზაო მშენებლობისთვის გამოყოფილი რესურსების სიძვირე და მათი რაციონალური გამოყენების აუცილებლობა საჭიროებს გზების სტადიური სრულყოფის შესაძლებლობას მოძრაობის ინტენსიობის გაზრდის შესაბამისად.

## თავი 7. ბუნებრივი ფაქტორების გავლენა ბუნების მუშაობაზე

### 7.1. გარემო და მისი ბუნებრივი ფაქტორები

ადამიანებისა და ტვირთების გადაადგილება ძალზე რთული საწარმოო პროცესია, რომელიც სრულდება გზებზე, ადამიანებისა და ავტომობილების საშუალებით სხვადასხვა ბუნებრივ პირობებში. ამ პირობების ერთობლიობა წარმოადგენს სისტემას, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სატრანსპორტო პროცესებზე.

მიმდებარე რელიეფი, გეოლოგია, ჰიდროლოგია, მეტეოროლოგიური და კლიმატური პირობები, ლანდშაფტი, მცენარეული საფარი და ცხოველთა სამყარო ანუ ბუნებრივი პირობების მთელი ეს ერთობლიობა წარმოადგენს სისტემის, ადამიანი-ავტომობილი-გზა-გარემო (მაგგ) ძალზედ მნიშვნელოვან რგოლს, რაც ნათლად ჩანს ქვემოთ მოყვანილ სქემიდან ნახ. 7.1.



ნახ. 7.1. (მაგგ) სისტემის სტრუქტურული სქემა

სქემაზე ჩანს 12 პირდაპირი და უკუკავშირი. მათი ხასიათი გვიჩვენებს, რომ ყველა რგოლი მჭიდრო კავშირშია და აქტიურად მოქმედებენ ერთმანეთზე. მათ აერთიანებთ ერთი მიზანი: ადამიანებისა და ტვირთების უსაფრთხო, ეკონომიკური და კომფორტული გადაადგილება გარემომცველი ბუნებისადმი ზიანის მიუყენებლად.

სხვადასხვა ბუნებრივ პირობებში გზების საექსპლუატაციო მაჩვენებლების და ავტომობილთა მოძრაობის მახასიათებლებზე ხანგრძლივი დაკვირვება, აგრეთვე საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევათა სტატისტიკური მონაცემების

ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ზეგავლენის სიძლიერის მიხედვით გარემოს ფაქტორები შემდეგნაირად შეგვიძლია დავაღაგოთ:

- I – რელიეფი, ვერტიკალური ზონალობა;
- II – ნიადაგები და ქანების გეოლოგიური აგებულება;
- III – ჰიდროლოგია და კლიმატი;
- IV – ლანდშაფტი;
- V – მცენარეული და ცხოველური სამყარო.

როგორც ვხედავთ საავტომობილო გზების მუშაობა დამოკიდებულია მრავალრიცხოვან ბუნებრივ ფაქტორებზე. მათ შორის ყველაზე დიდ გავლენას ახდენენ რელიეფი, კლიმატი და ჰიდროლოგიური პირობები, აგრეთვე ნიადაგები და ქანების გეოლოგიური აგებულება.

ცალკეული ბუნებრივი ფაქტორის გავლენის გამოყოფა ხშირად ძნელდება, ვინაიდან გზის მშენებლობაზე ან ექსპლუატაციაზე გარდა უშუალო გავლენისა თვითეული მათგანი იმყოფება სხვა ფაქტორებთან მჭიდრო კავშირში და ასუსტებს ან აძლიერებს მათ მოქმედებას. ამიტომ საერთო შეფასებისას რაიონის ბუნებრივი პირობები განხილული უნდა იქნას ცალკეული ლანდშაფტური ზონების მიხედვით.

ადგილის რელიეფი განაპირობებს ტრასის შერჩევასა გამოყენებულ გრძივ ქანობებს, ფერდობზე ტრასის განვითარების აუცილებლობას, დაჭაობებული ადგილების ან მნიშვნელოვანი ინფრასტრუქტურული ობიექტების გვედრის ავლას. რელიეფზე დამოკიდებულია წყლის რაოდენობა, რომელიც მოედინება მცირე ხიდებთან და მილებთან. მთიან და ძლიერად დასერილ ადგილებში მიწის ვაკისის წყალთბური რეჟიმი დამოკიდებულია ფერდობის ექსპოზიციაზე რომელზეც გატარებულია გზა.

რელიეფის პირობები გავლენას ახდენენ საავტომობილო გადაზიდვების ღირებულებაზე. რელიეფის თავისებურებანი განუყოფლად არის დაკავშირებული დედამიწის ქერქის ზედაპირული ფენების გეოლოგიურ აგებულებასთან და განხილული უნდა იქნას მათი განვითარების დინამიკაში.

რელიეფის ნაკლებად მედეგი ფორმები – ქვიშის გორაკები, ფიქალოვანი გაშიშვლებები, ფერდობების ციცაბო კალთები, რომლებზეც განადგურებულია მცენარეული საფარი ექვემდებარება ეროზიის პროცესებს და აუცილებლად უნდა იყოს გათვალისწინებული გზების დაპროექტებაში.

რელიეფის ძირითადი ელემენტები შეიძლება კლასიფიცირებული იქნას შემდეგნაირად:

ვაკეუბნები რელიეფის სუსტი დანაწევრებული და ცალკეული წერტილების სიმაღლეთა მცირე განსხვავებით.

ბორცვები – ამაღლებები, რომლებიც არ აღემატება 200 მ. სიმაღლეს ზღვის დონიდან და მდორედ გადადის ვაკეში.

მთები – მნიშვნელოვანი ამაღლებები, მკვეთრად გამოხატული ძირით.

გზების დაპროექტების ნორმატიული ლიტერატურა იხილავს რელიეფის ელემენტებს ტრასის განლაგების სირთულის, მაქსიმალური გრძივი ქანობების და მცირე რადიუსის მრუდების გამოყენების სიხშირის თვალსაზრისით. რაც მეტად რთულია რელიეფი, გვიწევს მით მეტი გრძივი ქანობების დაშვება და მით მეტად კლაკნილი გამოდის გზის ტრასა.

გზის პროექტირების თავისებურებებთან დაკავშირებით შეიძლება გამოყოფილი იქნას რელიეფის ხუთი კატეგორია (ცხრ. 7.1).

რელიეფის სირთულის კატეგორია	1	2	3	4	5
ტრასის დაგრძელების კოეფიციენტი	1,1	1,1-1,15	1,15-1,25	1,25-1, 4	1, 5

ცხრილი 7.1

სირთულის კატეგორია	რელიეფის დასახელება	რელიეფის დახასიათება
1	ვაკე	ვაკეები დაბალი წყალგამყოფებით, მდინარეთა ხეობები დამრეცი კალთებით
2	მცირებორცვიანი	ცალკეული მცირე ბორცვები და ქვაბულები, დამრეცი წყალგამყოფები დაყოფილი იშვიათი ხეებით
3	ძალიან დასერილი	მაღალი ბორცვიანი ადგილები, გადაკვეთილი ვიწრო კლაკნილ წყალგამყოფებით, დიდი რაოდენობით ღარტაფებით და ხეებით. მთისწინეთები და მთის კალთების ქვედა ნაწილები. ადგილები ხშირად განლაგებული გორაკებით.
4	მთიანი	მთებისა და მთისწინეთების კალთები, ძალზედ დანაწევრებული რელიეფით, მთის მდინარეების ვიწრო ხეობები, დიდი დახრილობის ფერდობებით და წყალდენების კალაპოტებით.
5	მაღალმთიანი	ხშირად მონაცვლე მაღალი ქედები, კლაკნილი ღრმა ხეობები ძალზედ ციცაბო, ძლიერ დასერილი ფლატეებიანი კალთებით. მაღალ ქედებზე მთებს შორის საუფელტეხილო უბნები.

ტრასის გავლის ადგილებში ქანების მდგრადობის შესაფასებლად აუცილებელია გეოლოგიური პირობების შესწავლა. არამდგრადი ზედაპირული



და მიწისქვეშა ფენების შემთხვევაში პროექტებში გათვალისწინებული უნდა იქნას სპეციალური ღონისძიებები მიწის ვაკის და საგზაო ნაგებობების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად ან ტრასა გადატანილი უნდა იქნას უფრო მედეგ უბნებზე.

გეოლოგიური მონაცემები გვაძლევს საშუალებას გამოვავლინოთ ადგილობრივი საგზაო-სამშენებლო მასალები.

ტრასის მიმართულების შერჩევისას ითვალისწინებენ ნიადაგოვან საფარს და გრუნტების პირობებს. ტრასის გატარებისას უნდა მოვერიდოთ ძალიან დაჭაობებულ ადგილებს, მეწყერსაშიშ, კარსტულ, მტვროვანი თიხების და ა.შ. უბნებს თუ ეს არ იწვევს ტრასის მნიშვნელოვან დაგრძელებას. გრუნტების გრანულომეტრიულ შემადგენლობაზე დამოკიდებულია მიწის ვაკის წარბას აწევა და დასაშრობი არხების სიღრმე. საგზაო სამოსის კონსტრუქციის დანიშნისას ითვალისწინებენ გრუნტის სიმტკიცის საანგარიშო მაჩვენებელს (დეფორმაციის ან დრეკადობის მოდული). მიწის სამუშაოების წარმოებისა და ორგანიზაციის დროს იძულებული ვართ გავითვალისწინოთ გრუნტის დამუშავების სიძნელე, რაზეც დამოკიდებულია საგზაო მანქანების მწარმოებლობა. გზების ექსპლუატაციის პროცესში გრუნტის და ჰიდროგეოლოგიური პირობები განაპირობებენ გზების დაზიანებას ამობურცვით, მიწის ვაკის ფერდობების და წყალამრიდი არხების გარეცხვას. გრუნტების გრანულომეტრიულ შემადგენლობაზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული გრუნტის გზების გამტარუნარიანობა.

საავტომობილო გზების დაპროექტებაზე, მშენებლობასა და ექსპლუატაციაზე უმნიშვნელოვანეს გავლენას ახდენენ კლიმატი და ამინდის ფაქტორები. მათ მიეკუთვნებიან ჰაერის ტემპერატურა და ტენიანობა, ატმოსფერული წნევა, მზის რადიაცია. ნალექები (წვიმა და თოვლი) ქარი, ქარბუქი, ლიპყინული, ნისლი და მათი სხვადასხვაგვარი შეხამება. ზემოთაღნიშნული ფაქტორები უშუალოდაა დამოკიდებული რელიეფის თავისებურებებსა და ვერტიკალურ ზონალობაზე (სიმაღლე ზღვის დონიდან). აგრეთვე სეზონზე რომლის ზემოქმედებაც ასევე მჭიდრო კავშირშია რელიეფსა და ზღვის დონიდან სიმაღლეზე.

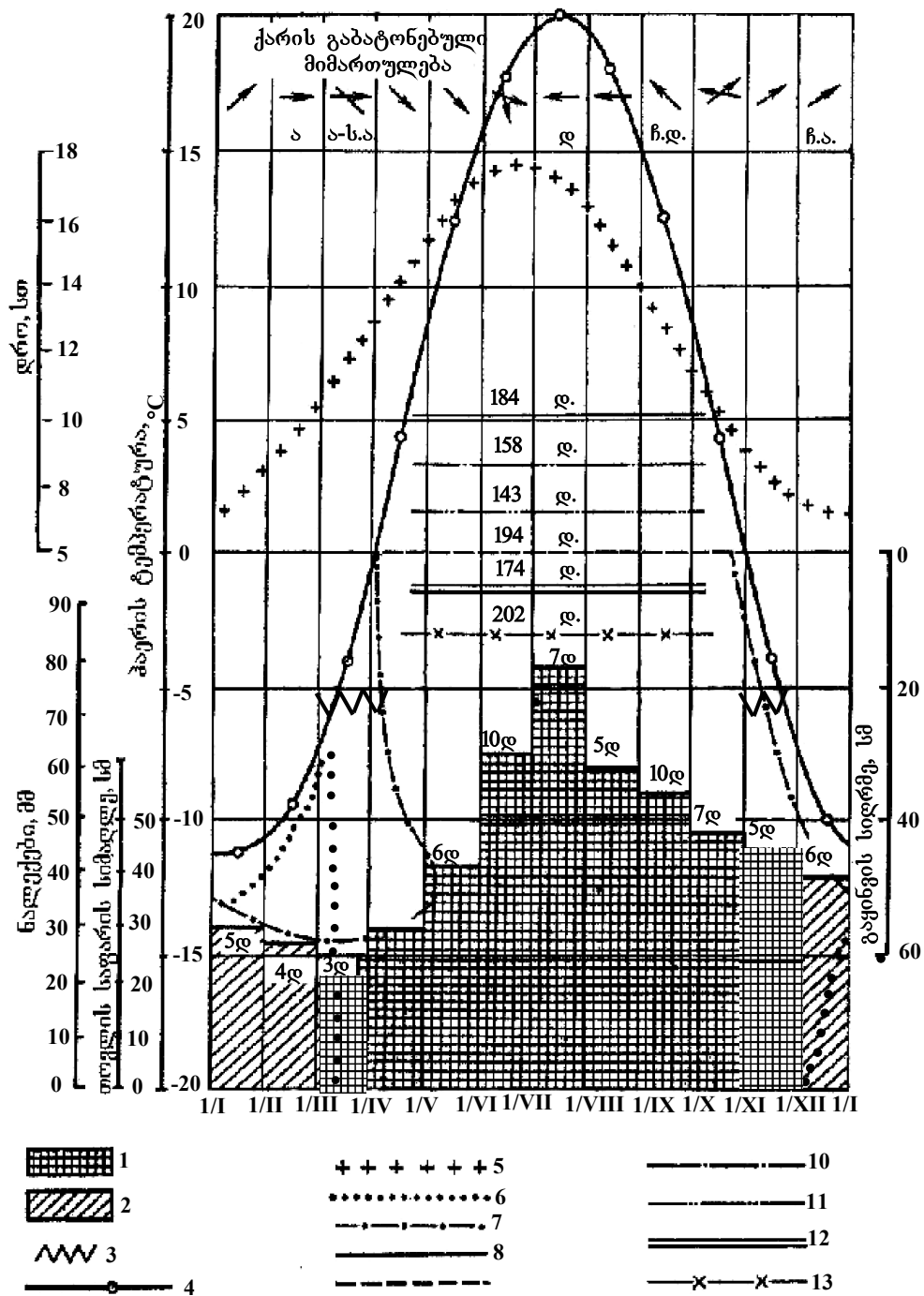
საგზაო მოძრაობაზე ზეგავლენის მიხედვით წყლის დამახასიათებელი პერიოდებია: ზამთარი – პერიოდი როდესაც ამინდი მდგრადია, ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურა ნაკლებია 0°C. ამავე პერიოდს ემთხვევა მდგრადი თოვლის საფარის არსებობაც. ამინდი დღის განმავლობაში ნაკლებად ცვალებადია ნალექები მხოლოდ თოვლის სახითაა. ჰაერი გამჭვირვალეა, მეტეოროლოგიური

მხედველობა საუკეთესო. გარდამავალი პერიოდი – გაზაფხული და შემოდგომა. დღის განმავლობაში არამდგრადი ამინდით. გაზაფხულზე ჰაერის საშუალო დღელამური ტემპერატურა  $+0^{\circ}\text{C}$   $+15^{\circ}\text{C}$ , შემოდგომით  $+15^{\circ}\text{C}$ , ნალექები შეიძლება იყოს წვიმის, თოვლის ან შერეული სახით. მეტეოროლოგიური მხედველობა ცუდია, ჰაერის გამჭვირვალობა მცირეა, ხშირია ნისლი. ზაფხული – საშუალო დღელამური ტემპერატურა  $+15^{\circ}\text{C}$   $+45^{\circ}\text{C}$  მერყეობს. ნალექები მხოლოდ წვიმის სახით მოდის, იშვიათად მყარი (სეტყვა) სახით. ჰაერის გამჭვირვალება საშუალოა მეტეოროლოგიური მხედველობა კარგია.

ზემოხსენებული პარამეტრები ზომიერი კლიმატური სარტყელის მახასიათებელია, რომელსაც საქართველოს ტერიტორიაც მიეკუთვნება, მაგრამ ჩვენში მეტად ძლიერია ვერტიკალური ზონალობის გავლენა. საქართველოს საგზაო ქსელი განლაგებულია ზღვის დონიდან 0-3000 მ სიმაღლის ფარგლებში ხშირად იგივე საგზაო უბნის საწყის და საბოლოო წერტილებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა 700-1000 მეტრია მაგ: მღვთა ყაზბეგის მონაკვეთი საქართველოს სამხედრო გზაზე.

წლის მახასიათებელი პერიოდი, ხანგრძლიობა და ტემპერატურა საქართველოში რეგიონების მიხედვით განსხვავებულია. ზამთრის ზემოხსენებული დახასიათება მთლიანად სამართლიანია მაღალმთიანი რაიონებისთვის ზღვის დონიდან 1500მ-ზე მაღლა. იქ გაზაფხულის პირველი ნახევარი და შემოდგომის მეორე ნახევარი პრაქტიკულად ზამთრის მახასიათებლების მატარებელია, ზაფხულს – გარდამავალი პერიოდის ხასიათი აქვს. დასავლეთ საქართველოს ბარი სუბტროპიკული კლიმატით ხასიათდება. ზღვის დონიდან 0-200 მ ფარგლებშია. ზამთარი გარდამავალ პერიოდს მიეკუთვნება ხშირი წვიმებითა და სველი თოვლით. ტემპერატურა – 2  $+7^{\circ}\text{C}$  შემოდგომის მეორე ნახევარი და გაზაფხულის პირველი პერიოდი გარდამავალია ხშირი წვიმებით, ცუდი მეტეოროლოგიური მხედველობით. შემოდგომის პირველი ნახევარი და გაზაფხულის მეორე ამ ზონაში ზაფხულის მახასიათებლებითაა.

იმერეთის ზეგანი და აღმოსავლეთ საქართველოს ბარის რაიონები ზამთარ ზაფხულისა და გარდამავალი პერიოდების კლასიკურ დახასიათებასთან უფრო ახლოა, მაგრამ საქართველოს დასავლეთ და აღმოსავლეთის ამ ნაწილებს შორის სხვაობა უფრო შესამჩნევია. დასავლეთში ზამთარში ხშირია თოვლისა და წვიმის ნარევი, ზაფხულში წვიმები. აღმოსავლეთში ზამთარში ნალექები უფრო თოვლის სახით მოდის, ზაფხულში წვიმა შედარებით იშვიათია.



ნახ. 7.2. კლიმატური მახასიათებლების გრაფიკი (მთიანი რაიონი)

1 - ნალექები წვიმისაგან; 2 - ნალექები თოვლისაგან; 3 - გრუნტის გზებზე ტალახის პერიოდი; 4 - ტემპერატურა; 5 - დღის ნათელი პერიოდი; 6 - თოვლის საფარის სიმაღლე; 7 - გაყინვის სიღრმე; 8 - მიწის სამუშაოთა წარმოების პერიოდი; 9 - მცირე ხიდეებისა და მიწების მშენებლობა; 10 - ასფალტბეტონის საფუძველისა და ფენილის აშენება; 11 - შემსუბუქებული გაუმჯობესებული სამოსების აშენება; 12 - ცემენტბეტონის ფენილის აშენება; 13 - ტრასისპირა კარებების გახსნა.

გზის მშენებლობის რაიონში წლის ცალკეული პერიოდების კლიმატური პირობების შესასწავლად აიგება კონკრეტული კლიმატური მახასიათებლების გრაფიკი (ნახ. 72.) რომელზეც აღინიშნება ტემპერატურის წლიური ცვალებადობა, მოსული ნალექების რაოდენობა, გაყინვის სიღრმე, თოვლის საფარის სიმაღლე და სხვა მახასიათებლები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნას გზის ელემენტების კონსტრუირების და მშენებლობის ორგანიზაციისათვის. სამუშაო ცვლების რაოდენობის დასაგეგმად და სამშენებლო მოედნების ხელოვნური განათების გასაანგარიშებლად გრაფიკზე აღინიშნება დღეღამის სინათლიანი პერიოდის ხანგრძლიობა. გვეცოდინება რა ტემპერატურები, რომლის დროსაც შესაძლებელია სხვადასხვა სამუშაოების ჩატარება, გრაფიკზე აღინიშნება შესაბამისი პერიოდები. ამასთან უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მშენებლობის მექანიზაციის ზრდა და მისი შესრულების ინდუსტრიულ მეთოდებზე გადასვლა მთისა და კლიმატური ფაქტორების გავლენას მნიშვნელოვნად ამცირებს. საქართველოში მაღალმთიანი რეგიონების გარდა საგზაო საამშენებლო სამუშაოების უმრავლესობათა წარმოება შესაძლებელია თითქმის მთელი წლის განმავლობაში.

ჰიდროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობები ხასიათდება ნალექების რაოდენობით, წყლის ჩამოდენის და აორთქლების პირობებით, გრუნტის წყლების განლაგების სიღრმით და მათი რეჟიმის თავისებურებით. ყველა ეს პირობები გათვალისწინებული უნდა იქნას წყალაცილების დონისძიებათა და მიწის ვაკისის კონსტრუქციის შერჩევის დროს.

ბუნებრივი ფაქტორების გავლენის შეფასებისას საავტომობილო გზის მუშაობის პირობებზე უნდა გავითვალისწინოთ უკუდამოკიდებულება: ბუნებრივი პირობების შეცვლა გზის აშენების შედეგად. მაგალითად, მცენარეულობის გაჩეხვა განთვისების ზოლზე და საგზაო ზოლის გაწმენდა ხელს უწყობს მის გამოშრობას, გრუნტის უფრო ღრმად გაყინვას ზამთარში და უფრო სწრაფად გაღებობას გაზაფხულზე. ჭაობის ჭრილით გადაკვეთამ შეიძლება გამოიწვიოს გრუნტის წყლების გაჟონვის შეწყვეტა და შეცვალოს დაჭაობების პროცესი. მთის არამდგრადი ფერდობებზე მიწის ვაკისის აგებას შეუძლია გამოიწვიოს ან გაააქტიუროს მეწყერული პროცესები და ა.შ.

## 7.2. საქართველოს ტერიტორიისა და საგზაო ქსელის დარაიონება ბუნებრივი პირობების ძირითად მახასიათებელთა მიხედვით

საქართველოს ტერიტორიაზე პირობითად შეიძლება გამოვყოთ 4 ზონა რომელთაც გარკვეული ბუნებრივი თავისებურებანი გააჩნიათ.

**მაღალმთიანი ზონა.** აფხაზეთის მაღალმთიანი ნაწილი საავტომობილო გზების შესაბამისი მონაკვეთებით: რიწა-ავადჰარა, ლათა-ქლუხორი, ომარიშარა-ჭუბერი. ზემო სვანეთი, ხაიში-მესტიას მონაკვეთით. ზემო-რაჭა, ონი-მამისონი; ლეჩხუმი, ლენტეხი-ჩიხარეში; სამაჩაბლოს ჩრდილოეთი ნაწილი, ჯავა-როკი; ხევი, მღეთი-გუდაური-ყაზბეგი; ხევსურეთი, ბარისახო-შატილი; თუშეთი, აბანო-ომალა; ჯავახეთი, წალკა-ნინოწმინდა-ახალქალაქი.

მაღალმთიან ზონას ახასიათებს მკაცრი ხანგრძლივი ზამთარი, ხანმოკლე გრილი ზაფხულით და ხანმოკლე გარდამავალი პერიოდით. განმსაზღვრელი ფაქტორებია თოვლი, ქარბუქი, ნამქერი, ყინვა, ზვავსაშიშროება. ხანგრძლივი პერიოდია ზამთარი, საანგარიშო მდგომარეობა-დატკეპნილი თოვლით დაფარული საგზაო სამოსი, მისი სიგანე შემცირებულია, გვერდულებით უდიდესი ნაწილი ნაწილი თოვლის ნამქერითაა დაფარული. რელიეფი ხასიათდება ვიწრო ღრმა ხეობებით, მაღალი მთები დამრეცი ფერდობებით, მცენარეული საფარი (ალპური მდელო და ბუჩქნარი) და ცხოველთა სამყარო საგზაო მოძრაობაზე გავლენას არ ახდენს. მეტეოროლოგიურ მხედველობას მნიშვნელოვნად ამცირებს ზამთარში თოვლი და ქარბუქი, გარდამავალ პერიოდში ნისლი.

**მთიანი ზონა.** აფხაზეთის ტერიტორია მაღალმთიანი და ზღვისპირეთის გარდა. გზის მონაკვეთებია: ფსოუ-გაგრა-ბზიფი; ბზიფი-რიწა; წებელდა-ლათა.

სამეგრელოს ჩრდილოეთი ნაწილი, დიდი ჭყონი-ლებარდე; ქვემო სვანეთი, ჯვარი-ხაიში; ქვემო რაჭა, ქუთაისი-ამბროლაური-ტყიბული; მთიულეთი, უნგალი-ფასანაური; ფშავი, უნგალი-ჩარგალი-ბარისახო თიანეთი, უნგალი-თიანეთი-ახმეტა; სამაჩაბლო, ცხინვალი-ჯავა; აჭარის მთიანეთი, ქედა-ხულო-(გოდერძის უღელტეხილის გარდა); მესხეთი, ადიგენი-ზარზმა-გოდერძის უღელტეხილამდე ახალციხე-ასპინძა-ახალქალაქი; ქვემო ქართლი, დმანისი-თეთრი წყარო-მანგლისი. კახეთი, გომბორი-თელავი; ფშაველი-აბანო.

მთიან ზონას ახასიათებს მკაცრი ზამთარი, ხანგრძლივი გარდამავალი პერიოდი, მოკლე ზაფხული. განმსაზღვრელი ფაქტორებია: დიდი თოვლი, ძლიერი ყინვები, ქარბუქი ზამთარში, ლიპყინული, თოვლნარევი წვიმა და ნისლი გარდამავალ პერიოდში.

საანგარიშო პერიოდია ზამთარი და გაზაფხულის საწყისი, შემოდგომის ბოლო. საანგარიშო მდგომარეობა-სველი თოვლით დაფარული გვერდულები და საგზაო სამოსი, მათი სიგანე შემცირებულია. ლიპყინული, ნისლი, ხეობების დამეწყვრა ხანგრძლივი წვიმებისაგან, ტალახიანი სავალი ნაწილი და გვერდულები-გაზაფხულ შემოდგომაზე.

რელიეფი ხასიათდება ღრმა ხეობებით და მაღალი მთებით, მცენარეული საფარია წიწვიანი, ფოთლოვანი ან შერეული ტყე რომელიც ხშირად მნიშვნელოვნად ამცირებს მხედველობას მცირე რადიუსთან მოსახვევში. მეტეოროლოგიურ მხედველობას ამცირებს ნისლი რომელიც ხშირია გარდამავალ პერიოდში, არც ისე იშვიათად ზაფხულშიც.

**ბარის ზონა:** იმერეთის ზეგანი, სამტრედია-ქუთაისი-ზესტაფონი; შიდა ქართლი, ხაშური-აგარა-გორი-მცხეთა; შიდა კახეთი, ახმეტა-თელავი-ყვარელი-ლაგოდეხი.

ბარის ზონას ახასიათებს ხანგრძლივი და ინტენსიური ნალექები გარდამავალ პერიოდში, ხანგრძლივი ცხელი ზაფხული. საანგარიშო პერიოდია ზაფხული მაღალი სიციხით, გაზაფხულის ბოლო და შემოდგომის პირველი ნახევარი ხანმოკლე, მაგრამ კოკისპირული წვიმითა და სეტყვით.

საანგარიშო მდგომარეობაა „გაოფლილი“ შავი საგზაო სამოსი ზაფხულში, გარდამავალ პერიოდში ტალახიანი გვერდულები და სავალი ზოლები, რომელთა შედეგად ძალზედ მცირდება გზის ზედაპირის ჩაჭიდება ბორბლებთან. რელიეფი ხასიათდება მცირე სიმაღლის ბორცვებით, ფართო ველებით. მცენარეული საფარი წარმოდგენილია ძირითადად მრავალწლიანი და ერთწლიანი კულტურებით. გვხვდება ქარსაფარი ზოლები და ბუჩქნარი. ხშირია მიწის ვაკისის წარბას გასწვრივ დარგული ხეები, რომლებიც უდიდეს საფრთხეს უქმნიან მოძრაობის მონაწილეებს. ასეთი იყო საქართველოს საგზაო ქსელის ყველაზე ხიფათიანი ნატახტარ – იგოეთის ძველი მონაკვეთი, რომელიც ამჟამად შეცვლილია ჩქაროსნული ავტომაგისტრალით. ბარის ზონაში საავტომობილო გზების უმეტესი ნაწილი მცირე, მაგრამ მჭიდროდ დასახლებულ პუნქტებში გადის.

დასავლეთ საქართველოს სუბტროპიკები. მოიცავს აფხაზეთის ზღვისპირა ზოლს, გუდაუთა-სოხუმი-ოჩამჩირე; კოლხეთის დაბლობებს, გალი-ზუგდიდი-ხობი-სენაკი-სამტრედია; ფოთი-სენაკი; ურეკი-ლანჩხუთი-საჯავახო. აჭარის ზღვისპირეთს ბათუმი-ქობულეთით.

ამ ზონაშია ხანმოკლე თბილი ზამთარი, გაზაფხული და შემოდგომა ინტენსიური ნალექებით, ხანგრძლივი ცხელი ზაფხული. თოვლი და ლიპყინული იშვიათია განმსაზღვრელი ფაქტორია ხშირი წვიმა. საანგარიშო პერიოდია ადრეული ზაფხული და გვიანი შემოდგომა წყლის ფენით საგზაო სამოსზე (აკვაპლანირების საშიშროება) ტალახიანი გვერდულებით.

რელიეფი დასერილია კოლხიდის დაბლობის გარდა. მცენარეული საფარი უხვია, ხშირად ფარავს ან ამცირებს მხედველობის მანძილს.

### 7.3. მიწის ვაკისის დატენიანების წყაროები

მიწის ვაკისის წყლით გაჯერება მეტად სასიფათო მოვლენაა, ამ შემთხვევაში გზის ყველა ელემენტის სიმტკიცე კლებულობს. გრუნტის გზებს ზაფხულის მშრალ დღეებში აქვს მტკიცე სწორი ზედაპირი, რომელიც უზრუნველყოფს გადაადგილების საკმაოდ დიდ სიჩქარეებს. მაგრამ წვიმების შემდეგ კი გრუნტი შეიწოვს წყალს რბილდება და გრუნტის გზები პრაქტიკულად გაუვალი ხდება. მასში ჩნდება ღრმა ნაკვალებები, იზრდება გორვის წინააღმდეგობა, მცირდება შეჭიდულობის კოეფიციენტი.

მიწის ვაკისის გრუნტების ჭარბ ტენიანობასთან ბრძოლა რთულდება იმით, რომ წყალი მიწის ვაკისში შეიძლება მოხვდეს ორი გზით-ზედაპირიდან ჩაჟონვით და გრუნტის წყლების დონიდან კაპილარებში აწევით. წვიმის წყალი ნაწილობრივ ჩამოედინება მიწის ზედაპირზე, ნაწილი კი ჩაიჟონება სიღრმეში და გროვდება წყალშეუღწევი ფენების ზევით მდებარე გრუნტის ფორებში. ამგვარად წყალშეუღწევადი ფენების ქვედა ნაწილში იქმნება გრუნტის წყლების ჰორიზონტი. იმ ადგილებში, სადაც წყალნაჯერი გრუნტის წყლების ჰორიზონტი გამოდის მიწის ზედაპირზე წარმოიშვება წყაროები ან ჭაობები. ასეთ ადგილებში გრუნტის წყლების ჰორიზონტი მცირდება. გრუნტის პროფილზე, წყლის დინების მიმართულების სიბრტყეში, გრუნტის წყლების ზედაპირი ქმნის დეპრესიის მრუდს. შუალედები გრუნტის ნაწილაკებს შორის მცირე ზომისაა და ქმნიან არასწორი ფორმის და ცვალებადი კვეთის წვრილ არხებს, რომლებსაც ეწოდება კაპილარები. მოლეკულური ძალების ზემოქმედების გამო კაპილარების გავლით წყალი ვრცელდება გრუნტის წყლების ჰორიზონტიდან და გრუნტის ზედაპირზე დგომის ადგილებიდან. ამგვარად წვიმების შემდეგ გრუნტის წყლების ჰორიზონტის ზემოთ და ზედაპირული წყლის ქვეშ გრუნტის ფენაში არის კაპილარული წყლის ორი ზონა: 1. რომელიც იწვევს გრუნტის წყლის

ჰორიზონტიდან და 2. შექმნილი წერილმარცვლოვან გრუნტების ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული ნალექების ჩაჟონვის შედეგად. წყლის დონის აწევა დამოკიდებულია გრუნტის ნაწილაკების სიდიდეზე და გრუნტის შემჭიდროვების დონეზე. ქვიშებში კაპილარული აწევის დონე მცირეა (30-50 სმ და ნაკლები), ხოლო მტვეროვან გრუნტებში აღწევს რამდენიმე მეტრს. გრუნტის წყლების დონის აწევისას შესაბამისად მატულობს კაპილარული აწევის ჰორიზონტიც. გრუნტის ფენა კაპილარული აწევის დონის ზემოთ შეიცავს წყალს თხელი აფსკების სახით, რომელიც იზომება მიკრონის ნაწილების (ბმული წყალი), და აგრეთვე წყლის ორთქლის სახით, რომელიც იმყოფება ნაწილაკებს შორის ფორებში. გრუნტის წყლების ცალკეული სახეები მიწის ვაკისში წყლის მანძილზე არ რჩება სტატიკურ წონასწორობაში. გარეშე წყლის მოდინებისა და აგრეთვე ტემპერატურის და ატმოსფერული წნევის ცვალებადობის გამო ხდება გრუნტის წყლების დონის და კაპილარული აწევის ჰორიზონტის ცვალებადობა, აგრეთვე წყლის ორთქლისა აფსკული წყლის გადაადგილება მაღალი ტემპერატურის ადგილებიდან შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე ადგილებში. ამგვარად, მიწის ვაკის დატენიანების წყაროებია, წვიმისა და თოვლის ნადნობი წყლის მოდენა, კაპილარული აწევა გრუნტის წყლების დონიდან, წყლის ორთქლის კონდენსაცია ჰაერიდან და აფსკული წყლის გადაადგილება გრუნტის ნაწილაკების ზედაპირზე.

#### 7.4. მიწის ვაკის ტენიანობის რეჟიმი

წყლის რაოდენობა მიწის ვაკისში  $W$  არ არის მუდმივი წლის მანძილზე და ცვალებადობს დროის გარკვეულ შუალედში წყლის ბალანსის განტოლების თანახმად.

$$W = (A + B + C) - (D + E + F),$$

$A$  – ნალექების რაოდენობა მიწის ვაკისზე;

$B$  – წყლის ჩაჟონვა, გზის მიმდებარე ტერიტორიიდან;

$C$  – კაპილარული წყლის მოდინება გრუნტის წყლის დონიდან აგრეთვე აფსკური და ორთქლისებური წყლის გადაადგილება;

$D$  – წყლის გადადინება მიწის ვაკისიდან;

$E$  – წყლის აორთქლება მიწის ვაკისიდან;

$F$  – წყლის გაჟონვა მიწის ვაკისიდან გრუნტის სიღრმით ფენებში.



საავტომობილო და რკინის გზების მიწის ვაკისის წყლის რეჟიმის გამოკვლევებს მოწინავე ქვეყნებში მრავალი წლის ისტორია აქვთ.

მეცნიერთა ნამუშევრებმა საშუალება მოგვცა მნიშვნელოვნად გავრკვეულიყოთ ტენის გადაადგილების მექანიზმში და დაგვედგინა ტენიანობის ციკლური ცვალებადობის სურათი მიწის ვაკისის სხვადასხვა ფენებში წლის განმავლობაში. მიწის ვაკისში წყლის რეჟიმის ცვალებადობაზე ატმოსფერული ნალექების გარდა მნიშვნელოვანია ტემპერატურის ცვალებადობა, იგი ქმნის მიწის ვაკისში ტემპერატურულ გრადიენტებს, შედეგად წყალი გრუნტში გადაადგილდება თბილ ადგილებიდან უფრო ცივ ადგილებში.

მიწის ვაკისის გრუნტების ტენიანობის ცვალებადობის წლიური ციკლი შეიცავს შემდეგ პერიოდებს: I-ტენის პირველადი დაგროვება შემოდგომაზე წვიმის წყლის ჩაჟონვის შედეგად; II-მიწის ვაკისის გაყინვა და ტენის ზამთრის გადანაწილება; III- მიწის ვაკისის გალხობა და გრუნტის გაზაფხულის ჭარბტენიანობა; IV- მიწის ვაკისის გამოშრობა ზაფხულში.

წყლის რეჟიმის ცვალებადობის ხასიათი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ადგილობრივ კლიმატურ პირობებზე, ვინაიდან წყლის ბალანსის განტოლებაში შემავალი ფაქტორების გავლენა განსხვავებულია სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში.

გრუნტის წყლების დონის სიღრმის ზრდა, გამოყოფილი ნალექების რაოდენობის შემცირება და აორთქლების მატება მიწის ვაკისის წყლის რეჟიმს აუმიჯობებს. დატენიანების ინტენსიობის შემცირებასთან ერთად გრუნტში კლებულობს ტენის ზამთრის ტემპერატურული გადაადგილების გავლენაც. ამიტომ მშრალ ზონებში გრუნტის წყლების როლი წყლის ბალანსის ცვალებადობაში მცირდება, ხოლო ტენის ორთქლისებური გადაადგილების როლი მატულობს. ბარის მშრალ ზონაში მიწის ვაკისის დატენიანების უმთავრესი წყაროებია ატმოსფერული ნალექები და წყლის ორთქლის კონდენსაცია გრუნტის ფორებში. კავკასიონის მთიანეთში მდებარე ზონებში მიწის ვაკისის დატენიანებაში იზრდება გრუნტის წყლების კაპილარული აწევის როლი და მცირდება ტენის აორთქლების როლი. გვალვიან რაიონებში გრუნტების კონსისტენცია საგზაო სამოსების ფუძეში გაზაფხულის პერიოდში სულ მეტად და მეტად მჭიდროა, ხოლო ტენიანობა კი გამოსახული დენადობის ზღვრის ნაწილში-ნაკლებია.

## 7.5. ტენის გადანაწილება მიწის ვაკისში ზამთარში და ნაბურცების წარმოშობა

ქვეყნის ჩრდილოეთ და მაღალმთიან რაიონებში წვიმიანი შემოდგომა და ცივი ყინვიანი ზამთრებია, იქ აშენებული გზებისთვის დამახასიათებელია მიწის ვაკისში ტენის ზამთრის გადანაწილების პროცესები, რომლებიც გრუნტის ზედა ფენებში იწვევენ ტენის დაგროვებას.

გაყინვის პროცესში მიწის ვაკისის ტანში გრუნტის წყლების დონესთან შედარებით იქმნება ტემპერატურათა სხვაობა  $+4^{\circ}\pm+6^{\circ}$ , უარყოფით ტემპერატურამდე გრუნტის ჩაყინულ ზონაში. ტემპერატურათა სხვაობის გავლენით ტენი დაიწყებს გადაადგილებას თბილი გრუნტიდან ჩაყინვის საზღვრისკენ. გამყინვარე გრუნტში წყლის გადაადგილების რამდენიმე გზაა:

ტენის გადაადგილება აფსკებით, რომლებიც შემოკრულია გრუნტის ნაწილებზე მეტად თბილ ნაწილაკებიდან ცივ ნაწილაკებისკენ, რომლებსაც გააჩნიათ მეტი ზედაპირული ენერჯია;

წყლის ორთქლის კონდენსაციით გზით გაცივებული გრუნტის ნაწილაკების ზედაპირზე. წყლის ეს ორთქლი მოიტანება გრუნტში მოსული ჰაერით ქვედა თბილი ფენებიდან გრუნტის ფორებში.

წვრილი კაპილარებით, რობლებიდანაც გაუყინავი წყალი შეიწოვება გრუნტის გაყინულ ნაწილში კრისტალიზაციის ცენტრებთან.

გაყინული გრუნტის სისქის ფარგლებში წყალი კაპილარებში იყინება მინუს  $0,2^{\circ}$  ტემპერატურაზე. ტემპერატურის დაწვეისას  $0^{\circ}$  დაბლა, წყალი, გაყინვისას შექმნის ცალკეულ მსხვილ ფორებში ყინვის კრისტალებს.

გრუნტის ნაწილაკებზე მდებარე წყლის მოლეკულები, რომლებიც შეხებაშია ყინულის კრისტალებთან, ტემპერატურის დაწვეისას ერთვება მათ კრისტალურ გისოსში. წვრილმარცვლოვან გრუნტებში ეს კრისტალები თანდათანობით იზრდება მოცულობაში, იზიდავს ტენს გარემომცველი გრუნტისგან და ქვემოთ განლაგებული გრუნტის გაუყინავ ფენებიდან. წარმოშობილი შემწოვი ძალა, აიძულებს წყალს აფსკების სისტემით გადაადგილდეს გაუყინავ ფენებიდან გაყინვის ცენტრებისაკენ, რითაც იწვევს გრუნტში ყინულის შუა შრეების დაგროვებას. მეტად დაბალი ტემპერატურების შემთხვევაში ფხვიერად შეკრულ გრუნტში აფსკური წყლის ნაწილი იყინება და ტენის გადაადგილება გრუნტში პრაქტიკულად წყდება.

წყლის რაოდენობა, მიზიდული მზარდ ყინულის კრისტალებთან, მით მეტია, რაც მეტხანს გრძელდება გრუნტის გაყინვის თანდათანობითი პროცესი, ანუ რაც მეტ ხანს გრძელდება გრუნტის გაყინვის თანდათანობითი პროცესი, ანუ რაც მეტ ხანს იმყოფება გრუნტის რომელიმე ფენის ტემპერატურა 0-დან 3°C საზღვრებში.

მზარდი ყინულის კრისტალები, ავსებენ რა გრუნტის ფორებს ქმნიან ყინულოვან შუაშრებს, რომლებიც გაწვევენ გრუნტის ნაწილაკებს და იწვევენ გრუნტის ზედაპირის აწევას (ბურცვას).

გაზაფხულზე გრუნტის გაღებობისას, მიწის ვაკისის დატენიანებული გრუნტის წინააღმდეგობა დატვირთვებისადმი მკვეთრად ქვეითდება. გზებზე, სადაც საგზაო სამოსის სიმტკიცე მცირეა, შეიქმნება დამახასიათებელი დეფორმაციები, რომელიც დაკავშირებულია საგზაო სამოსის ჩატეხვასთან (გაზაფხულის ბურცვალობა).

გრუნტებში, თიხოვანი ნაწილაკების დიდი რაოდენობისას, წყლის გადაადგილება შენელებულია, ვინაიდან თიხოვანი გრუნტების უწვრილეს ფორმებში შეკრული წყლის სიბლანტე ძალიან დიდია, ხოლო გრუნტების მიკროსტრუქტურა ქმნის მნიშვნელოვან წინააღმდეგობებს ტენის გადაადგილებისათვის.

უარყოფითი ტემპერატურების ზონაში გრუნტის დატენიანება მიმდინარეობს აფსკური და კაპილარულად-შეკიდული წყლის გადაადგილების შედეგად.

## 7.6. ტერიტორიის საგზაო კლიმატური დარაიონება

მიწის ვაკისში წყლის რეჟიმი დამოკიდებულია გზის მშენებლობის ადგილზე არსებულ კლიმატურ პირობებზე.

სხვადასხვა ტერიტორიაზე კლიმატური, ნიადაგოვან-გრუნტოვანი და ჰიდროლოგიური პირობების სხვაობა არ გვაძლევს საშუალებას მიწის ვაკისი და საგზაო სამოსი ყველგან ერთნაირი წესებით დავაპროექტოდ. აშენებული საავტომობილო გზა განიცდის კლიმატური ფაქტორების ზემოქმედებას და მონაწილეობს ყველა ბუნებრივ პროცესში, რომლებიც მიმდინარეობს მიწის ქერქის ზედაპირულ ფენებში.

ამ ფაქტორების გავლენა რამდენადმე მცირდება ღონისძიებებით, რომლებსაც ითვალისწინებენ გზების დაპროექტებისას.

ასეთებია: საგზაო სამოსის ძირის აწევა დატენიანების წყაროების ზევით, წყალგაუმტარი და თბოიზოლაციური ფენების მოწყობა და სხვა. ეს ღონისძიებები შეიძლება ადგილმდებარეობის წყალთბური რეჟიმის შესაბამისად. ამიტომ, ადგილმდებარეობის საგზაო-კლიმატურ დარაიონებას წყალთბური რეჟიმი უდევს საფუძვლად. გარკვეულ კლიმატურ ზონებისთვის დამახასიათებელია ცალკეული ნიადაგოვანი ტიპების გავრცელება. ნიადაგოვანი საფარი, თავის მხრივ განსაზღვრავს გრუნტის ფენის წყალ-თბურ პირობებს ნებისმიერი ქვეყნის ტერიტორიის საგზაო-კლიმატურ ზონებად დაყოფისათვის, საწყის მასალად მიღებულია ნიადაგების რუკა, რომელშიც რაიონებისთვის შეტანილია კორექტივები.

საგზაო-კლიმატური პირობების მიხედვით დედამიწის ტერიტორია პირობითად შეიძლება დაყოთ ხუთ ზონად:

I – მუდმივად გაყინული გრუნტების გავრცელების ზონა. იგი შეიცავს ტუნდრის, ტყეტუნდრის და ტყის ზონის ჩრდილო აღმოსავლეთ ნაწილს. მოიცავს მუდმივად გაყინული გრუნტების გავრცელების რაიონებს, რომლებიც ხასიათდება გრუნტის ზედა ფენების ჭარბტენიანობით. სიღრმეში წყლის ჩაუნვას ეწინააღმდეგება გრუნტის ზედაპირთან ახლოს განლაგებული გაყინული გრუნტი. აორთქლება უმნიშვნელოა წყლის თბილი პერიოდის სიმოკლის გამო. მარად გაყინული ფენის სიღრმე დამოკიდებულია მცენარეულ საფარზე, რელიეფზე და ფენების ექსპოზიციაზე ჰორიზონტის მხარეებს მიმართ. ამიტომ მიწის ვაკისისა და საგზაო სამოსის კონსტრუქციების ტიპობრივ რეკომენდაციებს I საგზაო-კლიმატურ ზონებისათვის არ იძლევიან.

II – ჭარბი დატენიანების ზონა – ამ ზონაში შემაჯავლი ტერიტორიებია რუსეთის ჩრდილოეთი, მურმანსკის ოლქი და ციმბირი, სკანდინავიის ჩრდილოეთი ნაწილი, გრელანდია, ჩრდილოეთ კანადა, ალიასკა და ა. შ. ზონის სამხრეთი საზღვრის მდგომარეობა მიახლოებით შეესაბამება რუსეთის ევროპულ ნაწილში ტყის რუხი ნიადაგების და ტყის ლანდშაფტური ზონის ჩრდილო საზღვარს. დასავლეთ ნაწილში ზონა შეიცავს ბელორუსიაში პოლიესიეს დაჭაობებულ ტერიტორიებს.

II – ზონა ხასიათდება გრუნტის ჭარბი დატენიანებით, რაც გამოწვეულია ნალექების მნიშვნელოვანი რაოდენობით, შედარებით მცირე აორთქლებით, და გრუნტის წყლების მაღალი დონით. დატენიანების კოეფიციენტი, (წლის განმავლობაში გამოყოფილი ნალექების შეფარდება აორთქლების რაოდენობასთან იმავე პერიოდში), – II ზონისათვის აღემატება 1. ამასთანავე დიდ ტერიტორიაზე გროვდება ზედაპირული წყალი. ეს ზონა მოიცავს ტყის ლანდშაფტური ზონისა

და ჭაობების ტერიტორიას, რომელიც მეტად დიდია და უნდა გაირკვეს ქვეზონების საზღვრები. ამ ზონაშია: რუსეთში-ტიუმენის, სვერდლოვსკის, ვოლოგდის, არხანგელსკის, მოსკოვის, სმოლენსკის ოლქები; ბალტიის ქვეყნები; სკანდინავიის სამხრეთი; ჩრდილოეთ ევროპა და ბრიტანეთის კუნძულები.

III – ცვალებადი ტენიანობის ზონა-ხასიათდება ჭარბი ტენიანობით შემოდგომა გაზაფხულზე, ზაფხულში პირიქით. ზოგიერთ წელს ნალექების რაოდენობა აჭარბებს აორთქლებას. რუსეთში ამ ზონას ეკუთვნის ნოვოსიბირსკის, ჩელიაბინსკის, ვორონეჟის ოლქები. ყუბანის და ჩრდილოეთ კავკასიის დასავლეთ ნაწილი. ამ ზონაშია აგრეთვე უკრაინის ჩრდილოეთი, პოლონეთი, გერმანიის ზედა ნაწილი, ბელგია, აშშ-ს ტერიტორია დიდი ტბების გასწვრივ.

დატენიანების საშუალო წლიური კოეფიციენტი ზონის სხვადასხვა რაიონებისთვის არის 1-0,6. დატენიანების პირობები არ არის მუდმივი.

IV – არასაკმაო დატენიანების ზონა-მოიცავს ჩრდილოეთის ტყესტეპებსა და სამხრეთის სტეპებს. არასაკმაო ტენიანობა გამოწვეულია ნალექების სიმცირით და კარგი აორთქლებით. ესაა სამხრეთ უკრაინა, სტავროპოლის მხარე და სამხრეთ კავკასიის ნაწილი, სამხრეთ ევროპა (საბერძნეთი, იუგოსლავია, იტალია, ესპანეთი...) მცირე აზია (თურქეთი, სირია, იორდანია...) აშშ სამხრეთ შტატები, მექსიკა. დატენიანების კოეფიციენტი შეადგენს 0,6-0,3 გრუნტის წყლები განლაგებულია დიდ სიღრმეზე.

V – მშრალი გვაღვიანი ზონა-მძლავრი აორთქლების გამო ტენიანობა არასაკმარისია, მოიცავს მშრალ სტეპებისა და ნახევრადუდაბნოების რაიონებს ყომრალი და წაბლისფერი ნიადაგებით. რუსეთში ვოლგოგრადის და ასტრახანის ოლქები, ყაზახეთი და შუა აზია, მონღოლეთი, ჩინეთის შუა ნაწილი, აღმოსავლეთ აზერბაიჯანი, ირანი, ავღანეთი, ჩრდილო აფრიკა და ა. შ. დატენიანების კოეფიციენტია 0,3-0, 12.

კავკასიის, შუა აზიის და მსოფლიოს სხვა მაღალმთიანი რეგიონები არ შედის საგზაო დარაიონებაში. გრუნტების სახეობა, ტენიანობა ძირითადად დამოკიდებულია ზღვის დონიდან სიმაღლეზე და ფერდობების ექსპოზიციაზე, ამიტომ მათი საერთო დარაიონებაში შეტანა არაა მიზანშეწონილი. საქართველო ტერიტორიულად შედის IV კლიმატურ ზონაში, მაგრამ მისი ბუნებრივი პირობები იმდენად მარავალფეროვანია, რომ გვხვდება ხუთივე კლიმატური ზონა. კოლხეთის დაბლობი აჭარა-გურიით ჭარბ ტენიანია, ზემო იმერეთი რაჭა-ლეჩხუმი, სვანეთი ცვალებად ტენიანი, ქართლ-კახეთი, მესხეთ-ჯავახეთი

არასაკმაო ტენიანი, შირაქისა და ელდარის ველები, გარეჯის უდაბნო-გვალვიანი ზონაა.

### 7.7. ტერიტორიის ჰიდროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შეფასება

მუშა ნიშნულის და საგზაო სამოსის სისქის დასადგენად დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰიდროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შეფასებას, რომლებიც ახდენენ გავლენას მიწის ვაკის ტენიანობაზე. საგზაო-კლიმატური რაიონირება იძლევა გეოგრაფიული რაიონის მხოლოდ საერთო სურათს.

ტრასის გატარებას შეუძლია მნიშვნელოვნად შეცვალოს გრუნტის მუშაობის პირობები მიწის ვაკისში, განსაკუთრებით მიმდებარე ტერიტორიაზე ჰიდროლოგიური პარამეტრები. გზის რაციონალური დაპროექტებით შეიძლება მნიშვნელოვნად შემსუბუქდეს ჰიდროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორების არასასურველი გავლენა. მაგრამ ამან შეიძლება მნიშვნელოვნად გაზარდოს მშენებლობის ღირებულება და ამიტომ დასაბუთებული უნდა იქნას ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშებით.

ტრასის უბნები დატენიანების პრობების მიხედვით შეიძლება დაყოფილი იქნას სამ ტიპად: 1. მშრალი ადგილები გადამეტებული ტენიანობის გარეშე. ასეთ უბნებზე, უზრუნველყოფილია ზედაპირული წყლის აცილება, არ არის დაჭაობების ნიშნები და გრუნტის წყლები მდებარეობს დიდ სიღრმეზე.

2. ნესტიანი ადგილები, ზედაპირული წყლის აცილება არ არის უზრუნველყოფილი და გაზაფხულზე და შემოდგომაზე ზედაპირზე დგას წყალი, ამ შემთხვევაში გრუნტის წყლები არ ახდენენ მნიშვნელოვან გავლენას გრუნტის ზედა ფენების დატენიანებაზე. ამ ტიპს მიეკუთვნება უბნები ზედაპირული დაჭაობების ნიშნებით.

3. სველი ადგილები მუდმივად ზედმეტი ტენიანობით. გრუნტის ზედა ფენები მუდმივად დატენიანებულია ახლო მდებარე გრუნტის წყლების ან ხანგრძლივად მდგარი (20 დღეზე მეტი) ზედაპირული წყლებით. ტრასის გატარების უბნის რომელიმე ჰიდროლოგიური პირობების ტიპისა მისაკუთვნებლად მხედველობაში იღებენ ადგილის რელიეფს, წყლის მოდენის და აცილების პირობებს, გრუნტის წყლების დონის მდებარეობას და დაჭაობების ნიშნებს.

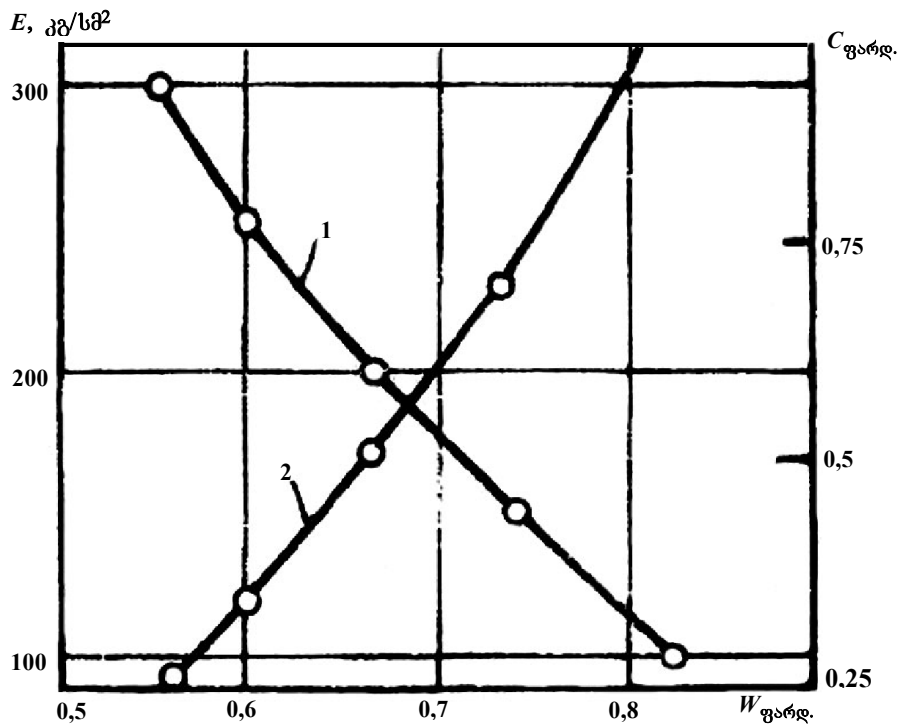
გრუნტისა და ჰიდროგეოლოგიური პირობებს კარგად ახასიათებს მცენარეულობა, ვინაიდან მათი ცალკეული სახეობა გვხვდება მხოლოდ ნიადაგისა და ჰიდროლოგიური პირობების გარკვეული შეხამებისას.

7.8. მიწის ვაკისის წარბას აწვევა გრუნტის ზედაპირიდან და მიწის ვაკისის წყლის რეჟიმის რეგულირება

მიწის ვაკისს ავტომობილებისაგან დატვირთვა გადაეცემა საგზაო სამოსი საშუალებით. გრუნტის წინააღმდეგობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ტენიანობის ცვალებადობაზე, ამიტომ საგზაო სამოსის საიმედო მუშაობისათვის საჭიროა უზრუნველყოფილი იქნას მიწის ვაკისის მუდმივი წყლის რეჟიმის მთელი წლის მანძილზე. ამისათვის საჭიროა ავიცილოთ იქნას მიწის ვაკისში წყლის ზამთრის გადაადგილება: კაპილარული აწვევა გრუნტის წყლის დონიდან და ჩაუონვა ზედაპირული წყლის დგომის ადგილებიდან.

მიწის ვაკისის ზედა ფენების დატენიანების წყაროები და მათი მოქმედების ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ჰიდროლოგიურ პირობებზე და კლიმატზე ამიტომ მიწის ვაკისის წარბას აუცილებელი აწვევა დატენიანების წყაროებიდან სხვადასხვა საგზაო-კლიმატურ ზონებში განსხვავებულია.

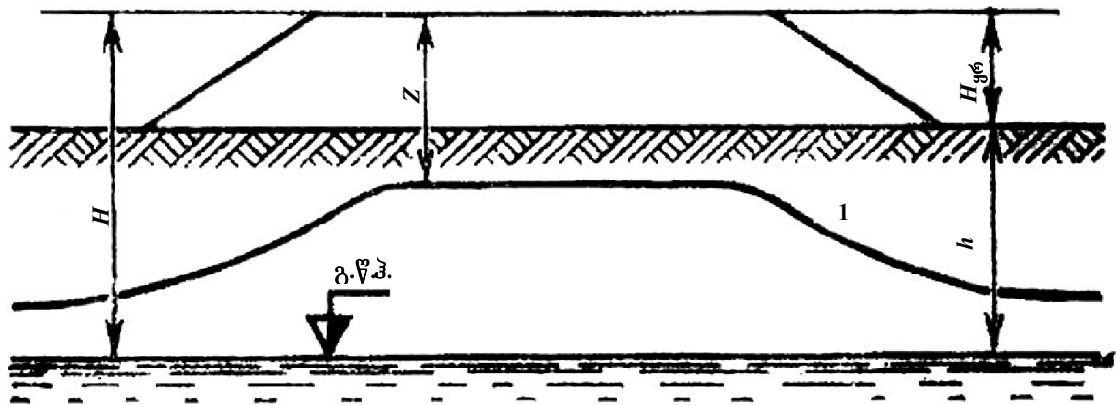
მიწის ვაკისის ზედა ფენებში მოდენილი წყლის რაოდენობის ანგარიშის მეთოდები საშუალებას იძლევიან ვიანგარიშოთ მიწის ვაკისის წარბას საჭირო აწვევა. ამ მეთოდის პრინციპული საფუძვლები შემდეგშია. გრუნტის წინააღმდეგობა დამოკიდებულია მის ტენიანობაზე (ნახ. 7.3), რაც მეტი რაოდენობის



ნახ. 7.3. საგზაო სამოსის საფუძველი გრუნტის ტენიანობის გავლენა მის დეფორმაციის მოდულზე და საგზაო სამოსის ფარდობითი ღირებულება.

1 – დეფორმაციის მოდული; 2 – ფარდობითი ღირებულება; ტენიანობა დეფორმაციის მოდულზე და საგზაო სამოსის ფარდობით ღირებულებაზე

ტენი ჩაიჟონება მიწის ვაკისის ზედა ფენებში ზამთრისა და გაზაფხულ-შემოდგომის პერიოდებში, მით მეტად ქვეითდება გრუნტის სიმტკიცე შესაბამისად საჭირო ხდება მეტი სისქის საგზაო სამოსი. რაც მეტია ყრილის სიმაღლე, მით მეტია წყლის მოძრაობის მანძილი, რომელიც შეიჟონება ჩაყინული ზონაში და მაშასადამე, ნაკლებია გაზაფხულის ტენიანობა. ამ შემთხვევაში მცირდება საგზაო სამოსის სისქე და ღირებულება, მაგრამ მატულობს ხარჯები მიწის ვაკისის აგებაზე. ყველაზე რაციონალური სიმაღლეა ის, რომლის შემთხვევაში გზის მშენებლობის ღირებულება უმცირესია. საამშენებლო ნორმებით და წესებით დადგენილია მიწის ვაკისის წარბას.



ნახ. 7.4. მიწის ვაკისის წარბას აწევის სქემა დატენიანების წყაროებიდან  
1 – ზამთარში გაყინვის სიღრმე

მინიმალური ამაღლება გამომდინარე მოყვანილი მოსაზრებებიდან (ნახ. 7.4). მიწის ვაკისის აუცილებელი აწევა დამოკიდებულია აგრეთვე თოვლის საფარის სიმაღლეზე, რომ არ მოხდეს გზის დანამქერება, მიწის ვაკისი აწეული უნდა იყოს თოვლის საფარზე ზევით. აწევის სიდიდე დადგენილია მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით. გადაჭარბების ალბათობა 5% არ უნდა აღემატებოდეს:

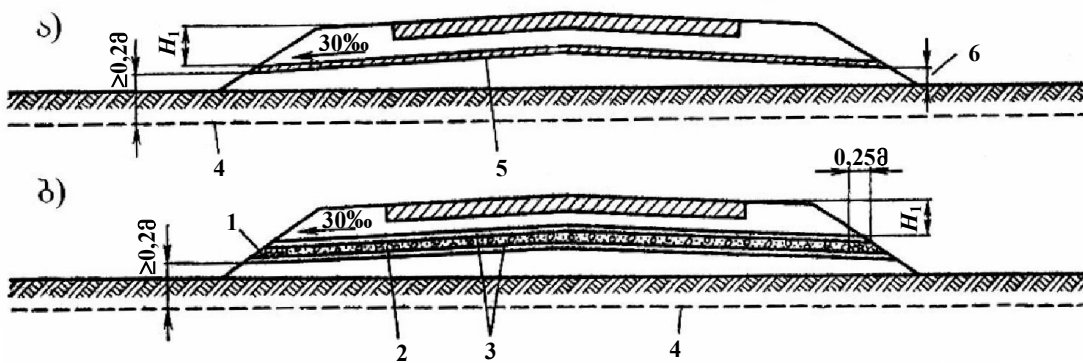
ცხრილი 7.2

გზის კატეგორია	I a,b	II a,b	II c,d	III a	III b
მიწის ვაკისის სიგანე	28,5	15	12	10	8
წარბას აწევა	1,2	0,7	0,6	0,5	0,4

გზის დაპროექტებისას, ზოგიერთ შემთხვევაში შეუძლებელია მიწის ვაკისის წარბას აწევა საჭირო სიმაღლემდე, მაგალითად, საპროექტო ნიშნული შეზღუდულია უფრო მაღალი კატეგორიის საავტომობილო გზის ან



განაშენიანების ნიშნულებით. ასეთ შემთხვევაში მიწის ვაკისის ზედა ნაწილის წყლის რეჟიმის მუდმივობა შეიძლება უზრუნველყოფილი იყოს მიწის ვაკისში საიზოლაციო შრეების მოწყობით, რომლებშიც შეწყვეტენ ტენის გადაადგილებას. ეს მიწის ვაკისის ზედა ფენებში შექმნის წყლის სასურველ რეჟიმს, ხოლო შრეს ქვევით განლაგებული გრუნტი კი იქნება დატენიანებული. შრეები შეიძლება იყოს ორი სახის (ნახ. 7.5): ბიტუმით დამუშავებული წყალგაუმტარი გრუნტისგან (3-8 სმ), ან სხვადასხვა აფსკების ან ქსოვილის სახის ჰიდროფობური მასალებისგან. ეს შრეები წყვეტენ როგორც კაპილარულს, ასევე წყლის აფსკურ და აორთქლებულ გადაადგილებას.



ნახ. 7.5. მიწის ვაკისის ფენები:

- ა - წყალგაუმტარი; ბ - კაპილარების შემწყვეტი  
 1 - ღორღი; 2 - მსხვილმარცვლოვანი ფენა; 3 - ლამისგან დამცველი ფენა; 4 - გრუნტის წყლების დონე; 5 - წყალგაუმტარი მასალით დამუშავებული გრუნტის ფენა; 6 - ზედაპირული წყლების დონიდან ამალღება, არანაკლებ 0,2 მ.

კაპილარშემწყვეტი, ფენა შეიძლება მოეწყოს სისქით 15-20 სმ მსხვილმარცვლოვან მასალებისგან (ხრეში, ღორღი ან ხრეშოვანი ქვიშა). რომ არ მოხდეს გრუნტის მცირე ნაწილაკებით მასალის დაღამვა ზევიდან და ქვევიდან აწიობენ საიზოლაციო ფენებს გრუნტის ფენებით შუალედი სიდიდის ნაწილაკებით.

IV-V საგზაო-კლიმატურ ზონებში, სადაც გრუნტის წყლები განლაგებულია ღრმად და მიწის ვაკისის დატენიანება ხდება ორთქლისებური გადაადგილების შედეგად აწიობენ წყალგაუმტარ შრეებს ქვიშნარიან, წვრილი ხრეშისაგან. კაპილარშემწყვეტ შრეებს იყენებენ II-III საგზაო-კლიმატურ ზონებში. შრეები ეწყობა გამჭოლად, მიწის ვაკისის მთელ სიგანეზე. მათ განალაგებენ 20 სმ სიმაღლეზე დატენიანების წყაროს დონიდან. შრეების ზედაპირი განლაგდება სავალი ნაწილის დონიდან შემდეგ მანძილზე:

საგზაო კლიმატური ზონა	II	III	IV	V
შრეების ზედაპირის განლაგების სიღრმე, მ		0,90	0,80	0,75 0,65

ქვემოთ ცხრილი 7.3 გვიჩვენებს მიწის ვაკისის წარბის აწევის მინიმალურ სიმაღლეს სხვადასხვა საგზაო - კლიმატურ ზონებში.

ცხრილი 7.3

ერილის გრუნტი	მინიმალური მანძილი საგზაო სამოსის ძირიდან გრუნტის წყლების დონემდე, მ, საგზაო-კლიმატურ ზონებში			
	II	III	IV	V
ქვიშა საშუალო და წვრილი, ქვიშნარი მსუბუქი, მსხვილი	0,7 (0,5)	0,6 (0,4)	0,5 (0,3)	0,4 (0,2)
ქვიშა მტვეროვანი, ქვიშნარი მსუბუქი	1,2 (0,6)	0,8 (0,5)	0,8 (0,4)	0,7 (0,3)
ქვიშნარი მტვეროვანი, თიხნარები მსუბუქი და მტვეროვანი	1,9 (0,8)	1,7 (0,5)	1,4 (0,5)	1,3 (0,4)
თიხნარი მძიმე, თიხები	1,9 (0,7)	1,4 (0,6)	1,1 (0,4)	1,0 (0,4)

**შენიშვნა.** ციფრები ცხრილში გვიჩვენებენ საგზაო სამოსის ძირის ამაღლებას გრუნტის წყლების ან ხანგრძლივად (20 დღელამეზე მეტი) მდგარი ზედაპირული წყლების დონიდან. ციფრები ფრჩხილებში გვიჩვენებენ საგზაო სამოსის ძირის აწევას ხანმოკლედ დამდგარი ზედაპირული წყლების დონიდან.

## თავი 8. საზოგადოებრივი წყალსარინი

### 8.1. ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყალსარინ ნაგებობათა სისტემა და მათი დაპროექტების პრინციპები

საზოგადოებრივი წყალსარინი სისტემა შესდგება რიგი ნაგებობისა და ცალკეულ კონსტრუქციულ ღონისძიებებისგან, რომლებიც განკუთვნილია ვაკისის დატენიანების ასაცილებლად. სისტემა განკუთვნილია მიწის ვაკისისაკენ მიღებული წყლების დასაჭერად და ასაცილებლად. სისტემის მოწყობის მიზანია საზოგადოებრივი სამოსელის გრუნტის ფუძის ტენიანობის მუდმივი და უსაფრთხო რეჟიმის უზრუნველყოფა. ზედაპირული წყლების ასაცილებლად გზის ზედაპირს ეძლევა ამოხედილი მოხაზულობა, აშანდაკებენ და ამაგრებენ გვერდულებს; გრძივი მიმართულებით წყლის ასაცილებლად გზის გასწვრივ ეწყობა წყალგამტარი გზისპირა არხები, ხშირად ამავე მიზნით გამოიყენება რეზერვუები გზის ყრილების გასწვრივ; ეწყობა აგრეთვე სამთო არხები, რომლებიც იჭერენ ფერდობებზე ჩამონადენ წყალს. ფენილის ზედაპირიდან წყლის ჩამოდინების უზრუნველსაყოფად სავალ ნაწილს ეძლევა განივი ქანობი. გვერდულებზე ეწყობა 1,0%-2,0%-ით მეტი ქანობი ვიდრე სავალ ნაწილზე ანუ 4,0%-6,0% ფარგლებში.

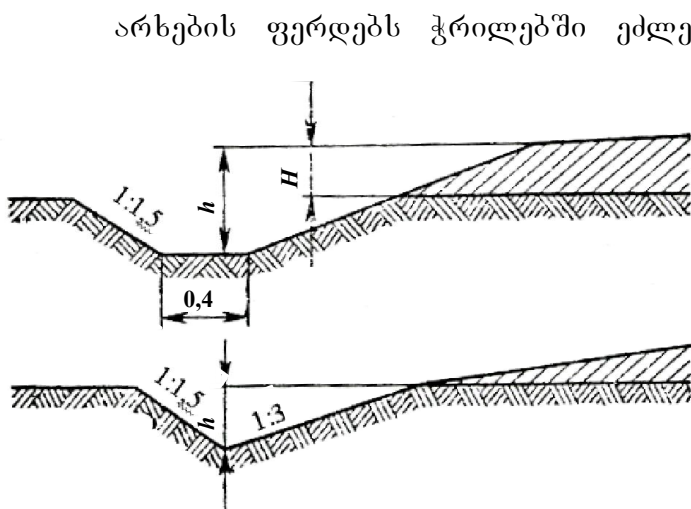
სავალი ნაწილის განივი პროფილი მოიხაზება პარაბოლით ან ორი დახრილი სწორით, რომლებიც შეუდლებულია შუა ნაწილში დაახლოებით ორი მეტრის სიგრძის წრიული ჩანართით. სავალი ნაწილის განივი ქანობი იწვევს საბურავების გვერდცდენას, ადიდებს გორვის წინააღმდეგობას, აუარესებს ავტომობილის მართვას და ზრდის საბურავების ცვეთას. განივი ქანობის ერთადერთი დანიშნულებაა მოაცილოს საზოგადოებრივი წყლები. განივი ქანობის სიდიდე სხვადასხვა ტიპის ფენილებისათვის მოცემულია ცხრილში 8.1.

ცხრილი 8.1

ფენილის ტიპი	განივი ქანობი %	
	მინიმალური	მაქსიმალური
ასფალტბეტონი და ცემენტბეტონი	15	20
ხრეში და ღორღი დამუშავებული ორგანული შემკვრელით, მოზაიკური ძელაკისა და კლინკერის ქვა ფენილები	20	25
ხრეში, ღორღი	25	30
რიყეფენილი, გრუნტის გზა	30	40

მაღალი კატეგორიის გზებზე გვერდულებს აშენდაკებენ, ტკეპნიან და ამაგრებენ ბეტონის ფილებით, ღორღით ან ხრეშით რომლებსაც ამუშავებენ შემკვერელებით ან ამაგრებენ მოკირწყვლით. გვერდულის დანარჩენ ნაწილს ამაგრებენ ღორღით, ხრეშით და აგრეთვე შემკვერელი მასალებით დამუშავებული გრუნტით. მცირე ინტენსივობით გზებზე კი ამგრებენ ბალახის დათესვით და მობელტვით.

კიუვეტები ეწყობა ჭრილებში და ყრილებთან რომელთა სიმაღლე არ აღემატება 1-1,2 მ-ს. კიუვეტები განკუთვნილია ზედაპირულ წყლების მოსაცილებლად და ხელს უწყობს აგრეთვე მიწის ვაკისის ზედა ნაწილის გამოშრობას ვინაიდან ხდება წყლის აორთქლება არხების შიდა ფერდობებიდან. კიუვეტის ფსკერის გრძივი ქანობი  $0,5 \pm 5\%$  ფარგლებშია. კიუვეტების დადებითი მოქმედება საგრძნობია თუ წყალი სწრაფად მიედინება არხებში. თუ ზედაპირული წყლების აცილება შეუძლებელია და მოსალოდნელია გზის მიმდებარე ტერიტორიის ხანგრძლივი დატბორვა, აუცილებელია დაინიშნოს საგზაო სამოსის ამაღლება მიწის ზედაპირიდან ან შეტბორებული წყლის დონიდან, რათა კაპილარულმა აწევამ არ მიადწიოს საგზაო სამოსის გრუნტის ფუძეს. საგზაო სამოსის ძირის აწევა ყრილის სიმაღლის გაზრდით, მეტად ეფექტური საშუალებაა მიწის ვაკისის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად. წყალგამტარ გრუნტებში და ზედაპირული წყლების აცილების არადაამაკმაყოფილებელ პირობებში კიუვეტები კეთდება ტრაპეციული კვეთის, ძირის სიგანით 0,4 მ და სიღრმით 0,6-0,8 მ-დე (ნახ. 8.1).



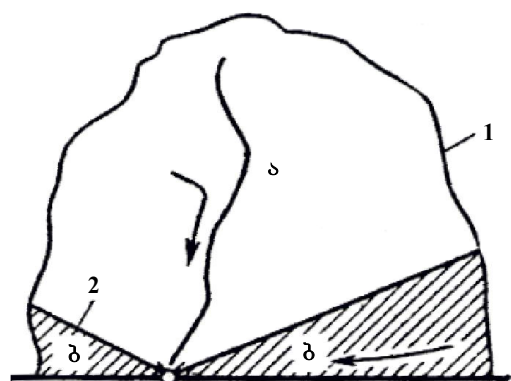
ნახ. 8.1. გზისპირა არხების განივი ჭრილი:  
 ა - ტრაპეციული; ბ - სამკუთხა

არხების ფერდებს ჭრილებში ეძლევა დახრა 1:1,5, ხოლო ყრილებთან არხის შიდა ფერდი კეთდება დახრით 1:3. როდესაც მიწის ვაკისი იგება მშრალ ადგილებში სადაც უზრუნველყოფილია ზედაპირული წყლების სწრაფი ჩამოდენა, ხოლო გრუნტის წყლები კი განლაგებულია დიდ სიღრმეზე, კიუვეტები კეთდება სამკუთხა კვეთისა სიღრმით 0,3 მ. მიწის ზედაპირიდან. წყალგამტარ გრუნტში, როგორცაა ქვიშები, ღორღოვანი და ხრეშოვანი გრუნტები რომლებიც

უზრუნველყოფენ წყლის სწრაფ გაჟონვას, კიუვეტები არ კეთდება. ჭრილებში, რომლებიც განლაგებულია ხრეშოვან, ღორღოვან გრუნტებში ან სუსტ კლდოვან ქანებში ეწეობა ტრაპეციული კიუვეტები არანაკლები 0,3 მ. სიღრმით ფერდებით 1:1. მტკიცე კლდოვან გრუნტებში კეთდება სამკუთხა ღარები სიღრმით არანაკლები 0,3 მ-სა შიდა ფერდის დახრილობით 1:3 და გარე ფერდი 1:1 ან 1:0,5. ვაკე ადგილებში კიუვეტების სიღრმე დაინიშნება ექსპლუატაციის გამოცდილების საფუძველზე, ხოლო საჭიროების შემთხვევაში მოწმდება გამტარუნარიანობაზე ჰიდრაულიური ანგარიშით. წყალდიდობის განმეორების სიხშირე მიიღება გზის კატეგორიის მიხედვით. არხების სიღრმე ინიშნება ისეთნაირად, რომ მანძილი საგზაო სამოსის სადრენაჟო ფენის ან სამოსის ძირიდან არხში წყლის ჰორიზონტამდე იყოს არანაკლები 20 სმ. კიუვეტების და სამთო არხების საშუალებით ზედაპირული წყლები გადაყავთ დაბალ ადგილებში ან გაყავთ გზის ქვეშ მიღების ან მცირე ხიდების საშუალებით (იხ. 9.1) თუ წყლის მოდენა დიდია, კიუვეტები ან რეზერვები შეიძლება აივსოს წყლით და აღარ შეასრულებს თავის ფუნქციებს მიწის ვაკისის დაშრობაზე, ამიტომ წყალი კიუვეტებიდან და რეზერვებიდან, რომლებიც განლაგებულია ფერდობის ზედა მხარეს გადაიშვება ქვედა მხარეს მიღებით, რომლებიც უნდა მოეწეოს არაუმეტეს ყოველი 500 მეტრისა.

ზედაპირული წყლები გზაზე ჩამოედინება გარკვეული ფართიდან, რომელსაც უწოდებენ წყალშემკრებ აუზს. აუზი შემოფარგლულია წყალგამყოფით ანუ ხაზით, რომლისგანაც წყლის მოდენა ხდება ორივე მხარეს (ნახ. 8.2). აუზის ფართი იყოფა ნაწილებად: “ა“-ფართიდან წყალი მოედინება უშუალოდ წყალგამტარ ნაგებობასთან და არ ხვდება არხებში, “ბ“-ფართებიდან და აგრეთვე გზის ზედაპირიდან წყალი მოედინება ჯერ არხებიდან ან რეზერვებიდან, ხოლო შემდეგ მათი საშუალებით ხვდება გადამყვან მილებში ან წყალგამტარი ნაგებობით ხევში.

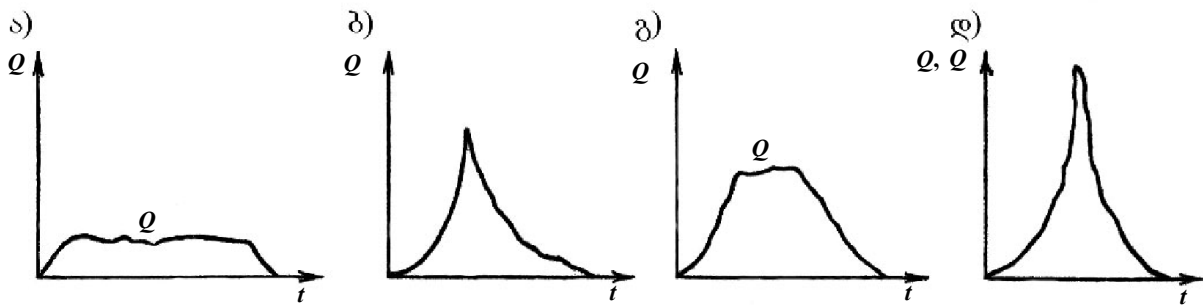
წყალსარინ არხებთან და წყალგამტარ ნაგებობებთან მოდენილი წყლის შესაძლებელი მოცულობის დადგენა განხილულია 9.2. ჩამონადენის ორი შესაძლებელი სახეობიდან (ნაწვიმარი და თოვლის მდინარი წყლები) მეტად



ნახ. 8.2. მცირე აუზის სქემა:  
1 – საერთო წყალგამყოფი;  
2 – ადგილობრივი წყალგამყოფი.

სახიფათოა არხებისათვის და

რეზერვებისათვის ნაწვიმარი მცირე მოედნებიდან (რომლებსაც მიეკუთვნება “ბ“- მოედნებიც ნახ. 8.2). ჩამოდენის თავისებურებაა მუდმივი ხარჯი საკმაოდ დიდი დროის მანძილზე. წყალგამტარ ნაგებობებთან (ხიდებთან და მილებთან) წყალი მოედინება საკმაოდ დიდი ფართობიდან და როგორც ნაწვიმარი ასევე მდნარი წყლების მოდენის გრაფიკი იცვლება რაც აისახება წყალდიდობის პიკის ხანგრძლივობაზე (ნახ. 8.3). ამ შემთხვევაში ნაწვიმარი წყლები მოედინება თითქმის სამკუთხა პიდროგრაფით, ხოლო მდნარი-მეტწილად ტრაპეციულით, მაგრამ ზედა ფუძე, მნიშვნელოვნად ნაკლებია ქვედაზე; აუზების მნიშვნელოვანი სიდიდის შემთხვევაში საგზაო წყალგამტარ ნაგებობებთან მდნარი წყლებიც მოედინება თითქმის სამკუთხა პიდროგრაფით.



ნახ. 8.3. წყლის მოდინების გრაფიკები დროში:

- ა - კიუვეტებთან; ბ - ნიაღვრისა და მდნარი წყლებისა მცირე ხიდებთან და მილებთან; გ - ნიაღვრისა და მდნარი წყლებისა დიდი ფართობებიდან; დ - წვიმისა და თოვლის დნობის თანხვედრისას.

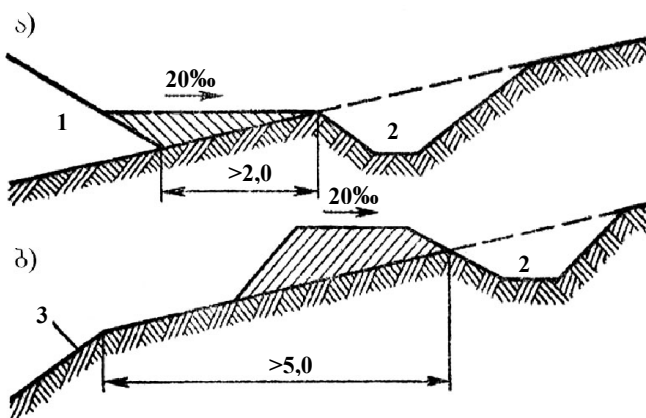
წყალსარინი არხები მიწის ვაკისის შემადგენელი ელემენტებია და მათი დაპიროექტებისას, გამომდინარეობენ წყლის საანგარიშო ხარჯების გადამეტების შესაძლებლობებიდან, რომლებიც მოყვანილია ცხრილში 8.2. კიუვეტებიდან ან არხებიდან წყლის სწრაფად მოსაცილებლად მათ ეძლევა გრძივი ქანობი, რომელიც არ უნდა იყოს 5% ნაკლები I-III საგზაო-კლიმატურ ზონაში და 3% ნაკლები IV-V ზონებში. თუ ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილება არ შეიძლება, ყრილის მუშა ნიშნული უნდა გაიზარდოს იმდენად, რომ საგზაო სამოსის ძირი ამადლდეს წყლის დგომის დონიდან საჭირო სიდიდით (ცხრ. 7.3). გზის მონაკვეთებზე სადაც დიდი გრძივი ქანობია კიუვეტები მაგრდება პიდრავლიური ანგარიშის საფუძველზე, მოდენილი წყლის რაოდენობის მიხედვით.

სამთო არხები კეთდება მთის კალთებზე ჩამოდენილი წყლის დასაჭერად და მის გადასაყვანად ხელოვნურ ნაგებობებში. სამთო არხები კეთდება ტრაპეციული ფორმით, რომლის კვეთი დგინდება პიდრავლიური ანგარიშით.

(ნახ. 8.4) გრძელი არხების ანგარიშის შემთხვევაში ითვალისწინებენ აუზის გაზრდას არხის გასწვრივ, ამიტომ სამთო არხების კვეთი შეირჩევა ცალკეული ცხრილი 8.2.

გზის კატეგორია	საანგარიშო ხარჯების გადამეტების ალბათობა, %	
	კოუვეტებისათვის სამთო არხებისათვის წყალშემკრებებისათვის	სხვა წყალამრინი (გრძივი და განივი) არხებისათვის
I	1	4
II	3	6
III	5	10

უბნებისათვის წყალშემკრები აუზის ფართის ზრდის შესაბამისად. სამთო არხები იკვალება ადგილზე ისეთი ქანობით, რომ არ მოხდეს გრუნტის წყლით გამორეცხვა. გრუნტის წყლით გაუღნთვის გამო ჭრილის ფერდობის ჩამოცურების ან ჩამოცოცების თავიდან ასაცილებლად მანძილი ჭრილის არხიდან თავამდე არ უნდა იყოს 5,0 მ-ზე ნაკლები.. სამთო არხებიდან ამოღებული გრუნტი გამოიყენება „ბანკეტის“ მოსაწყობად ჭრილსა და სამთო არხს შორის.



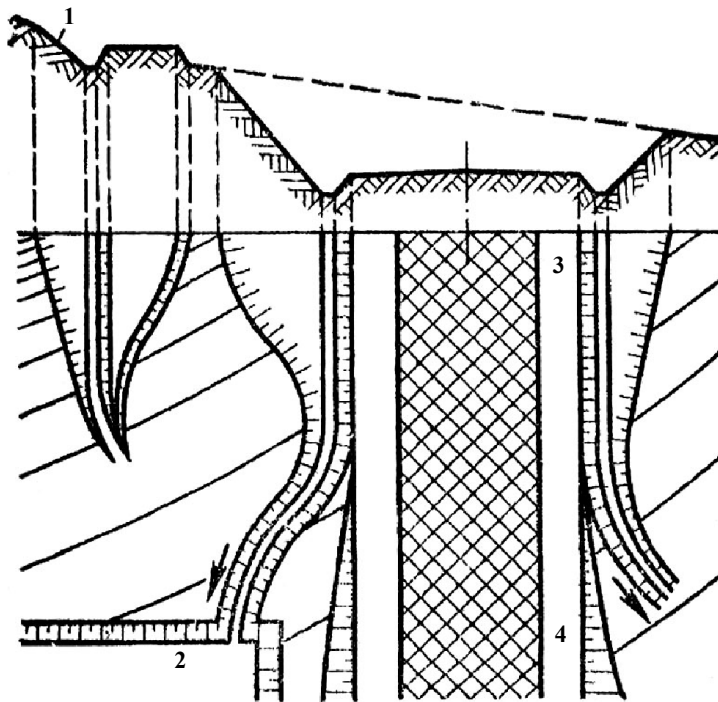
ნახ. 8.4. სამთო არხები:  
 ა – ყრილთან; ბ – ჭრილთან;  
 1 – ყრილი; 2 – სამთო არხი; 3 – ჭრილის ფერდობი.

ჭრილიდან ყრილში გადასვლის ადგილებში არხები სამთო მხრიდან გადაიყვანება რეზერვებში, ხოლო ქვედა მხრიდან გაჰყავთ გრუნტის ზედაპირზე და აშორებენ ჭრილს (ნახ. 8.5). წყლის დინებისათვის რეზერვების ფსკერს აშანდაკებენ 2% ქანობით ყრილის საწინააღმდეგო მხარეს. რეზერვებს, რომელთა სიგანე 6 მ-ზე მეტია უკეთდება ჩაზნექილი პროფილი ქანობებით შუა ნაწილისაკენ.

როდესაც რეზერვის გრძივი ქანობი ნაკლებია 5% წყლის უკეთ ასაცილებლად რეზერვის შუაში კეთდება არხი, ძირის სიგანით 0,4 მ.

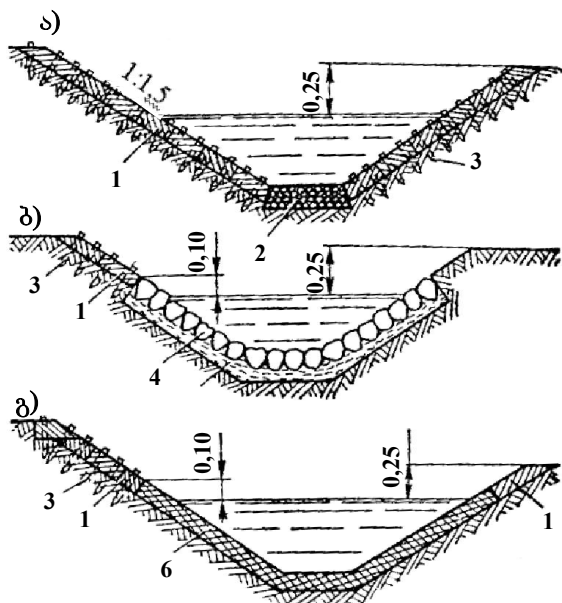
კოუვეტებში და სამთო არხებში წყლის დინების სიჩქარე დამოკიდებულია ფსკერის გრძივ ქანობზე, არხის განივ პროფილზე, ნაკადის სიღრმეზე და არხის კედლების ხორკლიანობაზე. როდესაც დინების სიჩქარე 0,4-0,5 მ/წამ-ზე ნაკლებია წყალში შეტივტივებული გრუნტის ნაწილაკები იღეჭება და არხი

ივსება. ამიტომ წყალგამტარ არხზე სასურველია არ იყოს 2% ნაკლები ქანობი. დიდი სიჩქარეების შემთხვევაში გრუნტი ირეცხება და ამიტომ არხის ფსკერი და



ნახ. 8.5. სამთო არხებიდან და კიუვეტებიდან წყლის გადაშვება რეზერვებში:  
1 – სამთო არხი; 2 – რეზერვი; 3 – ჭრილი; 4 – ყრილი.

ფერდები უნდა გამაგრდეს. გამაგრება შეიძლება გაკეთდეს მობელტვით, ღორლით, შემკვრელი მასალებით დამუშავებული გრუნტით, მოკირწყვლით, ბეტონის ფილების მოწყობით ცემენტის ხსნარზე. არხების გამაგრება ინიშნება ჰიდრაულიური ანგარიშით (ნახ. 8.6) თუ გზისპირა არხების კვეთი დაინიშნება ჰიდრაულიური ანგარიშების გარეშე, გამაგრების ტიპი მიიღება საორიენტაციოდ, გრძივი ქანობის მიხედვით, მრავალწლიური პრაქტიკის საფუძველზე (ცხრ. 8.3).

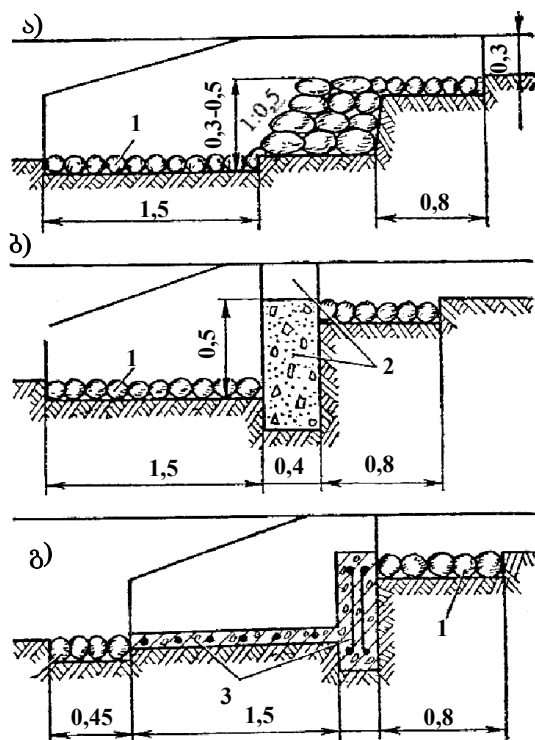


ნახ. 8.6. კიუვეტებისა და სამთო არხების გამაგრება:  
ა – ბელტებით; ბ – მოკირწყვლით;  
გ – ბიტუმნარევი გრუნტით.  
1 – ბელტები სისქით 8-10სმ;  
2 – ხრეში ან ღორლი სისქით 8-10 სმ;  
3 – პალოები 2,5×2,5×25 სმ;  
4 – ქვების ფენა სისქით 12-16 სმ;  
5 – ხავსის ფენა სისქით 3-6 სმ;  
6 – გრუნტის ფენა დამუშავებული შემკვრელით სისქით 5-10 სმ.



გამაგრების ტიპი	არხების გრძივი ქანობები % გრუნტებში	
	ქვიშნარებში	თიხნარებში
გაუმაგრებლად	10-მდე	20-მდე
მობელტვა	10-30	20-30
მოკირწყვლა	30-50	30-50
ვარდნილები და ღარები	50	50

თუ არხების გრძივი ქანობი ტოლია ან აჭარბებს 50%-ს მის ფსკერს ეძლევა საფეხურებიანი გრძივი პროფილი და ეწყობა ე.წ. ვარდნილები, ანაკრებ რკინაბეტონის ელემენტებიდან, ბეტონიდან, ქვის წყობით, ადგილობრივი მნიშვნელობის გზებზე კი წნულებიდან რომლებიც ამოივსება ხრეშოვანი მასალით და ეწყობა საფეხურები (ნახ. 8.7) ვარდნილიდან მიმდინარე არხის ძირის უბნები მაგრდება მოკირწყვლით. ვარდნილებს შორის კი არხის ძირს ეძლევა ქანობები, რომლებიც არ მოითხოვს გამაგრებას. მთავორიან ან დასერილ ადგილებში. თუ არხის გრძივი ქანობი აჭარბებს 100%-ს გამაგრება ეწყობა მონოლითური ბეტონისაგან. ასეთ არხებს სწრაფმდენი ეწოდებათ და მათი პარამეტრები ჰიდრაულიკური გაანგარიშებით ინიშნება.



ნახ. 8.7. ვარდნილები გზისპირა არხებში:

- ა - გამაგრება ქვებისაგან;
- ბ - ბეტონისაგან;
- გ - რკინაბეტონის ელემენტებისაგან
- 1 - მოკირწყვლა;
- 2 - ბეტონი ან ბუტაბეტონი;
- 3 - რკინაბეტონის ელემენტები.

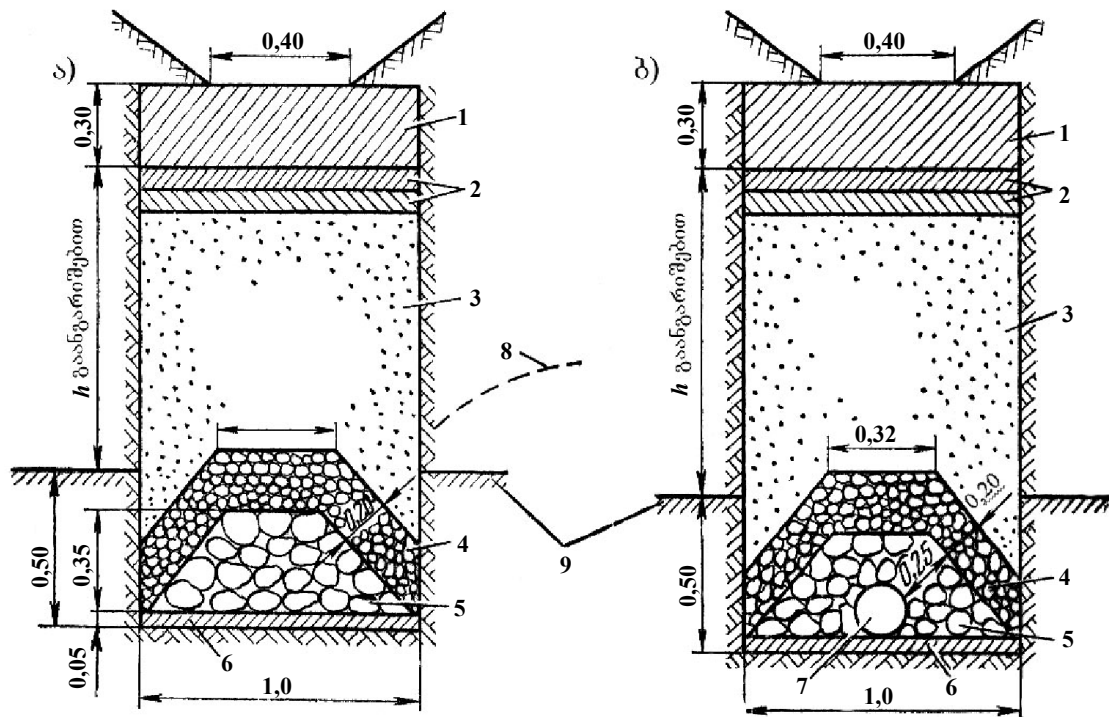
ტრამალებში და ვაკე ადგილებში სადაც, არხებით შეუძლებელია წყლის გადაყვანა ბუნებრივ დაბლობ ადგილებში, ეწყობა ასაორთქლებელი აუზები.

ასაორთქლებელი აუზის მოცულობა არ უნდა აღემატებოდეს 200-300 მ<sup>3</sup>, სიღრმე 1,5 მ, ხოლო წყლის დონე უნდა იყოს 0,6 მ-ით ვაკისის წარბაზე დაბლა. ასაორთქლებელი აუზებისათვის საჭიროა დამატებითი ტერიტორიის გამოყოფა. გარდა ამისა, აუზებს სჭირდება ყოველდღიური მოვლა. ისინი გადაიქცევა გარემოს გაჭუჭყიანების წყაროდ, ვინაიდან მათში იზრდება სარეველა ბალახი და შესაძლებელია დაჭაობება. ამიტომ, იმ უბნებში სადაც წყალაცილება რთულია, მიზანშეწონილია მიწის ვაკისის დაპროექტება წარბას ისეთი აწევით, რომ აღარ იქნეს საჭირო კიუვეტების მოწყობა.

მიწის ვაკისზე გრუნტის წყლების მოქმედების ასაცილებლად შეიძლება გამოყენებული იქნას რამდენიმე ხერხი: აიწიოს საგზაო სამოსის ძირი გრუნტის წყლების დონიდან; მიწის ვაკისში მოეწიოს შრეები კაპილარული, აფსკური და აორთქლებული წყლების გადაადგილების შესაწყვეტად; დრენაჟის მოწყობა გრუნტის წყლების დონის დასადაბლებლად. მიწის ვაკისის ქვედა ფენებიდან წყლის აწევის შეწყვეტის შედეგად წყალგაუმტარი ფენები უზრუნველყოფენ კარგ წყლის რეჟიმს მისი ზედა ნაწილისათვის, თუმცა ქვევით განლაგებული გრუნტი შეიძლება იყოს წლით გაჟღენთილი.

წყალგაუმტარი შრეები თავსდება გრუნტის წყლების ჰორიზონტის ან ხანგრძლივი შეტბორვის ჰორიზონტის ზევით 20 სმ-ით. შრეები წყალგაუმტარ მასალებიდან (ბიტუმი, გრუნტი დამუშავებული ბიტუმით, პოლიეთილენი გეოტექსტილი და ა.შ.) წყალგამტარ საფარებისათვის ეწყობა მიწის ვაკისის მთელ სიგანეზე. მიწის ვაკისის დიდი სიგანის და წყალგაუმტარ საფარების შემთხვევაში დასაშვებია შეკრული შრეების მოწყობა მხოლოდ სავალი ნაწილის სიგანეზე. ასეთი შრეების მოქმედება ნაკლებად საიმედოა, ვინაიდან საფარში ბზარების გაჩენის შემთხვევაში წყალი ჩადგება გრუნტის შეკრულ მოცულობაში. ფენის მოთავსების სიღრმე საფარის ზედაპირიდან არ უნდა იყოს 0,90 მ-ზე ნაკლები, II ზონაში და 0,65 მ ნაკლები, III ზონაში, კაპილარშემწყვეტი შრეები ეწყობა 10-15 სმ სისქის, მსხვილმარცვლოვან ქვიშიდან ან ხრეშიდან რომლებსაც გააჩნია მცირე კაპილარული აწევა. მათ აწყობენ მიწის ვაკისის მთელ სიგანეზე. ლამისაგან დასაცავად, შრეს ზემოთ და ქვემოთ იგება წვრილმარცვლოვანი ხრეშის ფენა სისქით 3-5 სმ.

დრენაჟი (ნახ. 8.8) წარმოადგენს გრუნტში ჩაწყობილ მილებს (დახურული დრენაჟი) ან გრუნტის წყალმატარებელი ფენაში ჩადრმავებულ არხებს, რომლებიც შეესებულება მსხვილი სადრენაჟო მასალით (ღია დრენაჟი).



ნახ. 8.8. დახურული დრენაჟის სქემა:

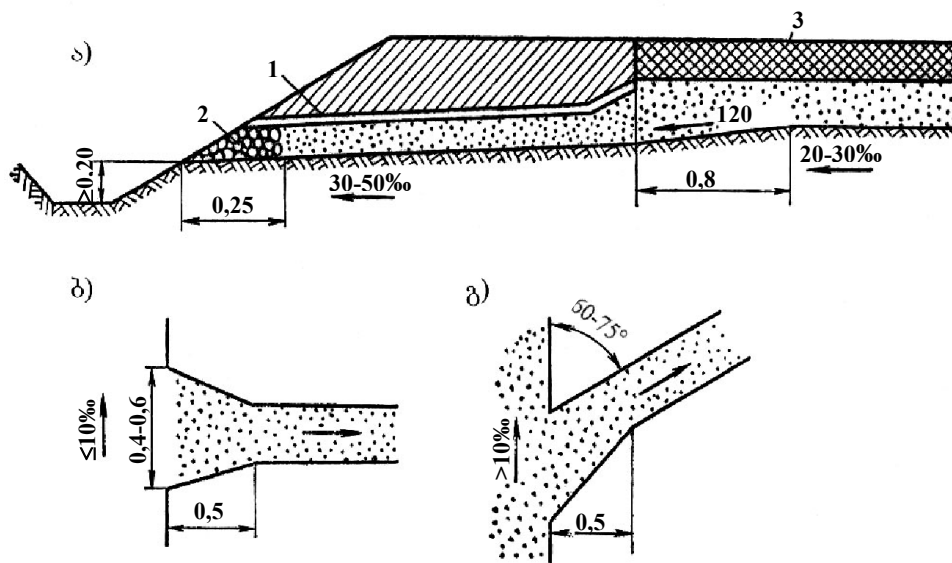
ა - ქვით შევსებით; ბ - სადრენაჟო მილით;

- 1 - დატკეპნილი თიხა; 2 - ბელტების ორი ფენა (ფესვებით ზემოთ) ან ბიტუმიტ დამუშავებული გრუნტი სისქით 3 სმ; 3 - ქვიშა; 4 - წვრილი ხრეში ან ღორღი; 5 - მსხვილი ხრეში ან ღორღი; 6 - გრუნტში ჩატკეპნილი ღორღი; 7 - კერამიკული ან ასბოცემენტით მილი; 8 - დეპრესიის მრუდი; 9 - წყალგაუმტარი ფენა.

დახურული დრენაჟი შესდგება გრუნტში ჩაწყობილი მილებისაგან, რომლებშიც წყალი შედის მილების ღია ნახვრეტებიდან ან პირაპირებიდან. ამისათვის, რომ მილები არ ამოივსოს გრუნტით პირაპირებს ეყრება ფოროვანი მასალა, რომლის სიმსხო კლებულობს ტრანშეის კედლების მიმართულებით. ფოროვანი მინაყარი იზიდავს გრუნტიდან მოდენილ წყალს, რომელიც შემდეგ გაედინება მილებში, დრენაჟი გამოყენება როგორც გრუნტის წყლების დონის დასაწევად აგრეთვე გზისკენ მოდენილი გრუნტის წყლის მთლიანად დასაჭერად.

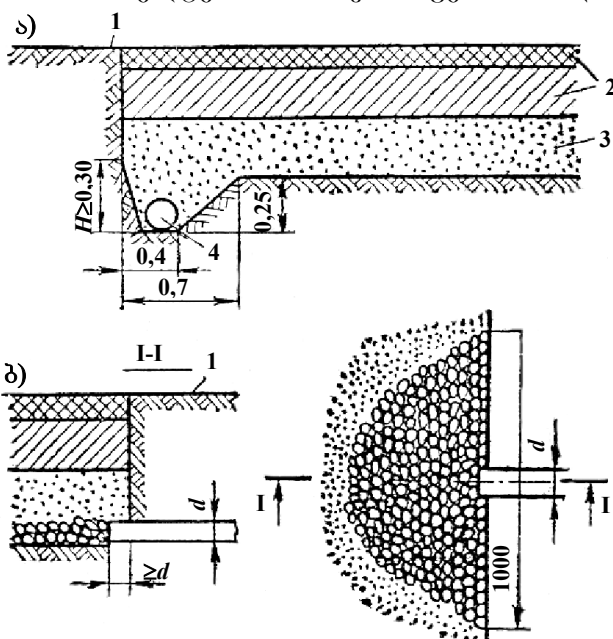
საგზაო წყალაცილების სისტემას შეიძლება მივაკუთვნოთ აგრეთვე საგზაო სამოსის ქვევებული (სადრენაჟო) ფენა, რომელიც ეწყობა ქვიშისგან, ხრეშისგან ან სხვა მსხვილმარცვლოვან მასალებისგან და იკრიბავს საგზაო სამოსის ფუძეში გაუონილ წყალს. ქვიშოვან ფენიდან წყალი გაიყვანება რეზერვებში ან კიუვეტებში. გამოიყენება სადრენაჟო ფენების ორი ტიპი: გაანგარიშებული მოდენილი წყლის სადრენაჟო მოწყობილობებით გაყვანაზე და გაანგარიშებული მთელი მოდენილი წყლის მოთავსებაზე ქვიშის ფენაში. რაიონის მიხედვით სადრენაჟო შრის მოსაწყობად გამოიყენება ქვიშის მასალა რომელსაც დატკეპნილ მდგომარეობაში უნდა ჰქონდეს ფილტრაციის კოეფიციენტი

3-10 მ/დღელამეში. კარგ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში სადრენაჟო ქვიშის ფენის ყრილის ფერდზე მთლიანად გამოყვანის ნაცვლად შეიძლება მოეწყოს სადრენაჟო დაბრულები, რომლებიც ივსება ერთი ზომის ღორღით ან ხრეშით (40-60 მმ), მათი საშუალებით წყალი გამოედინება ყრილის ფერდზე. დაბრულები კეთდება კვეთით 0,4x0,2 მ განლაგებულია ჭადრაკულად 4-6 მ-ის მანძილზე (ნახ. 8.9). სადრენაჟო დაბრულების გამტარიანობა მცირეა და ამიტომაც ისეთ ადგილებში სადაც გრუნტების და ჰიდროლოგიური პირობები არახელსაყრელია დაბრულებს არ აკეთებენ. სადრენაჟო ფენებიდან წყალი გამოჰყავთ განივი და გრძივი სადრენაჟო მილებით (ნახ. 8.10). ჭრილების ფერდობებზე გრუნტის წყლების მოსაცილებლად ეწყობა, ე.წ. დამჭერი დრენაჟი (ნახ. 8.11).



ნახ. 8.9. სადრენაჟო დაბრუნი:

ა - ყრილი ვაკისის გასწვრივ; ბ - დაბრუნი შეერთება ქვიშის ფენასთან მცირე გრძივი ქანობების შემთხვევაში; გ - იგივე დიდი გრძივი ქანობების შემთხვევაში; 1 - ბელტების ან ხავსის ფენა; 2 - ღორღი ან ხრეშით; 3 - საგზაო სამოსი.



ნახ. 8.10. ქვიშის საფუძველის დასაშრობი სადრენაჟო მილები:

ა - გრძივი სადრენაჟო მილი; ბ - განივი სადრენაჟო მილის მიმდებარე ნაწილი; გ - იგივე გეგმაში.  
1 - გვერდული; 2 - საგზაო სამოსი; 3 - ქვიშის საფუძველი; 4 - გრძივი სადრენაჟო მილი.

## 8.2. საგზაო არხების დაპროექტება

საგზაო არხებს ანგარიშობენ სითხის თანაბარი მოძრაობის განტოლებით. თუ არხის სიგრძე მცირეა, ანგარიშს აწარმოებენ ხარჯის ერთი მნიშვნელობით, რომელიც ფაქტიურად შეიკრიბება საანგარიშო უბნის ბოლო კვეთში. როდესაც არხის სიგრძე დიდია ან წყალი ჩამოედინება დიდი ფართიდან, მიზანშეწონილია არხის სიგრძე დაიყოს უბნებად და თითოეულ უბნისათვის საანგარიშოები იქნას ხარჯი. ფართი, რომლიდანაც წყალი ჩამოედინება ქვედა კიუვეტში, მიიღება როგორც გზის სიგანის ნახევრის ნამრავლი უბნის სიგრძეზე; ზედა არხში წყალი ჩამოედინება როგორც სიგანის ნახევრიდან ასევე სამთო არხამდე სივრციდან. ნაწვიმარი წყლის ჩამონადენის ანგარიშისათვის გამოიყენება სრული ჩამონადენის ფორმულა

$$Q_{ს.ფ.} = 87,5 \cdot a_{საათ.} \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi, \quad (8.1)$$

სადაც  $a_{საათ.}$  – 1 საათის ხანგრძლიობის წვიმის ინტენსიობა, მმ/წთ. მას აღგენენ ცხრილი 9.4. ნიაღვრების რაიონი მოიძებნება ნორმატივებში მოცემული რუკით.  $F$  – წყალშემკრების ფართი,  $\alpha$  – ჩამონადენის კოეფიციენტი, ცხრ. 9.1,  $\varphi$  – რედუქციის კოეფიციენტი (იხ. ფორმულა 9.2); სრული ჩამონადენისათვის  $\varphi_{სფ.} = 1$ .

ცხრილი 8.4

გამაგრების ტიპი	დასაშვები სიხქარე, მ/წ	გამაგრების ტიპი	დასაშვები სიხქარე, მ/წ
ბალახის დათესვა	0,8	გამაგრებული გრუნტი სისქით 5სმ	1,0
მობელტვა სიბრტყით	1,0	10სმ	2,5
ბელტის კედლით	1,8	დაბალი მარკის ბეტონი	4-6
ერთმაგი მოკირწყველა 15-20სმ ქვით ღორღის ფუძეზე	2,5-3,5	ბეტონის ფილები	5-7
ორმაგი მოკირწყველა ქვით 15-25სმ	3,5-4,5	ვარდნილები	მეტო 5-8

არხების გამაგრების ტიპს ირჩევენ ჰიდრაულიური ანგარიშების შედეგების საფუძველზე. როდესაც არხის ძირის გრძივი ქანობია 5-10% – არხს არ ამაგრებენ როდესაც ქანობი აღემატება 10% გამაგრება კეთდება ქანობისა და წყლის სიხქარეების შესაბამისად (ცხრ. 8.4). არხის ფერდებს ამაგრებენ მობელტვით, ძირს კი მობელტვით ამაგრებენ მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ მისი სიგანე აღემატება 1,0 მ, თუ სიგანე ნაკლებია ამაგრებენ ღორღით, მსხვილი

ხრეშით ან სხვა. ღორღის ფენის სისქე მიიღება 8-10 სმ (ნახ. 8.6). მოკირწყლისათვის გამოიყენება ქვა სიმაღლით 12-14; 14-16 და 16-18 სმ. ქვიშოვან და ქვიშნაროვან გრუნტებში ქვის მოკირწყლისა და გრუნტს შორის უნდა დაეფინოს თიხის ფენა სისქით 10-15 სმ. მობელტვით და მოკირწყლით გამაგრება ძალიან შრომატევადია და ამიტომ ბოლო დროს ფართოდ იყენებენ გამაგრების ისეთ ტიპებს რომლებიც ექვემდებარება მექანიზაციას. ასეთია ბალახის დათესვა მობელტვის ნაცვლად. დიდი სიჩქარეების შემთხვევაში იყენებენ ბეტონით გამაგრებას, სადაც გამოიყენება დაბალი მარკის ბეტონები. განსაკუთრებით ფართოდ იყენებენ ბეტონის ფილებით მოპირკეთებას.

### 8.3. დრენაჟის ანგარიში

დრენაჟი ეწყობა გრუნტის წყლების დასაჭერად ან მათი დონის დასაწევად. მიწანზეწონილია დრენაჟის განლაგება გვერდითი არხების ქვეშ, სადაც ისინი უფრო ხელმისაწვდომია შესაკეთებლად ჩალამვის შემთხვევაში. დამჭერი, ეკრანული დრენაჟი ეწყობა ჭრილების ფერდობზე, თუ ჭრილი გადაჰკვეთს წყალმატარებელ ფენას წყალგაუმტარ ფენამდე (ნახ. 8.11) ამ შემთხვევაში წყლის მოდინება დრენაჟის გრძივ მეტრზე იანგარიშება წყალმატარებელი ფენის შესწავლის მონაცემების მიხედვით.

$$q = k \cdot h \cdot i_B, \quad (8.2)$$

$K$  – ფილტრაციის კოეფიციენტი დადგენილი გრუნტის ნიმუშების გამოცდის შედეგად;

$h$  – წყლის სიღრმე გრუნტის ფენაში;

$i_B$  – წყალმატარებელი ფენის ქანობი.

გადასაყვანი წყლის ხარჯი  $Q$  სიგრძე  $l$ -ზე შეიკრიბება

$$Q = q \cdot l \cdot K \cdot l \cdot i_B. \quad (8.3)$$

ასეთი რაოდენობის წყლის გასატარებლად საჭიროა მილი, რომლის ზომა მოიძებნება ტოლობიდან

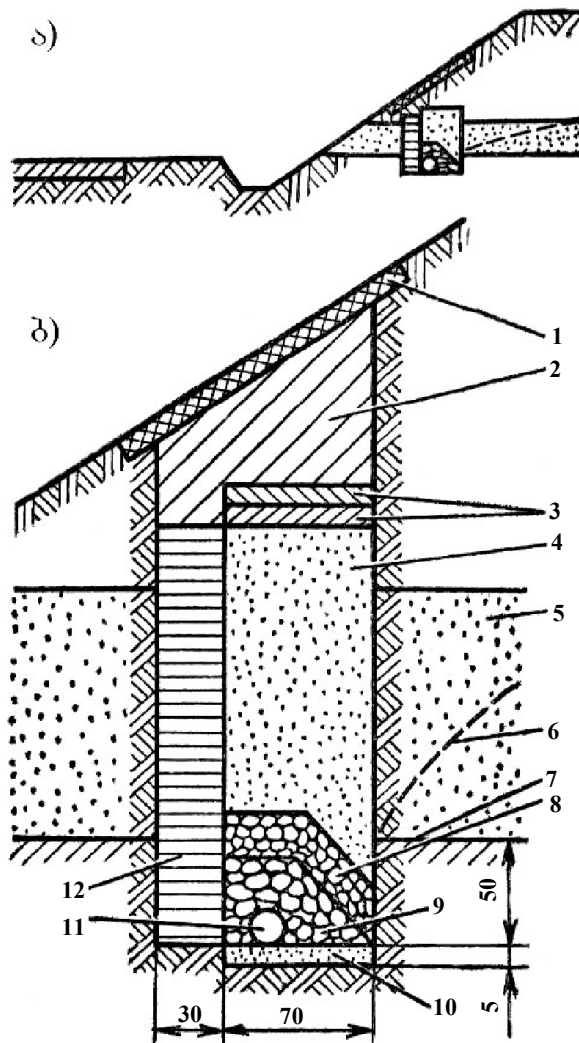
$$Q = K_d \cdot i_d^{0.5}, \quad (8.4)$$

$i_d$  – სადრენაჟო მილის ქანობი.

$K_d$  – სადრენაჟო მილის ხარჯის მახასიათებელი მ<sup>3</sup>/წმ, იანგარიშება ფორმულით

$$K_{Dd} = 2H \cdot d^{8/3},$$

$d$  – მილის დიამეტრი, მ.



ნახ. 8.11. დამჭერი დრენაჟი:

ა - ჭრილის ფერდობზე დრენაჟის განლაგების საერთო სქემა;

ბ - დრენაჟის კონსტრუქციის დეტალები:

1 - ბელტები; 2 - დატკეპნილი თიხნარი; 3 - ბელტების ორი ფენა ან გრუნტი დამუშავებული ბიტუმით; 4 - ქვიშა; 5 - წყალშემცველი ფენა; 6 - დეპრესიის მრუდი; 7 - წყალგაუმტარი ფენა; 8 - წვრილი ღორღი და სრეში; 9 - მსხვილი ღორღი და სრეში; 10 - გრუნტში ჩატკეპნილი ღორღი; 11 - სადრენაჟო მილი; 12 - მოხედილი თიხის ეკრანი

წყლის დინების სიჩქარე მილში არ უნდა იყოს ძალიან დიდი, მაგრამ არც იმდენად მცირე, რათა არ მოხდეს დალამბვა. რეკომენდებულია, რომ ფაქტიური სიჩქარე არ იყოს 0,6 მ/წმ ნაკლები და აღემატებოდეს დრენაჟის მფილტრავ მინაყარისათვის დასაშვებ სიჩქარეს.

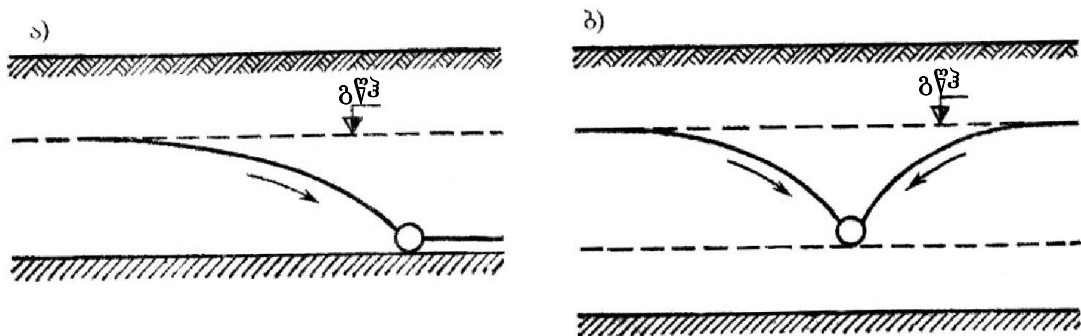
დინების სიჩქარე მრგვალ სადრენაჟო მილში შეიძლება ნაანგარიშები იქნას შემდეგი ფორმულით

$$V_d = W_d \cdot i_d^{1/2}, \quad (8.5)$$

$W_d$  - მილის ჩქაროსნული მახასიათებელია და უდრის  $30,4d^{2/3}$  როდესაც გზა შენდება ისეთ ადგილებში სადაც გრუნტის წყლების დგომა მაღალია,

შეიძლება ყრილის წარბა ამოიწიოს იმდენად მაღლა, რომ გრუნტის წყლების დაწვეა აღარ იყოს საჭირო, მაგრამ არის შემთხვევები როდესაც ყრილის წარბას მდგომარეობა წინასწარ მოცემულია და მისი შეცვლა შეუძლებელია. ამ შემთხვევაში ერთადერთი გამოსავალია გრუნტის წყლების დონის დაწვეა. ამისათვის დრენაჟი უნდა მოეწყოს ისეთ სიღრმეზე, რომელიც უზრუნველყოფს გრუნტის წყლების დონის დაწვეას მოცემულ დონემდე. იმ შემთხვევაში თუ დრენირება ხდება წყალმდევე გრუნტებზე შეიძლება იკმაროს მხოლოდ ზედა დრენაჟის მოწყობამ, რომლის ანგარიში მთლიანად შეესაბამება ზემოთ მოყვანილს (ნახ. 8.12). დრენაჟის იქით სივრცე თანდათან დაშრება. ასეთ დრენაჟს ეწოდება სრულყოფილი. როდესაც წყალმდევე გრუნტები მდებარეობს ღრმად, ეწყობა ორი დრენაჟი სიმეტრიულად განლაგებული გზის ორივე მხრიდან და ტოვებენ მათ დაკიდებულს. არასრულყოფილი (ნახ. 8.12). დრენაჟის ჩაწყობის საჭირო სიღრმის დასადგენად აიგება გრუნტის წყლების დეპრესიის მრუდები, იანგარიშება წყლის მოდენა დრენაჟთან და მათი ქვევით (მოყვანილი ანგარიშის ანალოგიურად) თითოეული დრენაჟი დააშრობს გარკვეულ სივრცეს, რომლის ზღვრული სიგანე გადაზომილი დრენაჟის ცალ მხარეს არის დრენაჟის მოქმედების რადიუსი

$$R = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (8.6)$$



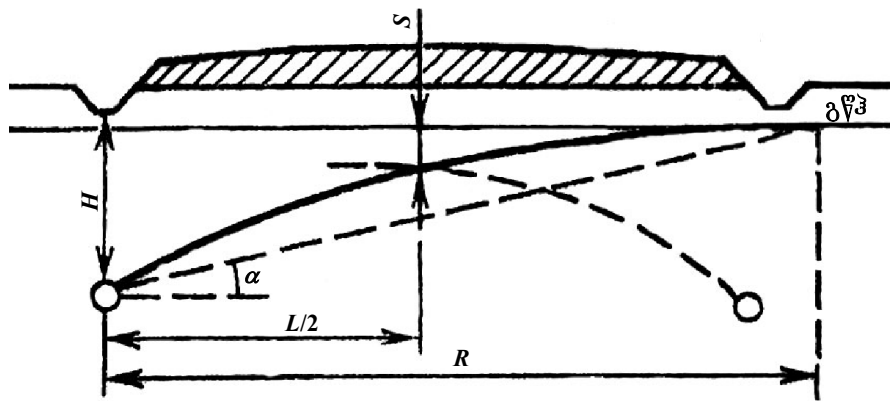
ნახ. 8.12. დახურული დრენაჟი:  
 ა – სრულყოფილი; ბ – არასრულყოფილი.

$\operatorname{tg} \alpha$  – დეპრესიის მრუდის შემკვერელი ქორდის დახრის კუთხის ტანგენსია და დამოკიდებულია წყალმატარებელი ფენის გრუნტის თვისებებზე. დეპრესიის მრუდის ფორმა წარმოადგენს მეორე ხარისხის პარაბოლას (ნახ. 8.13) გაანგარიშებულს ნაკადის გასწვრივ სიღრმის ცვალებადობის განტოლებით

$$h = H \cdot \sqrt{1 - x/R}. \quad (8.7)$$



როდესაც  $x = 0$  ანუ უდიდესი მოშორებით დრენიდან  $h = H$  და წყლის დაწვევა არ არის.



ნახ. 8.13. კოეფიციენტის ქვედა დრენაჟის საანგარიშო სქემა.

როდესაც  $x = R$   $h \approx 0$  და დეპრესიის მრუდი დაიწვევს  $H$ -ის სიდიდით. თუ ვიცით მანძილი ორი დრენაჟს შორის „L“ მივიღებთ გზის შუაში წყლის დონის დაწვევის საანგარიშო განტოლებას.

$$S = H - h = H \left( 1 - \sqrt{\frac{L}{2R}} \right). \quad (8.8)$$

გრუნტში, რომლებშიც დაიწვევა გრუნტის წყლების დონე, დადგინდება ფილტრაციის კოეფიციენტი გრუნტის სავსე ნიმუშების უშუალო გამოცდით, რომლებიც აიღება სტრუქტურის დაუშლელად.

შესაძლებელია აგრეთვე ფილტრაციის კოეფიციენტის დადგენა “სასინჯი ამოტუმბვისა და დაჭირხნის“ მეთოდით სავსე პირობებში. საორიენტაციო ანგარიშებისათვის შეიძლება ვისარგებლოდ ცხრილი 8.5 მონაცემებით

ცხრილი 8.5

გრუნტები	$K$ , მ/წ	$\text{tg}\alpha$ , ‰	გრუნტები	$K$ , მ/წ	$\text{tg}\alpha$ , ‰
მსხვილი და ხრეშოვანი ქვიშები	$10^{-2}$	1,5-3	თიხნარები	$10^{-5}-10^{-7}$	25-50
წვრილი ქვიშები	$10^{-2}-10^{-3}$	3-10	მძიმე თიხები	$10^{-7}$	50-80
ქვიშნარები	$10^{-4}-10^{-5}$	10,25	ტორფები	$10^{-3}-10^{-4}$	80-100
					10-70

## თავი 9. მცირე ხიდების და მიწების ჰიდრაპლიური ანბარიში

### 9.1. საერთო მონაცემები

მცირე წყალგამტარი ნაგებობები ეწყობა იმ ადგილებში სადაც საავტომობილო გზა ჰკვეთს ხევებს, დედეებს, ნაკადულებს. წყალგამტარი ნაგებობების რაოდენობა დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე და რელიეფზე, ხოლო მათი ღირებულება შეადგენს საავტომობილო გზის საერთო ღირებულების 10-20%. წყალგამტარი ნაგებობების ძირითად სახეებს მიეკუთვნება მცირე ხიდები და მიწები. ნაკლებად გავრცელებულია ნაგებობები, რომლებიც ატარებენ წყალს მიწის ვაკისის ტანში ან ზედაპირზე გადატარებით, მათ მიეკუთვნება მჟონავი ყრილები და ღარები.

მჟონავი წყალგამტარი ნაგებობები წარმოადგენენ ყრილს აგებულს მსხვილი ქვისაგან, სადაც ჟონავს წყალი. მათ იყენებენ მხოლოდ როგორც დროებითი ნაგებობას მეორეხარისხოვან გზებზე. წყალგამტარმა ნაგებობებმა უნდა უზრუნველყონ წყლის გატარება გზისა და საგზაო ნაგებობების დაუზიანებლად. წყალგამტარი ნაგებობების უმეტეს ნაწილს საავტომობილო გზებზე წარმოადგენს წყალგამტარი მიწები. გზის დაპროექტებისას უნდა ვეცადოთ, რომ სადაც შესაძლებელია მცირე ხიდის მაგიერ მილი დავნიშნოთ. მიწები არ მოქმედებენ ავტომობილების მოძრაობის რეჟიმზე ვინაიდან მათი განლაგება შესაძლებელია გეგმისა და პროფილის ნებისმიერ შეხამებაზე. მიწები არ ზღუდავენ სავალ ნაწილს და გვერდულებს, არ მოითხოვენ საგზაო საამოსის ტიპის შეცვლას.

ხელოვნურ ნაგებობათა რაოდენობა გზის ერთეულ სიგრძეზე დამოკიდებულია ძირითადად გარემოს რელიეფზე (ცხრ. 9.1).

ცხრილი 9.1

გზის მშენებლობის რაიონი	ნაგებობათა საშუალო რაოდენობა, 1 კმ-ზე	გზის მშენებლობის რაიონი	ნაგებობათა საშუალო რაოდენობა, 1 კმ-ზე
უდაბნოები და ნახევარუდაბნოები	0,3	დასერილი რელიეფი	1,0-1,5
ჭაობები	1,0	მთიანი რაიონები	1,5-2,0
დაბლობები	0,5-1,0	ხელოვნური რწყვის რაიონები	3,0
საშუალო ბორცვიანი რელიეფი	0,7-1,2	მაღალმთიანი, დანაწევრებული რელიეფი	5,0

ხიდების მოწყობა უფრო მაღალ მოთხოვნებს უყენებს გზის გრძივ პროფილს. ხიდების განლაგება ვერტიკალურ ან ჰორიზონტალურ მრუდეებზე,

დიდ გრძივ ქანობებზე ართულებს მათ კონსტრუქციას რაც მხოლოდ მაღალი კატეგორიის გზებზეა დასაშვები.

საგზაო მშენებლობაში ფართოდ იყო გავრცელებული სტანდარტული ტიპის რკინაბეტონის ხიდები და მილები ანაკრები ელემენტებისაგან. ბოლო ხანებში მაღალი კატეგორიის გზებზე აქტიურად დაიწვეს მონოლითური რკინაბეტონის ხიდებისა და სხვა ხელოვნური ნაგებობების გამოყენება. აშშ და ევროპაში ადგილობრივი მნიშვნელობის გზებზე ხშირად იყენებენ მილებს აწყობილს მოთუთიებული ფოლადის ფურცლებისაგან.

ნაგებობების გამტარუნარიანობის გასადიდებლად ყრილის სიმაღლის გაზრდის გარეშე, აწყობენ მრავალ ხვრეტიან მილებს, მაგრამ როდესაც მილთა რაოდენობა აღემატება 4-ს ისინი ექსპლუატაციის თვალსაზრისით არახელსაყრელი ხდება და ამ შემთხვევაში შეირჩევა მცირე ხიდი ან ოთხკუთხა კვეთის მილი.

წყლის საანგარიშო მოცულობის გატარებისას, მილები როგორც წესი უნდა მუშაობდეს უდაწნეო რეჟიმზე. მილების მუშაობა ნახევრადდაწნევით ან დაწნევით რეჟიმზე როგორც გამონაკლისი დაიშვება დაბლობ რელიეფში გამავალ საავტომობილო გზებზე და ქალაქის ქუჩებში. უდაწნეო რეჟიმით მუშაობისას მილის შიდა ზედაპირის უმაღლესი წერტილის ამადლება წყლის დონიდან უნდა შეადგენდეს: მრგვალ და თაღოვან მილებში სიმაღლით 3,0მ-დე არანაკლები მილის სიმაღლის 1/4 -სა სინათლეში, ხოლო როდესაც სიმაღლე 3მ-ს აღემატება – არანაკლები 0,75მ-სა. მართკუთხა მილებში სიმაღლით 3 მ-დე – არანაკლებ მილის სიმაღლის 1/6-სა, ხოლო 3 მ-ზე მეტი არანაკლები 0,5 მ-სა. საავტომობილო და საქალაქო გზებზე გამოიყენება მილები ხვრეტით არანაკლები 0,75 მ. ექსპლუატაციის გადაადგილების მიზნით რეკომენდებულია, როდესაც მილის სიგრძე არ აღემატება 20 მ-ს დავნიშნოთ მისი ხვრეტი არა ნაკლები 1,0 მ-ს ხოლო მეტი სიგრძით შემთხვევაში არანაკლები 1,25 მ-სა.

## **9.2. ნაწვიმარი წყლების მოცულობის და ხარჯის დადგენა მცირე წყალშემკრებ აუზებზე**

მცირე წყალშემკრები აუზებიდან ჩამოდენილი წყლის რაოდენობის თეორიული გაანგარიშება შეისწავლება ჰიდროლოგიის კურსში. ანგარიშებში დაიშვება ზოგიერთი პირობითობა და ცდომილებები. მეტად ძნელია გავითვალისწინოთ როდის მოწვიმს, როგორი იქნება თოვლის დნობა და ნიადაგში წყლის შეწოვა. ამიტომ მცირე აუზებიდან ჩამონადენი წყლის ხარჯები და მოცულობები იანგარიშება ყველა წყალშემკრებისათვის ერთნაირი სქემით,

ჩამონადენის მეტეოროლოგიური ფაქტორების სტანდარტული შეფასებით გარკვეულ გეოგრაფიულ რაიონებში. ჩამონადენის საანგარიშო ნორმებს ვამოწმებთ ჩამონადენის დანაკვირვებ სიდიდეებთან შედარებით. როგორც წესი, ასეთი დანაკვირვები სიდიდეები ცოტაა, ამასთან ერთად ძნელია მათი გადამეტების ალბათობის შეფასება.

თვლიან, რომ ჩამონადენის გადამეტების ალბათობა ტოლია მისი შემქმნელი ფაქტორების გადამეტების ალბათობისა. ხანგრძლივი დაკვირვებების შედეგებით ვაფასებთ იშვიათი დიდი ინტენსიობის წვიმებს და ძლიერი თოვლდნობის ალბათობას. მათ საფუძვლზე ვადგენთ ჩამონადენის უფრო საიმედო რეგიონალურ (რაიონული) ნორმებს.

როდესაც არ არის რეგიონალური ნორმების შესადგენად საკმარისი მონაცემები შეიძლება სარგებლობა ანალოგიური ბუნებრივი პირობების მქონე მეზობელი ქვეყნების ნორმებით. ჩვეულებრივ თოვლისაგან მდნარი წყლების ჩამონადენის დასადგენად იყენებენ საერთო ნორმებს. ნაწვიმარის წლების ჩამონადენს კი ანგარიშობენ უწყებრივი ნორმებით.

ნაწვიმარი წყლები მოედინება ნაგებობებთან თითქმის სამკუთხა ჰიდროგრაფით. მაქსიმალური ხარჯის დაკვირვება ხდება ძალიან მოკლე ხანს მას ადგენენ ფორმულით (9.1), ამიტომ საანგარიშო ხარჯი ნაგებობაში ნაკლებია ვიდრე მონადენის მაქსიმალური მოცულობა. ეს გამოწვეულია ჩამონადენის მოცულობის ნაწილის აუზის ზედაპირის დასველების, გრუნტში ჩაქონვის და ნაგებობის წინ წყლის შეტბორებისაგან.

ბევრ ქვეყანაში ჰიდროლოგიურ ანგარიშები წარმოებს „საანგარიშო ჰიდროლოგიური მახასიათებლების ზღვრული ინტენსივობებით განსაზღვრის მეთოდით“. მცირე წყალგამტარი ნაგებობების პროექტირებისათვის სხვადასხვა ქვეყნები სატრანსპორტო მშენებლობაში იყენებენ განსხვავებულ მეთოდებს, მაგრამ ზემოხსენებული მეთოდი გამოირჩევა ბუნებრივი პირობებისა და ჩამონადენის პარამეტრების ურთიერკავშირის თვალსაჩინოებით.

ამ მეთოდით ანგარიშის საფუძველია ჩამონადენის საერთო ფორმულა

$$Q = 16,7 \cdot a_{\text{საანგ}} \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi, \quad (9.1)$$

$a_{\text{საანგ}}$  – ნიაღვრის საანგარიშო ინტენსივობა იგივე გადამეტების ალბათობით რაც საძებნი ხარჯი, მმ/წთ. დამოკიდებულია წვიმის ხანგრძლივობაზე.

$F$  – წყალშეკრების ფართი, კმ<sup>2</sup>, განისაზღვრება რუკით;

$\alpha$  – ჩამონადენის კოეფიციენტი, დამოკიდებულია გრუნტის სახეობაზე. იგი წყალსაკრების ზედაპირზე განისაზღვრება დაკვირვებათა მონაცემებით (ცხრ. 9.2);

$\varphi$  – ჩამონადენის კოეფიციენტი, ითვალისწინებს ჩამონადენის დანაკარგებს, მით მეტს, რაც მეტია წყალშემკრები. დაპროექტების ხანგრძლივი პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ 100 კმ<sup>2</sup>-მდე ფართობისათვის რეგულაციის კოეფიციენტი შეიძლება გამოთვლილი იქნას ფორმულით

$$\varphi = 1 : \sqrt{10F}. \quad (9.2)$$

ამავე დროს როდესაც  $F \leq 0,1$  კმ<sup>2</sup>  $\varphi = 1$ .

წვიმის ინტენსიურობის  $a$ -ს კავშირი მის ხანგრძლივობასთან (წთ) გამოიხატება შემდეგი სახით

$$a = \frac{K}{t^{2/3}}, \quad (9.3)$$

$K$  – კლიმატური კოეფიციენტი.

შევიყვანოთ რა ანგარიშში ერთი საათის ხანგრძლივობის წვიმის ინტენსივობას მივიღებთ

$$a = \frac{60^{2/3}}{t^{2/3}} a_{\text{სთ}}, \quad (9.4)$$

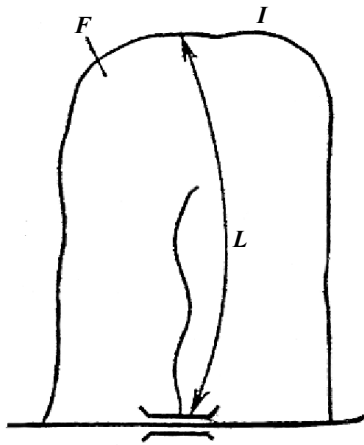
სადაც  $a_{\text{სთ}}$  – საათის ხანგრძლივობის წვიმის საშუალო ინტენსივობა მმ/წთ.

წყალშემკრები აუზის გეომეტრიული ელემენტები მოცემულია ნახ. 9.1.

ცხრილი 9.2

№	ზედაპირის სახეობა	კოეფიციენტი წყალსაკრებისათვის, ფართობით კმ <sup>2</sup>		
		0-1	1-10	10-100
I	ასფალტი, ბეტონი, კლდე ბზარების გარეშე	1,0	1,0	1,0
II	მსუქანი თიხა, ტაკირები	0,70-0,95	0,65-0,95	0,65-0,9
III	თიხნარები, ეწერი ნიადაგები, ტუნდრისა და ჭაობის ნიადაგები	0,60-0,90	0,55-0,80	0,50-0,75
IV	შავმიწიანი, წაბლისფერი ნიადაგები, ლიოსები, კარბინატული ნიადაგები	0,55-0,75	0,45-0,70	0,35-0,65
V	ქვიშნარები, ტრამალის ნიადაგები	0,3-0,55	0,2-0,5	0,20-0,45
VI	ქვიშოვანი, სრეშოვანი, ფხვიერი ქვიანი ნიადაგები	0,20	0,15	0,10

ზღვრული ინტენსიურობის პრინციპი მდებარეობს იმაში, რომ საანგარიშო წვიმის ყველაზე სახიფათო ხანგრძლივობად მიიღება ყველაზე მეტად მოშორებული წერტილიდან გზამდე წყლის ჩადინების დრო (ნახ. 9.1)



$$t_{\text{ხან}} = \frac{L}{V}, \quad (9.5)$$

$L$ -აუზის სიგრძე, კმ,  $V$  - ჩადინების სიჩქარე, კმ/წთ.

შესაბამისად

$$a_{\text{ხან}} = \left(\frac{60V}{L}\right)^{2/3} a_{\text{სთ}} = K_t \cdot a_{\text{სთ}}. \quad (9.6)$$

ნახ. 9.1. აუზის გეომეტრიული ელემენტები

ფრჩხილებში მოთავსებული გამოსახულება წარმოადგენს საათური ხანგრძლივობის ნიაღვრის ინტენსივობიდან საანგრიშოზე გადასვლის კოეფიციენტს. ნიაღვრის საათური ინტენსივობები მოცემულია ცხრილში 9.3 (ნახ. 9.3).

ცხრილი და რუკა დამუშავებულია დიდი პრაქტიკის მქონე საპროექტო ორგანიზაციებისაგან მიღებული მონაცემებით.

ცხრილი 9.3

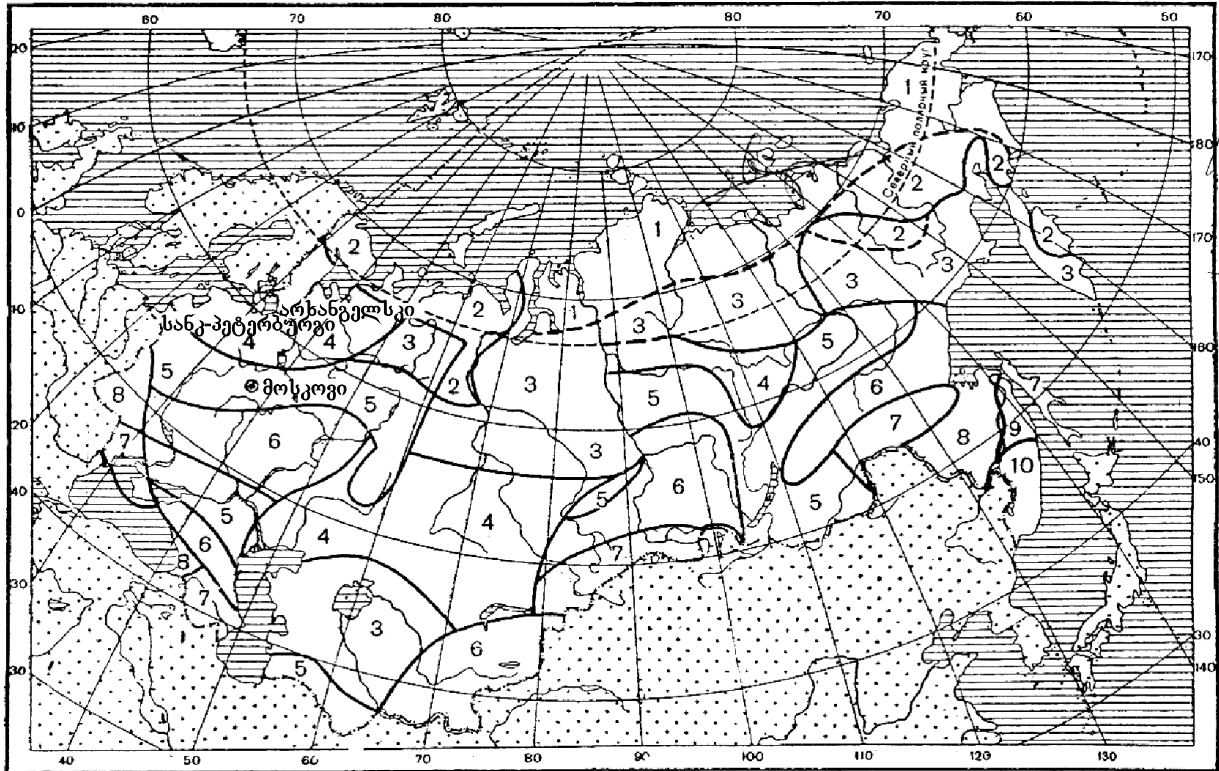
რაიონები	საათური ხანგრძლივობის ნიაღვრის ინტენსიურობა, მმ/წთ. გადაჭარბების ალბათობის % მნიშვნელობისას							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1	0,27	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,95	1,15
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	0,14	1,32
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,79
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,50	1,77
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

ნაკადის ჩადინების სიჩქარე შეიძლება დადგენილი იქნას ცნობილი რუსი მეცნიერის დ. სოკოლოვსკის მეთოდით. მან გვიჩვენა, რომ სიჩქარის განმსაზღვრელი მთავარი ფაქტორი არის აუზის ქანობი  $i$  მისი მონაცემებით ჩვეულებრივი ბალახიანი ზედაპირებისათვის სიჩქარე ტოლია (ნახ. 9.3)

$$V = 3,5 \cdot i^{0,25} \text{ მ/წმ, ან } V = 0,2 \cdot i^{0,25} \text{ კმ/წთ.} \quad (9.8)$$

გლუვი ზედაპირებისათვის (საგზაო სამოსები, მოასფალტებულ ეზოთა ტერიტორიები ქალაქებში და ა.შ.)

$$V = 10 \cdot i^{0,25} \text{ მ/წმ ან } V = 0,6 \cdot i^{0,25} \text{ კმ/წთ.} \quad (9.9)$$



ნახ. 9.2. ა) რუსეთისა და შუა აზიის რესპუბლიკების ნიაღვართა რაიონების სქემა

გარდამავალი კოეფიციენტი  $K_t$  მნიშვნელობათა ცხრილი (ცხრ. 9.4) შედგენილია აუზების ბალახიანი ზედაპირებისათვის.

$$K_t = \left( \frac{60V}{L} \right)^{2/3} .$$

თუ წვიმის ხანგრძლივობა 5 წუთია და ნაკლები, კოეფიციენტი  $K_t$  აღწევს ზღვრულ მნიშვნელობას  $K_t = 5,24$ . ამას შეესაბამება სრული ჩამონადენი, ანუ წყლის ხანგრძლივი მოდენა მუდმივი ხარჯით  $Q_{მღ}$ .

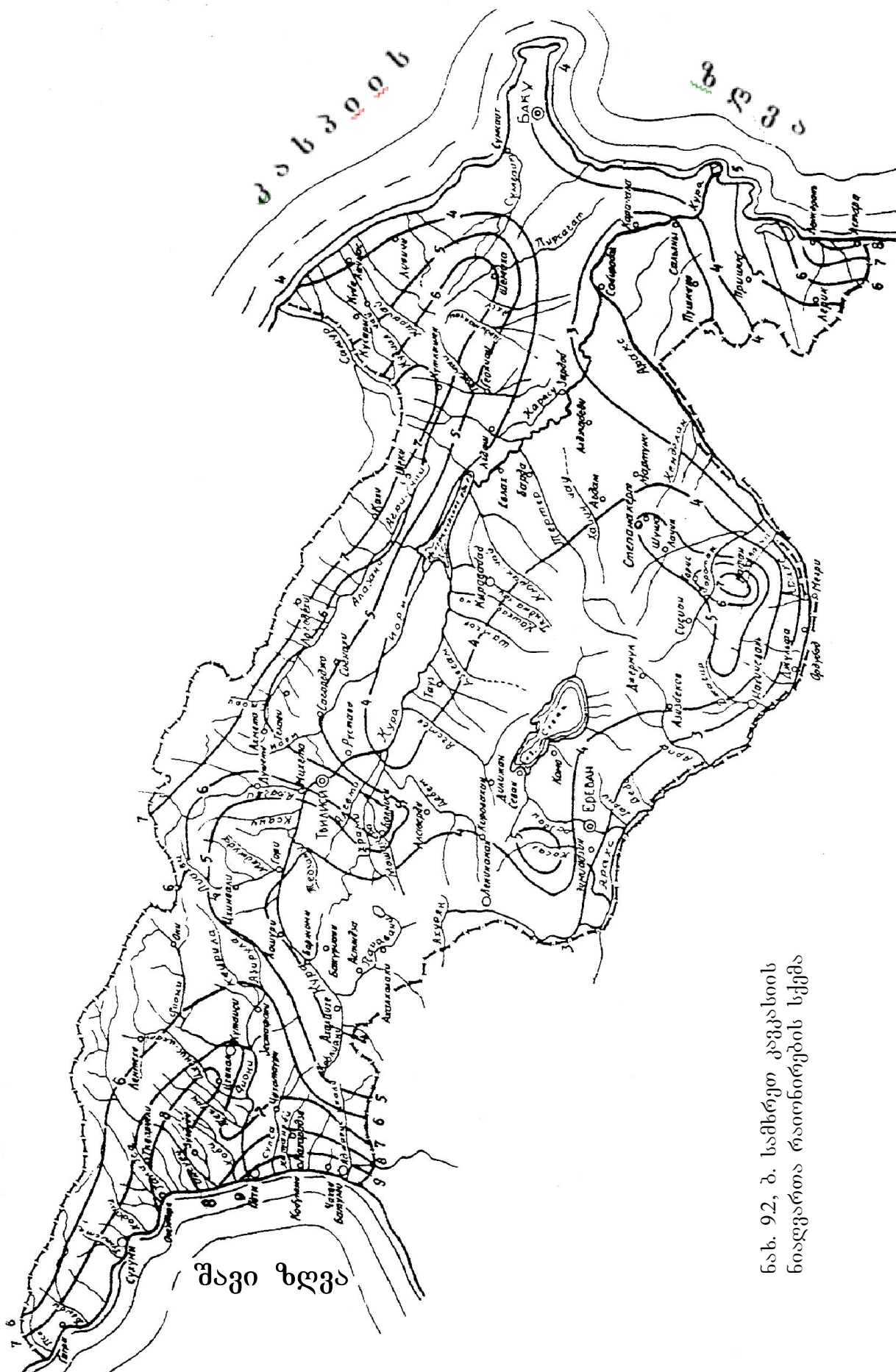
გლუვი ზედაპირიანი აუზებისათვის  $K_t$ -ს ცხრილის მნიშვნელობები აიღება ორმაგად, მაგრამ არ უნდა აღემატოს 5,24 რაც შეესაბამება სრულ ჩამონადენს.

ამგვარად, ნაწვიმარის ჩამონადენის ხარჯის საანგარიშო ფორმულა, (9.6) და (9.1) განტოლებების გათვალისწინებით მიიღებს სახეს

$$Q = 16,7a_{საათ} K_t F \alpha \varphi . \quad (9.9)$$

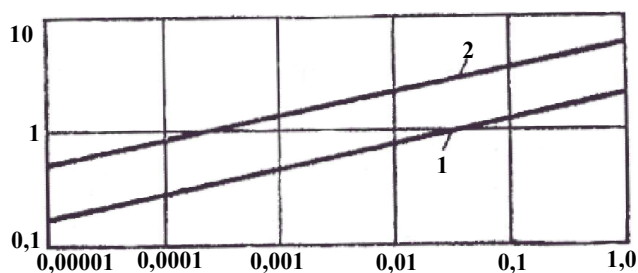
სრული ჩამონადენის ხარჯის ფორმულა როდესაც  $K_t = 5,24$  და  $\varphi = 1$  შემდეგია

$$Q_{მღ} = 87,5a_{სთ} F \alpha . \quad (9.10)$$



ნახ. 9.2, ბ. სამხრეთ კავკასიის  
 ნაღვართა რაიონების სქემა





ნახ. 9.3. ნაკადის ჩამოღინების სიჩქარის დამოკიდებულება აუზის ქანობზე:

- 1 – წყალშემკრების ზედაპირი ბალახიანია;
- 2 – გლუვი, მაგარი ზედაპირი.

ცხრილი 9.4

კმ	$K_r$ მნიშვნელობები აუზის ქანობის მიხედვით								
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	
0,15	4,21	სრული ჩამონადენი						5,24	
0,30	2,57	3,86							
0,50	1,84	2,76	3,93						
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05				
1,00	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18	
1,25	1,00	1,49	2,20	3,24	3,60	3,90	4,23	4,46	
1,50	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90	
1,75	0,80	1,18	1,75	2,58	2,84	3,96	3,33	3,52	
2,00	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27	
2,5	0,63	0,92	1,37	2,02	2,26	2,44	2,65	2,80	
3,0	0,56	0,82	1,21	1,79	2,0	2,16	2,34	2,49	
3,5	0,50	0,74	1,10	1,62	1,81	1,95	2,12	2,31	
4,0	0,46	0,68	1,0	1,48	1,65	1,78	1,94	2,11	
4,5	0,42	0,62	0,93	1,37	1,53	1,65	1,78	1,95	
5,0	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82	
6,0	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36	1,48	1,61	
6,5	0,33	0,49	0,73	1,07	1,20	1,29	1,40	1,53	
7,0	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45	
8,0	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12	1,22	1,33	
9,0	0,27	0,39	0,58	0,86	0,96	1,04	1,13	1,23	
10,0	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14	
11,0	0,23	0,34	0,51	0,75	0,84	0,91	0,98	1,07	
12	0,22	0,32	0,48	0,71	0,78	0,86	0,93	0,93	
13	0,21	0,31	0,46	0,67	0,75	0,81	0,88	0,96	
14	0,20	0,29	0,43	0,64	0,72	0,79	0,84	0,91	
15	0,19	0,28	0,41	0,61	0,68	0,74	0,80	0,87	
20	0,16	0,23	0,34	0,50	0,56	0,61	0,66	0,72	

ნაწვიმარის ჩამონადენის მოცულობა იანგარიშება როგორც ჩამონადენის შრის  $h$  ნამრავლი წყალსაკრების ფართზე  $F$ .

შრის სისქვა

$$h = a_{\text{საანგ}} \alpha \varphi t_{\text{საანგ}} = K_t a_{\text{სთ}} \frac{L}{V} \alpha \varphi . \quad (9.11)$$

შესაბამისად ჩამონადენის მოცულობა ( $მ^3$ )

$$W = 60000 a_{\text{სთ}} \frac{F}{\sqrt{K_t}} \alpha \varphi . \quad (9.12)$$

მცირე წყალგამტარი ნაგებობები იანგარიშება, როგორც წესი, საანგარიშო წვიმის ხარჯის მხოლოდ ნაწილის გატარებაზე. სრული ნიაღვრული ხარჯის გატარებაზე იანგარიშება მხოლოდ სრული ჩამონადენის შემთხვევაში (იხ. ცხ. 9.4), როდესაც გარდამავალი კოეფიციენტი  $K_t$  აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას 5,24.

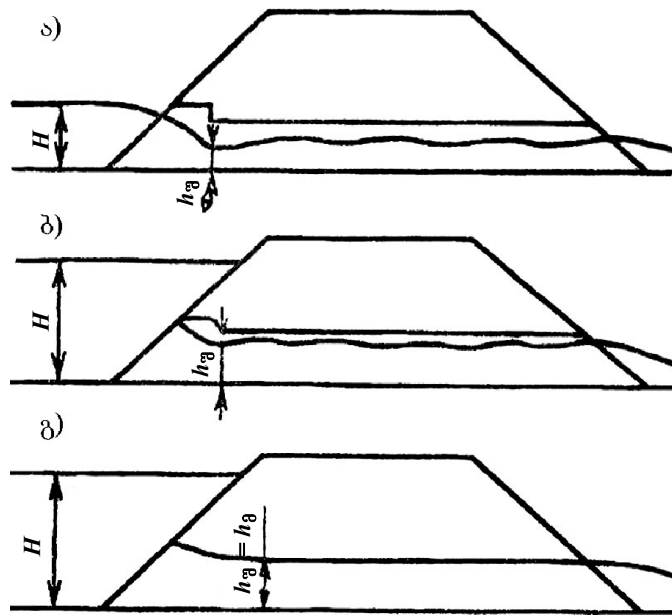
### 9.3. მილების ხერტის ანგარიში

მილის წინ შეტბორვის სიღრმისა და სათავეს ნაგებობის ტიპის მიხედვით არსებობს მილებში წყლის გადინების შემდეგი რეჟიმები:

უდაწნეო რეჟიმი, როდესაც შეტბორვა მილის სიმაღლეზე ნაკლებია შესასვლელთან ან აღემატება მას არა უმეტეს 20% და მილის მთელ სიგრძეზე წყლის ნაკადს თავისუფალი ზედაპირი აქვს (ნახ. 9.4, ა).

ნახევრად დაწნევითი რეჟიმი – შეიქმნება ჩვეულებრივი ტიპის სათავეებთან იმ შემთხვევაში, როდესაც შეტბორვა აღემატება მილის სიმაღლეს შესავალთან 20%-ზე მეტად; შესასვლელში მილი მუშაობს მთლიანი კვეთით, ხოლო მთელ დანარჩენ სიგრძეზე ნაკადს აქვს თავისუფალი ზედაპირი (ნახ. 9.4, ბ).

დაწნევითი რეჟიმი – იქმნება სპეციალურ გარსდენის ფორმის მქონე სათავეებთან როდესაც მილის ზედა ნაწილი შესავალში იტბორება 20%-ზე მეტად (ნახ. 9.4, გ) მილის სიგრძის მეტ ნაწილზე მუშაობს მთელი კვეთით და მხოლოდ გამოსავალთან ნაკადი შეიძლება მოწყდეს მილის ზედაპირს (ჭერს). როდესაც მილის შესავალთან შეტბორვა მნიშვნელოვნად აღემატება მის სიმაღლეს დაწნევითი რეჟიმი შეიძლება პერიოდულად შეიქმნას ნორმალური ტიპის სათავეებთანაც, მაგრამ ჰაერის გარღვევის შედეგად შესავალ სათავესთან შექმნილ ძაბრულიდან წყლის გადინება ხშირად გადადის ნახევრად დაწნევით რეჟიმზე (ნახ. 9.4).



ნახ. 9.4. მიღების მუშაობის რეჟიმები:  
 ა - უდაწნევო; ბ - ნახევრადდაწნევი; გ - დაწნევი

ვინაიდან ნაგებობასთან მოდენილი წყლის რაოდენობის განსაზღვრა მაღალი სიზუსტით არ ხდება ნაგებობის ხვრეტის ანგარიშებში შეიძლება გამოყენებული იქნას გამარტივებული მეთოდები.

ქვემოთ მოყვანილია მილის გამტარუნარიანობის მიახლოებითი საანგარიშო ფორმულები, რომლებიც შეესაბამება მილში წყლის დინების სამ რეჟიმს:

ა) უდაწნეო რეჟიმი

$$Q_0 = \varphi_{\text{ყ}} \cdot \omega_{\text{გ}} \sqrt{2g(H - h_g)}, \quad (9.13)$$

$Q_0$  - ნაგებობაში გამგედილი წყლის ხარჯი;

$\omega_{\text{გ}}$  - მილში შეკუმშული კვეთის ფართი, იანგარიშება როდესაც სიღრმე  $h_{\text{გ}}=0,5H$ .

$\varphi_{\text{ყ}}$  - სიჩქარის კოეფიციენტი, უდაწნეო რეჟიმისათვის.

ვინაიდან სიღრმე შეკუმშულ კვეთში კრიტიკულზე ნაკლებია და მიახლოებით უდრის  $h_{\text{გ}}=0,9h_{\text{კრ}}$  შეიძლება ჩავწეროთ

$$V_{\text{გ}} = V_{\text{კრ}} : 0,9, \quad h_{\text{გ}} = 0,9V_{\text{კრ}}^2 : g = 0,73 \frac{V_{\text{გ}}^2}{g}.$$

დამოკიდებულება სიღრმეებს  $H$ -სა და  $h_{\text{გ}}$ -ს შორის, გამოისახება ფორმულით

$$H = h_{\text{გ}} + \frac{V_{\text{გ}}^2}{2g\varphi_{\text{ყ}}^2}. \quad (9.14)$$

ჩვეულებრივ მნიშვნელობისათვის  $\varphi_3=0.82-0.85$

მივიღებთ (ყველა სათავეებისათვის გარდა გარსდენის ფორმისა, რომელიც უზრუნველყოფს დინებას დაწნევიით რეჟიმით)

$$H = h_3 \left(1 + \frac{1}{2 \cdot 0,9^3 \varphi_3^2}\right) \approx 2h_3, \quad (9.15)$$

$$Q_3 = \varphi \cdot \omega_3 \sqrt{gH}, \quad (9.16)$$

სწორკუთხა კვეთებისათვის  $\omega = 0,5bH$

$$Q_3 = 0,5\varphi_3 \sqrt{gb} H^{3/2} = MbH^{3/2} \quad (9.17)$$

ახ

$$Q_3 = 1,35 \cdot b \cdot H^{3/2}. \quad (9.18)$$

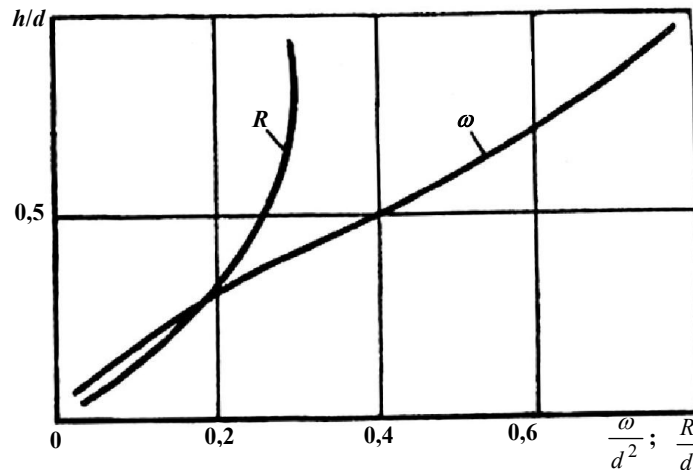
რაც შეესაბამება წყალგადასაშვების ხარჯის კოეფიციენტს  $m=30$ . მრგვალ განივ კვეთებისათვის ფართი  $\omega_3$  შეიძლება გამოთვლილი იქნას გრაფიკის საშუალებით (ნახ. 9.5) სადაც მოცემულია სიდიდეები

$$\omega_3 : d^2 = f(hg : d) \quad \text{და} \quad R : d = f(hg : d)$$

ბ) ნახევრადდაწნევიით რეჟიმი

$$Q_3 = \varphi_6 \varepsilon \omega_3 \sqrt{2g(H - hg)}, \quad (9.19)$$

სადაც  $h_3=0,6h_3$  მიღში წყლის შესვლის სიმაღლე.



ნახ. 9.5. მრგვალი მილების საანგარიშო დამხმარე გრაფიკები

ჩვეულებრივ მნიშვნელობებისათვის  $\varphi_6=0,85$  და  $\varepsilon=0,6$

$$Q_3 = 0,5\omega_3 \sqrt{2g(H - h_3)} \quad (9.20)$$

$\omega_3$  - შესასვლელის კვეთის მთლიანი ფართი, ადვილად იანგარიშება სწორკუთხა და მრგვალ კვეთებისათვის.

ვ) დაწნევეთი რეჟიმი.

$$Q_0 = \varphi_0 \omega_0 \sqrt{2g[(H - h_0) - \ell(i_\omega - i)]}. \quad (9.21)$$

$\omega_0$  და  $h_0$  – კვეთის ფართი და სიმაღლე მილის ძირითად სიგრძეზე;  $\varphi_0$  სიჩქარის კოეფიციენტი დაწნევიანი რეჟიმისთვის  $\varphi_0=0,95$  (გარსდენის ფორმის სათავესათვის).

$i$  – მილის ქანობი;  $i_\omega$  – ხახუნის ქანობი.

იმისათვის, რომ ჩამოყალიბდეს ნახევრადდაწნევეთი ან დაწნევეთი რეჟიმი, მილის ქანობი  $i$  უნდა იყოს გარკვეულ ფარდობაში ხახუნის ქანობთან, ამისათვის ხარჯი გავლისას მთლიანად უნდა ავსებდეს მილის განივ კვეთს, მაგრამ არ აღემატებოდეს ატმოსფერულ წნევას ზედა ნაწილში.

ნახევრადდაწნევეთი რეჟიმი და ატმოსფერული წნევა შეკუმშული კვეთში შესასვლელთან ჩამოყალიბდება როდესაც მილში შესასვლელი შეტბორილია და

მილის ქანობი  $i > i_\omega$  სადაც  $i\omega = \frac{Q_0^2}{K_0^2}$  მთლიანად შევსებული. მილის ხარჯის

მასხასიათებელი  $K_0 = \omega c \sqrt{R}$  იანგარიშება მისი მოხაზულობის მიხედვით; მრგვალ მილებისათვის  $K_0 = 24d^{8/3}$  ეს შემოწმება განივი კვეთის შეუვსებლობაზე აუცილებელია უდაწნეო მილებისათვის (შეუტბორავი შესასვლელით), რომელთა სიგრძე გაცილებით მეტია მათ სიმაღლეზე.

დაწნევეთი რეჟიმი და მილის მუშაობა მთელი კვეთით მთელ სიგრძეზე როდესაც არ იტბორება გამოსავალი, გარანტირებული როდესაც  $i \leq i_\omega$  ამავე დროს  $i < i_\omega$  წყლის სიღრმე დაწნევეთი მილის წინ ტოლია, როგორც ეს გამომდინარეობს ფორმულა (9.21)-დან.

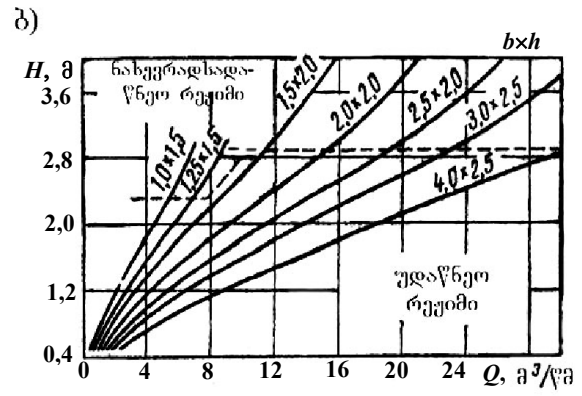
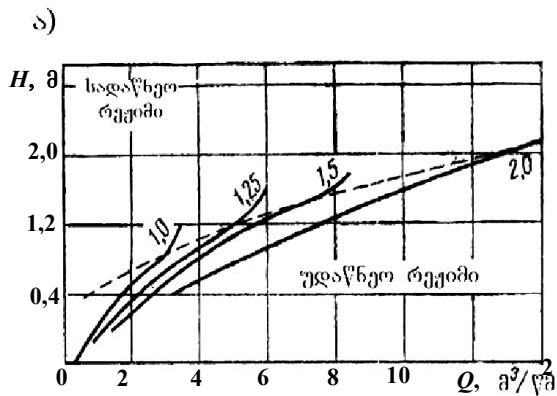
$$H = h_0 + \frac{Q_0^2}{2g\varphi_0^2\omega_0^2} + \ell_0(i_\omega - i),$$

სადაც  $\ell_0$  – მილის სიგრძეა.

როდესაც  $i = i_\omega$  ხდება დაწნევეთი რეჟიმების ნახევრადამწევეთი გადასვლა.

როდესაც  $i > i_\omega$  დაწნევეთი რეჟიმი წყდება წყლის სიღრმე მილის წინ ამ შემთხვევაში იანგარიშება ფორმულით (9.19).

სხვადასხვა რეჟიმით გამომუშავე მილის გამტარუნარიანობის საანგარიშო ფორმულების საფუძველზე აღგენენ ტიპობრივი მილების გამტარუნარიანობის საანგარიშო ცხრილებს ან გრაფიკებს (მილები შენდება მხოლოდ ტიპობრივები). ასეთი ცხრილები მოყვანილია ტიპობრივ პროექტებში. მათ შორის ეგრეთ-



ნახ. 9.6. ტიპური უნიფიცირებული მილების გამტარუნარიანობის გრაფიკები:  
 ა – მრგვალი მილებისათვის; ბ – სწორკუთხა მილებისათვის, ციფრები  
 მრუდებზე - მილის ხერცები, მ

წოდებულ უნიფიცირებულ მილებისათვის (ნახ. 9.6), რომლებმაც ფართო გამოყენება ჰპოვა მშენებლობაში.

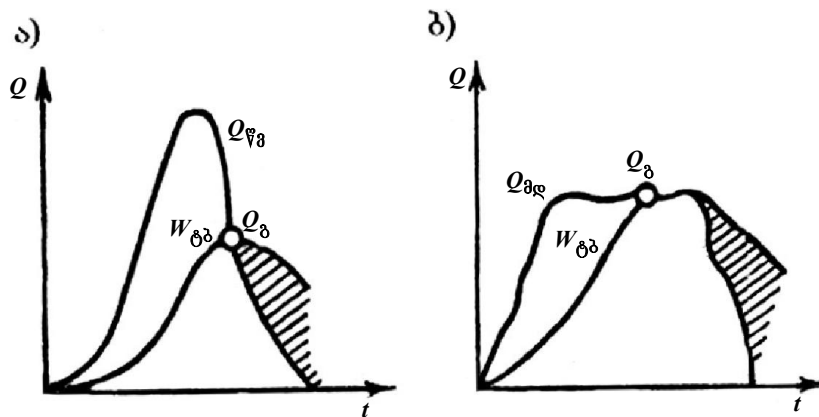
#### 9.4. წყლის აკუმულაციის გათვალისწინება მცირე წყალგამტარ ნაგებობების წინ

მილების ხერცის დანიშვნისას გათვალისწინებული უნდა იქნას ნიაღვრული წყლების აკუმულაცია ნაგებობის წინ ამავე დროს წინასწარ არ შეიძლება დასახელებულ იქნას საანგარიშო ხარჯის შემცირების დონე, ვინაიდან წყლის სიღრმე ნაგებობის წინ (ტბორის სიღრმე) არ არის ცნობილი. ეს ართულებს ანგარიშს და გვაიძულებს ჩავატაროთ ის თანმიმდევრული მიახლოების გზით, ან გრაფიკულ-ანალიზური ხერხით რომელიც მოყვანილია ქვემოთ.

მცირე ხელოვნური ნაგებობები თითქმის ყოველთვის დიდად ამჭიდროვებენ ნაკადს და ცვლიან მისი თავისუფალი გადინების რეჟიმს.

წყლის ნაწილის ნაგებობის წინ დროებითი დაგროვების შედეგად მოდენის ჰიდროგრაფი ტრანსფორმირდება დროში მეტად გაჭიმული გადაადების ჰიდროგრაფში, რის შედეგადაც მცირდება ნიაღვრული წყლების გადასადები საანგარიშო ხარჯი ნაგებობაში  $Q_3$  აუზთან წამში უდიდეს მოდენასთან შედარებით  $Q_{წ3}$  (ნახ. 9.7, ა). დაგროვილი წყლის მოცულობა  $W_{გ3}$  ჩამონადენის საერთო მოცულობისას დამოკიდებულია მოდენის ჰიდროგრაფზე, ნაგებობის ხერცზე და იმ უბნის რელიეფზე, რომლის ფარგლებშიც იქმნება დროებითი წყალსატევი.

ნაგებობის ხვრეტში წყლის ხარჯს განაპირობებს შესაშვებ ღარზე წყლის ტბორის სიმაღლე. ვიწრო, მკაფიოდ გამოხატულ დიდი ქანობის მქონე ხევებში წყალდიდობის დროსაც კი, როგორც წესი ტბორი აღწევს ზომებს, რომლის დროს ხვრეტში წყლის ხარჯი უდიდესი წამური მოდენის ტოლია. ნაგებობის წინ დაგროვილი წყლის მოცულობა მოდენილი წყლის მთლიან მოცულობასთან შედარებით უმნიშვნელოა და პრაქტიკულად არ მოქმედებს ნაგებობაში ხარჯის სიდიდეზე. ასეთ შემთხვევებში ნაგებობის ხვრეტის დადგენისას საანგარიშო ხარჯად შეიძლება მიღებული იქნას მოცემული გადამეტების ალბათობის უდიდესი ხარჯი. ასევე აკუმულაციის გათვალისწინების გარეშე უნდა იქნას გაანგარიშებული მცირე ნაგებობები თოვლის დნობით გამოწვეულ წყალმოვარდნებზე, რომლებიც ყოველთვის გაჭიმულია დროში. (ნახ. 9.7. ბ).



ნახ. 9.7. წყლის მიდინების ჰიდროგრაფის გარდაქმნა ნაგებობასთან. გადასაგდები ხარჯების ჰიდროგრაფად.  
 ა – ნიაღვრის ჩამონადენი; ბ – მდნარი წყლების ჩამონადენი.

შედარებით ნაკლებად დახრილ, გაშლილ და სუსტად გამოხატულ ხევებში, ნაგებობის წინ ტბორის შექმნა იწვევს მნიშვნელოვან ფართზე უბნების შეტბორვას და გზის ვაკისის წინ დიდი მოცულობის ნიაღვრული წყლების დაგროვებას. ეს ნიაღვრული წყლები შეადგენენ წყალდიდობის საერთო მოცულობის მნიშვნელოვან ნაწილს. წყლის დონე ნაგებობის წინ ნელა მატულობს და ჩვეულებრივ ვერ აღწევს იმ სიდიდეს, რომელიც უზრუნველყოფს გადაგდებისა და უდიდესი წამური მოდენის ტოლობას. წყლის ხარჯი ნაგებობის ხვრეტში ხშირად ბევრად ნაკლებია აუზის საანგარიშო ხარჯზე. ასეთ შემთხვევაში წყლის აკუმულაცია გათვალისწინებული უნდა იქნას ნაგებობის ხვრეტის სიდიდის დადგენისას ნაწვიმის ჩამონადენის გასატარებლად.

ნათქვამიდან გამომდინარეობს, რომ აკუმულაციის ანგარიშის გარეშე შეუძლებელია დავადგინოთ ჩამონადენის რომელი სახეობაა მეტად საშიში

ნაგებობისთვის, მიუხედავად იმისა, რომ მდნარი წყლების უდიდესი მოდენა ნაკლებია ვიდრე ნაწვიმარის, ანუ  $Q_{აღ} < Q_{წ}$  საშიში შეიძლება აღმოჩნდეს მდნარი, წყლების ჩამონადენი  $Q_{აღ} > Q_{ბ} < Q_{წ}$  ამასთან დაკავშირებით სხვადასხვა წარმოშობის მაქსიმალური ხარჯების დადგენის შემდეგ საჭიროა ნაგებობის ხვრეტი ვიანგარიშით მდნარი წყლების გატარებაზე, როდესაც  $Q_{ბ} = Q_{აღ}$  და ნიაღვრული წყლების გატარებაზე აკუმულაციის გათვალისწინებით, ანუ როდესაც  $Q_{ბ} < Q_{წ}$  ორი ხვრეტიდან უდიდესი მიღებული უნდა იქნას შემდგომი პროექტირებისათვის. მოდენის ჰიდროგრაფის ფართის ნაწილი, რომელიც განლაგებულია გადასაგდები ხარჯების გამომსახველი მრუდის ზევით (ნახ. 9.7, ა), წარმოადგენს ნაგებობის წინ დაგროვილი წყლის მოცულობას. დაგროვების მოცულობის და აუზიდან ჯამური მოდენის ფარდობა განსაზღვრავს წყალდიდობის ტრანსფორმაციის დონეს და შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც წყალშემკრების სარეზერვო მოცულობის მარეგულირებელი შესაძლებლობის მაჩვენებელი ნაგებობის წინ.

დამოკიდებულება  $W_{ბბ} = f(H)$  შეიძლება გამოსახული იქნას მრუდით, რომელიც აიგება ნაგებობის წინა უბნის ჰორიზონტალებთან გეგმაზე. თუ მივიღებთ, რომ აუზის ფერდებს გააჩნია ერთი სახეობის ქანობები და შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ორი სიბრტყის სახით, რომლებიც იკეთება ხევის ხაზზე, ეს დამოკიდებულება შეიძლება გამოსახული იქნას ანალიზურად (ნახ. 9.8).

$$W_{ბბ} = \frac{m_1 + m_2}{6i} H^3 = aH^3, \quad (9.22)$$

სადაც  $i$ ,  $m_1$ ,  $m_2$  – ხევის საშუალო ქანობი და ფერდობის საშუალო დახრილობაა. დაგუშვებთ რა მოდენისა და გადასაგდები ხარჯებისათვის ჰიდროგრაფის სამკუთხა ფორმას, მივიღებთ (იხ. ნახ. 9.7).

$$Q_{ბ} = Q_{წ} \left( 1 - \frac{W_{ბბ}}{W} \right) = Q_{წ} \left( 1 - \frac{a}{W} H^3 \right). \quad (9.23)$$

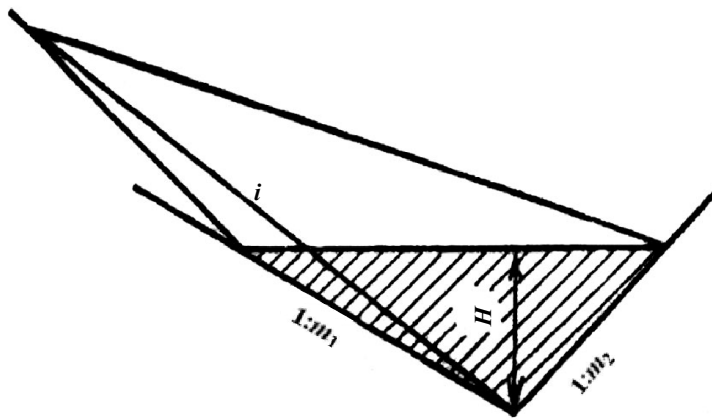
ხარჯების ცხრილების გამოყენების შემთხვევაში აკუმულაციის გათვალისწინება შეიძლება მხოლოდ შერჩევით.

თუ გამოვიყენებთ გრაფიკებს ანგარიში შეიძლება შესრულდეს გრაფიკულ-ანალიზური ხერხით, რაც გამოიხატება იმაში, რომ გრაფიკი (იხ. ნახ. 9.6) გადაკეთდება კოორდინატთა ახალ სისტემაში ( $Q_{ბ}$  და  $H_3$ ), რომელზეც განტოლება (9.23) გამოსახულია სწორი ხაზით (ნახ. 9.9).

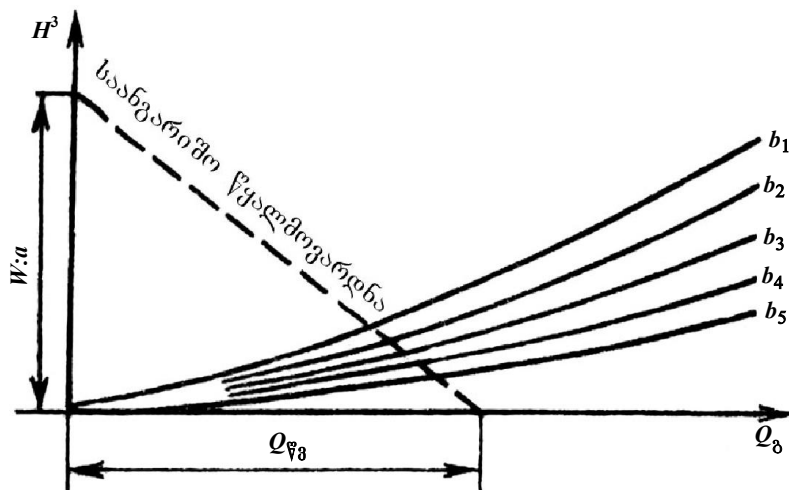
აკუმულაციის სწორის ასაგებად საკმარისია შევადგინოთ წერტილები კოორდინატებით  $O_{წ}(Q_{ბ}$  ღერძზე) და  $W:a$  ( $H^3$  ღერძზე) აკუმულაციის სწორის



გადაკვეთები მიღების გამტარუნარიანობის მრუდებთან უშუალოდ იძლევა საჭირო პასუხებს. გადაკვეთის ყოველ წერტილს შეესაბამება გადასაგდები ხარჯი  $Q_3$  და ნაგბორის გარკვეული სიდიდე  $H^3$ .



ნახ. 9.8. ტბორის მოცულობის დასადგენი სქემა



ნახ. 9.9. მიღების ხერტის საანგარიშო სქემა აკუმულაციის გათვალისწინებით

ჩამონადენის მოცულობების ბალანსისა და დროთა ინტერვალების მიხედვით მოდენისა და გადაგდების ჰიდროგრაფების აგებისას მიიღება უფრო ზუსტი ამოხსნა ვიდრე იძლევა განტოლება (9.23) ჩატარებული ანგარიშების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 9.5. ანგარიში ტარდება უშუალოდ განტოლებით.

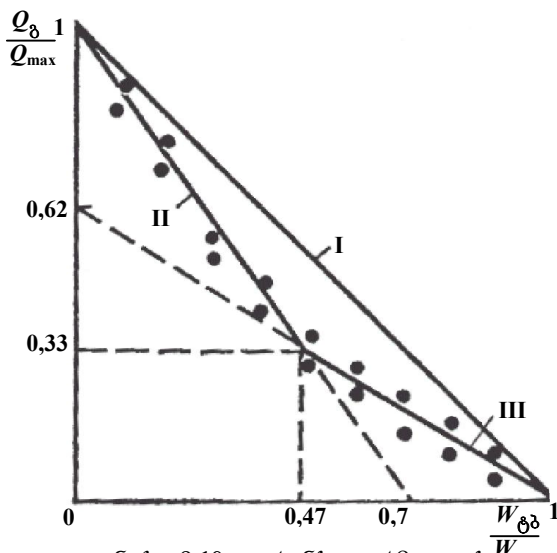
$$Q_3 = \lambda_p \cdot Q_{\text{წ3}}, \quad (9.24)$$

სადაც  $\lambda_p$  – ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი, მაგრამ გამოსახულია უფრო რთული ფუნქციით ვიდრე ფორმულა (9.23).

$\frac{W_{\text{ტბ}}}{W}$	$\lambda_p = Q_{\text{ტბ}} : Q_{\text{წვ}}^{\text{წვ}}$		$\frac{W_{\text{ტბ}}}{W}$	$\lambda_p = Q_{\text{ტბ}} : Q_{\text{წვ}}^{\text{წვ}}$	
	$F \leq 10 \text{ კმ}^2$	$F > 10 \text{ კმ}^2$		$F \leq 10 \text{ კმ}^2$	$F > 10 \text{ კმ}^2$
0	1,0	1,0	0,50	0,30	0,35
0,05	0,97	0,97	0,55	0,26	0,31
0,10	0,90	0,90	0,60	0,23	0,27
0,15	0,82	0,82	0,65	0,20	0,24
0,20	0,73	0,73	0,70	0,17	0,21
0,25	0,62	0,62	0,75	0,14	0,18
0,30	0,53	0,55	0,80	0,12	0,15
0,35	0,49	0,50	0,85	0,10	0,12
0,40	0,45	0,45	0,90	0,08	0,09
0,45	0,35	0,40	0,95	0,04	0,05

ცხრილი 9.5 და ფორმულა 9.24-ის გამოყენება ანგარიშებში შესაძლებელია შემდეგნაირად: მიიღება ზღვრული შეტბორება ნაგებობის წინ  $H$  შემდეგ იანგარიშება ტბორის მოცულობა  $W_{\text{ტბ}}$  ვიცით რა ჩამონადენის მოცულობა  $W$  – ვიპოვიტ ცხრილში 9.5.  $\lambda_p$  – სიდიდეს ასეთი ანგარიში მოხერხებულია ხიდების ხვრეტის დასადგენად.

მიღების ხვრეტის ანგარიშის შემთხვევაში ეს მიმდევრობა ძნელი გამოსაყენებელია ვინაიდან თუ არ ვიცით გადასაგდები ხარჯი  $Q_{\text{ტ}}$  წყლის სიღრმის  $H$  მიღება შეუძლებელია. ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ანგარიშების შედეგებზე დაყრდნობით, შეიძლება დაზუსტებული იქნას აკუმულაციის



ნახ. 9.10. ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის წრფეები I, II, III – სხვადასხვა ავტორთა მონაცემებით

გათვალისწინება მილის ხვრეტის დანიშნისას. ამ ანგარიშებმა გვიჩვენა, რომ გადასაგდები ხარჯების ფაქტიური (მრუდხაზოვანი) მოხაზულობა სწორხაზოვანთან შედარებით იძლევა საანგარიშო ხარჯების მეტ შემცირებას. ამ პირობით გრაფიკზე (ნახ. 9.10), სწორი შეცვლილია ორი მონაკვეთით, რომელთაგან ერთი მოიცავს გადასაგდები ხარჯების დაქვეითების მთელ ზონას. ეს დაშვებულია ხიდებისა და მილების პროექტირების ტექნიკური პირობებით რომელიც კრძალავს ნაგებობაში ხარჯის შემცირებას სამჯე-

რადზე მეტად.

ორი სწორი მონაკვეთი გამოისახება განტოლებით:

$\lambda_p$  - ზონისათვის  $1=0,33$  ფარგლებში

$$Q_{\delta} = Q_{\nabla_3} \left( 1 - \frac{W_{\delta\delta}}{0,7W} \right), \quad (9.25)$$

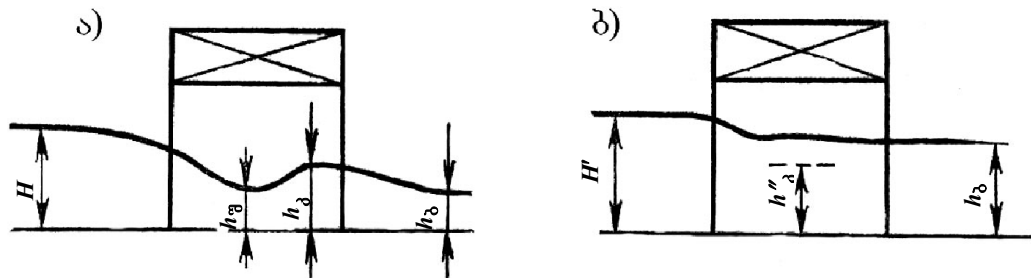
გამოყენებული ზონისათვის  $\lambda_p$ , 0,33

$$Q_{\delta} = 0,62 Q_{\nabla_3} \left( 1 - \frac{W_{\delta\delta}}{W} \right). \quad (9.26)$$

### 9.5. მცირე ხიდების ხვრეტის ანგარიში და ნაგებობების სიმაღლის დადგენა

მცირე ხიდების ხვრეტის მიახლოებით ანგარიშს (ნახ. 9.11) აწარმოებენ თავისუფალი გამოდინების სქემით, გამოიყენება ფორმულა (9.18), რომელსაც ეძლევა სხვა სახე

$$b = \frac{Q_{\delta}}{1,35H^{3/2}}. \quad (9.27)$$



ნახ. 9.11. მცირე ხიდის ქვეშ წყლის გადინების სქემა:  
 ა - თავისუფალი გადინება; ბ - არათავისუფალი გადინება.

თუ ვიცით, რომ  $H = 2h_2 = 1,45 \frac{V_{\nabla}^2}{g}$  მიიღება ანგარიშის შემდეგი მიმდევრობა:

კალაპოტის გამაგრების სასურველი ტიპის მიხედვით, მიიღება სიჩქარე  $V_{\nabla}$  ხიდის ქვეშ ვისარგებლოთ ცხრილი 8.4.

იანგარიშება დაწნევა  $H$

იანგარიშება ტბორის მოცულობა  $W_{\delta\delta} = aH_3$

მოიძებნება კოეფიციენტი 1, ცხრილი 9.5.

ყოველგვარი თანმიმდევრობით მიახლოების გარეშე და ყრილის წინ წყლის აკუმულაციის გათვალისწინებით

$$Q_{\text{ა}} = \lambda_p \cdot Q_{V_{\text{ა}}} \text{ ან } Q_{\text{ბ}} = Q_{\text{ა}}.$$

თუ მივიღებთ ხიდის ტიპობრივ პროექტს  $b$  ხვრეტით საჭიროა გადავიანგარიშოთ დაწინევა ფორმულით

$$H = \left( \frac{Q_{\text{ბ}}}{bM} \right)^{2/3} = \left( \frac{Q_{\text{ბ}}}{1,35b} \right)^{2/3}. \quad (9.28)$$

დავსახავთ რა სიხქარეს  $V_{\text{ა}}$  საჭიროა ვიქონიოთ მხედველობაში, რომ ნაკადში ეს სიხქარე შეიმჩნევა მხოლოდ ძალიან მცირე მანძილზე სიღრმე  $h_{\text{ა}}$  ზონაში, რასთან დაკავშირებით ცხრილში მოყვანილი სიხქარეების (იხ. ცხრ. 8.4) შეიძლება გავზარდოთ 10%.

წყლის ნაკადის ძალიან დიდი სიღრმის შემთხვევაში გამყვან კალაპოტში ხიდის ხვრეტი იანგარიშება არათავისუფალი გადინების სქემით. როდესაც ნახტომი წარმოქმნილი შეკუმშულ კვეთში, შეტბორილი იქნება ბუნებრივი დონით, ანუ იმ პირობით, რომ ბუნებრივი სიღრმე

$$h_{\text{ა}} \geq 1,3h_{\text{ბ}} = 1,45h_{\text{ა}} = 0,73H. \quad (9.29)$$

ვინაიდან  $h_{\text{ა}} = 0,9h_{\text{ბ}}$  აქ  $H_{\text{ა}}$  იანგარიშება ფორმულით

$$H = 1,45 \frac{V_{\text{ა}}^2}{g}. \quad (9.30)$$

არათავისუფალი გადინების შემთხვევაში ხიდის აუცილებელი ხვრეტი ტოლია

$$b = \frac{Q}{h_{\text{ბ}} \cdot V_{\text{ა}}}, \quad (9.31)$$

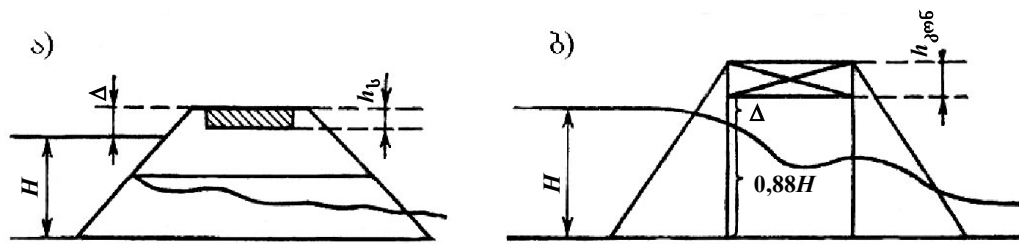
სადაც  $h_{\text{ბ}}$  ბუნებრივი სიღრმეა, რომელიც შეირჩევა ხარჯისათვის  $Q < Q_{V_{\text{ა}}}$  თანაბარი მოძრაობის განტოლებით ხევის ბუნებრივი კვეთისათვის, ცნობილი ხორკლიანობისა და ქანობებისათვის, ისევე როგორც შეირჩევა წყლის სიღრმე არსში.

წყალსაგდები ხარჯის სიდიდე  $Q_{\text{ბ}}$  იანგარიშება ფორმულა (9.25). ტბორის მოცულობის გათვალისწინებით ნაგებობის წინ მოსალოდნელი წყლის სიღრმე

$$H' = h_{\text{ბ}} + \frac{V_{\text{ა}}^2}{2g\phi_{\text{ა}}^2}. \quad (9.32)$$

ნახევრადდაწინევითი და დაწინევითი რეჟიმის მიღებთან ყრილის ნიშნული უნდა აღემატებოდეს წყლის შეტბორვის დონეს არა ნაკლები 1,0 მეტრისა, ხოლო დაუწინეველი რეჟიმის მიღებთან არანაკლები 0,5 მ-სა. მილის ზევით ყრილის ნიშნული არ უნდა იყოს სამოსის სისქეზე ნაკლები, ეს უზრუნველყოფს ყრილის

აუცილებელ სიდიდეს მილის ზევით და იცავს საგზაო სამოსს შეტბორვისგან ნაგებობის წინ წყლის ხანგრძლივი დგომის შემთხვევაში (ნახ. 9.12).



ნახ. 9.12. ყრილის სიმაღლის განსაზღვრის სქემა  
 წყალგაღამშვებ ნაგებობასთან: ა – მილთან; ბ – მცირე ხილთან

ხიდის სიმაღლე ნახ. 9.12-ის მიხედვით დაინიშნება ფორმულით

$$h_b = 0,88H + \Delta + h_{კონ}. \quad (9.33)$$

0,88 – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს წყლის დონის დაწევას ნაკადის ხიდის ქვეშ შესვლისას.  $\Delta = 0,5$ მ მილის ნაგებობის ძირის აწევა წყლის დონიდან.

თუ მოსალოდნელია ნიაღვრის მიერ ხეთა ძირკვების გამოტანა  $\Delta = 1,0$ მ.

$h_{კონ}$  – ხიდის ძალის ნაშენის კონსტრუქციული სიმაღლე.

ყრილის წარბა ხილთან აგრეთვე უნდა იქნას აწეული შეტბორილი წყლის ჰორიზონტიდან საგზაო სამოსის სისქით. ხიდის სიგრძეს ვნიშნავთ კონუსების ფერდობის დახრილობისა და ხიდის ზედაპირის ხევის ძირთან ამადლების მიხედვით. გათვალისწინებული უნდა იქნას, რომ ხიდის ხვრეტი, გაანგარიშებული 9.27 ფორმულით გადაიზომება ნაკადის თავისუფალ ზედაპირზე, ხოლო არათავისუფალი გადენის შემთხვევაში – საშუალო ხაზზე (ანუ  $0,5 h_b$  სიღრმეზე).

### 9.6. მცირე ხიდების და მილების მიღმა კალაპოტის გამორეცხვის და გამაგრების ანგარიში

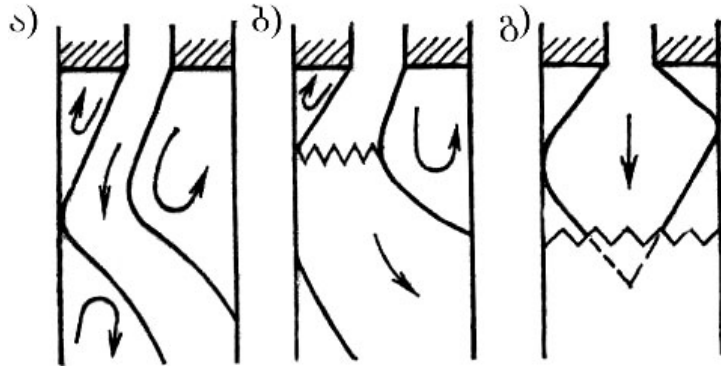
მცირე ხელოვნური ნაგებობების ექსპლუატაციის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ უმეტეს შემთხვევაში მათი დაზიანება გამოწვეულია წყლის ნაკადის ზემოქმედებით. გამორეცხვები როგორც წესი იწვევს გამოსავალ უბნებზე.

ნაგებობიდან გამოსავალში სიჩქარეები აღწევს 5-6 მ/წმ, დასაშვები სიჩქარეები კი გამყვანი კალაპოტის გრუნტებისათვის წარმოადგენს 0,7-1,0 მ/წმ.

გამომდინარე წყლის ნაკადს გააჩნია დიდი კინეტიკური ენერგია, რომელიც იწვევს კალაპოტის გამორეცხვას ნაგებობის გადაღმა.

უმეტეს შემთხვევაში ქვედა ბიეფის კალაპოტს წყალგამტარი ნაგებობების გაღმა მეტი სიგანე აქვს ვიდრე წყალგამტარი ნაგებობის ხვრეტის სიგანეა.

ნაკადის სივრცობრივი მოძრაობის ხასიათი ძალიან განიერ ქვედა ბიეფში დამოკიდებულია მასში წყლის სიღრმეზე და ნაკადის პარამეტრებზე ნაგებობიდან გამოსავალში. ნაკადის ბუნებრივი სიღრმის მიხედვით გამაგრებულ გადაწყვეთ კალაპოტში შესაძლებელია წყალგამტარი ნაგებობებიდან გამომავალი ნაკადის განიერ ქვედა ბიეფში ბუნებრივ ნაკადთან, შეუღლების სამი ფორმა, როდესაც  $B$  კალაპოტისა  $> 8b$  ნაგებობისა (ნახ. 9.13)



ნახ. 9.13. ნაკადების შეერთება ნაგებობის იქითა კალაპოტში:  
 ა - დატბორილი ჭავლით; ბ - მხარაქცეული ნაკადით;  
 გ - თავისუფალი გამოდინებით.

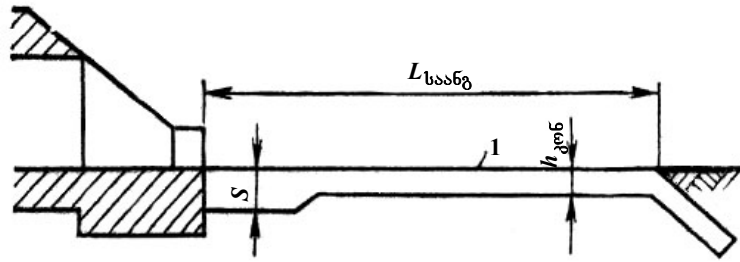
გამოსავალი უბნების გამორეცხვის ასაცილებლად საჭიროა კალაპოტის დაცვა გარკვეულ სიგრძეზე.

გამორეცხვისაგან დაცვა მდგომარეობს გამაგრების ტიპის და ზომების სწორ შერჩევაში, რასაც ნიშნავენ გამორეცხვის დაუშვებლად, ან გამორეცხვის უსაფრთხო სიდიდით დაშვების პირობიდან, როგორც კალაპოტის გამაგრებული უბნებისათვის ასევე თვით ნაგებობებისათვისაც. გამაგრების ტიპის დანიშვნა მილიდან გამოსავალში სიჩქარის მიხედვით სამართლიანია მხოლოდ წყნარ ნაკადებისთვის (შეუღლების პირველი ტიპი). ძლიერ ნაკადების განღვრისას სიჩქარეები მიიღება გაცილებით მეტი ვიდრე გამოსავალში, სიჩქარეები შეიძლება გაიზარდოს მიახლოებით 1,5-ჯერ.

გამოსავალ უბნებს არ ამაგრებენ თუ სიჩქარეები ნაგებობიდან გამოსავალში საკმაოდ მცირეა და მათ არ შეუძლიათ შეცვალონ თვით კალაპოტის ან ნაგებობის მდგომარეობა.

მცირე წყალგამტარ ნაგებობებთან დამცველი მოწყობილობების დაპროექტების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ გამყვანი კალაპოტების გამაგრების დიდ სიგრძეზე მოწყობა არ არის მიზანშეწონილი. გაცილებით ეკონომიურია მოკლე გამაგრებების მოწყობა, რომლებიც მთავრდება დამცველი (ჩამარხული) ფერდობი, რომლის ზევით განლაგებულია გამორეცხვის ორმოები,

უსაფრთხო, თუ ფერდის ქვედი მდებარეობს ორმოს ძირზე დაბლა (ნახ. 9.14). უზრუნველყოფილია როგორც ნაგებობების ასევე გამაგრების უსაფრთხოება.

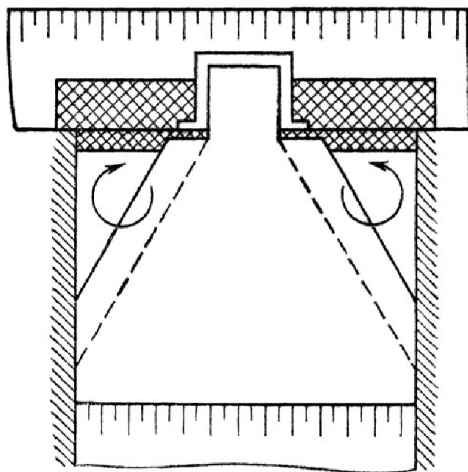


ნახ. 9.14. ნაგებობის იქით გამაგრების გრძივი ჭრილი.

დამცველი ფერდის ჩალრმავება დამოკიდებულია როგორც ნაკადის ჰიდრაულურ მახასიათებლებზე ასევე გამაგრების სიგრძეზე. გამორეცხვის სიღრმის სწრაფად დასადგენად გამაგრების იქით თავისუფალი განღვრის ყველაზე ხშირ შემთხვევისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ თეორიული ანგარიშების შემდეგი მონაცემებით.

$\frac{l_{\text{გამაგრ}} \operatorname{tg} \alpha}{b}$	0	1	2	3	4	5	8	10
$\Delta p:H$	1,55	0,98	0,78	0,65	0,59	0,54	0,45	0,40

აქ  $\Delta p:H$  გამორეცხვის ფარდობითი სიღრმეებია (ნაგებობის წინ წყლის სიღრმის ნაწილებში) დამოკიდებული გამაგრების ფარდობით სიგრძეზე  $l_{\text{გამაგრ}} \operatorname{tg} \alpha$ .



ნახ. 9.15. ნაგებობის მიღმა კალაპოტის გამაგრების სქემა

$b$  – ნაგებობის ხერცტი;  $\alpha$  – განღვრის კუთხე, განისაზღვრება გამოსავალი სათავის ტიპით, მაგრამ არა უმეტეს 450 (იხ. ნახ. 9.15).

მოყვანილ მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ თუ ნაგებობების გადაღმა გამაგრება არაა არის განვითარდება გამორეცხვა  $\Delta p \approx 1,5H$  გამაგრების მოწყობა  $(3 \div 4)b$  მეტი სიგრძით არა მიზანშეწონილი. გამაგრების მოხაზულობა გეგმაში ნაჩვენებია ნახ. 9.15. შესაძლებელია გამორეცხვის უფრო ზუსტი ანგარიშიც შეუძლებების ტიპის გათვალისწინებით.

## საავტომობილო გზის ტრასირება

### თავი 10. ტრასის მიმართულების შერჩევის ძირითადი წესები

#### 10.1. ტვირთაკადებისა და მოძრაობის ინსტენსიობის გათვალისწინება ტრასის მიმართულების შერჩევისას

საავტომობილო გზების დაპროექტებისას ვხვდებით ტრასის მიმართულების შერჩევის ორ პრინციპულად განსხვავებულ შემთხვევას:

1. დიდი საავტომობილო მაგისტრალების ან უმაღლესი კატეგორიის გზების დაპროექტება, როდესაც გზის საერთო მიმართულებას და ძირითად შუალედურ პუნქტებს ნიშნავენ საერთო სახელმწიფოებრივი ადმინისტრაციული, კულტურული და თავდაცვითი მოსაზრებებიდან გამომდინარე. ეს გზები უპირატესად გამოიყენება შორ მანძილზე საავტომობილო გადაზიდვებისათვის. ამ შემთხვევაში ადგილობრივი ტვირთაკადების მომსახურება, ასრულებს მეორეხარისხოვან როლს, ვინაიდან იგი დაკავშირებულია მაგისტრალურ გზასთან ახლო მდებარე დიდ სამრეწველო საწარმოებთან და დასახლებულ პუნქტებთან.

2. სამრეწველო და აგრარული რაიონების გზათა ქსელის დაპროექტება. ასეთი ქსელი ერთმანეთს აკავშირებს ტვირთის წარმოქმნისა და მოხმარების პუნქტებს. სამრეწველო საწარმოებს, სასოფლო მეურნეობებს, მაღაროებს და ტვირთის ნაკადების წარმოქმნის სხვა ადგილებს. ასეთი გზები მიემართებიან არსებული უფრო მაღალი კატეგორიის გზებისაკენ, რკინიგზის სადგურებისაკენ და ნავსადგომებისკენ. ამ შემთხვევაში საგზაო ქსელის მოხაზულობა ან მისასვლელი გზების მიმართულება უპირატესად განისაზღვრება ადგილობრივი ტვირთაკადების მომსახურების მოთხოვნებით. გზათა მიმართულება შერჩეული უნდა იყოს დასახლებული პუნქტებისა და სხვა ტვირთწარმოქმნელ წერტილებს შორის ისე, რომ ტვირთების გადაზიდვებისას სატრანპორტო სამუშაოს მოცულობა იყოს უმცირესი, ხოლო მგზავრობა კი მოხერხებული. იოლი რელიეფის პირობებში ეს სრულიად შესაძლებელია, ვინაიდან ტვირთაკადების სიდიდეები და მათი მიმართულება შეიძლება საკმაო სიზუსტით განისაზღვროს.

ორი დასახლებული პუნქტის დასაკავშირებლად ბუნებრივია, ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია გზის გაყვანა საჰაერო სწორი ხაზით. მაგრამ, დასახლებული პუნქტების დიდი რაოდენობისას, არ შეიძლება ისეთი გზების ქსელის აგება, რომელიც უმოკლესი მიმართულებით უშუალოდ შეაკავშირებს თითოეულ დასახლებულ პუნქტს ყველა სხვა დანარჩენ პუნქტებთან (ნახ. 10.1). ასეთი ქსელის აგება ეკონომიკურად არ იქნება გამართლებული და გამოიწვევს



სასოფლო-სამეურნეო საწარმოებიდან მიწის დიდი ფართობის გამოყოფას. ამიტომ, საგზაო ქსელის მოხაზულობის დაპროექტებისას უნდა მივიღოთ კომპრომისული გადაწყვეტა, რომელიც დააკმაყოფილებს საავტომობილო ტრანსპორტის მოთხოვნებს საავტომობილო გადაზიდვების ეფექტურობის თვალსაზრისით და იმავე დროს მინიმალური იქნება მშენებლობის ხარჯები.

ვარიანტების შედარების ან საგზაო ქსელის მოხაზულობის ოპტიმალურობის კრიტერიუმად დაბალი კატეგორიის გზებისათვის მიზანშეწონილია მივიღოთ სამშენებლო და საექსპლუატაციო ხარჯების ჯამის მინიმუმი. ავტომაგისტრალისათვის ოპტიმალურობის კრიტერიუმს წარმოადგენს ჯამური სატრანსპორტო დანახარჯები.

საგზაო ქსელის მოხაზულობის ვარიანტებიდან საუკეთესო ვარიანტის შერჩევის რამოდენიმე მათემატიკური მეთოდი არსებობს, რომლებიც აკმაყოფილებენ ოპტიმალურობის კრიტერიუმს, კერძოდ კი, სტატისტიკური გამოცდის მეთოდი (მონტე-კარლოს მეთოდი), კომბინატორული ანალიზის ხერხები და სხვა. ძნელია რომელიმე ამ მეთოდისათვის უპირატესობის მინიჭება.

საგზაო ქსელის პროექტების საწყის ეტაპზე რელიეფის გავლენისა და ადგილზე სიტუაციის გათვალისწინების გარეშე, დებულობენ გზათა ქსელს საჭიერ მიმართულებით. იგი შემდეგში გამოდგება მხოლოდ ცალკეული გზების მიმართულების საორიენტაციო შერჩევისათვის ადგილზე კვლევა-ძიების დროს. რელიეფის და სხვა ბუნებრივი პირობების გავლენას ითვალისწინებენ მხოლოდ გადაულახავი დაბრკოლებების არსებობისას როგორცაა მთის ქედების, დიდი ტბები, დაჭაობებული მასივები და ა.შ.

მთიან ადგილებში უღელტეხილები და მათი შემოვლის ადგილები წარმოადგენენ ყველა ტვირთნაკადის გავლის აუცილებელ წერტილებს.

საგზაო ქსელს აპროექტებენ რამდენიმე ეტაპად.

პირველი ეტაპია ტვირთწარმოქმნის პუნქტებს შორის დამაკავშირებელი სქემის შერჩევა, რომელიც აკმაყოფილებს უმცირესი განფენილობის მოთხოვნებს; ითვლება, რომ ეს შეესაბამება მშენებლობის მინიმალურ ხარჯებს;

შემდგომი ეტაპია თავდაპირველად დასახული ქსელის დაზუსტება დამატებითი რგოლების შეყვანით დაყვანილი საგზაო-სატრანსპორტო ხარჯების მინიმუმის კრიტერიუმით;

საბოლოო დასახული ქსელის კორექტირება გზათა მიერთებისა და განშტოებების ადგილების დაზუსტებით.

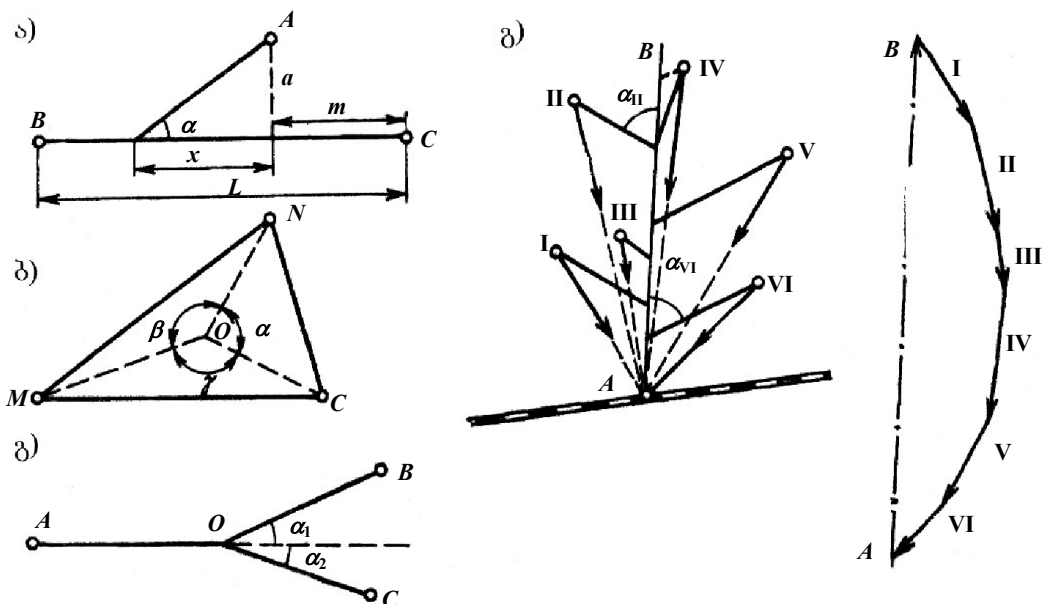
ცნობილი უკრაინელი მეგზვეე მეცნიერის პროფ. ი. ხომიაკის მეთოდით ამოცანის გადაწყვეტას იწყებენ გზის უმოკლესი შემაკავშირებელი ქსელის აგებით. ანუ აგებენ საჰაერო ხაზების ისეთი ქსელს, რომლებიც აკავშირებენ ტვირთწარმოქმნისა და ტვირთშთანთქმის ყველა წერტილებს უმცირესი დაყვანილი სიგრძით.

უმოკლეს შემაკავშირებელ ქსელში რგოლების შერჩევისათვის იყენებენ  $\frac{\ell}{Q}$  მაჩვენებელს, რომელიც წარმოადგენს გზის უბნის სიგრძეს მოსულს გადასაზიდი ტვირთის 1 ტონაზე. ამ მაჩვენებელს ეწოდება „დაყვანილი მანძილი“. ამ პრინციპში არსებობს რელიეფის თავისებურებების მიახლოებითი აღრიცხვის შესაძლებლობა ქსელის დაპროექტების დროს თუ  $\ell$  სიდიდეში შევიტანო ტრასის დაგრძელების შემასწორებელ მაჩვენებელს.

საგზაო ქსელის აგების პირველ ეტაპზე მისი უბნები ულღებოდნენ ტვირთწარმოქმნის წერტილებში, რაც ბევრ შემთხვევაში იწვევდა ავტომობილთა ზედმეტ გარბენას. ამიტომ საგზაო ქსელი უნდა დაზუსტდეს გზების მიმხრობათა და განშტოებების ოპტიმალური ადგილების პოვნით (იხ. ნახ. 10.1).

ამისათვის დაკავშირებით საჭიროა შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

1. მაღალი კატეგორიის გზასთან მისასვლელი გზის მიმხრობის წერტილის პოვნა (იხ. ნახ. 10.1, ა).



ნახ. 10.1. რაიონის საგზაო ქსელის დაპროექტება:

- ა - სატრანსპორტო კავშირების სქემა; ბ - საგზაო ქსელის მინიმალური სიგრძესთან დაკავშირებული ტვირთწარმოქმნელი წერტილები;
- გ - დაზუსტებული ქსელი მიმხრობისა და განტოლების რაციონალური ადგილების დადგენით.

დავუშვათ, რომ მოძრაობის ინტენსიობა A პუნქტიდან B პუნქტში  $N_B$ -ს ტოლია, ხოლო C პუნქტში  $N_C$ -ს ტოლი. მაგისტრალურ გზაზე მოძრაობის სიჩქარე  $V_M$ , მისასვლელი გზით  $V_{II}$  დამოკიდებულია სავალი ნაწილის ტიპზე და გზის კატეგორიაზე, რომლებიც განისაზღვრება მოძრაობის ინსტენსიობით.

გადაზიდვებზე დროის ხარჯი იქნება:

$$T = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{V_{II}}(N_B + N_C) + (L - X - m) \frac{N_B}{V_M} + (m + x) \frac{N_C}{V_M}. \quad (10.1)$$

მიერთების კუთხის მნიშვნელობა  $\alpha$ , რომელიც შეესაბამება გადაზიდვების სამუშაოების მინიმუმს, შეიძლება მოიძებნოს პირველი წარმოებულის ნულთან გატოლებით  $\frac{dT}{dx} = 0$ , რაც იძლევა შემდეგ გამოსახულებას:

$$\cos \alpha = \frac{X}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{V_{II}(N_B - N_C)}{V_M(N_B + N_C)}. \quad (10.2)$$

2. გზების მიერთების წერტილების პოვნა, რომლებიც აერთიანებენ სამ პუნქტს.

გზების სამი პუნქტის შეკავშირების დროს, საგზაო ქსელის განფენილობის შემოკლებით მიზნით მიზანშეწონილია გზათა ქსელის დაპროექტება, როგორც მისასვლელი გზებისა ტვირთწარმოქმნის პუნქტებიდან სამკუთხედის რომელიმე წერტილთან, რომელიც პუნქტით არის წარმოქმნილი (ნახ. 10.1, ბ).

წერტილი O-ის მდებარეობას, რომელიც განისაზღვრება  $\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  კუთხეებით, პოულობენ ისეთი გზით, რომ გადაზიდვებზე საჭირო დროის საერთო ხანგრძლივობა იყოს უმცირესი.

მისასვლელ გზებზე მოძრაობის ინსტენსიობა მეტი იქნება მაშინ, როდესაც ტვირთწარმოქმნის პუნქტები უშუალოდ ერთმანეთთან არიან დაკავშირებული. ასე მაგ., MO მიმართულებით ინტენსიობა

$$N_{MO} = N_{MN} + N_{MC}.$$

აღვნიშნოთ ერთ კილომეტრზე გავლის ხანგრძლივობა თითოეული მიმართულების შესაბამისად

$$t_{MO} = \frac{1}{V_{MO}}; \quad t_{NO} = \frac{1}{V_{NO}}; \quad t_{CO} = \frac{1}{V_{CO}};$$

შესაბამისად, სადაც  $V_{MO}$ ,  $V_{NO}$  და  $V_{CO}$  – სხვადასხვა მისასვლელი გზებით გადაზიდვების სიჩქარეებია. მაშინ დროის მინიმალური ხარჯები ყველა ტვირთის გადაზიდვაზე გერმანელი ინჟინერის ლაუნგარდეს (1882 წ.) მიხედვით შეესაბამება 0 წერტილის მდებარეობას, რომელიც განისაზღვრება დამოკიდებულებით:

$$\sin \alpha : \sin \beta \sin \gamma = T_{MO} : T_{CO} : T_{NO} . \quad (10.3)$$

თუ აღვნიშნავთ, რომ

$$T = \frac{T_{MO} + T_{CO} + T_{NO}}{2}$$

მაშინ

$$\sin \frac{\pi - \alpha}{2} = \sqrt{\frac{(T - T_{NO})(T - T_{CO})}{T_{NO} \cdot T_{CO}}} , \quad (10.4)$$

$$\sin \frac{\pi - \beta}{2} = \sqrt{\frac{(T - T_{MO})(T - T_{NO})}{T_{MO} \cdot T_{NO}}} . \quad (10.5)$$

$\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  კუთხეების პოვნით შეიძლება განვსაზღვროთ 0 წერტილის მდებარეობა გეგმაში, გრაფიკულად, კომპიუტერის ეკრანზე დახაზული ხაზების MO, NO და CO-ს გეგმაზე ერთობლივი მოძრაობით, რომ ეს ხაზები შეუთავსდნენ M, N და C წერტილებს.

3. გზის განშტოების ადგილის განსაზღვრა (ნახ. 10.1, გ).

თუ გზები, რომლებიც ორ პუნქტს აკავშირებენ მესამესთან, წარმოქმნიან ერთმანეთს შორის მცირე კუთხეს, უფრო მიზანშეწონილია თავიდან აიგოს გაერთიანებული გზა, რომელიც რომელიმე მანძილზე განშტოვდება.

როგორც სჩანს, ამ ამოცანის განხილვა შეიძლება, როგორც AO მაგისტრალური უბნის მდებარეობის განსაზღვრა, რომლის B და C წერტილებში განშტოებების მიმართულება აკმაყოფილებს ზემოთ დადგენილი მიერთების კუთხეების მოთხოვნებს.

გზების განშტოებების ადგილების მდებარეობა გეგმაში განისაზღვრება ზემოთ გამოყენებული მეთოდის საშუალებით. კომპიუტერის ეკრანზე გამოხაზავენ მართობს რომელიმე წერტილიდან, შემდეგ დაადებენ მას გეგმას და მოძებნიან  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  კუთხეებზე გამავალი ხაზების იმ მდებარეობს რომ მათ გაიარონ A, B და C წერტილებში.

4. მაგისტრალური მისასვლელი გზის მიმართულების პოვნა, რომელიც ემსახურება ტვირთწარმოქმნის რამდენიმე პუნქტს (ნახ. 10.1, გ) ხდება შემდეგნაირად:

თუ რამდენიმე დასახლებული პუნქტისა და სამრეწველო საწარმოდან ტვირთნაკადები მიემართება ერთი პუნქტისკენ, მაგალითად რკინიგზის სადგურის, ნავმისადგომის ან მსხვილი გადამამუშავებელი სამრეწველო საწარმოსკენ, რომლებსაც ერთმანეთს შორის შედარებით მცირე სატრანსპორტო

კავშირი აქვთ. ამ შემთხვევაში არ არის მიზანშეწონილი წინასწარ თითოეული პუნქტიდან დამოუკიდებელი მისასვლელი გზის აგება. უფრო სწორი იქნება აიგოს საერთო მაგისტრალური მისასვლელი გზა AB, ხოლო მისგან კი განშტოებები ცალკეული პუნქტებისაკენ.

მაგისტრალური მისასვლელი გზის მდებარეობას პოულობენ გრაფიკული ხერხით, ძალთა მრავალკუთხედის აგების საშუალებით. ამასთან, მოძრაობის ინტენსივობა თითოეული ტვირთწარმოქმნის წერტილსა და ცენტრს შორის განიხილება, როგორც ამ წერტილების გამაერთიანებელი წრფისკენ მიმართული ვექტორი; ძალთა მრავალკუთხედის ჩამკეტი ტოლქმედი, გვიჩვენებს ძირითადი მაგისტრალის მიმართულებას.

ცალკეული მისასვლელი გზების მაგისტრალურთან მიერთების (მიმხრობის) მიმართულება შეიძლება დავადგინოთ ზემოთ განხილული მეთოდის საშუალებით. გადაზიდვები თითოეულ გზაზე ხორციელდება მხოლოდ ორ წერტილს შორის, ამიტომ განტოლება (10.2) გამარტივდება და დებულობს ასეთ სახეს:  $\cos \alpha' = \frac{V}{V_a}$ ,

სადაც  $V$  – სიჩქარეა მისასვლელ გზაზე;  $V_a$  - სიჩქარე მაგისტრალურ გზაზე.

მისასვლელი გზების მდებარეობის უფრო მეტი სიზუსტით განსაზღვრა შესაძლებელია მეორე მეთოდით, რომელიც გამომდინარეობს არა ინტენსიობიდან, არამედ გზებზე ტვირთის გადაზიდვის სამუშაოების მოცულობიდან.

საგზაო ქსელის აგების მოყვანილი მეთოდები გამოირჩევიან საკმაოდ სიმარტივით, მაგრამ, გამოდგებიან ტრასის რაციონალურ მიმართულებაზე მხოლოდ საორიენტაციო წარმოდგენისთვის. ისინი არ ითვალისწინებენ გზის ექსპლუატაციის პროცესში მოძრაობის ინტენსიობის, გზაზე ფენილის ტიპების გარდაუვალ ცვლილებას, ტვირთწარმოქმნის ახალი პუნქტების წარმოშობას და სხვა.

თითოეული ახალი გზის აგება ხელს უწყობს მოცემულ რაიონებში ეკონომიკის განვითარებას და იწვევს ახალი ტვირთნაკადების წარმოქმნას. ამიტომ, დაპროექტების პერიოდისათვის ოპტიმალურმა მოხაზულობამ, რამდენიმე ხნის შემდეგ შეიძლება ვერ დააკმაყოფილოს გადაზიდვების შეცვლილი პირობები.

ზემოხსენებული მეთოდის ფართო პრაქტიკული გამოყენება შესაძლებელია ვაკე რელიეფის პირობებში. რთულ ტოპოგრაფიულ პირობებში, დასერილ და მთაგორიან ადგილებში საჭირო ხდება ტრასის საჭაერო მიმართულებიდან მნიშვნელოვანი გადახრა, რაც გამოწვეულია ადგილობრივი ბუნებრივი

წინააღმდეგობებით. ამიტომ საგზაო ქსელის მოხაზულობის დასაბუთების ტექნიკურ-ეკონომიკური მეთოდების გამოყენებისას აუცილებლად უნდა გავითვალისწინოთ ბუნებრივი პირობები.

## 10.2. ბუნებრივი პირობების გათვალისწინება ტრასის მიმართულების შერჩევის დროს

ტრასის შერჩევა თავისთავად წინასწარ განსაზღვრავს მის სიგრძეს, ყველა კაპიტალური საგზაო ნაგებობების განლაგებას, სამშენებლო სამუშაოების ღირებულებას და რაც მთავარია, ავტომობილების მუშაობის მაჩვენებლებს გზის შემდგომი ექსპლუატაციის დროს.

გზის მიმართულების შერჩევისას, საჭიროა მისი ადგილზე ისეთნაირად განლაგება, რომ ბუნებრივი პირობების ზემოქმედება გზაზე ხელს არ უშლიდეს მგზავრების უსაფრთხო და ეკონომიკურ გადაადგილებას, ნაკლებად ართულებდეს მშენებლობას და შემდეგ გზის ექსპლუატაციას.

ტოპოგრაფიული, გეოლოგიური, ჰიდროლოგიური და მეტეოროლოგიური პირობების გავლენა გზაზე, საჭიროა გათვალისწინებულ იქნას არსებული ბუნებრივი პროცესების და იმ ცვლილებების მიმდინარეობით, რომლებიც მოსალოდნელია გზის აგების შემდეგ. საჭიროა აგრეთვე ყველა იმ ცვლილებათა გათვალისწინებაც, რომლებიც დაკავშირებულია გზის მიმდებარე ადგილებზე ადამიანის ზემოქმედებასთან. მაგ.: წყალსაცავების აშენება, ჭაობების დაშრობა, ირიგაციული ჩამუშაოების ჩატარება.

არახელსაყრელი გეოლოგიური პირობების მქონე უბნებზე მიწის ვაკისის მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით გამოსაყენებელი მეთოდების სირთულისა და ზოგჯერ კი არასაკმაო ინფორმაციის ცოდნის გამო უპირატესობა შეიძლება მიეცეს ასეთი უბნების შემოვლის ვარიანტებს, თუ ეს არ იწვევს ტრასის მნიშვნელოვან დაგრძელებას.

მიწის სამუშაოების წარმოების თანამედროვე მექანიზირებული მეთოდები საშუალებას გვაძლევს ავაგოთ მდგრადი მიწის ვაკისი ყველაზე რთული გრუნტის პირობებშიც კი, ამიტომ გრუნტის ტიპები საჭიროებს ანალიზს, უპირატესად ნაბურცწარმოქმნის საშიშროების მხრივ, რომელიც ართულებს გზის ექსპლუატაციას.

მეტეოროლოგიური პირობებიდან, ტრასის შერჩევისას საჭიროა გაბატონებული ქარების მიმართულების გათვალისწინება, რომელზედაც დამოკიდებულია გზის დაფარვა თოვლის ნამქერით, ხოლო ქვიშიან უდაბნოებში

– ქვიშით. ყოველთვის უფრო მიზანშეწონილია ტრასის გაყვანა ისე, რომ ის ადგილები საიდანაც გზაზე მოსალოდნელია ქარებით ქვიშის ან თოვლის შემოტანა დაფარული იყოს დამჭერი მცენარეებით.

გადამკვეთი წყალსადინარების ჰიდროლოგიური რეჟიმი გავლენას ახდენს მათი კვეთის ადგილებისა და ხიდების საჭირო ზომების შერჩევაზე, ხოლო ზოგ შემთხვევაში გვამცნობს გზის ტრასირებას მდინარის ხეობების გაყოფებით.

თუ გადამკვეთ წყალსადინარებზე წყლის დიდი ხარჯებია და აუცილებელი ხდება მსხვილი ძვირადღირებული ხელოვნური ნაგებობების აშენება ზოგჯერ მიზანშეწონილია ტრასის გადანაცვლება წყალგამყოფთან ახლოს.

გზის ექსპლუატაციისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მის ორიენტირებას ჩრდილოეთ მიმართულებასთან. სხვადასხვა ექსპოზიციის ფერდობების მიერ შთანთქმული მზის სითბოს რაოდენობა მნიშვნელოვნად იცვლება. სამხრეთის ფერდობები უფრო ადრე თავისუფლდება თოვლისაგან და უფრო სწრაფად შრება, ვიდრე ჩრდილოეთის ფერდობები, მაგრამ მათზე უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ეროზიისა და გამოფიტვის პროცესები.

ცნობილია, რომ ჭრილის სამხრეთი ფერდობი პორიზონტიდან მზის 30° სიმაღლის დროს აგროვებს 14-ჯერ უფრო მეტ მზის თბურ ენერგიას, ვიდრე ჩრდილოეთი ფერდობი. სამხრეთ ფერდობებზე გაყვანილი გრუნტის გზებში უფრო ადრე კარგავენ თოვლის საფარს და ატალახიანებაც ნაკლებია. ამავე დროს გაყინვა გაღებობის ციკლების რაოდენობა სამხრეთ ფერდობზე გაცილებით მეტია ვიდრე ჩრდილოეთისაზე. ტყე-ჭაობიანი ადგილებში მიწის ვაკისის უკეთესი გაშრობის მიზნით, უფრო მიზანშეწონილია გზები მიუვახლოვოთ განაკაფის სამხრეთ მხარეს, არასიმეტრიული განთვისების ზოლის მოწყობით. უნდა გვახსოვდეს, რომ არ არსებობს მზა რეკომენდაცია რომელიც გამოსადეგარი იქნება ყველა შემთხვევაში საჭიროა გავითვალისწინოთ კონკრეტული სიტუაცია და ფაქტორების კომპლექსური ზემოქმედება.

### 10.3. გზის ტრასის განლაგება ადგილზე

გზის საპროექტო მოცემულობაში მითითებულია საწყისი, ბოლო და შუალედური წერტილები, რომლებზედაც უნდა გავიდეს დასაპროექტებული გზის ტრასა. ეს წერტილები, ე.წ. საყრდენი პუნქტები, თავის მხრივ წარმოადგენენ სამრეწველო, პოლიტიკურ-ადმინისტრაციულ ან კულტურულ ცენტრებს, სატრანსპორტო კვანძებს. გზის ტრასირების დროს საყრდენი პუნქტების

შემაკავშირებელ წრეზე ბევრ დაბრკოლებასთან გვიხდება შეხვედრა, რომლის გადალახვაც ტექნიკური და ეკონომიკური თვალსაზრისით ჯობს სწორი ხაზიდან მცირე გადახრით.

განასხვავებენ კონტურულ და მაღლივ დაბრკოლებებს. პირველს მიეკუთვნება მდინარის მოსახვევი, დასახლებული პუნქტები, ტბები და ჭაობები, არახელსაყრელი გრუნტულ-ნიადაგობრივი და გეოლოგიური პირობების მქონე ადგილები, ნაკრძალები; მეორეს – მთის ქედები, ხევები, განცალკევებული მაღლობები, ღრმა და ფართო ქვაბულები.

საჰაერო ხაზიდან ტრასის გადახრა გამოწვეულია აგრეთვე საკონტროლო წერტილებზე გზის გავლის აუცილებლობით. ასეთი წერტილებია გადაკვეთები რკინიგზებთან, საავტომობილო გზებთან, ხიდების ასაგებად მოხერხებული ადგილები დიდი წყალსადინარების გადაკვეთაზე, უნაგირა გასასვლელები მთებზე და ასევე არსებული გზების გამოსაყენებლად ვარგისი უბნები.

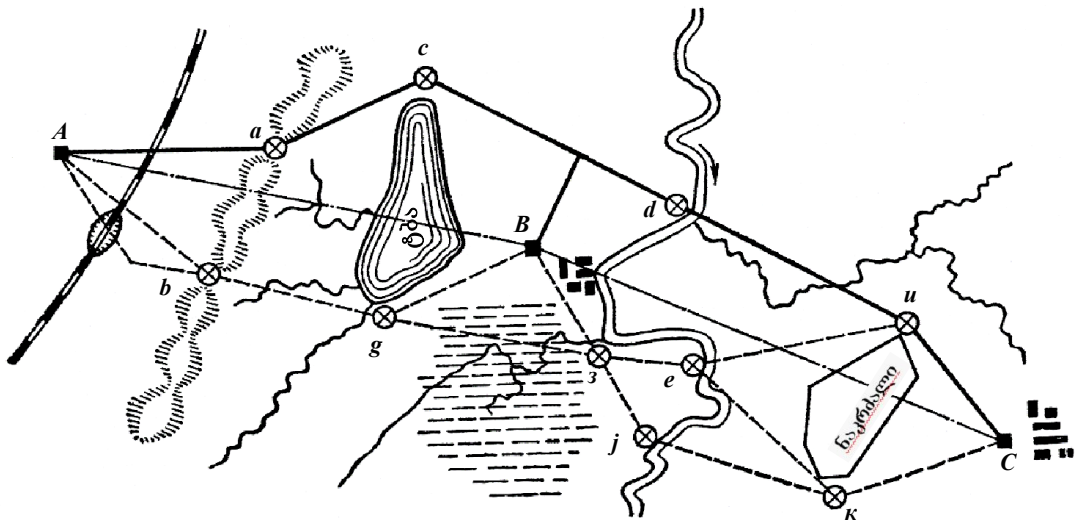
ადგილის დათვალიერება ან ადგილობრივი პირობების ანალიზი თანამგზავრებიდან გადაღებული სურათებით ან პორიზონტალებში დიდი მასშტაბის რუკის მიხედვით საშუალებას გვაძლევს მოვნიშნოთ წერტილები, რომლებზედაც შეიძლება გაიაროს გზის ტრასამ დაბრკოლებების შემოვლით. ამ წერტილების ერთმანეთთან შეერთება იძლევა საჰაერო ხაზების სხვადასხვა ვარიანტებს, რომლებიც ნათლად აჩვენებენ ტრასის შესაძლო მიმართულებებს.

ნახ. 10.2. ნაჩვენებია საყრდენ პუნქტებს შორის საჰაერო ხაზის რამდენიმე შესაძლო ვარიანტი. AB უბანზე შესაძლო ვარიანტების რიცხვი განისაზღვრება ორი -  $a$  და  $b$  უნაგირათი. ყურადღებას იმსახურებს ტრასის შესაძლო გადახრა რკინიგზის გადაკვეთის მიზნით ჭრილის უბნებზე, რაც მეტად მოხერხებულია გზაგამტარის მოსაწყობად. ტბის შემოვლის ფიქსირებული წერტილები  $c$  და  $g$  იწვევენ ტრასის ჩრდილო ვარიანტის შემდგომ გადახრას (უწყვეტი ხაზი ნახაზზე). ტბაში ჩამავალი მცირე წყალსადინარები აძნელებენ გადასასვლელი ადგილის შერჩევას. შემდეგი დიდი დაბრკოლების – დიდი მდინარის გადაკვეთა სახიდე გადასასვლელის ადგილის შერჩევის პირობების მიხედვით, შესაძლებელია წერტილებში  $g$ ,  $e$  და  $j$ . ამ წერტილების განლაგება მიუთითებს ტრასის ჩრდილო ვარიანტის გაყვანის მიზანშეწონილობაზე „B“ შუალედური პუნქტის შემოვლით და მასთან მისასვლელი გზის მოწყობით.

სამხრეთ ვარიანტზე (წყვეტილი ხაზი ნახაზზე) დაბრკოლებებს ქმნიან მდინარის შენაკადი და მის სათავესთან დაჭაობებული უბნები უფრო



ხელსაყრელია B პუნქტში შესვლა, ხოლო იქიდან კი წერტილ Z-ში, მდინარის შემოვლით.



ნახ. 10.2. საჰაერო ხაზის ვარიანტები საყრდენ წერტილებს შორის

უმაღლესი კატეგორიის გზებისათვის ასევე განხილულ უნდა იყოს ჭაობის გადაკვეთის ვარიანტი  $g - z$ , რომელიც ამოკლებს გზის სიგრძეს. ორივე ვარიანტის შემდგომი მიმართულება განისაზღვრება ნაკრძალის საზღვრებით ( $u$  და  $k$  წერტილები), რომელთა გზით გადაკვეთა დაუშვებელია.

გეგმისა და პროფილის ელემენტების შერჩევას ტექნიკური მოთხოვნების დაცვა გვაიძულებს ტრასა გადავხაროთ საჰაერო მიმართულებიდან.

მაგრამ, საჰაერო ხაზის საფუძველზე, აგებული გრძივი პროფილების შედარება, საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ვარიანტები სატრანსპორტო და სამშენებლო ხარჯებით და მათგან შევარჩიოთ საუკეთესო.

გეოლოგიურ და ნიადაგურ რუკებზე, საჰაერო ხაზების ქსელის დატანა ასევე შესაძლებლობას იძლევა შევაფასოთ გეოლოგიური პირობები თითოეულ ვარიანტზე.

გზის გაყვანის ადგილის შერჩევას საჭიროა მოვერიდოთ სოფლის მეურნეობისათვის ძვირფასი ადგილების დაკავებას. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ისეთი მცირე მიწიანი და რთული რელიეფის მქონე ქვეყნებისათვის, როგორცაა იაპონია, შვეიცარია, საქართველო და ა.შ. ყველა სახის მშენებლობისთვის, მათ რიცხვში რკინიგზისა და საავტომობილო გზების აშენებისას აუცილებელია არასასოფლო-სამეურნეო მნიშვნელობისა და სოფლის მეურნეობისათვის გამოუსადეგი მიწების, ან დაბალი ხარისხის სასოფლო-

სამეურნეო ადგილების გამოყენება. უმთავრესად ისეთის, რომელიც არ არის ტყით დაფარული და მხოლოდ ბუჩქნარებითა და მცირედლირებული ხეებითაა შემოსილი.

სასოფლო-სამეურნეო წარმოებებისა და მიწათმოსარგებლებისათვის ძვირადღირებული ადგილების დაკავება აუცილებლად კომპენსირებული უნდა იყოს დამკვეთის მიერ სათანადო თანხით. მიწების დაკავების გამო კანონით გათვალისწინებული ანაზღაურება მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ტრასის ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთებისას.

გზის ყოველი დაგრძელება იწვევს ავტომობილების ზედმეტი გარბენას, რაც მოძრაობის მაღალი ინტენსიობის გზებზე მნიშვნელოვნად ზრდის ყოველწლიურ სატრანსპორტო ხარჯებს. ამიტომ, ზოგჯერ გამართლებულია ნაყოფიერი მიწების დაკავება, მაგრამ ამ შემთხვევაში დიდი მოცულობის მიწის ვაკისის მაგიერ უნდა გამოვიყენოთ ხელოვნური ნაგებობები მიწის ვაკისის ზომების შესამცირებლად. მაგ.: ზედა და ქვედა საყრდენი კედლები, ესტოკადები, მცირე სიგრძის გვირაბები და ა.შ. დაბალი კატეგორიის გზებზე, პირიქით, ტრასის გამრუდება კომპენსირებული იქნება მშენებლობის დროს ხელუხლებელ ძვირფას სავარგულებზე მიღებული მაღალი მოსავლით.

#### **10.4. თოვლნამქერიანობის გათვალისწინება ტრასის გაყვანის დროს**

მრავალ ქვეყანაში ტერიტორიის დიდი ნაწილი თვეების განმავლობაში თოვლითაა დაფარული. საქართველოში თოვლის შედარებით ხანგრძლივი დაფარული რეგიონებია ჯავახეთის პლატო, შიდა ქართლის ჩრდილოეთი ნაწილი, აგრეთვე მაღალმთიანი რეგიონები: ზედა აფხაზეთი, ზემო სვანეთი, ლეჩხუმი, ზემო რაჭა, მთიულეთი, ხევი, ფშავი, ხევსურეთი და თუშეთი. თოვლის ნამქერისგან გზების დაცვა აქტუალურია აგრეთვე ზამთრის ცნობილ კურორტებთან (ბაკურიანი, გუდაური, ბახმარო) მისასვლელ გზებზე.

უქარო ამინდში თოვლი განიფინება თანაბრად, 3-5 მ/წმ და მეტი სიჩქარის ქარის დროს კი თოვლის საფარი იწყებს დაშლას და გადაადგილდება ჰაერის ქვედა შრეში (მიწისპირა ქარი), ამასთან, თუ ქარით გადატანა წარმოებს თოვლის ვარდნის დროს, წარმოიშვება ქვედა ქარბუქი.

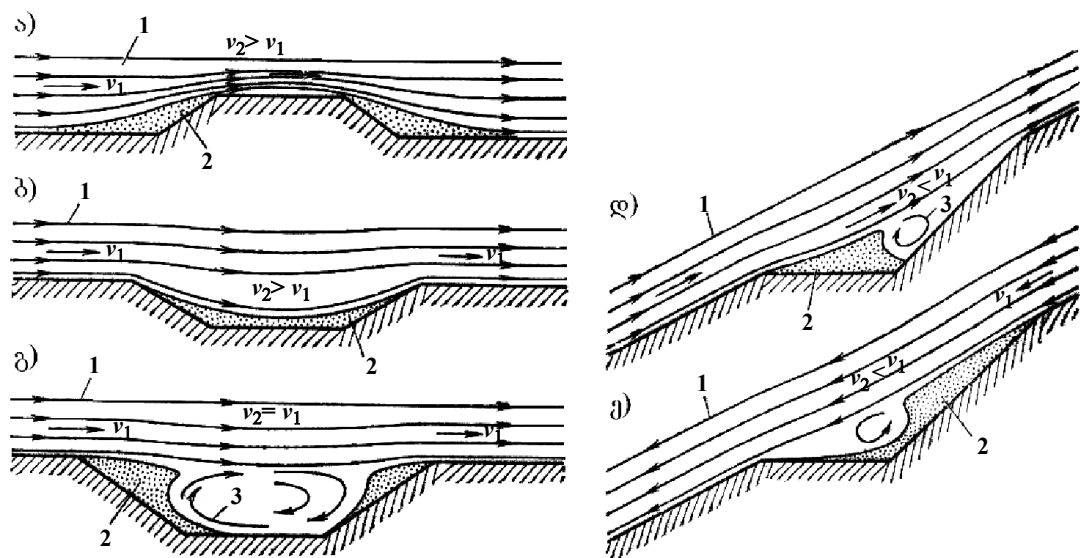
თუ თოვლის გადამტან საჰაერო ნაკადის მოძრაობის პირობები იცვლება. მიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე რელიეფის შეცვლა არ ახდენს გავლენას ქარის სიჩქარეზე. ქვედა შრეებში ჰაერის შესაბამისი ნაკადი,

გარსშემოდინება რა გზაზე შემხვედრ დაბრკოლებას, უნდა გაეტიოს ნაკლებ კვეთში. ამ დროს თოვლქარის ნაკადის სიჩქარე იზრდება, მაგრამ დაბრკოლების ადგილებთან ახლოს წარმოიქმნება მიყუჩების ზონები ე.წ. აეროდინამიკური ჩრდილი, სადაც გროვდება გადატანილი თოვლის დიდი რაოდენობა. ასეთნაირად დაყრილი თოვლის გროვის ფერდობთა დახრილობაა 1:7–1:10. ჩადაბლებულ ადგილებთან საჰაერო ნაკადი ფართოვდება, მისი სიჩქარე კლებულობს. თოვლის ნაწილი წყვეტს მოძრაობას და აესებს დაბლობებს.

საავტომობილო გზების მიწის ვაკისი მნიშვნელოვანი დაბრკოლებაა თოვლქარიანი ნაკადის მოძრაობისათვის. ამ ადგილებში შეიძლება დაგროვდეს თოვლის დიდი ნაწილი და წარმოიშვას ნამქერი, რომელიც აფერხებს, ზოგჯერ კი მთლიანად წყვეტს გზებზე მოძრაობას. თოვლისაგან გზის გასაწმენდად იხარჯება დიდი სახსრები. გზის დაპროექტებისას ნამქერის წარმოშობის პირობების თავისებურებების გათვალისწინებას შეუძლია მნიშვნელოვანად გააადვილოს ნამქერებთან ბრძოლა გზის შემდგომი ექსპლუატაციის დროს.

გზების ნამქერიანობა დამოკიდებულია მათ განივ პროფილზე და თოვლის რაოდენობაზე, რომელიც გზაზე შემოდის გარემომცველ ადგილებიდან.

თოვლის გროვათა წარმოქმნის მექანიზმი ყრილებთან, ჭრილებთან და გზის ფერდობიან უბნებთან ნაჩვენებია ნახ. 10.3. ის დაკავშირებულია ფერდობებთან მიყუჩების ზონის წარმოქმნასთან, ხოლო ფერდობის მკვეთრად



ნახ. 10.3. თოვლქარიანი ნაკადების მიერ მიწის ვაკისის შემოდინებისას თოვლის დაგროვების სქემა:

- ა - ყრილი; ბ - მცირე ყრილი; გ - ღრმა ყრილი; დ - უქარო ფერდობის თარო;
- ე - თარო გამქარავ ფერდობზე; 1 - თოვლქარიანი ნაკადი; 2 - თოვლის განტვირთვის ზონა; 3 - თოვლის გამოქარვის ზონა.

გამოსატულ გადატეხებთან გრიგალების წარმოქმნასთან. თუ გზაზე ზამთრის განმავლობაში ნაკლები თოვლი მოდის, ვიდრე შეიძლება დაგროვდეს აეროდინამიკური ჩრდილების ზონის ფარგლებში ყრილების ფერდობთან ან ჭრილების ფერდობთან, გზის ასეთ უბანს ნაქერის საშიშროება არ მოეწიის. საწინააღმდეგო შემთხვევაში გზასთან საჭიროა თოვლდამცავი ნარგავების დარგვა, თოვლშემაკავებელი ფარების დაყენება და გზის წმენდა თოვლისაგან.

გზის ექსპლუატაციის მრავალწლიანი გამოცდილების საფუძველზე ცხრ. 10.5. მოყვანილია თოვლნამქერიანობის მიხედვით გზების კლასიფიკაცია.

ცხრილი 10.5

საგზაო უბნების დათოვლის კატეგორია	უბნის დახასიათება
ძლიერ დათოვლადი	ჭრილები სიღრმით 6-8,5 მ-მდე და მეტი, თუ მათ ფერდობზე არ შეიძლება მოთავსდეს მთელი ზამთრის თოვლი.
საშუალოდ დათოვლადი	ჭრილები დამრეცი ფერდობით, ყრილის სახით აგებული ან გახსნილი. ყრილები თოვლის საფარის მაქსიმალურ საშუალო მრავალწლიურ $h_c$ სიმაღლეზე ნაკლები სიმაღლით.
სუსტად დათოვლადი	ყრილები სიმაღლით $h_c \neq h_H$ , სადაც $h_H$ დაუთოვლავი ყრილის სიმაღლეა.

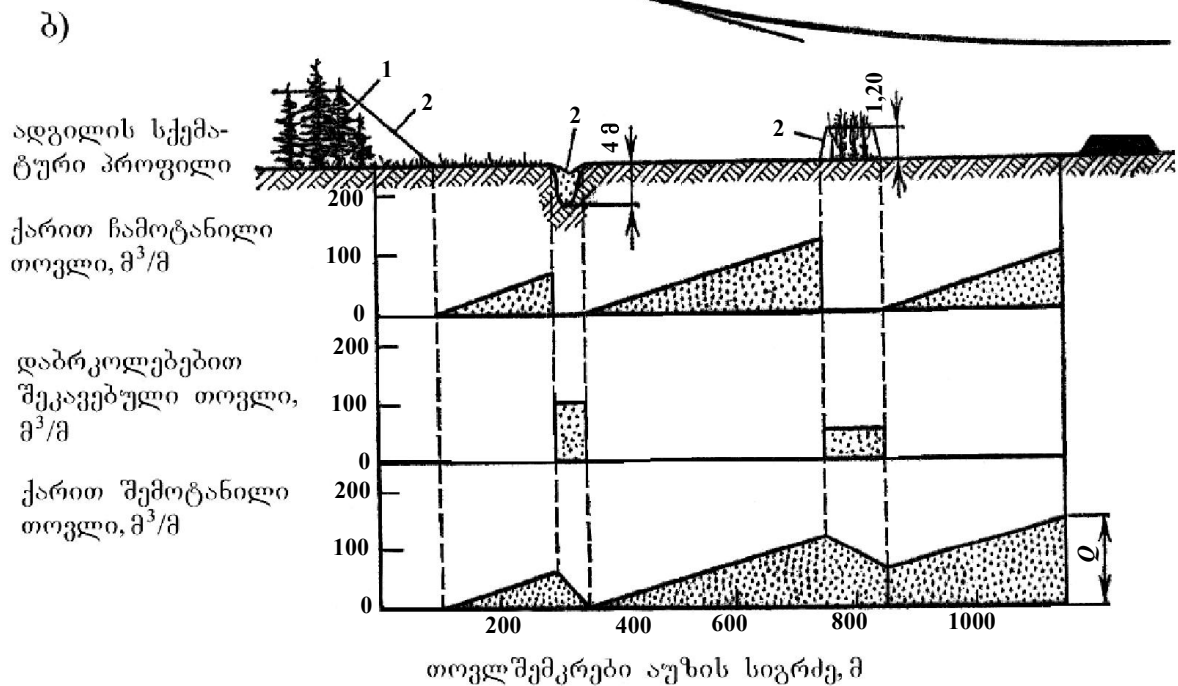
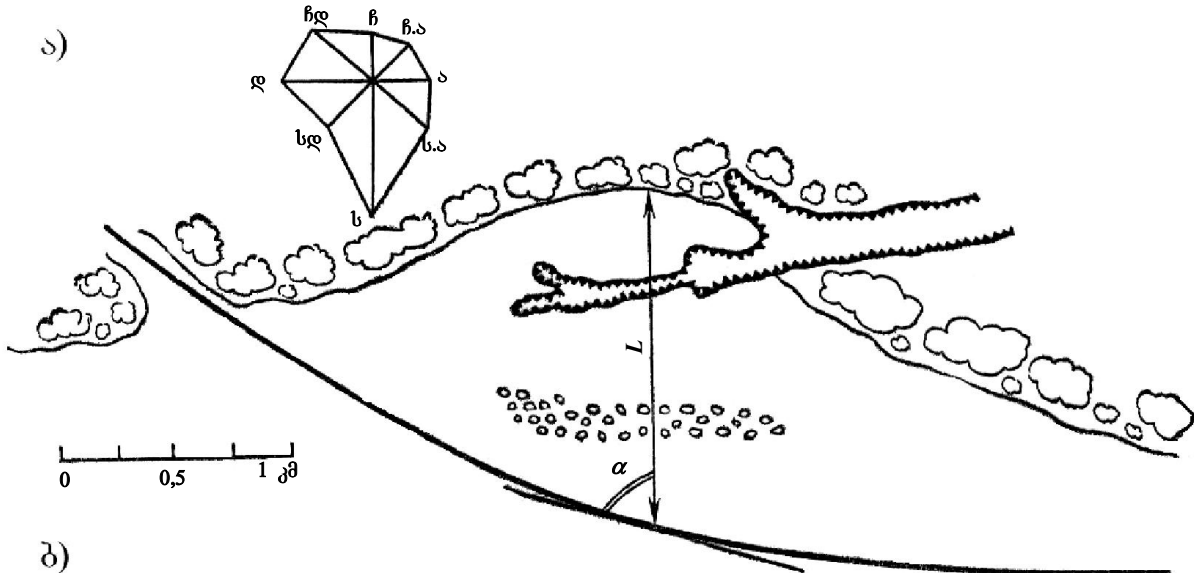
გზაზე შემოტანილი თოვლის რაოდენობა დამოკიდებულია ფართობზე საიდანაც ის იხვეტება ქარით და თოვლმჭრელი დაბრკოლებების არსებობაზე (მცენარეულობა, მიწის ზედაპირის უსწორობანი). ძლიერ ქარბუქიან, უდაბნოსა და ტუნდრის რაიონებში დაშვებულია მთელი მოსული თოვლის გზაზე ჩამოყრის შესაძლებლობა გარდა იმ რაოდენობისა, რომელსაც აკავებს დაბრკოლებები. ტყისა და ტყესტეპიანი რაიონებში მიღებულია, რომ გზისკენ ჩამოდის მოსული თოვლის ნახევარი, ხოლო დახრამულ და დასერილ ადგილებში არაუმეტეს მეოთხედისა.

მოსული თოვლის რაოდენობას ადგენენ მეტეოსადგურების მონაცემების მიხედვით ან თოვლის საფარის სიმაღლის საშუალო მრავალწლიანი რუკების მიხედვით. ქარის სიჩქარესა და მიმართულებას – მეტეოროლოგიური ცნობარის მონაცემების საფუძველზე.

გზაზე მოტანილი თოვლის მაქსიმალური რაოდენობა ( $Q$  მ<sup>3</sup> გზის 1 კმ-ზე) შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$Q = (KhL - \sum q) \sin \alpha ,$$

სადაც  $K$  – თოვლდამჭერიანობის პროცენტი,  $h$  – თოვლის საფარის სისქვა, მ,  $L$  – თოვლსაკრები აუზის სიგრძე, მ;  $\alpha$  – ზამთრის ქარების მიმართულებასა და გზას შორის არსებული კუთხეა, მიღებული „ქართა სქემის“ მიხედვით.  $\Sigma q$  – თოვლის რაოდენობა, შეკავებული თოვლსაკრები აუზის ზედაპირის უსწორობით. ამასთან ითვალისწინებენ მხოლოდ უსწორობას, რომელიც სიმაღლით აჭარბებს დარჩენილი მიუხვეტავი თოვლის შრის სისქეს.



ნახ. 10.4. სქემა გზაზე შემოსული თოვლის რაოდენობის განსაზღვრისათვის:  
 ა – თოვლის დამგროვებელი აუზის გეგმა; ბ – სქემა ჩამოტანილი და შეკავებული თოვლის განსაზღვრისათვის;  
 1 – ტყის პირი; 2 – აეროდინამიკური ჩრდილის საზღვრები.

თუ მოტანილი თოვლი შეკავებულ იქნება გზის წინ, ასეთი გზა შეიძლება ჩაითვალოს არანამჭერიანად. გზაზე მოტანილი თოვლის რაოდენობის (ნახ. 10.4)

განგარიშება წარმოებს თოვლის ბალანსის თანმიმდევრული გამოთვლის მეთოდით, ნამქერის სიდიდისა და დაბრკოლებებით შეკავებული თოვლის სიდიდის გათვალისწინებით. განგარიშებისას მიღებულია  $h=0,60\text{მ}$ ,  $\alpha=800$ .

სხვა თანაბარ პირობებში ტრასის გაყვანა სასურველია ისე, რომ თოვლსაკრები აუზების ფართობი „ქართა სქემის“ გათვალისწინებით მცირესი იყოს ქარბუქის ყველაზე დიდი რაოდენობის თვეების განმავლობაში, ანუ გზაზე მოტანილი იყოს ნაკლები თოვლი. მიზანშეწონილია ტრასის მიახლოება ქარბუქის უკანა მხარეს ტყის პირთან, ხრამებთან, დასახლებულ პუნქტებთან, ბუჩქნარებთან და თოვლის დაგროვების სხვა ადგილებთან.

ქარბუქის დროს თოვლის ნამქერით არ იფარება ტყის განაკაფი, ნაკლებად იფარება თოვლის ნამქერით ასევე გზის უბნები, რომლებიც გაბატონებული ქარების მიმართულებასთან ქმნიან  $30^\circ$  ნაკლებ კუთხეს.

გზა არ უნდა იყოს გაყვანილი დადაბლებულ ადგილებში, რომლებიც ხშირად იფარება ნამქერით. მათი გადაჭრა უფრო მიზანშეწონილია პირდაპირ, უმოკლესი მანძილით.

გზის უბნები, რომლებიც გაყვანილია ჭრილებში, ფერდობების გასწვრივ განლაგებულ თაროებზე ყოველთვის ძლიერ იფარება ნამქერით. რამდენადმე ნაკლებად იფარება ნამქერით იგივე პირობებში ყრილები და ნახევარყრილები - ნახევარჭრილები.

## 10.5. წყალსადინარების გადაკვეთა

საავტომობილო გზების კვეთენ მუდმივი და პერიოდულად მოქმედი წყალსადინარების დიდ რაოდენობას. ყოველ წყალსადინარზე გადასვლა მოითხოვს წყლის გასაშვებ და სარეგულაციო ნაგებობების აგებას, რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის ნორმალურ გადენას ხელოვნური ნაგებობებიდან. საჭიროა აგრეთვე სამაგრი ნაგებობები, რომლებიც იცავენ ხიდებს და მათთან მისასვლელებს წარეცხვისაგან.

საავტომობილო გზებზე ხიდების და მილების განლაგებამ უნდა უზრუნველყოს მაღალი წყლების შეუფერხებელი გაშვება, იმავდროულად მშენებლობის ეკონომიურობა, ტრასის სიმდორე და ავტომობილების მოძრაობის უსაფრთხოება. ყველაზე ეკონომიური და მიზანშეწონილია წყალსადინარების პერპენდიკულარული გადაკვეთა, მაგრამ გზების დაპროექტების თანამედროვე ტექნიკური პირობები არ ზღუდავენ მცირე და საშუალო ხიდების, მილების

გაყვანას გეგმისა და პროფილის ელემენტების ნებისმიერი შეხამებაზე ტრასის სიმდოვრის მისაღწევად. რაც უფრო მაღალია გზის კატეგორია, მით უფრო მიზანშეწონილია ტრასის ძირითადი, პირვანდელი მიმართულების შენარჩუნება.

უმაღლესი კატეგორიის თანამედროვე საავტომობილო გზებზე ბორცვიან და მთიან ადგილებში ტრასის სიმდოვრისათვის ფართოდ იყენებენ დიდ ხიდებს მრუდებზე გეგმაში და გრძივ პროფილში (ნახ. 10.5), მიუხედავად იმისა, რომ ასეთ ნაგებობათა კონსტრუირება, გაანგარიშება და მშენებლობის პროცესი გაცილებით რთულია.

თანამედროვე საავტომობილო გზების მაღალი ღირებულება, ავტომობილების ზედმეტი გარბენებისაგან გამოწვეული დიდი დანაკარგები, სინქარების შემცირება გზის მოუხერხებელ მონაკვეთებზე გვამოქმედებს განვიხილოთ ხიდები, (მათ შორის დიდი მალეებიანი ხიდების ჩათვლით), როგორც გზის ორგანული ელემენტები, რომელთა ღირებულება და სიგანე ემთხვეოდეს გზისას და რომლებსაც არ უნდა შეჰქონდეთ რაიმე ცვლილება ავტომობილთა ნაკადის მოძრაობის რეჟიმში.

მრუდებზე აგებული ხიდების კონსტრუქცია უნდა აკმაყოფილებდეს ყველა მოთხოვნას გზის მრუდხაზოვანი უბნების გეგმისა და განივი პროფილისადმი, ვირაუების, გაფართოებების, გარდამავალი მრუდების და ა.შ. მოწყობის თვალსაზრისით. მცირე ხიდებისა და მილების განლაგება მიზანშეწონილია ხევის ღერძზე ტრასისადმი გარკვეული კუთხით. თუ წყალსადინარის ღერძი და ხეობის ღერძი ერთმანეთის არაპარალელურია, ასეთ შემთხვევაში რეკომენდებულია კალაპოტის გასწორება, რაც საშუალებას იძლევა ხელოვნური ნაგებობა აშენდეს მშრალ ადგილზე ამოთხრილ ქვაბულში.

დიდი წყალსადინარების გადაკვეთის დროს ირიბი ხიდის აგება მნიშვნელოვნად ზრდის სახიდე გადასასვლელის ღირებულებას და იწვევს რთულ სარეგულაციო ნაგებობების აშენებას. დიდ მდინარეზე ხიდის გრძივი მეტრის ღირებულება ბევრად აღემატება გზის გრძივ მეტრის ღირებულებას. დიდი ხიდი, როგორც კაპიტალური საინჟინრო ნაგებობა უნდა აიგოს მდინარის იმ უბანზე, რომელიც ყველაზე მეტად მოხერხებული მაღალი წყლის გასაშვებად. ეს იცავს კალაპოტს წარეცხვისაგან, უზრუნველყოფს მის მდგრადობას და აკმაყოფილებს ნაოსნობის მოთხოვნებს. დიდ ხიდზე ავტომობილთა მოხერხებული მოძრაობა, უზრუნველყოფილია ძირითადად გეგმაში და გრძივ პროფილში ხიდებთან მდორე მისასვლელების მოწყობით.



ნახ. 10.5. ხიდები მრუდზე  
ა – მრუდი გეგმაში; ბ – ვერტიკალურ მრუდზე



დიდ წყალსადინარებზე გადასვლის ადგილის შერჩევა ჩვეულებრივ ხდება საჰაერო ხაზიდან გადახრით, ამიტომ დიდ მდინარეებზე სახიდე გადასასვლელის ადგილი უნდა განიხილებოდეს, როგორც ტრასის საკონტროლო წერტილი.

### 10.6. ტრასის განვითარება ფერდობებზე

ბორცვიან და მთაგორიან ადგილებზე გზების ტრასირებისას, განსაკუთრებით კი მდინარის ხეობებისა და ხევების გადალახვის დროს, ხშირად გვხვდება უბნები, რომელთა დახრილობა აღემატება გზაზე ზღვრულად დასაშვებ სიდიდეს. ასეთ ადგილებში შესაძლებელია ტრასის გაყვანის ორი ვარიანტი (ნახ. 10.6). პირველი ვარიანტი აღმართზე პირდაპირ ასვლით გზის კატეგორიის მიხედვით ყველაზე უფრო მეტი დასაშვები გრძივი ქანობით, მაგრამ ეს იწვევს მაღალი ყრილის მოწყობას აღმართის ქვედა ნაწილში და ღრმა ჭრილისა – ზედა ნაწილში, მეორე ვარიანტი ფერდობის კალთაზე ირიბი, დაგრძელებული ასვლით, მცირე მიწის სამუშაოების შესრულებით. ამ დროს ხდება საჰაერო ხაზიდან გზის გადახვევა და ტრასის ხელოვნური დაგრძელება რათა გრძივი ქანობი შეესაბამებოდეს დასაშვებს მოცემული კატეგორიის გზისათვის. ტრასირების ასეთ ხერხს ეწოდება ხაზის განვითარება ფერდობზე.

ფერდობიან უბანზე ტრასის საჭირო სიგრძე

$$L = \frac{H}{i_{\text{გ}}},$$

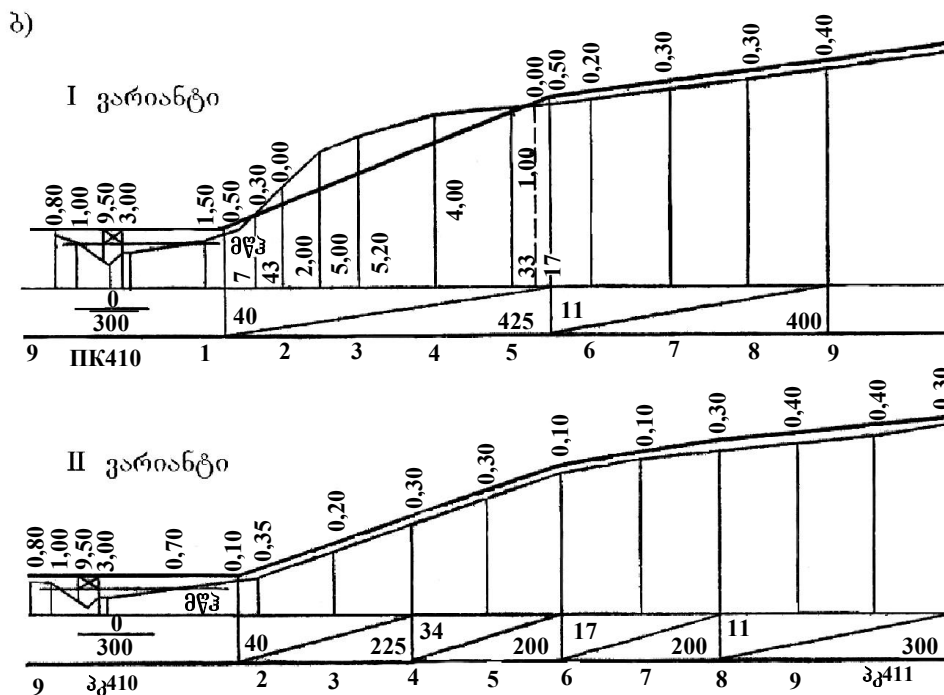
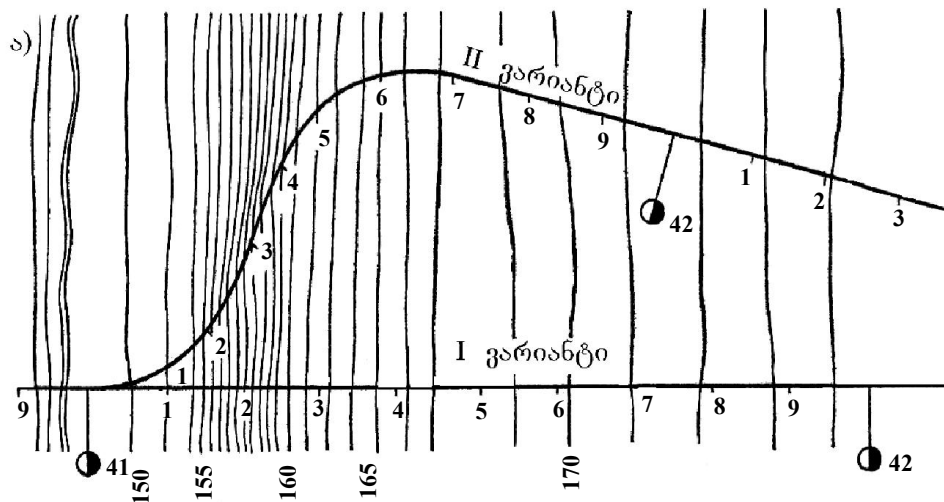
სადაც  $H$  – აღმართის სიმაღლეა, მ;  $i_{\text{გ}}$  – დასაშვები გრძივი ქანობია, გამოხატული ერთეულის ნაწილებში.

ფერდობების გადალახვა უმოკლესი მანძილით იწვევს მიწის დიდ სამუშაოებს, ყრილებისა და ჭრილების მოსაწყობად, მაგრამ ამ შემთხვევაში გზის უბნის სიგრძე გამოდის მცირე, და თუ ქანობები არ აღემატება 30-40%-ს ავტომობილის გადაადგილებისათვის სიძნელები არ არის.

ფერდობებზე მცირე გრძივი ქანობით ტრასის განვითარება მიწის სამუშაოების ღირებულებას ამცირებს, მაგრამ იზრდება გზის სიგრძე და მასთან ერთად მატულობს საგზაო სამოსის მოწყობისათვის სამუშაოთა მოცულობა, რაც ნაწილობრივ გადაფარავს მიწის სამუშაოების დროს მიღებულ ეკონომიას. ავტომობილთა გადარბენა იზრდება და ეკონომია, მიღებული გზის მშენებლობის პროცესში, დროის განმავლობაში შთაინთქმება ავტომობილების გაზრდილი საექსპლუატაციო ხარჯებით. გარდა ამისა, ფერდობებზე ხაზის განვითარებას

სშირად თან ახლავს მცირე რადიუსის მრუდების შემოტანა, რაც გზაზე ქმნის მოძრაობისათვის სახიფათო უბნებს.

დაბალი კატეგორიის გზებისათვის გარდამავალი ტიპის ფენილებით და მოძრაობის მცირე ინტენსიობით, ტრასის განვითარების ასეთი ვარიანტი ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია. მაღალი კატეგორიის გზებისათვის კი პირიქით, ტრასის შემოკლებით მიღწეული უპირატესობა ეჭვს არ იწვევს და ამიტომ მის განვითარებას მიმართავენ მხოლოდ იმ ადგილებში, სადაც ჭრილის სიღრმე ან ყრილის სიმაღლე ტექნიკური თვალსაზრისით დაუშვებელია.



ნახ. 10.6. ფერდობზე ტრასის განლაგების ვარიანტები:  
 ა - გეგმა; ბ - გრძივი პროფილი.

ზოგჯერ მცირეხორცივან და დასერილ უბნების გზებზე მიუღებელია ფერდობების გადაკვეთა უმოკლესი მანძილით, მაქსიმალური ქანობების, ხოლო

ზოგჯერ კი განსაკუთრებულ შემთხვევებში, დასაშვები ქანობების გამოყენებით. გრძელი, ციცაბო აღმართების გადალახვა მეტად ძნელია ნელმაგალი, დიდი სატვირთო ავტომობილებისა და ავტომატარებლებისათვის, ხოლო დაღმართზე, საფარის სრიალა (მოლიპული) ზედაპირი და ფრიქციული მუხრუჭების გადახურება ხშირად ხდება დიდი სიჩქარით მომავალ ავტომობილთა ავარიების მიზეზი.

ზღვრული ქანობების მქონე აღმართებზე გამტარუნარიანობის და მოძარობის უსაფრთხოების ამაღლების მიზნით ზოგჯერ აუცილებელია სავალი ნაწილის დამატებით ზოლის მოწყობა, რომელზედაც მოძრაობენ ავტომობილები და ავტომატარებლები ნაკადის დანარჩენი ნაწილის დაბრკოლების გარეშე.

ფერდობებზე და რთული რელიეფის უბნებზე სადაც გზის გადაყვანისას საჭიროა განსაზღვრული ქანობის დაცვა, ტრასის მიმართულებას წინასწარ სახავენ მსხვილმასშტაბიანი გეგმის მიხედვით. ტრასის ვარიანტების წინასწარ მიმართულებას ირჩევენ, რელიეფის, სხვადასხვა წინააღმდეგობათა და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გაანალიზებით, პირველ რიგში, მეწყერების საშიშროების გათვალისწინებით.

განსაზღვრავენ ჰორიზონტალებიან გეგმაზე ტრასის მიმართულებას მომიჯნავე ჰორიზონტალების შორის წინასწარ შერჩეული გრძივი ქანობის შესაბამისი მანძილების ფარგლით თანმიმდევრული დაჭდევით ან ამ პროცესის იმიტაციით კომპიუტერის მონიტორზე. ეს მანძილი ანუ „ბიჯი“ შეესაბამება ტრასირების დროს მიღებულ გრძივ ქანობს.

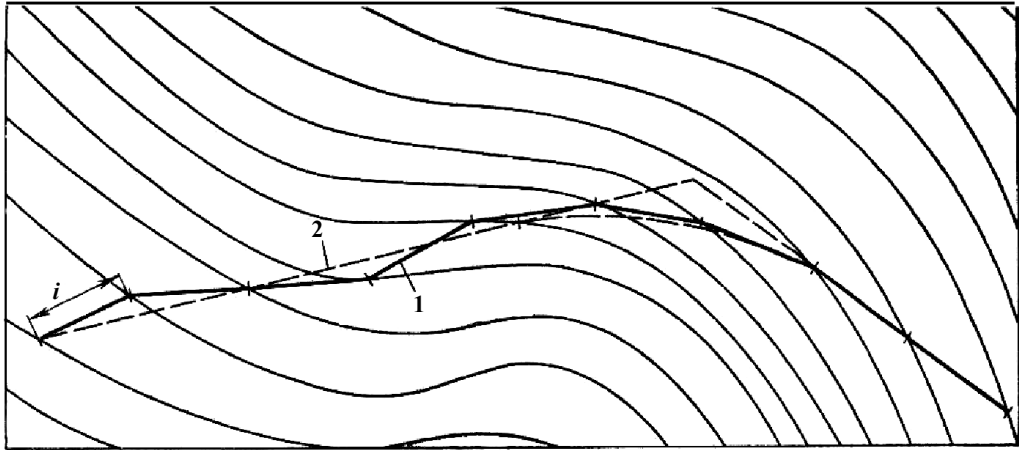
წინასწარ შერჩეული  $i$  გრძივი ქანობით ჰორიზონტალების გადაკვეთისას მომიჯნავე ჰორიზონტალებს შორის მანძილი შეადგენს

$$\ell = \frac{h}{i},$$

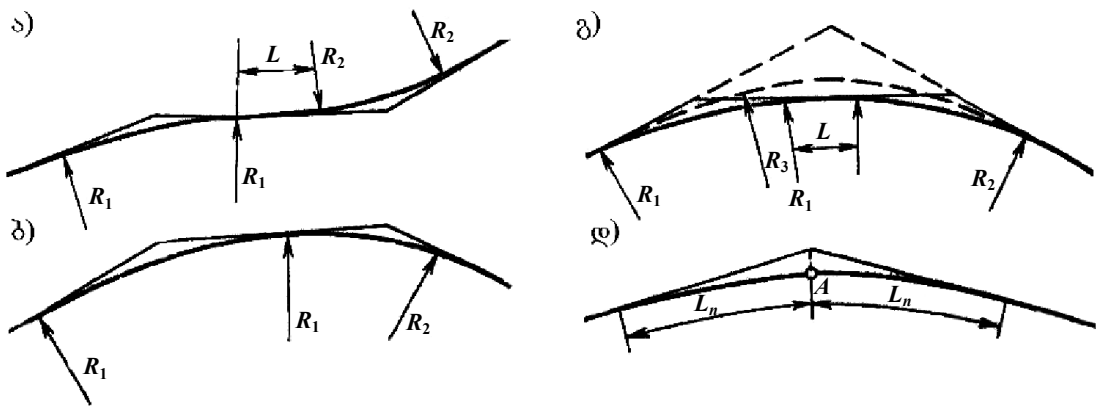
სადაც  $h$  – ჰორიზონტალებს შორის დონეთა სხვაობაა, მ. მოცემული ქანობის მქონე ხაზის მდებარეობას პოულობენ ჰორიზონტალებს შორის (ნახ. 10.7)  $\ell$  მონკვეთის მოზომვით ფარგლით ან კომპიუტერის „თაგუნათი“. ამასთან მაქსიმალურად ცდილობენ შეინარჩუნონ ტრასის წინასწარ დასახული მიმართულება. მიღებულ ტეხილ ხაზს ასწორებენ ცალკეულ უბნებზე წარმოქმნილ კუთხეებში წრიული და გარდამავალი მრუდების ჩაწერით.

ვინაიდან თავდაპირველად დასახული თანაბარი ქანობების ტეხილი ხაზი სწორდება და ქანობი დიდდება, ტრასირების დროს ქანობს იღებენ მოცემულზე 10-15%-ით ნაკლებს.

ფერდობზე გაყვანილი ტრასა ხშირად იცვლის თავის მიმართულებას. მოხვევის კუთხეების წვეროების მდებარეობა უმთავრესად განისაზღვრება ადგილის რელიეფით, მაგრამ დამოკიდებულია ასევე მომიჯნავე მრუდების გეგმაში განლაგებაზე. ამიტომ ჰორიზონტალებთან გეგმაზე ტრასირების დროს საჭიროა მუდამ ვამოწმეთ გარდამავალი მრუდების განლაგებისა და ვირაჟების განდევნის შესაძლებლობა.



ნახ. 10.7. მოცემული ქანობით გზის ტრასირების ხერხები ჰორიზონტალებთან გეგმაზე:  
1 – მოცემულია ქანობის ხაზი; 2 – ტრასა, მოცემულია ქანობის გამასწორებელი.



ნახ. 10.8. მოსაზღვრე მრუდების განლაგება:

ა – შებრუნებული მრუდები; ბ – წრიული მრუდების უშუალო შეუდგება ვირაჟის ერთნაირი დახრილობისას; გ – ერთმხრივი მრუდები ვირაჟის სხვადასხვა ქანობით (წვეტილი ხაზით ნაჩვენებია უკეთესი გადაწყვეტა ორი მრუდის ერთით შეცვლის შემთხვევაში; დ – მცირე რადიუსიანი მრუდის შეცვლა წვეტილში უშუალო შეუდგებული გადაბმული მრუდებით)  $L_n$  და  $L$  – სწორი ხაღმეული უბნები ვირაჟის განვითარებისა და გარდამავალი მრუდების განლაგებისათვის.

მომიჯნავე მრუდების შეხამებას ყველაზე უფრო დამახასიათებელი შემთხვევები ნაჩვენებია ნახ. 10.8.

## 10.7. ტრასირება დასახლებული პუნქტების მახლობლად

საავტომობილო გზებზე როგორც ადგილობრივი, ისე სატრანზიტო გადაზიდვების განხორციელება მოითხოვს ამ გზების დაკავშირებას შუალედურ დასახლებულ პუნქტებთან.

დასახლებული პუნქტის მახლობლად გზის ტრასირებისას განხილული უნდა იყოს გზის გაყვანის ვარიანტები დასახლებულ პუნქტის ტერიტორიაზე და მის გვერდზე – მისასვლელი გზის აგებით. არჩევანი დამოკიდებულია გზის დანიშნულებაზე, დასახლებული პუნქტის სიდიდეზე, ადგილობრივი და ტრანზიტული მოძრაობის თანაფარდობაზე.

დასახლებულ პუნქტებთან ახლოს მაღალი კატეგორიის გზების ტრასირება უმჯობესია მისი შემოვლით და მისასვლელი გზების მოწყობით. დასახლებულ პუნქტებზე სატრანზიტო მოძრაობის გაშვება ზრდის მოძრაობის ინტენსივობას, ართულებს ადგილობრივ საგზაო მოძრაობას. ინტენსიური მოძრაობით დატვირთული გზა ჰყოფს დასახლებულ პუნქტებს იზოლირებულ ნაწილებად, ართულებს მასში სამეურნეო საქმიანობას, ქვეითებისათვის იზრდება საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევათა საშიშროება, ძლიერდება ხმაური და ჰაერის გაჭუჭყიანება ავტომობილთა მიერ. დასახლებული პუნქტის ფარგლებში მნიშვნელოვნად კლებულობს ავტომობილების სიჩქარე. ძნელდება გზის შენახვა, – განსაკუთრებით თოვლწმენდა. დასახლებული პუნქტის ფარგლებში თუ საჭირო გახდა სრულყოფილი სატრანზიტო გზის აგება. ეს უნდა განხილულ იქნას, როგორც დროებითი ღონისძიება, რომელიც ხელს უწყობს მის კეთილმოწყობას. იმავე დროს საჭიროა სატრანზიტო მოძრაობით ქალაქის შემოვლის ვარიანტის გათვალისწინება, რომელიც განხორციელდება მოძრაობის ინტენსიობის გაზრდის შემდეგ.

განსაკუთრებით რთულია ტრანზიტული გზის ტრასირება მსხვილ დასახლებულ პუნქტებში, სადაც რამდენიმე ასეული ათასი ადამიანი ცხოვრობს. სატრანზიტო მოძრაობის ფარდობითი წილი მით უფრო მცირეა, რამდენადაც მეტია ქალაქის მოსახლეობა. რიგ ქვეყნებში (ბრიტანეთი, აშშ, გერმანია) ჩატარებული დაკვირვებების მონაცემების განზოგადება იძლევა საერთო ნაკადში სატრანზიტო ავტომობილების  $N$  ნაწილის (პროცენტებში) დამოკიდებულებას დასახლებულ პუნქტებში მცხოვრებთან რაოდენობაზე  $W$  (მილიონებში)

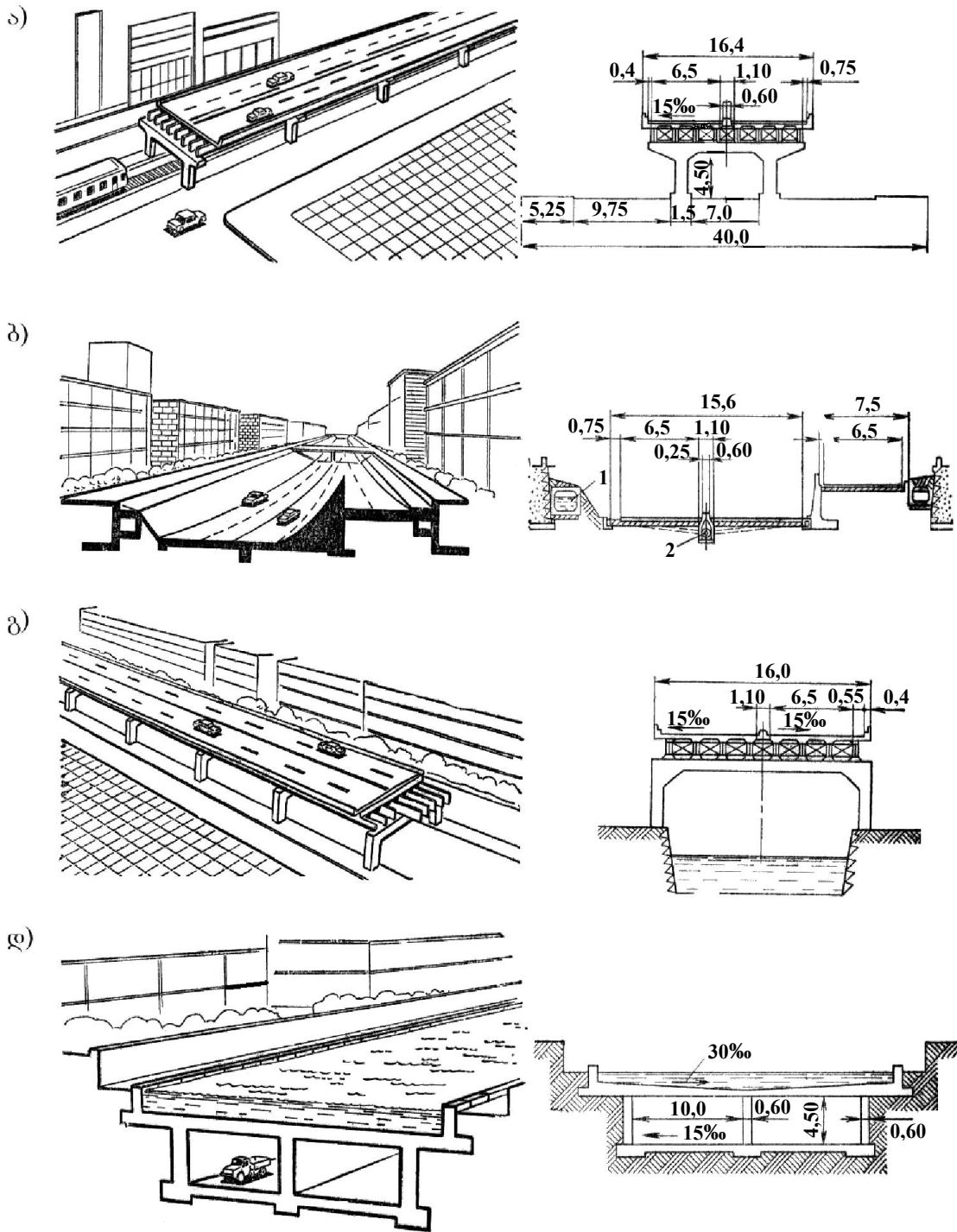
$$N = 115 - 18W.$$

სატრანსპორტო მოძრაობის პრობლემასთან ერთად დიდ დასახლებულ პუნქტებში არანაკლებ რთული საკითხია გარეუბნებიდან ქალაქში ინტენსიური მოძრაობის ნაკადების შემოყვანა. მსხვილ დასახლებულ პუნქტებზე გზის გაყვანისას, მისი გეგმარების, არსებული სატრანსპორტო ქსელის მოხაზულობის, სამრეწველო საწარმოების განლაგების, ადმინისტრაციულ – პოლიტიკური და კულტურულ-სამეურნეო მნიშვნელობის მიხედვით შესაძლებელია: გადაკვეთა მთავარ გზებზე, ან გარეუბნებზე გავლით, აგრეთვე მიერთება დასაგეგმარებელი ტერიტორიის საზღვრების მხებთან. ქალაქებისათვის 300-500 ათასიანი მოსახლეობით ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია უკანასკნელი გადაწყვეტა. იგი იძლევა ქალაქთან მოხერხებულ კავშირს და მცხოვრებთ აცილებს ტრანსპორტული მოძრაობით გამოწვეულ სიძნელეებს.

უფრო მსხვილ დასახლებულ პუნქტებში, სადაც სატრანსპორტო კვანძებზე ერთმანეთს კვეთს რამდენიმე ტრანსპორტული გზა, სატრანსპორტო მოძრაობის აცილებისათვის აწყობენ შემოვლით წრიულ გზებს. წრიული გზა გაჰყავთ საქალაქო ტერიტორიის საზღვრებთან ახლოს. ამ შემთხვევაში წრიული გზები არა მარტო აუმჯობესებენ სატრანსპორტო გადაზიდვებს, არამედ აადვილებენ ქალაქის გარეუბნებს შორის შიგა საქალაქო გადაზიდვებს, განტვირთავენ რა მის ცენტრალურ რაიონებს.

გარე წრიული გზები რადიალური მაგისტრალებიდან იღებენ გადაზიდვების 2/3-ს. წრიული გზა უკავშირდება საქალაქო საგზაო ქსელს ქალაქიდან გამოსული საავტომობილო მაგისტრალებით. დიდ ქალაქებში ან სამრეწველო რაიონებში საცხოვრებელ შენობათა და საქარხნო ნაგებობათა კომპლექსები ქალაქის ცენტრალური კვარტალებიდან 20-30 კმ-ით არიან დაშორებული. მოძრაობა დაკავშირებულია დროის მნიშვნელოვან დანახარჯებთან. ცენტრალური რაიონების გარეუბნებთან უკეთესი კავშირისათვის ამერიკის, ევროპისა და იაპონიის რიგ ქალაქებში აგებულია ჩქაროსნული მოძრაობის გზები, რომლებზედაც ქალაქის მომიჯნავე მაგისტრალებთან შემოსულ ავტომობილთა ნაკადები მიემართებიან ერთი რაიონიდან მეორეში ან გარეუბნებიდან ცენტრისაკენ და იზოლირებული არიან ადგილობრივი შიგა საქალაქო მოძრაობისაგან. ამიტომ იქ ავტომობილები მოძრაობენ მაღალი სიჩქარეებით, მაგრამ ქალაქის პირობებში ტრასირების სიძნელე შეუძლებელს ხდის ამ ქუჩებზედაც ისეთივე სიჩქარეების უზრუნველყოფას, როგორც ქალაქგარეთ. მაღალი საანგარიშო სიჩქარეების (100-120 კმ/სთ) მიუხედავად საქალაქო საავტომობილო მაგისტრალებზე მოძრაობის სიჩქარე ჩვეულებრივ არ აღემატება 60-80 კმ/სთ.

ეს გზები გადის ესტაკადებზე ქუჩებსა და მდინარეების ზემოთ ჭრილებში, გვირაბებში და დამშრალ კალაპოტებზე (ნახ. 10.9). საქალაქო მაგისტრალის ღირებულება მეტად დიდია, ხოლო მათი აგება იწვევს მრავალი შენობის აღებას და მეტია რთული საინჟინრო ნაგებობების განხორციელებას სხვადასხვა დონეზე სამოძრაო კვანძების გახსნის გამო.



ნახ. 10.9. ჩქაროსნული საქალაქო გზების კონსტრუქციული გადაწყვეტები:  
 ა - ესტაკადა ქუჩის ზემოთ; ბ - გზა მდინარის ამომშრალ კალაპოტში;  
 გ - ესტაკადა მდინარის ზემოდან; დ - გვირაბი მდინარის ქვეშ.

ქალაქის განვითარების გენერალური გეგმა უნდა ითვალისწინებდეს დიდი გამტარუნარიანობის საქალაქო გზების სისტემის შექმნას, რომელიც შევა საქალაქო გზების და სატრანზიტო მაგისტრალების ერთიან სისტემაში. ისტორიულად შექმნილი გზათა ქსელი უნდა შეხამებულ იქნას საქალაქო ჩქაროსნული გზების სისტემასთან, რომელიც გაივლის ქალაქის ცენტრიდან რამდენიმე კმ დაშორებით დიდი სიღრმის გვირაბებში და ჭრილებში. ასეთი ამოცანის გადაჭრა განსაკუთრებით რთულდება თუ ქალაქი გაშენებულია მდინარის ხეობის გასწვრივ მთის კალთებზე (თბილისი, საქართველოში) ან დიდი წყალსატევის პირზე მთებით შემოფარგლულ ამფითეატრის ფორმის ფერდობებზე (გენუა იტალიაში).



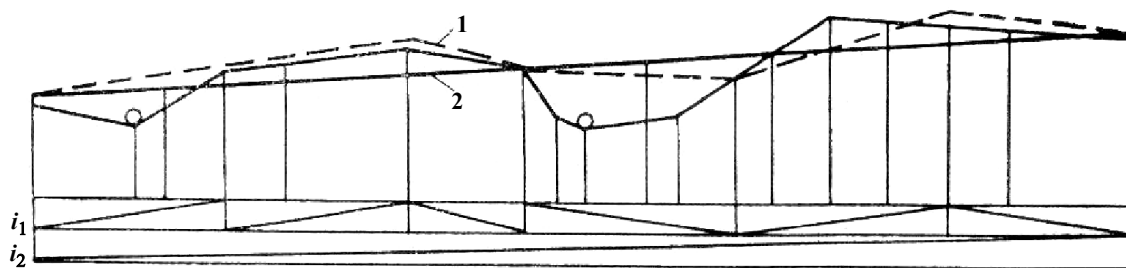
## თავი 11. გრძივი პროფილის დაპროექტება

### 11.1. საპროექტო ხაზის გავლება

გზის დაპროექტებისას ითვალისწინებენ მიწის ზედაპირიდან მიწის ვაკისის ამადლებას, ამით უზრუნველყოფენ საგზაო სამოსის საფუძველი გრუნტის გაშრობას და გზის ნაკლებ დანამქერებას თოვლით. ყრილში გზის მოწყობა მიწის ვაკისისათვის ქმნის უფრო ხელსაყრელ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს, ვიდრე გრუნტის ბუნებრივი ზედაპირი.

გრძივ პროფილში მიწის ზედაპირის მიმართ საგზაო ვაკისის მდგომარეობის დადგენას ეწოდება გრძივი პროფილის დაპროექტება. ეს პროცესი ხორციელდება მიწის ვაკისის წარბას ნიშნულების შემაერთებელი ხაზის ანუ საპროექტო ხაზის გავლებით. ამის მიზანია უზრუნველყოფილი იყოს: ტრასის სიმდოვრე და გრძივი ქანობების დასაშვები სიდიდე, რომლის დროსაც ავტომობილები შესძლებენ უსაფრთხოდ მაღალი სიჩქარეების განვითარებას, მიწის ვაკისიდან წყლის აცილება და განვითარების ზოლის გაშრობას; მეტად მნიშვნელოვანია აგრეთვე მოთხოვნების შესრულება საკონტროლო წერტილებზე გზის გავლაზე, სიმაღლის მოცემული ნიშნულებით არსებულ გზებთან მიერთებაზე ტრასის დასაწყისში და ბოლოში, გადაკვეთების შეხამება უფრო მაღალი კატეგორიის გზებთან და რკინიგზებთან, ხიდებთან, სავალი ნაწილისა და ვაკისის ნიშნულების დანიშვნა დასატბორ ადგილებზე მაღალი წყლების დონეზე. მიწის ვაკისის სამუშაოთა სრული მექანიზება, მათი მოხერხებული შესრულება და სხვა.

განასხვავებენ საპროექტო ხაზის გავლების ორ მეთოდს – დაპროექტება შემოფარგვლით და მკვეთი (მჭრელი) ხაზით (ნახ. 11.1).



ნახ. 11.1. საპროექტო ხაზის გავლება:  
1 – შემოფარგვლით; 2 – მჭრელი ხაზით.

შემოფარგვლით დაპროექტებისას საპროექტო ხაზს ავლებენ რაც შეიძლება დედამიწის ზედაპირის პარალელურად. ამ წესიდან გადახვევა

შესაძლებელია მხოლოდ რელიეფის დადაბლებული ადგილების გადაკვეთებზე და გრძივი პროფილის გარდატეხების ახლო მანძილზე განლაგებისას. ვაკე და მცირე ბორცვიანი რელიეფის დროს შემოფარგვლით დაპროექტება საშუალებას იძლევა ტრასა კარგად ჩაიწეროს რელიეფის ელემენტებში, ამასთანავე უზრუნველყოთ კარგად გამშრალი მიწის ვაკისის მიღება. ამ მეთოდს ჩვეულებრივ იყენებენ დაბალი კატეგორიის გზების დაპროექტების დროს.

ბორცვიანი და ძლიერ დასერილი რელიეფის პირობებში შემოფარგვლით საპროექტო ხაზის გავლებისას გზის პროფილი გამოდის ხერხისებური (იხ. 1 ნახ. 11.1). ავტომობილებს განუწყვეტლივ უხდებათ აღმართების გადალახვა და შემდგომ კი ხეობებში ჩასვლა. ეს იწვევს სათბობის გადახარჯვას და ამცირებს გადაზიდვების სიჩქარეს. ინტენსიური მოძრაობის დროს ჯამური სატრანსპორტო დანახარჯები მნიშვნელოვნად იზრდება. ასეთ შემთხვევებში უფრო რაციონალურია მკვეთი საპროექტო ხაზის გავლება (იხ. 2, ნახ. 11.1) ბორცვების ჭრილებით გავლით და ამ გრუნტის გამოყენებით დადაბლებულ ადგილებში ჭრილების მოსაწყობად. საპროექტო ხაზის მდებარეობა შეძლებისდაგვარად უნდა უზრუნველყოფდეს მომიჯნავე ჭრილებსა და ყრილებში მიწის სამუშაოთა მოცულობის ბალანსს, ანუ ჭრილებიდან გრუნტის გრძივი გადანაცვლების გამოყენებას ყრილების მოსაწყობად. მკვეთი მეთოდი უფრო ხშირად გამოიყენება მაღალი კატეგორიის გზების დაპროექტებისას, მაგრამ ამ შემთხვევაში აუცილებელია მოჭრილი გრუნტი ვარგოდეს ყრილების ასაგებად. მაგ. მტკროვანი და ლიოსისებრი თიხების და თიხოვანი ფიქალების ყრილები, დიდ პრობლემებს უქმნიან გზის ექსპლუატაციის სამსახურს ყველა კლიმატურ ზონაში, საპარისა და ყარაყუმის მსგავს უდაბნოთა გარდა.

საჭიროა ავლნიშნოთ, რომ შემოფარგვლით დაპროექტებისას ხშირად მიწის ვაკისი აიგება გზისპირა რეზერვებიდან, რაც ამცირებს მიწის სამუშაოთა ღირებულებას გრუნტის ზიდვის მცირე მანძილის გამო. საქართველოში და მის მსგავს მცირემიწიან ქვეყნებში სახნავი მიწების გზებისათვის გამოიყენება შეზღუდულია ამიტომ ეს მეთოდი ჩვენში იშვიათად გამოიყენება. უმჯობესია მიწის ვაკისის აგება სპეციალურად მოწყობილი გრუნტის კარიერებიდან. ბევრ შემთხვევაში გრუნტის გრძივი ზიდვა დაპროექტების მკვეთი მეთოდის დროს შეიძლება შეიძლება უფრო გამოსადეგი იყოს.

## 11.2. გრძივი პროფილის დაპროექტების თანმიმდევრობა

საპროექტო ხაზის გავლებას გრძივ პროფილზე იწყებენ გრუნტისა და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შეფარდებით და მის საფუძველზე მაღლივი საკონტროლო წერტილების აღნიშვნით, სხვადასხვა უბნებზე საგზაო სამოსის ქვედა ნაწილის აუცილებელი ამადლებების დადგენით. ამის შემდეგ კომპიუტერის მონიტორზე შავად სახავენ საპროექტო ხაზის მდებარეობას, იყენებენ რა გრძივი პროფილის გამოსახვის სპეციალურ პროგრამებს. მონიტორზე გამოისახება ხაზი პროფილზე, რომელსაც გააჩნია სხვადასხვა გრძივი ქანობები და სხვადასხვა რადიუსების მქონე ვერტიკალური მრუდები. მკვეთი საპროექტო ხაზის გაყვანისას საჭიროა ვეცადოთ ვისწრაფვოდეთ მომიჯნავე ყრილებისა და ჭრილების მოცულობები დაახლოებით ტოლი იყოს. ერთნაირი მუშა ნიშნულების დროს ჭრილებს განივი კვეთი ყრილის კვეთზე უფრო დიდი გამოდის, ამიტომ საპროექტო ხაზი უნდა განლაგდეს ისე, რომ ჭრილის ფართობი გრძივ პროფილში ყრილის ფართობზე 25-30%-ით ნაკლები გამოვიდეს. მუშა ნიშნულები არ უნდა აღემატებოდეს, ადგილობრივი გრუნტისა და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესაბამის მინიმალურ ნიშნულებს 20-30 სმ უფრო მეტად.

საპროექტო ხაზის გავლებისას, საჭიროა ვერიდოთ ადგილობრივი მიკრორელიეფის შესაბამის ხშირ გარდატეხებს. განსაკუთრებით არასასურველია აღმართებისა და დაღმართების მეტად ხშირი ცვალებადობა (ხერხისებრი გრძივი პროფილი). ამასთანავე არ არის საჭირო ხელოვნურად შევიტანოთ უბნები მუდმივი დახრილობებით, რაც მოითხოვს ზედმეტი მიწის სამუშაოების შესრულებას. ასეთ ადგილებში უფრო მიზანშეწონილია საპროექტო ხაზი გავლება მეტად დიდი რადიუსის მქონე შემომფარგლავი ვერტიკალური მრუდებით (100000-200000მ), მიწის ბუნებრივი ზედაპირის პარალელურად.

დაპროექტების მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია რელიეფის სახეობაზე. ძლიერ დასერილ და ბორცვიან რელიეფში უფრო ფართოდ გამოიყენება ვერტიკალური მრუდებით გრძივი პროფილის დაპროექტების მეთოდი, როდესაც გზა სიგრძის დიდ ნაწილზე შედგება ვერტიკალური მრუდებისაგან. ეს მრუდები ერთმანეთთან უდღებთან უშუალოდ ან სწორი ჩადგმების მეშვეობით. ვაკე და მთაგორიანი რელიეფისთვის კი იყენებენ საპროექტო ხაზის გავლების მეთოდს, როდესაც საპროექტო ხაზის სწორ უბნებს ჯერ აუღლებენ ვერტიკალური მრუდებით და შემდგომ გამოთვლიან მუშა ნიშნულების შესწორებებს.

ვერტიკალური მრუდებით საპროექტო ხაზის დაპროექტების დროს მონიტორის ეკრანზე ადგილის ზუსტად გამოსახულ პროფილზე საჭიროა ჩაიდგას სხვადასხვა რადიუსის მქონე ვერტიკალური მრუდები ჩვეულებრივ. გრძივი პროფილის მასშტაბებია 1:5000 და 1:500 ვაკე ადგილებში და 1:2000 და 1:200 მთავორიან ადგილებში.

მონიტორზე წინასწარ დასახულ საპროექტო ხაზზე „თაგუნას“ საშუალებით ჩაიხაზება ვერტიკალური მრუდები. მრუდების რადიუსები და გრძივი ქანობები ისეა შერჩეული, რომ ნაპოვნი იყოს საპროექტო ხაზის ყველაზე უფრო მდორე მდებარეობა, რომელიც ამცირებს ავტომობილის გასაველელ მანძილს და არ საჭიროებს ზედმეტი მიწის სამუშაოების შესრულებას. რთულ შემთხვევებში სახავენ რამდენიმე ვარიანტს, საიდანაც ირჩევენ საუკეთესოს.

საპროექტო ხაზის ელემენტების ბოლოების ზუსტ ურთიერშეხამება, ყველა ვერტიკალური მრუდის წვეროების კოორდინატების, მომიჯნავე მრუდხაზოვანი და სწორხაზოვანი უბნების შეუღლების წერტილების, სწორთა ქანობების მახასიათებელთა განსაზღვრა და სხვა გაანგარიშებანი წარმოებს სპეციალური კომპიუტერული გრაფიკის პროგრამების გამოყენებით.

სწორხაზოვანი უბნებით დაპროექტებისას, საპროექტო ხაზის მდებარეობა წინასწარი დასახება გრძივ პროფილზე მათ გარდატეხებზე ითვლება საპროექტო ნიშნულები, ზუსტდება დახრილობების სიდიდე. ჯობს ნიშნულები დაენიშნოს ისე, რომ საპროექტო ხაზის დახრილობა გამოიხატოს მთლიან ათასეულებში. თუ მიღებული მუშა ნიშნულები არ არის დამაკმაყოფილებელი, (მაგ. შუალედურ წერტილებში არ არის დაცული მიწის ზედაპირიდან ან გრუნტის წყლების დონიდან საგზაო სამოსის ქვედა ნაწილის საჭირო ამადლება ან დიდი მანძილზე გზა გადის მცირე ჭრილებში და ა.შ.). ასეთ შემთხვევაში გრძივი ქანობის სიდიდესა და საწყისის მუშა ნიშნულებს ვცვლით, შესაბამისად ავტომატურად მოხდება გრძივი პროფილის ყველა პარამეტრის გადაანგარიშება.

საპროექტო ხაზის გავლების პროცესში საჭიროა შემდეგი კერძო ამოცანების გადაწყვეტა.

1. საპროექტო ხაზის მიწის ზედაპირზე გამოსვლის ადგილის განისაზღვრა, მოცემული გრძივი ქანობით  $i$  (ნახ. 11.2, ა.). თავიდან გამოითვლება გრუნტის ზედაპირის გრძივი ქანობი  $i_0$  უბანზე, სადაც თუ ვიმსჯელებთ გრძივი ქანობის მიხედვით საპროექტო ხაზი გამოდის ზედაპირზე. შემდეგ პოულობენ ფიქტიურ ნიშნულს ამ ქანობის გაგრძელებაზე  $A$  წერტილში, საიდანაც იწყება აღმართი. მიუმატებენ რა ამ ნიშნულს საგზაო სამოსის ქვედა ნაწილის საჭირო



კომპიუტერული ტექნიკის განვითარებამ საშუალებამ მოგვცა საავტომობილო გზების გრძივი პროფილი მთლიანად დავაპროექტოთ ელექტრონულ გამომთვლელ მანქანაზე. ამჟამად დამუშავებულია პროგრამები, რომლებითაც კომპიუტერის მონიტორზე შეიძლება საპროექტო ხაზის მდებარეობის განსაზღვრა ოპტიმალურობის მოცემული კრიტერიუმის დაკმაყოფილებით (მიწის სამუშაოთა მინიმუმი საანგარიშო ავტომობილის ყველაზე დიდი საშუალო სიჩქარე) კომპიუტერის მეხსიერებაში შეაქვთ მონაცემები მიწის ზედაპირის პროფილზე, ზუსტად ფიქსირებული წერტილების ნიშნულებზე (მაგ. რკინიგზებთან გადაკვეთები), წერტილებზე რომლებშიც ნიშნული შეიძლება მხოლოდ გადიდეს ხიდების სავალი ნაწილი, ან შემცირდეს (სავალი ნაწილი გზაგამტარების ქვეშ). კომპიუტერი იძლევა საპროექტო ხაზის ნიშნულებს, რომლებიც აკმაყოფილებენ ვერტიკალური მრუდების რადიუსებისადმი და გრძივი ქანობებისადმი ნორმატივებში მოცემულ მოთხოვნებს. ამ შემთხვევაში დამპროექტებელი გათავისუფლებულია რუტინული, ხანგრძლივი და მომქანცველი სამუშაოებისგან. შემოქმედებით როლს, რომელიც მდგომარეობს გრძივი პროფილის მოხაზულობის თავდაპირველ დასახვაზე ასრულებს პროექტის მთავარი ინჟინერი შემდგომი ოპტიმიზაცია კი სრულდება კომპიუტერის მიერ, პროგრამაში შეტანილი კრიტერიუმების თანახმად.

### **11.3. საკონტროლო წერტილების დანიშვნა საპროექტო ხაზის გავლებისას**

როგორც აღვნიშნეთ საპროექტო ხაზი უნდა გადიოდეს რიგ საკონტროლო წერტილებზე. მათი შერჩევა პროექტის მთავარი ინჟინრის (პროექტის ავტორის) გადასაწყვეტი შემოქმედებითი ამოცანაა და მას ვერავითარი კომპიუტერული პროგრამა ვერ შეასრულებს. ნაწილი ამ წერტილებისა ზუსტად არის ფიქსირებული სიმაღლის მიხედვით. მაგ. გადაკვეთები ერთ დონეზე რკინიგზებთან და არსებულ საავტომობილო გზებთან, ასევე ტრასის დასაწყისი და ბოლო. სხვა საკონტროლო წერტილების მდებარეობა განისაზღვრება მიწის დონიდან მათი მინიმალური ამადლებით, რომელიც შეიძლება გავადიდოთ საპროექტო ხაზის სიმღვრის უზრუნველყოფისათვის, თუმცა ეს აძვირებს მშენებლობას. ასეთებია ნიშნულები ხიდებთან, მიწების ზემოთ, მიწის ვაკისის ამადლება წყლის ხანგრძლივი შეგუბების ადგილებს ზემოთ და სხვა.

საპროექტო ხაზის ნიშნულები საკონტროლო წერტილებზე უნდა დაინიშნოს გრძივი პროფილის დაპროექტების დაწყებამდე. მაგ. საგზაო სამოსის

ქვედა ნაწილის ამადლება გრძივი პროფილის ყველაზე უფრო დაბალ ადგილას, ზედაპირული წყლების ხანგრძლივი შეგუბების ადგილებში და გრუნტის წყლების მაღალი დგომისას. ღია ადგილებში, სადაც შესაძლებელია თოვლის ნამქერი, საჭიროა მიწის ვაკისის წარბას გარკვეული ამადლება თოვლის საფარის ზედაპირიდან (იხ. თავი 7-7).

გაცილებით უფრო ძნელია ნიშნულების დანიშვნა და საპროექტო ხაზის გაწევა ხელოვნურ ნაგებობებთან ახლომდებარე უბნებზე. საპროექტო ხაზის მდებარეობა უნდა უზრუნველყოფდეს მაღლის ნაშენის ქვედა ნაწილის საკმარის ამადლებას წყლის ზედაპირიდან, რათა ნაგებობამ შეფერხების გარეშე გაატაროს მაღალი წყლები. აგრეთვე, არ დაიტბოროს მისასვლელი.

ხელოვნური ნაგებობების ამადლების სიდიდე კალაპოტის ფსკერიდან მიიღება შემდეგი სიდიდეების ჯამიდან: მონადენი წყლის სიღრმე ნაგებობის შესასვლელთან შეტბორების გათვალისწინებით. მანძილი დატბორილი წყლის დონესა და მაღლის ნაშენს შორის. მცირე ხელოვნურ ნაგებობებთან ეს მანძილი უნდა უზრუნველყოფდეს მცურავი საგნების უსაფრთხო გაშვებას და წყალდიდობისას, მაღლის ნაშენის დაუტბორვადობას.

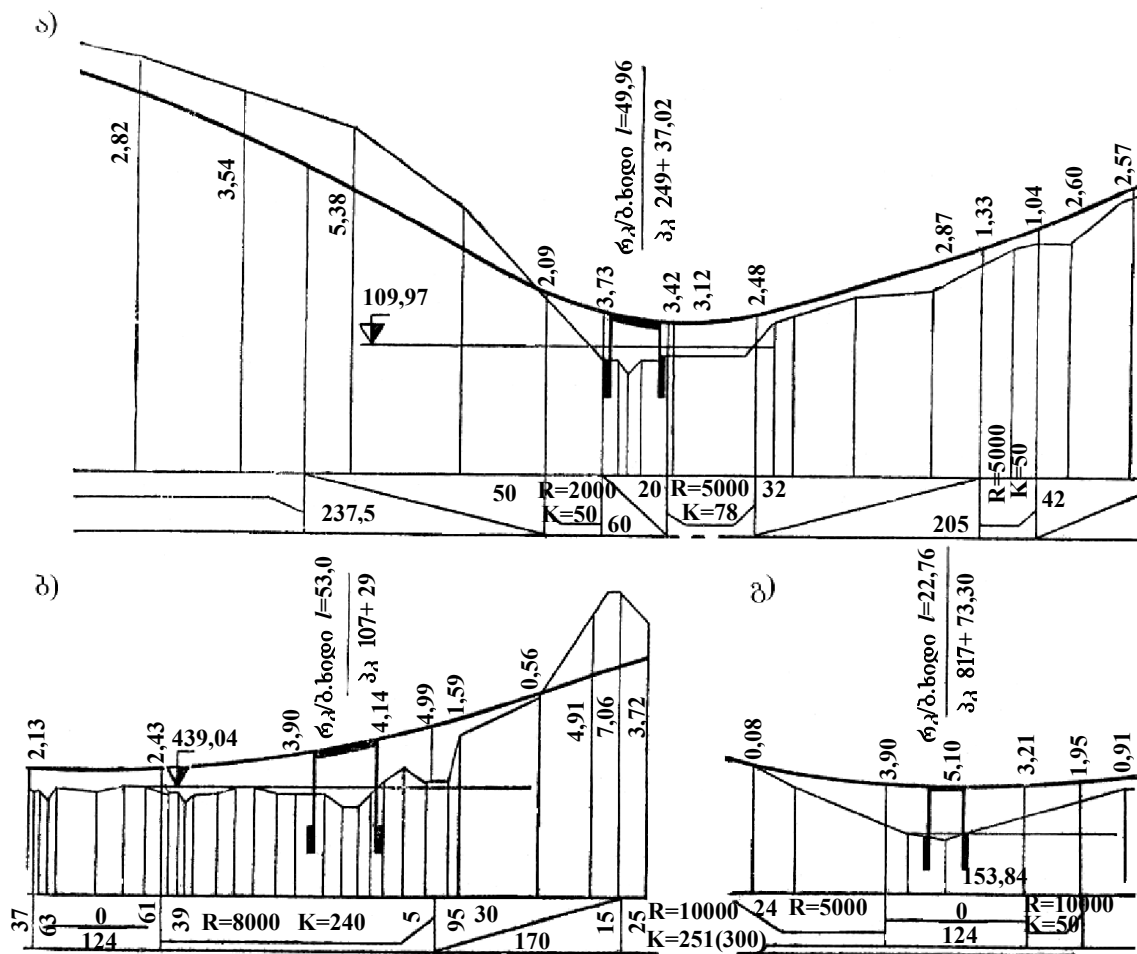
ნოლებზე ყრილის სიმაღლეს ნიშნავენ შეტბორვის დონის მიხედვით. დიდ მდინარეებზე, სადაც წყალდიდობისას წყლით იფარება დიდი სივრცე და შესაძლებელია ტალღების წარმოქმნაც, ყრილის წარბას ნიშნული საჭიროა დაინიშნოს ტალღის დონიდან საჭირო ამადლების მიხედვით. ხიდან მისასვლელ ყრილებს აპროექტებენ იშვიათი განმეორებადობით ვიდრე საანგარიშო წყალდიდობის განმეორებადობაა. ეს იმით აიხსნება, რომ ხიდები უფრო ნაკლებად ხანგამძლეა ვიდრე ყრილები მისასვლელებთან.

მაღალ კატეგორიებზე დიდი და საშუალო ხიდების მისასვლელებთან ყრილების წარბას ამადლებისადმი მოთხოვნები მოცემულია თავში 21.2.

მცირე და საშუალო ზომის ხელოვნური ნაგებობების დაპროექტებისას საპროექტო ხაზის სიმაღლის უზრუნველყოფისათვის სარგებლობენ შემდეგი ხერხებით:

1. ხიდის მდებარეობა გრძივ ქანობზე (ნახ. 11.3, ა). თუ საფარის ტიპი ხიდზე ისეთივეა, როგორც მისასვლელებთან, მაშინ ხიდის მაქსიმალური გრძივი ქანობი უნდა იყოს მისასვლელების ანალოგიური. ხის ფენილების მოწყობისას ხიდის სავალი ნაწილის გრძივი ქანობი არ უნდა აღემატებოდეს 20% ფიცრების გრძივად დაგებისას და 30% განივად დაგებისას. მცირე ხიდებს განლაგებულებს დიდი გრძივ ქანობებზე, ზოგჯერ გადასწევენ ხეობის ერთი ნაპირისაკენ,

წყალსადინარის ხელოვნური კალაპოტის მოწყობით. გრძივი ქანობის მქონე უბანი, რომელზედაც ხიდია განლაგებული უნდა გაგრძელდეს მცირე მანძილზე ხიდის ორივე მხარეს.



ნახ. 11.3. მცირე ხიდებთან საპროექტო ხაზის დატანის მაგალითები.

2. ხიდის განლაგება ვერტიკალურ მრუდზე. საშუალებას გვაძლევს ავიცილოთ ხიდთან ახლოს საპროექტო ხაზის გადატეხები, რაც გარდაუვალია ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე ხიდის მოწყობის დროს (ნახ. 11.3, ბ).

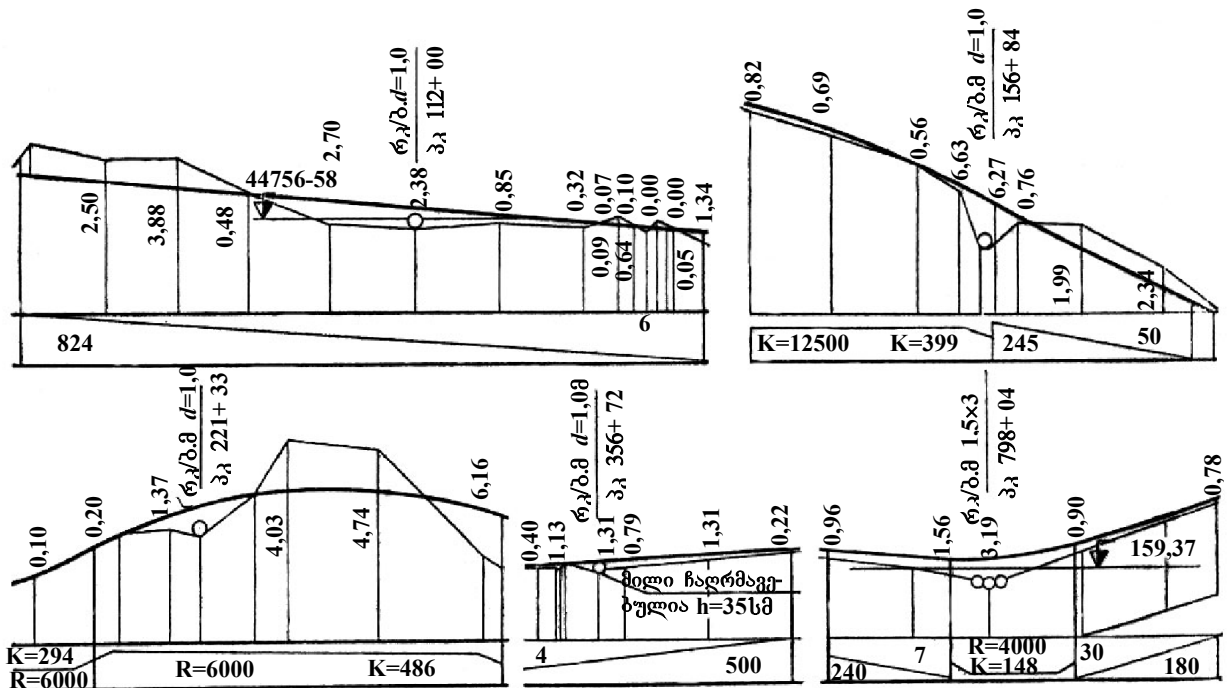
3. ხიდის ქვეშ კალაპოტის გაღრმავება. აუცილებელია ვაკე ადგილებში ნაკლებადგამოხატული წყალსადინარის გადაკვეთისას სადაც წყლის დინების ბუნებრივი სიღრმე არ აღემატება 20-30 სმ. წყლის ხარჯისას დიდი ნაწილი მიედინება ხიდის ქვეშ თხრილში. კალაპოტის გაღრმავებისათვის აუცილებელია რომ ხევთან თხრილს ჰქონდეს ისეთი გრძივი ქანობი, რომლის დროსაც კალაპოტი არ დაილაშქრება ხოლო თხრილი შეიძლება გამოიყვანოს ზედაპირზე ხიდთან ახლოს.

4. ხელოვნურ ნაგებობათა მუშა ნიშნულების შემცირება. ამას აღწევნ წყლის გადინების საანგარიშო სიჩქარის შემცირებით, რაც ამცირებს გადინების



სიღრმეს და შეტბორილი ჰორიზონტის სიმაღლეს. შეიძლება აგრეთვე დიდი დიამეტრის მქონე ერთი მილის შეცვლა, იგივე ჯამური გამტარობის უნარის მქონე რამდენიმე მცირე მილით.

ვიწრო და ღრმა ხრამებზე ყრილების დაპროექტებისას (ნახ. 11.3, გ) თუ ხელოვნური ნაგებობის მოწყობის ადგილზე მუშა ნიშნულებს განვსაზღვრავთ ყრილებისა და ჭრილების მოცულობის ტოლობიდან მაშინ იგი უფრო დიდია, ვიდრე ყრილის მინიმალური საჭირო სიმაღლე, ვიწრო და ღრმა ხრამებზე გადასასვლელად. ამ დროს უფრო მიზანშეწონილია მილების ჩაწყობა (ნახ. 11.4).



ნახ. 11.4. საპროექტო ხაზის დატანის მაგალითები წყალგადამშვებ მილებზე.

დიდი სანაოსნო მდინარეების გადაკვეთებზე ხიდის საგალი ნაწილის ამაღლება მისასვლელებთან აუცილებელია, ვინაიდან წინააღმდეგ შემთხვევაში ყრილების სიმაღლე არ იქნებოდა საკმარისი. ყველა შემთხვევაში საპროექტო ხაზმა უნდა უზრუნველყოს ხიდზე შესვლის სიმდოვრე. ამ მიზნით ხიდთან მისასვლელების დახრილობას ღებულობენ არა უმეტეს 30%, ხოლო ყრილის ბოლოსა და ხიდის სათავეს შორის მიწის სამუშაოთა მოცულობის შემცირების მიზნით აწყობენ ჰორიზონტალურ უბანს, რომელის სიგრძე საკმარისია ვერტიკალური მრუდების ტანგენსების განლაგებისათვის. დიდ ხიდებზე, ნოლაში განლაგებული მაღლებით, სანაოსნო მაღლებისათვის საჭირო დამატებითი ამაღლება შეიძლება გაკეთდეს ნოდის მაღლების გრძივ ქანობზე მოწყობით.

საპროექტო ხაზის მდებარეობა ასევე უნდა უზრუნველყოფდეს წყლის გრძივი არინების უწყვეტობას კიუვეტებსა და რეზერვებში. ჩვეულებრივ კიუვეტებს ფსკერს აწყობენ მიწის ვაკის წარბას პარალელურად, ამიტომ მისი დახრილობა გზის გრძივი ქანობის ტოლია. ფსკერის თითოეული უბნის სიგრძეზე – კიუვეტიდან წყლის გადაადგილების ადგილში – საჭიროა რომ მისი ფსკერის დახრილობა მიმართული იყოს ერთ მხარეს და იყოს საკმარისი წყლის თავისუფალი ჩადენისათვის შეგუბების გარეშე. კიუვეტების ფსკერი რომ არ დაიფაროს ბალახით მას უნდა მიეცეს დახრილობა არა ნაკლებ 5%. გამონაკლის შემთხვევებში, წყლის არინების განსაკუთრებით რთულ, ვაკის პირობებში დაშვებულია გრძივი ქანობის შემცირება 3%-მდე. საჭიროა გამოვიყენოთ წყლის არინების ყოველი შესაძლებლობა თუნდაც შესაბამის ადგილებში ასაორთქლებელი აუზების მოწყობით. კიუვეტების ჰიდრაულიკური ანგარიში მოყვანილია თავში 8.2.

ადგილმდებარეობას თუ აქვს განივი ქანობი ზედა კიუვეტის გადავსების თავიდან ასაცილებლად, გრძივი პროფილის დადაბლებულ ადგილებში აწყობენ მილს ანგარიშის გარეშე ქვედა კიუვეტში წყლის გასაშვებად, სასურველია, რომ კიუვეტებიდან წყლის არინება გვერდზე ან ხელოვნურ ნაგებობებში ხორციელდებოდეს არა უმეტეს 500 მ მანძილზე.

თუ ადგილის რელიეფის გამო არ შეიძლება წყლის არინება კიუვეტით გზას აპროექტებენ არა ნაკლებ 0,5-0,6 მ. სიმაღლის ყრილში. რეზერვების არსებობისას ცალკეულ უბნებზე ნიშნავენ მათ ისეთ სიღრმეს, რომლის დროსაც შეიძლება წყლის გრძივი არინება მინიმალური დახრილობით და არ წარმოაიქმნება შეგუბება.

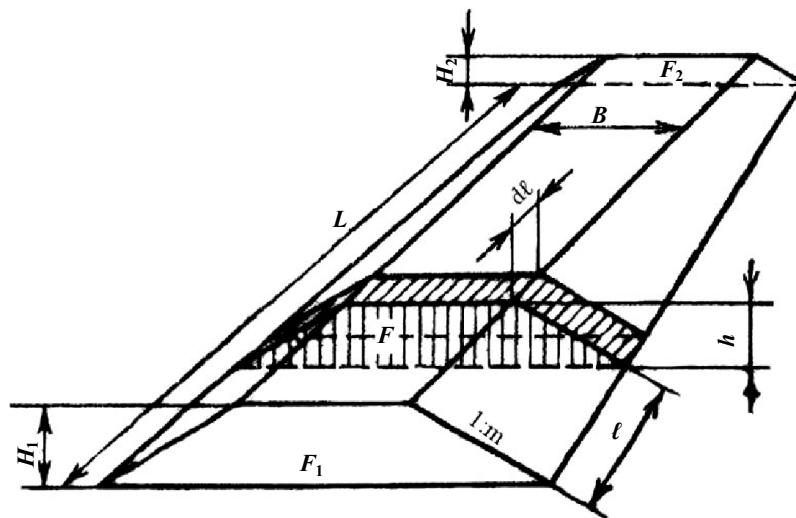
ცალკეულ, მოკლე, ჰორიზონტალურ უბნებზე, უმთავრესად წყალგამყოფებზე, წყლის არინებისათვის შეიძლება მოეწყოს გზის წარბას არაპარალელურად განლაგებული კიუვეტები, რომლებსაც ააჩნიათ წყლის ჩადინებისათვის საჭირო მინიმალური დახრილობა. ამ შემთხვევაში წყალგამყოფიდან დაშორების მიხედვით სიღრმე იზრდება. საჭიროა მოვერიდოთ ფსკერის დამატებით ჩაღრმავებას ნორმალური სიღრმიდან 0,6 მ უფრო მეტად, ვინაიდან ფერდობის ერთნახევრიანი დახრილობისას 1-1,2მ სიღრმის კიუვეტს ზემოდან აქვს 3,5-4,0მ. სიგანე. ეს კი ზრდის მიწის სამუშაოთა მოცულობას და რაც მთავარია აუარესებს მგზავრების გადაადგილების უსაფრთხოებას.

#### 11.4. ყრილებისა და ჭრილების მოცულობები

მშენებლობის ორგანიზაციის პროექტის შედგენის, საგზაო მანქანების შერჩევისა და მშენებლობის ღირებულების შეფასებისათვის განსაზღვრული უნდა იყოს მიწის სამუშაოთა მოცულობები, რომელიც უნდა შესრულდეს მიწის ვაკის აგებისას ცალკეულ უბნებზე და მთლიანად გზაზე.

მიწის სამუშაოთა მოცულობებს ითვლიან გრძივ პროფილიდან ამოწერილი მუშა ნიშნულების მიხედვით.

გრძივი პროფილის ორ მომიჯნავე გადატეხებს შორის მიწის ვაკის მოკლე უბანი, ადგილის განივი ქანობის არსებობისას, შეიძლება განვიხილოთ როგორც სწორი გეომეტრიული სხეული – პრიზმატოიდი ტრაპეციისებრი ფუძეებით (ნახ. 11.5).



ნახ. 11.5. ჭრილებისა და ყრილების მოცულობათა დასადგენი სქემა გრუნტის პორიზონტალურ ზედაპირზე

პრიზმატოიდის მოცულობის განსაზღვრისათვის გამოვყოთ  $dl$  სისქის ვერტიკალური ელემენტარული შრე ერთერთი ბოლოდან  $l$  მანძილზე. ყრილის სიმაღლე ამ ადგილას  $h$ -ის ტოლია.

ელემენტარული შრის მოცულობა

$$dv = F \cdot dl = (B + m \cdot h) h dl, \quad (11.5)$$

სადაც  $B$  – მიწის ვაკის სიგანეა ზემოდან,  $m$  – ფერდობის დახრის კოეფიციენტი.

პრიზმატოიდის მთლიანი მოცულობა

$$V_{\text{პრ}} = \int_0^l (B + m \cdot h) \cdot h dl. \quad (11.6)$$

ყრილის სიმაღლე განხილულ წერტილში

$$h = H_1 - \frac{(H_1 - H_2)}{L}$$

სადაც  $L$  პრიზმატოიდის სიგრძეა.

განტოლება (11.6)  $h$ -ის ჩასმით და მისი ინტეგრირებით 0-დან  $L$ -ის საზღვრებში, ვღებულობთ საკმაოდ დიდ მრავალწევრს. იგი შეიძლება გარდაქმნათ კვეთის ბოლოებში ფართობების ტოლია

$$F_1 = (B + mH_1)H_1 \quad \text{და} \quad F_2 = (B + mH_2)H_2. \quad (11.7)$$

ეს გვაძლევს გამოსახულებას

$$V_{\text{პრ}} = \left[ \frac{F_1 + F_2}{2} L - \frac{m(H_1 - H_2)}{2} \right] L.$$

თუ პრიზმატოიდის შუაში კვეთის ფართობს აღვნიშნავთ

$$F_{\text{საშ.}} = (B + m \cdot H_{\text{საშ.}})H_{\text{საშ.}} \quad \text{სადაც} \quad H_{\text{საშ.}} = \frac{H_1 + H_2}{2}$$

გამოსახულება ღებულობს ასეთ სახეს

$$V_{\text{პრ}} = \left[ F_{\text{საშ.}} + \frac{m(H_1 - H_2)}{12} \right] L. \quad (11.8)$$

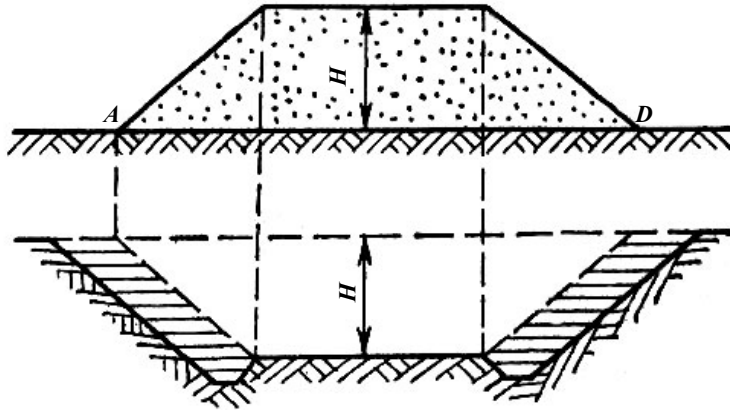
გამოსახულებებში (11.7) და (11.8) მეორე წევრები პირველთან შედარებით უფრო მცირეა, ამიტომ ისინი საჭიროა გავითვალისწინოთ თუ  $H_1$  და  $H_2$  ნიშნულების სხვაობა 1 მ. და მეტია. მომიჯნავე ნიშნულების ნაკლები სხვაობისას მიწის სამუშაოთა განსაზღვრისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ გამარტივებული გამოსახულებები

$$V_{\text{პრ}} = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot L, \quad (11.9)$$

$$V_{\text{პრ}} = F_{\text{საშ.}} \cdot L. \quad (11.10)$$

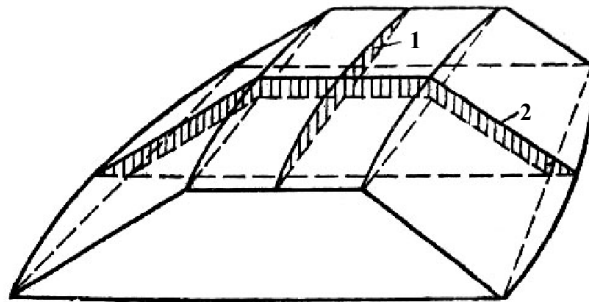
პირველი ამ გამოსახულებიდან იძლევა რამდენადმე მომატებულ, ხოლო მეორე – მიწის სამუშაოთა შემცირებულ მოცულობებს. განტოლებები (11.9) და (11.10) ერთნაირად გამოსადეგია ყრილებისა და ჭრილების მოცულობათა განსაზღვრისათვის. ტოლი მუშა ნიშნულებისა და მიწის ვაკისის ერთნაირი სიგანისას, ჭრილებს მოცულობები ყრილების მოცულობებზე უფრო დიდია კიუვეტების არსებობის ხარჯზე (ნახ. 11.6).

განხილული ფორმულები ეკუთვნის გზის სწორ უბნებს გეგმაში და პროფილში.



ნახ. 11.6. ტოლი მუშა ნიშნულების მქონე ყრილისა და ჭრილის მოცულობების განსაზღვრა

გეგმაში უწყვეტი კლოტოიდური მრუდებით და შეუღლებული ვერტიკალური მრუდებით გრძივ პროფილში გზის ტრასირების დროს (იხ. 12.4) გზის ღერძი მრუდხაზოვანია.



ნახ. 11.9. მიწის ვაკისის გაუთვალისწინებელი მოცულობა ვერტიკალური მრუდის მონაკვეთზე:

- 1 – გაუთვალისწინებელი ფართობი გრძივ პროფილზე;
- 2 – იგივე განივ კვეთზე.

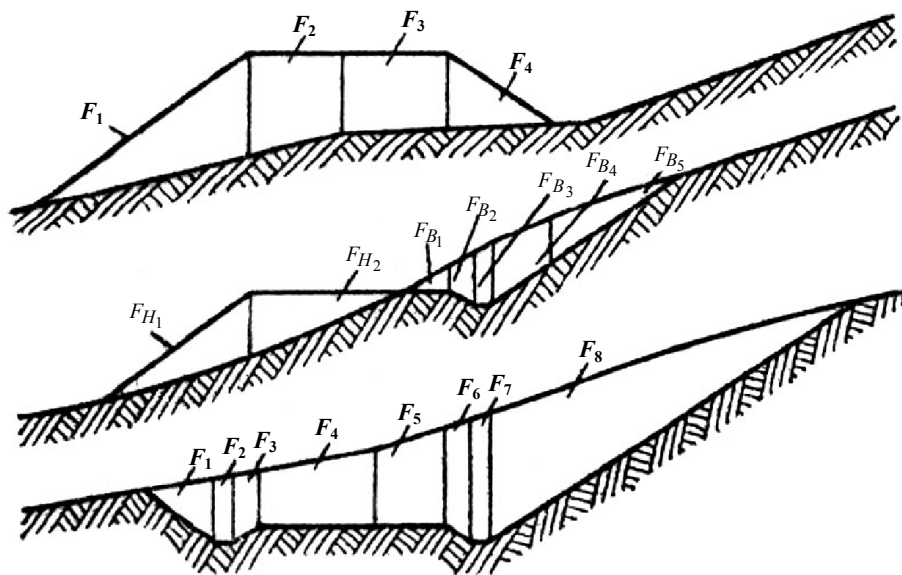
ვაკე ადგილას გეგმაში გზის სიმრუდე არ ახდენს გაგლენას მიწის სამუშაოთა მოცულობაზე. გიულდენის თეორემის მიხედვით მბრუნავი სხეულის მოცულობა ტოლია მისი კვეთის ფართობის ნამრავლისა სიმძიმის ცენტრის ტრაქტორის სიგრძეზე. ადგილის განივი ქანობის არარსებობისას, მიწის ვაკის სიმძიმის ცენტრი განლაგებულია მის ღერძზე, რომელზედაც ზომავენ ტრასის სიგრძის გაზომვას. დიდ პარამეტრებიან კლოტოიდებზე სიმრუდე მდორედ იცვლება. შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ის უცვლელი რჩება მოკლე უბნების საზღვრებში (პიკეტი და ნაკლები), რომლისთვისაც ხდება მიწის სამუშაოთა გამოთვლას. გრძივ პროფილში კვეთებს შორის მნიშვნელოვანი მანძილის დროს, უბნების სიმრუდის გაუთვალისწინებლობამ (ნახ. 11.7) შეიძლება გამოიწვიოს დიდი ცდომილება. ამიტომ ასეთ ადგილებში, უმჯობესია უბნის სიგრძე მივიღოთ არა უმეტეს 50 მ.

## 11.5. მიწის სამუშაოთა მოცულობების გამოთვლა

მიწის სამუშაოთა მოცულობის გამოთვლებისათვის საპროექტო ორგანიზაციები იყენებენ საპეციალურ კომპიუტერულ პროგრამებს, შედგენილ მიწის ვაკის სხვადასხვა სიგანისათვის. შეიძლება აგრეთვე სპეციალური ცხრილების სარგებლობა სადაც მოცემულია მიწის ვაკისის მოცულობა მუშა ნიშნულების ჯამის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის  $H_1+H_2, L$  უბნის სხვადასხვა სიგრძის დროს.

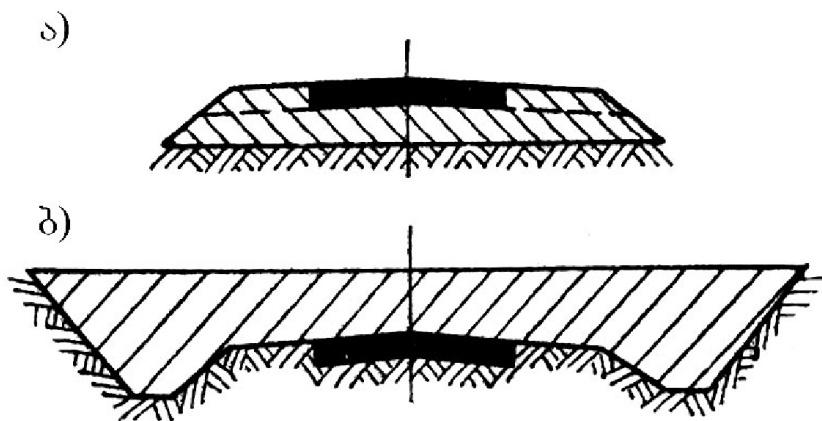
მიწის სამუშაოთა მოცულობების გამოთვლა კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით, საშუალებას გვაძლევს სამუშაოთა დიდი მოცულობის მიუხედავად სწრაფად ვაწარმოთ გაანგარიშება და თავიდან ავიცილოთ შეცდომები, რომლებიც ხშირია ხელით გამოთვლისას.

გამოთვლების გამარტივებისთვის, კიუვეტების მოცულობები შეჰყავთ ჭრილების მოცულობებში. ყრილების გამოთვლების დროს, კი კიუვეტებს მოცულობას ანგარიშობენ დამატებით, სპეციალური ცხრილებით. ადგილის 100%-ზე ნაკლები განივი ქანობი ნაკლებად ახდენს გავლენას სამუშაოთა მოცულობებზე და გამოთვლების დროს მას არ ითვალისწინებენ. ფერდობებიან უბნებზე მიწის სამუშაოებს განსაზღვრავენ (11.9) განტოლების მიხედვით. გამოთვლებისათვის გამოხაზული უნდა იყოს მიწის ვაკის განივი პროფილი დამახასიათებელ წერტილებში (ნახ. 11.8). ხელით ანგარიშისას ჭრილებსა და ყრილებს ფართობს ზომავენ პლანიმეტრით ან რთული კვეთის მარტივ ფიგურებად ყოფით.



ნახ. 11.8. მიწის ვაკისის განივი პროფილები ფერდობებზე

ხიდებს 4 მ. ნაკლები სიგრძით მიწის სამუშაოთა გამოთვლის დროს არ ითვალისწინებენ და თვლიან მათ, როგორც მიწით ამოვსებულ ადგილებს. მიწის სამუშაოთა მოცულობების უფრო ზუსტი გაანგარიშებისათვის, რომლებიც უნდა შესრულდეს გზის აგებისას, ფორმულებით გამოთვლილ მოცულობებში საჭიროა შევიტანოთ შესწორებები რომლებიც ითვალისწინებენ: მომიჯნავე ნიშნულების სხვაობის გავლენას, თუ ის აღემატება 1 მ. მცენარეულ გრუნტის ასაღებად მიწის სამუშაოების დამატებითი მოცულობებს, ხელოვნურ ნაგებობათა კონუსების დაზვინვისათვის საჭირო დამატებითი სამუშაოებს; სამუშაოთა მოცულობებს რომელიც სჭირდება საგზაო საფარს გამზადებულ გზაზე (ე.წ. საგზაო სამოსი მოსაწყობად საჭირო შესწორებები); გრუნტის შემკვრივების ხარისხს ბუნებრივ განლაგების სხვადასხვა პირობებში და ყრილებში ხელოვნური შემკვრელების გამოყენების შემდეგ; სუსტ ფუძეზე ყრილების დაჯდომას (ტორფი, ფხვიერი გრუნტები). გარდა ამისა, დამატებით, პროექტში გაუთვალისწინებულ სამუშაოებში შეჰყავთ შემასწორებელი კოეფიციენტი 1,05-1,10 მიწის სამუშაოთა საერთო მოცულობაზე. საგზაო სამოსის მოწყობისათვის შესწორებების შეტანისას ითვალისწინებენ ვარცლის მოცულობას. ყრილის მოცულობების გამოთვლისას ეს შესწორება შეაქვთ უარყოფითი ნიშნით, ვინაიდან მიწის სამუშაოები მცირდება მოცულობით, რომელიც უჭირავს საგზაო სამოსს (ნახ. 11.9, ა). ჭრილებში კი პირიქით, შესწორება საგზაო სამოსის მოწყობისათვის იწვევს მიწის სამუშაოთა მოცულობების გადიდებას და ის შეიტანება დადებითი ნიშნით (ნახ. 11.9, ბ).



ნახ. 11.9. საგზაო სამოსის მოწყობისას მიწის სამუშაოთა მოცულობის შესწორების სქემა:

ა – ყრილებს ეყრება გვერდულები; ბ – ჭრილებში ამოიჭრება ვარცლი.

შესწორების შეტანა ყრილებში გრუნტის ხელოვნურად გამკვრივებაზე გამოწვეულია იმით, რომ საავტომობილო გზების მიწის ვაკისის გამკვრივება

თანამედროვე მოთხოვნათა მიხედვით, უნდა იყოს მეტი ბუნებრივი განლაგების პირობებში გრუნტის სიმკვრივესთან შედარებით. ამიტომ ყრილების მოცულობები, როგორც წესი, ნაკლებია იმ რეზერვების მოცულობებზე, რომლისგანაც ამოყვანილია ეს ყრილები. მასწორებელი კოეფიციენტის სიდიდე შეიძლება დადგინდეს ბუნებრივი განლაგების პირობებში გრუნტის სიმკვრივის შედარებით გრუნტის იმ სიმკვრივესთან, რომელიც უნდა იყოს უზრუნველყოფილი ვაკისში. სუსტ გრუნტზე განლაგებული ყრილების დაჯდომას ანგარიშობენ მიწის ვაკის მდგრადობის მეთოდებით.

თუ გზის ცალკეულ უბნებზე, ერთი განივი პროფილის საზღვრებშიც, გრუნტები განსხვავდება დამუშავების სიძნელის მიხედვით, მიწის სამუშაოების მოცულობებს გამოთვლიან გრუნტის თითოეულ კატეგორიისათვის ცალცალკე. ეს ასევე ეკუთვნის უბნებს არახელსაყრელი გრუნტისა და ჰიდროგეოლოგიური პირობებით, სადაც მიწის ვაკის ზედა ნაწილებს აგებენ შემოტანილი მადრენირებელი ქვიშიანი გრუნტებისაგან.

## 11.6. გრუნტის ზიდვის სიშორის დადგენა

მიწის ვაკის აგებისას გრუნტს ჭრიან და ის გაადააქვთ სხვა ადგილზე – ყრილში, თუ მოცულობა ზედმეტია გააქვთ ნაყარში (კავალიერში). ამიტომ ყრილებისა და ჭრილების მოცულობების მხოლოდ სიდიდე სამუშაოთა ორგანიზაციის პროექტის შედგენისათვის და მექანიზმებს შერჩევისათვის არაა საკმარისი. საჭიროა ვიცოდეთ გრუნტის ზიდვის მანძილიც.

დასერილი რელიეფის პირობებში, ყრილებისა და ჭრილების მონაცვლებისას მიწის ვაკისი შეიძლება აიგოს რამდენიმე მეთოდით. ყრილების აგება ჭრილების დამუშავების დროს მიღებული გრუნტებისაგან (გრძივი ზიდვა), ან ყრილებისათვის გრუნტის ამოღება რეზერვებიდან, ხოლო ჭრილების ზედმეტი გრუნტის მოთავსება კავალიერებში (განივი ზიდვა). ამოღებული გრუნტი გამოყენება ყრილების ასაგებად, ხოლო დანაკლისი გრუნტი შემოაქვთ გზიდან მახლობლად არსებული კარიერებიდან.

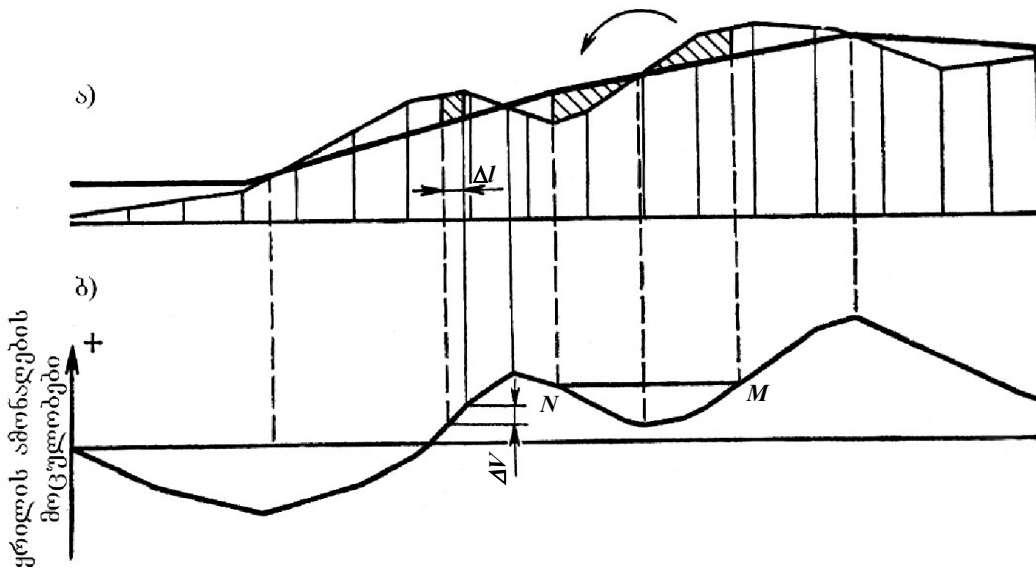
თითოეული კონკრეტული შემთხვევისათვის ყველაზე გამოსადეგია ის მეთოდი, რომელიც დაკავშირებულია სატრანსპორტო სამუშაოთა ნაკლებ მოცულობასთან და მიწასათხრელი მანქანების ყველაზე ეფექტურ გამოყენებასთან.

უმეტეს შემთხვევაში, ზიდვის საშუალებები განისაზღვრება ადგილობრივი ბუნებრივი პირობებით, ადგილის რელიეფით, მისასვლელი გზებით, გრუნტისა და ჰიდროგეოლოგიური პირობებით.



განივი ზიდვა გამორიცხულია ძვირფას მიწიან ადგილებში, ძლიერ მლაშე გრუნტის უბნებზე, ჭაობების გადაკვეთებზე და დასახლებულ ადგილებს საზღვრებში. გრძივი ზიდვა არ შეიძლება გამოვიყენოთ, თუ ჭრილებს გრუნტი არ გამოდგება ყრილის ამოსაყვანად. სამუშაოთა ორგანიზაციის პროექტის შედგენისას ერთნაირი მოცულობის მომიჯნავე ყრილებისა და ჭრილების დასადგენად და ზიდვის საშუალო სიშორის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ მიწის მასების განაწილების გრაფიკული მეთოდი.

მიწის მასების განაწილების მრუდს აგებენ მიწის სამუშაოთა მოცულობების გამოთვლის უწყისების მონაცემების მიხედვით ტრასაზე ყრილებისა და ჭრილების მოცულობათა თანმიმდევრული დაჯამებით. ჭრილების მოცულობები, როგორც გრუნტის მოპოვების წყარო მიიღება პლუს ნიშნით, ხოლო ყრილების მოცულობები რომელთა ამოსაყვანადაც გამოიყენეს ეს გრუნტი, ნიშნით მინუს. მოცულობათა თანამიმდევრულ ჯამს ზომავენ პიკეტების წინ ორდინატების და გასწორებული ტრასის შუალედური წერტილების მიხედვით, რომელიც აბსცისთა ღერძს წარმოადგენს (ნახ. 11.10).



ნახ. 11.10. მიწის მასების განაწილების გრაფიკის შედგენა:  
 1 – გრძივი პროფილი; 2 – მიწის მასების განაწილების გრაფიკი.

მიწის მასის განაწილების მრუდებს აქვთ შემდეგი თავისებურებანი: მრუდის ნებისმიერი ორდინატა წარმოადგენს ყრილებისა და ჭრილების მოცულობათა ალგებრულ ჯამს მრუდის დასაწყისიდან განხილულ კვეთამდე:

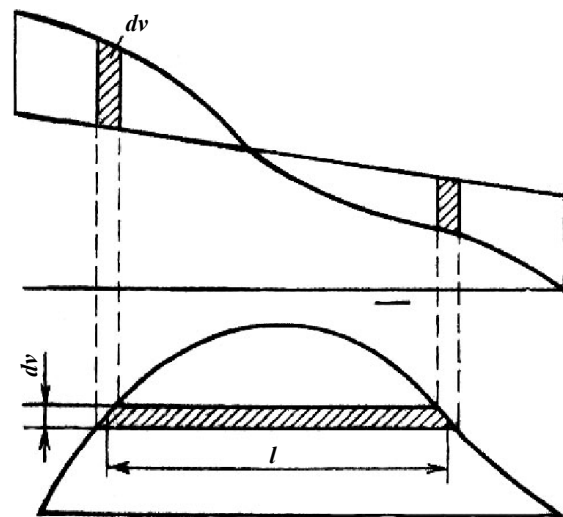
ორ ორდინატს შორის სხვაობა  $\Delta V$  ტოლია გზაზე განხილულ “ $\Delta L$ ” კვეთებს შორის მიწის სამუშაოთა მოცულობების. აღმავალი უბნები შეესაბამება ჭრილებს, ხოლო დაღმავალი-ყრილებს. მრუდის მაქსიმუმები და მინიმუმები

განლაგებულია ჭრილიდან ყრილში და ყრილიდან ჭრილში გადასვლის წერტილების ზემოთ.

გრუნტის დამრეცი უბნები ახასიათებენ მიწის სამუშაოთა მცირე მოცულობებს, ციცაბო უბნები შეჯგუფებულ დიდ მოცულობებს:

მოცულობათა მრუდის გადამკვეთი ჰორიზონტალური-ხაზი კვეთს უბანს, რომელზედაც ყრილის მოცულობა ჭრილის მოცულობის ტოლია ამ ხაზს ეწოდება თანაბარმოცულობის და გამანაწილებელი ხაზი; გრუნტის ზიდვის საშუალო სიშორე გამანაწილებელი ხაზით მოკვეთილი მრუდის უბნის საზღვრებში ტოლია მოკვეთილი ფართობის მის მაქსიმალურ სიმაღლეზე განაყოფისა.

მრუდის ეს თვისება შეიძლება დავამტკიცოთ შემდეგნაირად. გზით გრძივ პროფილზე-ჭრილის უბანზე გამოვიყვოთ ელემენტარული მოცულობა  $dV$ ,



ნახ. 11.11. გადაზიდვის საშუალო მანძილის განსაზღვრის სქემა

რომელიც ნახ. 11.11-ის მიხედვით გადატანილია ყრილში  $l$  მანძილზე. თუ ჩავთვლით გამარტივებულად, რომ სატრანსპორტო საშუალებანი მოძრაობენ სწორ ხაზზე, ვპოულობთ, რომ გრუნტის განხილულ მოცულობის გადანაცვლებაზე დახარჯული მუშაობა ტოლია.

$$dU = f l dv,$$

სადაც  $f$ -სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის წინააღობაა.

ელემენტარული ნამრავლი  $l_{\text{გვ}} \cdot dv$  განაწილების მრუდზე გამოსახულია

დაშტრიხული ელემენტარული  $dV$  სიმაღლის ზოლით და  $l$  სიგრძით.

ჭრილის მთლიანი ფართობიდან ყრილში გრუნტის გადანაცვლების ჯამური მუშაობა ტოლია

$$u = f \cdot \int_0^V l dv = f \cdot \omega. \quad (11.11)$$

ინტეგრალი გამოხატავს მრუდის მოკვეთილი ნაწილის ფართობს. თუ ჩავთვლით, რომ გრუნტის ზიდვის საშუალო პირობითი სიშორე  $l$ -ია, მაშინ გადაზიდვისას შესრულებული მუშაობა

$$U = f \cdot v \cdot \ell. \quad (11.12)$$

საიდანაც  $U$ -სთვის ორი გამოსახულების გატოლებით ვღებულობთ:

$$\ell = \frac{\omega}{\nu}.$$

დასერილი რელიევის პირობებში მიწის მასების განაწილების გრაფიკი შეიძლება გამოვიყენოთ საგზაო მანქანების შესარჩევად. ვიცით რა ზიდვის საშუალო სიშორე რომლის დროსაც მიწისსაჭრელი მანქანის გამოყენება ყველაზე უფრო ეფექტურია, ის გადააქვთ მიწის მასის განაწილების მრუდზე. მიწის მასების განაწილებისას მრუდის ანალიზის მონაცემები საჭიროა განვიხილოთ, როგორც მიახლოებითი და საორიენტაციო. ისინი სრულად ვერ გამოხატავენ გრუნტის გადაადგილების ნამდვილ პირობებს. ვინაიდან, პირველ რიგში, მრუდის გაანალიზების დროს უშვებენ, რომ გრუნტი გადააქვთ სწორ ხაზზე გადასაადგილებელი მოცულობების სიმძლავრის ცენტრებს შორის, მაშინ როდესაც ზიდვის ფაქტიური სიშორე მობრუნებათა გათვალისწინებით, და მხოლოდ გარკვეულ ქანობებზე მოძრაობის შესაძლებლობა არსებითად ზრდის ამ მანძილს. გრუნტის ზედაპირის მდგომარეობის მიხედვით შეიძლება ასევე ძლიერ შეიცვალოს მოძრაობის წინაღობა. გარდა ამისა, მიწისსაჭრელი მანქანებისა და სატრანსპორტო საშუალებების მუშაობის პირობებმა. ისევე, როგორც მუშაობის პროცესში ჭრილებიდან წყალსარინების აუცილებლობამ შეიძლება შეაფერხოს გრუნტის გადაადგილება ჭრილიდან ყრილში, თუ ჭრილი განლაგებულია ყრილზე დაბლა გზის ქანობის მიმართულებით. ექსკავატორების მუშაობისას შეიძლება სასარგებლო იყოს პიონერული ტრანშეის გაყვანა ჭრილის მთელ სიგრძეზე, რომელიც გამოყენებული სატრანსპორტო საშუალებების ზიდვის რაციონალურ მანძილზე მეტი იქნება.

მიწის მასების განაწილების გრაფიკის მიხედვით მიღებულ გადაწყვეტილებებში არსებითი კორექტივების შეტანა შეიძლება აგრეთვე ყრილებში და რეზერვებში დასამუშავებელი გრუნტების ხარისხის გათვალისწინებით.

## თავი 12. მოძრაობის უსაფრთხოებისა და გზების დაცვის მოთხოვნების ბათვალისწინება გზების დაპროექტებისას

### 12.1. მოძრაობის მოხერხებულობისა და უსაფრთხოების მოთხოვნათა გათვალისწინება ტრასის დაპროექტებისას

4 და 5 თავში მოცემული მოთხოვნები საავტომობილო გზების გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტების მიმართ გამომდინარეობდნენ გზის ცალკეულ ელემენტებზე მოძრაობის პირობებიდან, რომლებიც განიხილებოდა მომიჯნავე ელემენტებისაგან იზოლირებულად. ფაქტიურად თითოეული გზა წარმოადგენს სხვადასხვა სიმრუდისა და ქანობების მქონე უბნების შეხამებას. მათ გააჩნიათ მონაკვეთები გეგმაში და გრძივ პროფილში შეზღუდული ხილვადობით. არის აგრეთვე უბნები, სადაც სიჩქარის შემცირება განპირობებულია გზებზე მოძრაობის უსაფრთხოების წესებით (გადასვლები რკინიგზებზე, დასახლებული პუნქტების საზღვრებში). გზის სხვადასხვა უბანზე სიჩქარე არაა ერთნაირი. ცვალებადი ქანობების მქონე მოკლე უბნებზე ავტომობილები ვერ ასწრებენ ისეთი სიჩქარის განვითარებას, რომელიც დინამიკური მახასიათებლების მიხედვითაა შესაძლებელი.

ნებისმიერი კატეგორიის გზების დაპროექტების დროს უნდა უზრუნველყოფილი იქნას ავტომობილების დინამიური თვისებების სრული რეალიზაცია და მაღალი სიჩქარეებით მოძრაობის შესაძლებლობა. ამისათვის გზაზე არ შეიძლება ისეთი ადგილების დაშვება, რომლებიც ზღუდავენ სიჩქარეებს მოძრაობის უსაფრთხოების მოთხოვნების გამო (შეზღუდული ხილვადობის ადგილები, ციცაბო დაღმართების შეხამება გეგმაში მოსახვევებთან და სხვა). გზის გრძივ პროფილში საჭიროა მოვერიდოთ ხერხისებურ უბნებს – ერთმანეთის მონაცვლე მოკლე დაღმართებსა და აღმართებს, რომლებიც იწვევენ ავტომობილის ძრავის სიმძლავრის დამატებით ხარჯვას, უნდა გვახსოვდეს, რომ ყოველი კატეგორიის გზაზე საანგარიშო სიჩქარე უნდა უზრუნველყოფდეს უსაფრთხოებას ყველაზე რთულ ადგილებშიც სადაც გზის მშენებლობა გაძნელებულია ან ჯდება ძალიან ძვირი. სხვა, ნაკლებად რთულ მონაკვეთებზე მიზანშეწონილია უსაფრთხო სიჩქარე აჭარბებდეს საანგარიშოს.

გზის მომიჯნავე უბნების ერთმანეთთან შეხამება არ შეიძლება მძღოლების მიერ გზაზე მოძრაობის პირობების აღქმის გათვალისწინების გარეშე. ეს საკითხი მეტად მნიშვნელოვანია და მას დიდი ხანია იკვლევენ მოწინავე ქვეყნების მეცნიერები.

ქვემოთ განხილული გეგმისა და პროფილის ელემენტების სიდიდეთა დასაბუთების მეთოდები ეკუთვნის გზის ყველაზე უფრო რთულ უბნებს და ისინი ითვალისწინებენ რთული სიტუაციაში ავტომობილის მართვის დაძაბულ რეჟიმს: სამუხრუჭო ძალის სრული გამოყენება, მძღოლის რეაქციის მინიმალური ხანგრძლივობა და სხვა.

გზებზე ავტომობილების მოძრაობის ფაქტიური სინქარეების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ მძღოლთა უმრავლესობა უპირატესობას აძლევს მოძრაობის მშვიდ რეჟიმს, ან ისეთ სინქარეს, რომელიც საანგარიშო სინქარეზე ნაკლებია.

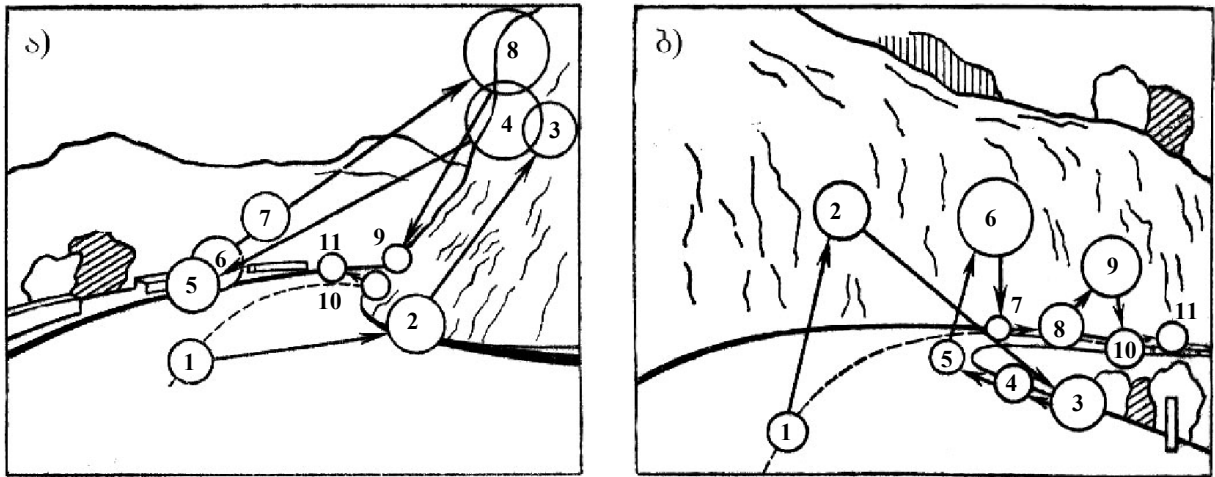
მძღოლი ირჩევს ავტომობილის მშვიდი მართვისთვის საჭირო ტრაექტორიას. თუ გზებზე ტექნიკური ნორმატივები არ აკმაყოფილებს მათ მოთხოვნებს, მძღოლები ხშირად აღარ იცავენ ტრასის დაპროექტებულ პარამეტრებს: მცირე რადიუსის მრუდებზე გავლისას შემოდინან შემხვედრი მოძრაობის ზოლზე მოხვევის რადიუსის გადიდების მიზნით ან წარმოქმნილი ცენტრიდანული ძალის შესამცირებლად; მოძრაობენ მრუდებზე საანგარიშო სინქარეზე ნაკლები სინქარით. ამგვარად მართავენ ავტომობილს განივი ძალის, გრძივი და განივი აჩქარებების მათთვის ხელსაყრელი მნიშვნელობებით.

მოძრაობის მოხერხებულობის მოთხოვნების დაკმაყოფილებისათვის საჭიროა, რომ ტრასისა და განივი პროფილის ელემენტები არ აძნელებდნენ ავტომობილის მართვას, ხოლო ტრასის მიმართულება სავსებით ნათელი იყოს მძღოლისათვის.

მძღოლები მოძრაობის პირობებს ძირითადად აფასებენ თავისი მხედველობის საშუალებით. ინფორმაციის დამატებით წყაროს წარმოადგენს გზის მრუდე უბნებზე გავლისას მძღოლის ორგანიზმზე კერძოდ, ვესტიბულარულ აპარატზე გადაცემული აჩქარებები.

სამთო გზებზე მეცნიერთა მიერ სხვადასხვა აპარატურის დახმარებით მძღოლთა ყურადღების მიმპყრობი ობიექტების ფიქსაციაში აჩვენა, რომ მოძრაობის პროცესში მძღოლის ყურადღება (გამოხედვა) ნახტომისებურად გადაიტანება გზის ერთი ობიექტიდან გზისპირა ზოლის მეორე ობიექტზე. მძღოლი გამოჰყოფს სივრცით კორიდორის გამომხატველ საყრდენ წერტილებს. რომელთა შორის მიჰყავს ავტომობილი (ნახ. 12.1).

მხედველობისათვის საყრდენ წერტილებს ჩვეულებრივ წარმოადგენს სავალი ნაწილისა და მიწის ვაკის კიდეები, გზის პარალელური გზისპირა ნარგავების მწკრივები, ბეტონის საფარის გრძივი ნაწიბური, ბოჭკინტები შუქამრეკლებით და სხვა.



ნახ. 12.1. მძღლოს მზერის გადაადგილება მთაგორიან პირობებში  
 კორიზონტალურ მრუდზე მოძრაობისას:  
 ა - დაბრკოლება მარჯვნივაა; ბ - დაბრკოლება ორივე მხარესაა.  
 ნორმები გვიჩვენებენ მძღლოს მზერის თანმიმდევრობას, რგოლების  
 დიამეტრი მზერის ხანგრძლიობას.

მცირე სიჩქარეებით მოძრაობისას მძღლოს საშუალება აქვს დააკვირდეს გზასპირა ზოლს. სიჩქარის ზრდასთან ერთად მძღოლი იძულებულია დროის მუდმივი შუალედის განმავლობაში მოიცვას სულ უფრო და უფრო მეტი საყრდენი წერტილების რაოდენობა. ამასთან, თითოეული ადამიანის შესაძლებლობა, აღიქვას და შეაფასოს ესა თუ ის მოვლენა შეზღუდულია. სიჩქარის გაზრდასთან ერთად მძღლოს თვალი, მისდა უნებურად მოიცავს გზისპირა ზოლის სულ უფრო და უფრო ნაკლებ ფართობს და მახვილდება ავტომობილიდან დიდ მანძილზე დაშორებულ ერთ წერტილზე (ნახ. 12.2).

ცნობილი რუსი მეგზევე მეცნიერის ნ. ორანატსკის გამოკვლევების მიხედვით შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ მძღლოს მხედველობის მიპყრობის ზონის დაშორება დამოკიდებულია  $L$  (მ) მოძრაობის სიჩქარეზე და გამოიხატება ფორმულით

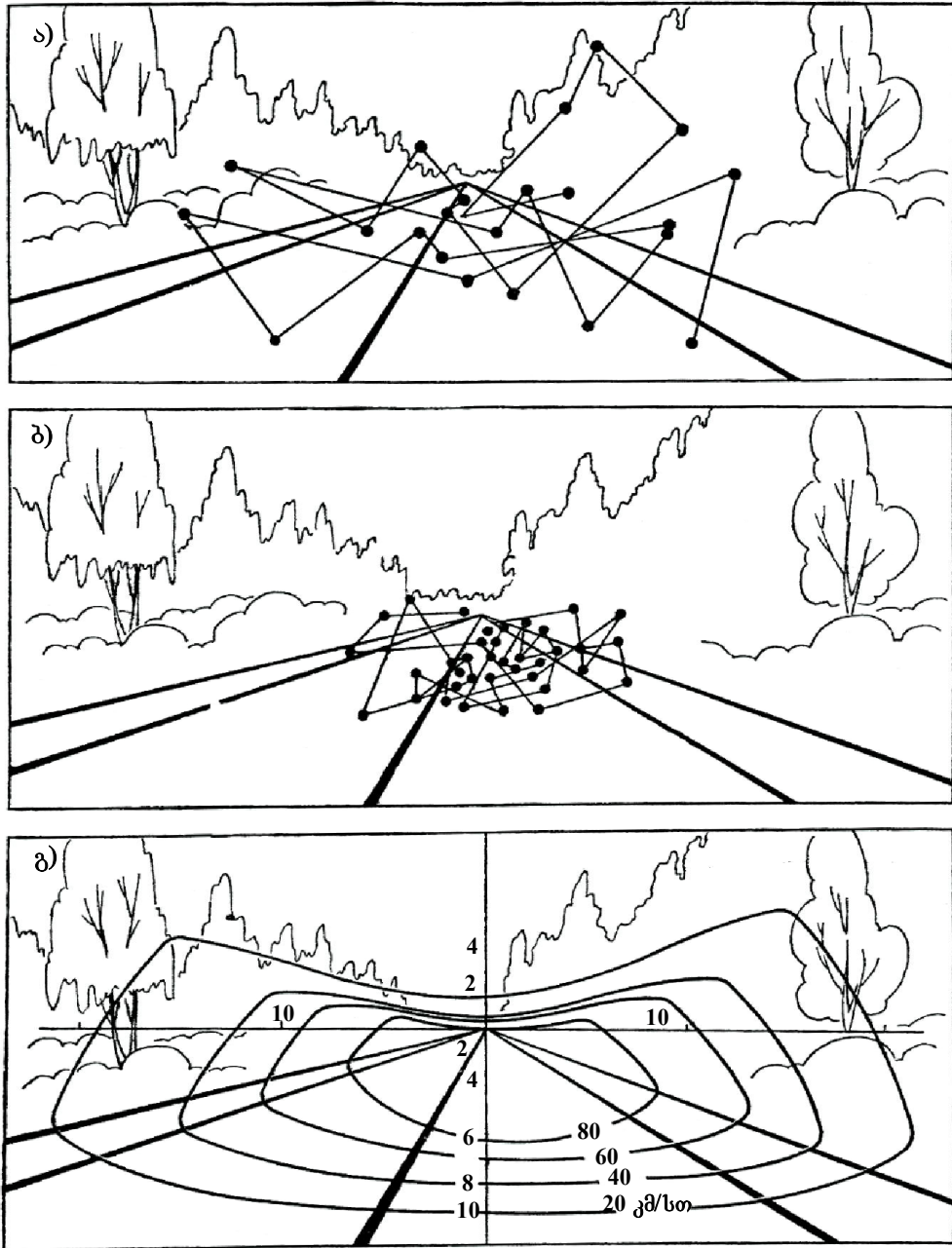
$$L = 15 + 4,3V,$$

სადაც  $V$  - სიჩქარეა კმ/სთ.

მცირე ინტენსივობის ნაკადში მოძრაობისას მძღოლები სიჩქარის გაზრდით აღიღებენ მათთან შემოსულ ინფორმაციის რაოდენობას მათთვის ოპტიმალურ სიდიდემდე და ამცირებენ სიჩქარეს თუ კი იზრდება ფაქტორების რიცხვი, რომლის გათვალისწინება აუცილებელია ავტომობილის მართვისას.

ერთფეროვანი ლანდშაფტის პირობებში (სტეპი, სავანა, ტყის ერთფეროვანი განაკაფი ზოლი), მძღოლთან მოსული ინფორმაციის რაოდენობა ზოგჯერ არ

არის საკმარისი მისი აქტიურობის შესანარჩუნებლად. მძღოლის ყურადღება სუსტდება იგი მოღუნებულია, მისი რეაქციის ხანგრძლივობა იზრდება და ზოგჯერ მოძრაობის პირობების მოულოდნელი უმნიშვნელო გართულება შეიძლება გახდეს საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევის მიზეზი.

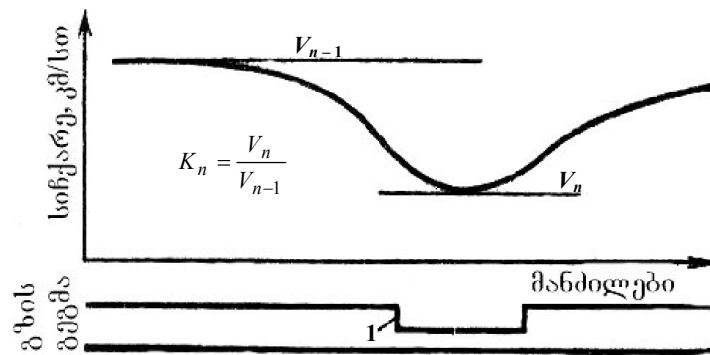


ნახ. 12.2. მძღოლის მზერის თავმოყრის წერტილები 3 წუთის განმავლობაში მონაკვეთის სხვადასხვა სიჩქარით გავლისას:  
 ა - სიჩქარე 20 კმ/სთ; ბ - 80 კმ/სთ; გ - მზერით მოცული უბნები; ციფრები კოორდინატა ღერძებზე ახასიათებენ მზერის გადახრას გზის ღერძიდან გრადუსებში.

გზის ტრასირებისას საჭიროა მისი ელემენტების ერთმანეთთან და გარემომცველ ლანდშაფტთან ისეთი შეხამება, რომელიც უზრუნველყოფს

მძლოლის ემოციური დაძაბულობის ოპტიმალური სიდიდეს. გზა არ უნდა იყოს არც მონოტონურად ერთგვაროვანი და არც მკვეთრად იცვლებოდეს დასაშვები სიჩქარეები ტრასის მომიჯნავე მონაკვეთებზე. დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ მოძრაობის უსაფრთხოების და მოხერხებულობისათვის აუცილებელია, რომ მომიჯნავე უბანზე გეომეტრიული ელემენტებით გამოწვეული სიჩქარის ცვლილება იყოს უმნიშვნელო.

საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მოძრაობის პირობები შეიძლება შევაფასოთ უსაფრთხოების კოეფიციენტით  $K_{უს}$  ესაა გზის რომელიმე უბანზე მაქსიმალურად დასაშვები უსაფრთხო სიჩქარის  $V_n$  ფარდობა მის წინამდებარე უბანზე მაქსიმალურად შესაძლო სიჩქარეზე  $V_{n-1}$  (ნახ. 12.3).



ნახ. 12.3. უსაფრთხოების კოეფიციენტის განსაზღვრის სქემა

გზა შეიძლება ჩაითვალოს უსაფრთხოდ, თუ  $K_{უს} \geq 0,8$ ; როდესაც 0,6-დან 0,8-მდე მცირედ ხიფათიანია. თუ  $K_{უს} = 0,4 \div 0,6$  სახიფათოა. თუ უბნები ძალზედ სახიფათოა მოძრაობისთვის ასეთი მონაკვეთების გავლა ყოველთვის ამაღლებს მძლოლის ნერვულ-ემოციურ დაძაბულობის, ამიტომ სიჩქარეების ეპიურის მიხედვით აგებული უსაფრთხოების კოეფიციენტების გრაფიკი შეიძლება განვიხილოთ როგორც ტრასის სწორად გაყვანის ერთერთი მახასიათებელი. სიჩქარეების განსაზღვრა შესაძლებელია თეორიული გაანგარიშებით ან არსებული გზებზე ავტომობილის სიჩქარის ჩაწერით.

ტრასის პარამეტრების შერჩევა მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პირობიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მთავორიან პირობებში, სადაც გეგმისა და პროფილის ელემენტების სპეციფიკური შეხამებანი, მძლოლის მიერ საგზაო პირობების აღქმა, ავტომობილის საჭის მექანიზმის და სამუხრუჭე სისტემის მუშაობის თავისებურებანი განაპირობებენ საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევათა დიდ სიმძიმეს. პროფ. კ. მჭედლიშვილის მიერ ჩატარებული



გამოკვლევების მიხედვით მთაგორიან პირობებში გზის ყველაზე რთული და დამახასიათებელი მონაკვეთებია გეგმაში მცირე რადიუსის მქონე მოსახვევები განლაგებული დიდ გრძივ ქანობზე მხედველობის არასაკმაო მანძილით. ასეთ უბნებზე ყველაზე რთული და მოსალოდნელი ავარიული სიტუაციაა ავტომობილის ექსტერნად დამუხრუჭება სავალ ზოლზე წინააღმდეგობის უეცრად გამოჩენისას.

ასეთ სიტუაციაში საანგარიშო სიჩქარით მოძრაობისას ავტომობილის მდგრადობისა და მართვადობის უზრუნველყოფა ნიშნავს უსაფრთხო მოძრაობას ყველა ნაკლებად რთულ პირობებში ანუ გზის მთელ სიგრძეზე.

ექსტერნად დამუხრუჭების პროცესში ტრასისა და საგზაო საფარის პარამეტრებთან ერთად მოძრაობის უსაფრთხოებას განსაზღვრავს სიჩქარის აბსოლუტური სიდიდე, ვინაიდან მასზეა უშუალოდ დამოკიდებული ბორბლის ჩაჭიდება გზის ზედაპირთან და სამუხრუჭე მანძილი. უსაფრთხოების კოეფიციენტების მეთოდი არ ითვალისწინებს სიჩქარის აბსოლუტურ მნიშვნელობას რის გამოც სამთო პირობებში, რთული და ხშირად ცვალებადი გეომეტრიის მქონე ტრასაზე მისი გამოყენება შეზღუდულია. ამასთან ერთად სიჩქარის თეორიული მეთოდებით ან ექსპერიმენტულად განსაზღვრა თავისთავად ამცირებს მეთოდის საიმედოობას.

მთაგორიან რელიეფზე გზებზე მოძრაობის პირობები უფრო მიზანშეწონილია შევაფასოთ განსახილველ უბანზე სამუხრუჭე მანძილის –  $S$  შეფარდებით სამუხრუჭე მანძილთან გეგმაში სწორ ჰორიზონტალურ მონაკვეთებზე  $S_0$ .

$$K = \frac{S}{S_0}.$$

ვინაიდან საანგარიშო სიჩქარე უსაფრთხოებას უნდა უზრუნველყოფდეს ყველაზე უარეს მონაკვეთზეც ამიტომაც მიზანშეწონილია სამუხრუჭე მანძილი გამოვითვალოთ საანგარიშო სიჩქარის მუდმივი მნიშვნელობით გზის მთელ სიგრძეზე.

იდეალურ შემთხვევაში სამუხრუჭე მანძილს ვანგარიშობთ გამარტივებული გამოსახულებით რომელიც გულისხმობს ჩაჭიდების კოეფიციენტის შემცირებას სიჩქარის ზრდის გამო ხაზოვანი კანონით

$$S_0 = \frac{v^2}{2g(\varphi - 0,01v)}, \text{ მ}$$

სადაც  $v$  – საანგარიშო სიჩქარეა, მ/წმ;

$\varphi$  – ჩაჭიდების კოეფიციენტი,

$g$  – სიმძიმის ძალის აჩქარება, 9,81 მ/წმ<sup>2</sup>.

კონკრეტულ საგზაო პირობებში სამუხრუჭე მანძილს ვანგარიშობთ გამოსახულებით

$$S_0 = \frac{v^2}{2g(\varphi_1 + f \pm i)}, \text{ მ} \quad (12.1)$$

სადაც  $\varphi_1$  – ჩაჭიდების კოეფიციენტის გრძივი ნაწილია გამოყენებული დამუხრუჭებისათვის;

$i$  – ტრასის გრძივი ქანობი, ერთეულის ნაწილებში;

$f$  – გორვის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი.

ჩაჭიდების კოეფიციენტის გრძივი ნაწილის განსაზღვრა შეიძლება აკადემიკოს ე. ჩუდაკოვის მიერ შემოთავაზებული ავტომობილის მდგრადობის კრიტერიუმით მრუდზე არათანაბარი სიჩქარით მოძრაობისას.

$$\varphi_2 = \left(1 - \frac{\varphi_1}{\varphi}\right) \frac{B}{2h}, \quad (12.2)$$

$\varphi_2$  – ჩაჭიდების კოეფიციენტის მინიმალურად საჭირო მნიშვნელობა განივი მიმართულებით, როდესაც ხდება ავტომობილის დამუხრუჭება მრუდზე, ჩაჭიდების კოეფიციენტის  $\varphi_1$  ნაწილის გამოყენებით გრძივი მიმართულებით.

$B$  – საანგარიშო ავტომობილის კვალის სიგანე;

$h$  – საანგარიშო ავტომობილის სიმძიმის ცენტრის სიმაღლე.

თუ (12.2) გამოსახულებაში  $\varphi_2$ -ს შევცვლით მისი თანაბარი განივი აჩქარების სიდიდით  $v^2/gR$  მივიღებთ გეგმაში მრუდე მონაკვეთზე ექსტრენად დამუხრუჭებისას ჩაჭიდების კოეფიციენტის მაქსიმალურად დასაშვები გრძივი ნაწილის განმსაზღვრელ გამოსახულებას

$$\varphi_1 = \varphi \left(1 - \frac{2hv^2}{BgR}\right). \quad (12.3)$$

მისი გათვალისწინებით სამუხრუჭე მანძილის გამოსახულება მიიღებს სახეს

$$S = \frac{v^2}{2g \left( \varphi \left(1 - \frac{2h}{B} \frac{v^2}{gR}\right) + f + i \right)}. \quad (12.4)$$

შესაბამისად გზის კონკრეტული უბნის შეფასებისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ გამოსახულება მიღებული (12.4) და (12.1)-ს შეფარდებიდან

$$K = \frac{\varphi - 0,01v}{\varphi \left( 1 - \frac{0,202h v^2}{B R} \right) + f \pm i} \quad (12.5)$$

ამ გამოსახულებაში წარმოდგენილია საავტომობილო გზის ტრასის მთავარი ელემენტები: მოხვევის რადიუსი გეგმაში  $R$  და გრძივი ქანობი –  $i$ , საგზაო სამოსის ზედაპირის ძირითადი მახასიათებლები  $\varphi$  და  $f$ , საანგარიშო ავტომობილის ძირითადი კონსტრუქციული პარამეტრები რომლებიც უშუალოდ განსაზღვრავენ მის მდგრადობას ექსტრემალურ სიტუაციაში  $B$  და  $h$   $K$  გამოსახულების უფრო მეტად გამარტივების მიზნით  $S_0$  მაგიერ შეიძლება გამოვიყენოთ მისი მინიმალური მნიშვნელობები მოყვანილი ნორმატიულ ლიტერატურაში.

$K$  – სიდიდის მიხედვით შეგვიძლია შევაფასოთ გზის უბნები როგორც: ძალზედ ხიფათიანი თუ  $K > 2$  სახიფათო  $K = 1,5 \div 2$  მცირე ხიფათიანი  $K = 1,2 \div 1,5$ ; უხიფათო  $K < 1,2$  გზა მთელ სიგრძეზე შეგვიძლია შევაფასოთ  $K$  სიდიდის საშუალო მნიშვნელობით თუ მისი ეპიურის ფართობს  $\Sigma F$  გაეყოფთ გზის სიგრძეზე  $L$

$$\bar{K} = \frac{\sum F}{L} \quad (12.6)$$

გამოსახულების სიმარტივე საშუალებას იძლევა დიდი თვალსაჩინოებით შეფასდეს გზის ცალკეულ მონაკვეთებზე და მთელ სიგრძეზე მოძრაობის უსაფრთხოება, დაპროექტების პროცესში გამოვაგლინოთ პოტენციურად სახიფათო უბნები და სათანადო შევცვალოთ ისინი. შევარჩიოთ არსებულ გზებზე ცალკეული მონაკვეთების რეკონსტრუქციის ღონისძიებები და მათი თანმიმდევრობა. ამ მეთოდის პრაქტიკული გამოყენებისათვის შემუშავებულია სათანადო პროგრამული უზრუნველყოფა კომპიუტერისათვის.

## 12.2. ბუნების დაცვის მოთხოვნათა გათვალისწინება ტრასის მიმართულების შერჩევისა და სხვა საპროექტო გადაწყვეტათა მიღების დროს

გზის აგებას შეაქვს დიდი ცვლილებები მოცემული რაიონის ბუნების ეკოლოგიურ წონასწორობაში და სამეურნეო ცხოვრებაში, ამიტომ ტრასის მიმართულების შერჩევისას აუცილებელია გარემოს დაცვის მოთხოვნათა გათვალისწინება.

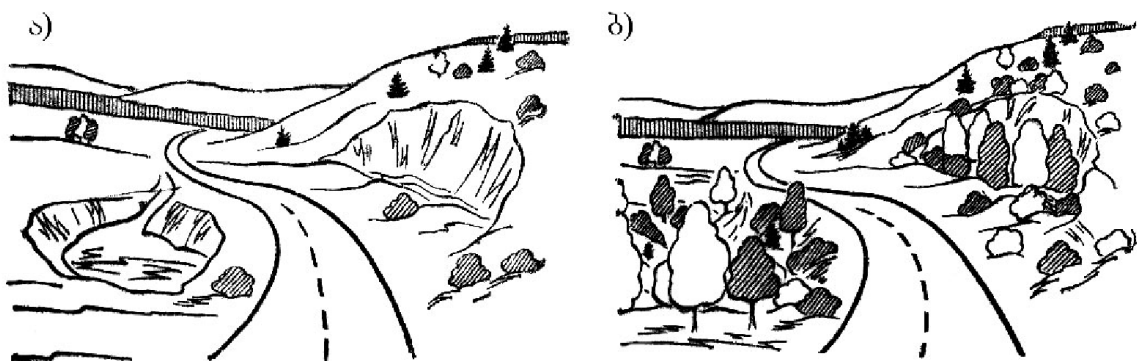
მიწებზე სოფლის მეურნეობის შეწყვეტამ და მათი სარგებლობის საზღვრების დარღვევამ შეიძლება შეცვალოს აგრარული კულტურების წარმოების შექმნილი რაციონალური სისტემა და გამოიწვიოს დიდი ეკონომიური ზარალი.

ინტენსიური მოძრაობის საავტომობილო მაგისტრალების აგებისას ზოგჯერ საჭირო ხდება გზის სხვადასხვა მხარეს განლაგებული მეურნეობათა მიწის ნაკვეთების გადაგეგმარება, სოფლის მეურნეობის მანქანების გზაზე გადასვლის თავიდან აცილებისათვის. ამასთან ერთად დაბალი კატეგორიის გზებიდან მომიჯნავე მინდვრებზე ქარით მიხვეტილი მტვერი უარყოფითად მოქმედებს მოსავლიანობაზე.

გზების აშენებისას ტყის დიდი მასივების გაკაფვა ცვლის გზის მიმდებარე ზოლში ტენიანობასა და ტემპერატურულ რეჟიმებს, იქ მობინადრე ცხოველთა არსებობის პირობებს. მთის ფერდობზე ტყის გაკაფვას შეუძლია გაცილებით გაზარდოს ზვავების, მეწვერებისა და ქვაცვენის საფრთხე, გაააქტიუროს ეროზიული პროცესები.

გზაზე მოულოდნელ გამოვარდნისას, ცხოველები შეიძლება გახდნენ მძიმე საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევის მიზეზი. ამიტომ ინტენსიური მოძრაობისას ტყის მასივებში გზებს ღობევენ მაღალი ღობეებით, ხოლო ცხოველებისათვის კი მიწის ვაკისის ქვეშ აწყობენ სპეციალურ გასასვლელებს.

გზის მშენებლობის დროს დაუფიქრებლად ჩატარებული მიწის სამუშაოები ხშირად არღვევენ ბუნებრივი ლანდშაფტის სილამაზეს მოუხერხებელ ადგილებში განლაგებული გრუნტების კარიერებითა და რეზერვებით, ფერდობის გაშიშვლებით ნახევარყრილ – ნახევარჭრილებში, მიწის ვაკისის აგებისას ფერდობებზე (ნახ. 12.4, ა) ამ უარყოფითი მოვლენის თვალსაჩინო მაგალითია კახეთის გზაზე ვაზიანის აღმართების შემდეგ დიად დატოვებული გრუნტის კარიერები რომლებიც მრავალი წელია ამახინჯებენ მიმდებარე ლანდშაფტს.



ნახ. 12.4. ღია შიშველი ფერდობების და კარიერების მწვანე ნარგავებით შენიღბვა.

ასეთ უარყოფით მოვლენათა თავიდან აცილებისათვის საჭიროა მშენებლობის დროს ლანდშაფტის დაზიანებული ადგილების აღდგენა ან შენიღბვა მცენარეთა ნარგავებით (ნახ. 12.4, ბ).

ფერდობის შეჭრა და მათი გადატვირთვა ყრილებით ხშირად იწვევს მეწყრული პროცესების აქტივიზირებას. ჭაობების გადაკვეთებზე ტორფის შემკვრივების შედეგად ყრილებმა შეიძლება დაარღვიოს არსებული ჰიდროლოგიური რეჟიმი დააჭაობოს ან გამოაშროს გრუნტი.

საკურორტო და რეკრეაციულ ტერიტორიებზე გაყვანილი გზა იზიდავს ადამიანთა დიდ რიცხვს. ამიტომ ასეთი გზის დაპროექტებისათვის საჭიროა გარემომცველი ბუნებრივი ლანდშაფტისა და ღირშესანიშნავი ადგილების დათვალიერების მსურველთა ბუნებაზე ზემოქმედების გათვალისწინება. გზის ცალკეულ უბნებზე, მაგ. გაჩერებებზე, დასასვენებელ და სამზერ მოედნებზე თავს იყრის მრავალი მნახველი. თუ ამ ადგილებში არ გავითვალისწინებთ მათ სათანადო მომსახურებას და სანიტარულ-ჰიგიენური მოთხოვნებისათვის მოხერხებულ დაკმაყოფილებას ეს უეჭველად გამოიწვევს გზისპირა ზოლის დანაგვიანებას. საქართველოში ასეთი სამწუხარო მაგალითი მრავალი გვაქვს. ერთ ერთი მათგანია მღეთის აღმართის საწყისი მონაკვეთი საქართველოს სამხედრო გზაზე.

სავალი ნაწილიდან წვიმებით ჩამორეცხილი ზეთები და საბურავების გაცვეთის პროდუქტები, მოყინვის საწინააღმდეგო მარილები ანადგურებენ გზისპირა ზოლის მწვანე ნარგავებს და ხვდებიან რა წყალსადინარებში, იწვევენ და აჭუჭყიანებენ მათ. ეს მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ წყალსაცავი ზონის საზღვრებში გზის გაყვანისას, სადაც საგზაო წყალსარინის სისტემაში საჭიროა სპეციალური სალექარების მოწყობა.

მითითებულ მოთხოვნათა დაკმაყოფილება ვერ მოხერხდება მხოლოდ ტრასის გეგმის ცვლილებით. ამის მისაღწევად საჭიროა გრძივი და განივი პროფილების სპეციალური დაპროექტება, ხელოვნურ ნაგებობათა და წყალსარინის სისტემის კონსტრუქციების შერჩევა, მგზავრთა მომსახურების ობიექტების რაციონალური განლაგება. კარგად მოფიქრებული ტრასირება ყოველთვის აადვილებს ოპტიმალური გადაწყვეტილების პოვნას.

დასახლებულ პუნქტებთან საავტომობილო გზების ახლო გატარებისას განსაკუთრებით კი ქუჩების გამოყენების დროს ავტომობილთა გამონაბოლქვი გარემოს დაზიანების მთავარი წყაროა. ასევე დიდ გავლენას ახდენს ინტენსიური მოძრაობისაგან გამოწვეული ხმაური და ვიბრაცია მოსახლეობის ჯანმრთელობასა და შრომისუნარიანობაზე.

მძიმე სატვირთო ავტომობილების გავლით გამოწვეული შენობების რყევა აუარესებს ცხოვრების პირობებს. ზოგჯერ შეუძლებელია გზასთან ისეთი წარმოებებისა და ლაბორატორიების განლაგება, რომლებისთვისაც საჭიროა დიდი სიზუსტე.

ხმაურის დასაშვები სანიტარული ნორმები ზღუდავენ ხმაურის დონეებს 50-60 დეციბელამდე ძველი საცხოვრებელი კვარტალების ტერიტორიაზე, ხოლო საკურორტო ზონაში 40-50 დეციბელამდე.

მოძრაობისაგან გამოწვეული ხმაურის სიმძლავრე დამოკიდებულია რიგ პირობებზე – მოძრაობის ინტენსიობაზე და შემადგენლობაზე, სალტეების ტიპებზე და საგზაო საფარების სისწორეზე, მოძრაობის სიჩქარეზე და სხვა. უცხოელ მეცნიერთა მონაცემებით უშუალოდ მიწის ვაკისის წარბასთან ხმაურის დონე შეიძლება ვიანგარიშით გამოსახულებით

$$L = 24 + 20 \log N,$$

სადაც  $L$  – ხმაურის დონეა, (დეციბელში),  $N$  – მოძრაობის ინტენსიურობა, ავტ/სთ.

ავტომობილთა მოძრაობისაგან ხმაურის ზემოქმედების შემცირების ყველაზე რაციონალური ხერხია გზის გაყვანა შენობებიდან ისეთი დაშორებით რომლის დროსაც სატრანსპორტო ხმაური არ აღემატება დაშვებულ ნორმებს. თუ ამის შესაძლებლობა არ არის, მაშინ ინტენსიური მოძრაობის საავტომობილო მაგისტრალების განლაგება ხდება ჭრილებში და ნახევარგვირაბებში. გზის გასწვრივ აწეობენ ფოროვანი მასალებისგან გამზადებულ ბგერათმშთანთქმელ ბარიერებს, აგებენ მიწის ზვინულებს (ნახ. 12.5, 12.6). ყველა დასაცავი ღონისძიებების იდეა მდგომარეობს მათ უკან ბგერითი ჩრდილის შექმნაში ან ბგერის შთანთქმაში. ასეთი ეკრანებისათვის ბარიერის სიმაღლე უნდა იყოს არანაკლებ 4-4,5 მ.

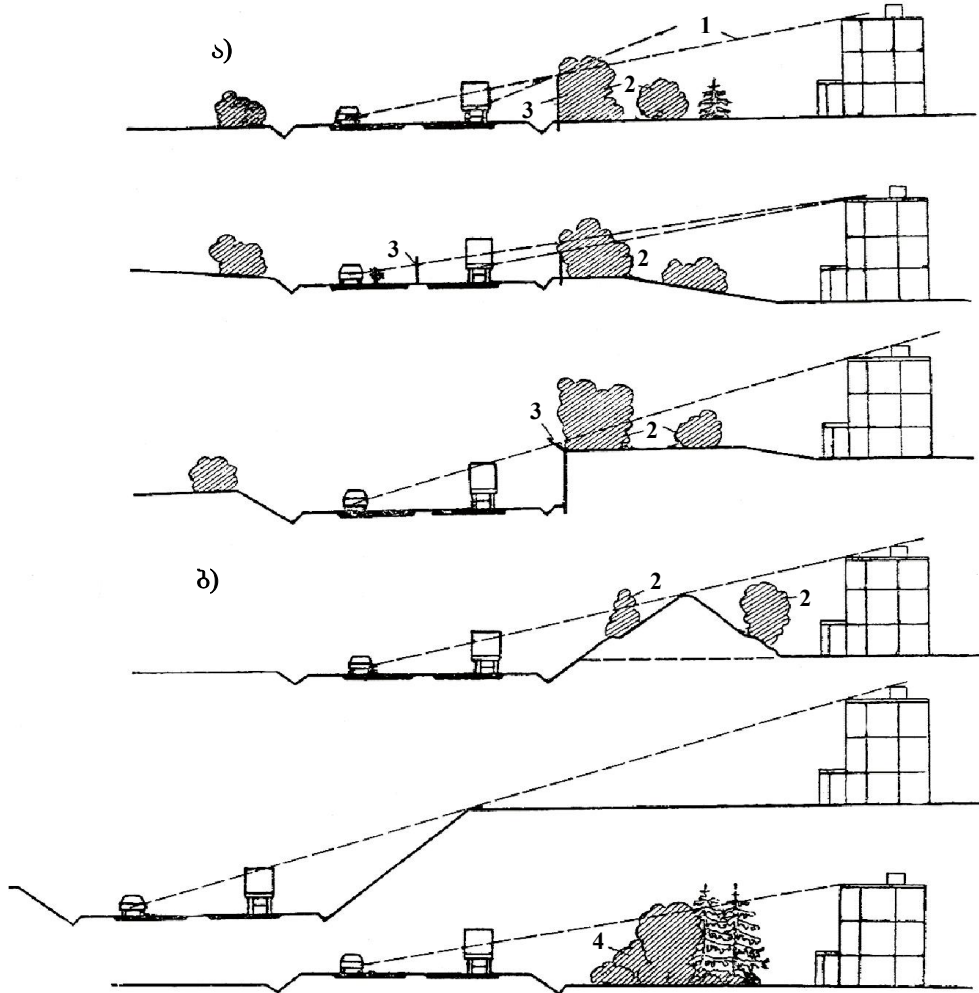
მწვანე ნარგავების დადებითი გავლენა ხმაურის გავრცელებაზე შედარებით მცირეა და შეადგენს 0,12-0,15 დეციბელ ზოლის სიგანის 1 მეტრზე. ნარგავების სიმჭიდროვის გაზრდით შეიძლება მისი გადიდება 0,3 დეციბელამდე. ამიტომ გზის პირა ზოლზე მწვანე ნარგავები არ შეიძლება ჩაითვალოს ხმაურთან ბრძოლის ყველაზე ეფექტურ ხერხად. მაგრამ გზების ტრასირებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ მათი მოქმედება და შესაძლებლობის მიხედვით შემოუაროთ ჭალებს და ხის ნარგავებს. დავტოვოთ ისინი გზასა და დასახლებულ პუნქტებს შორის.

ხმაურის დონის დაწვევის გაანგარიშების თეორიული მეთოდები გამომდინარეობენ იქიდან, რომ ენერჯის მიღება დამოკიდებულია მანძილზე ხმაურის წერტილოვანი წყაროებიდან

$$L_n = L_1 - 25 \log \frac{R_n}{R_1},$$

სადაც  $L_n$  – ხმაურის დონეა, ბგერის წყაროდან  $R_n$  მანძილზე;

$L_1$  – ხმაურის დონეა  $R_1$  მანძილზე.

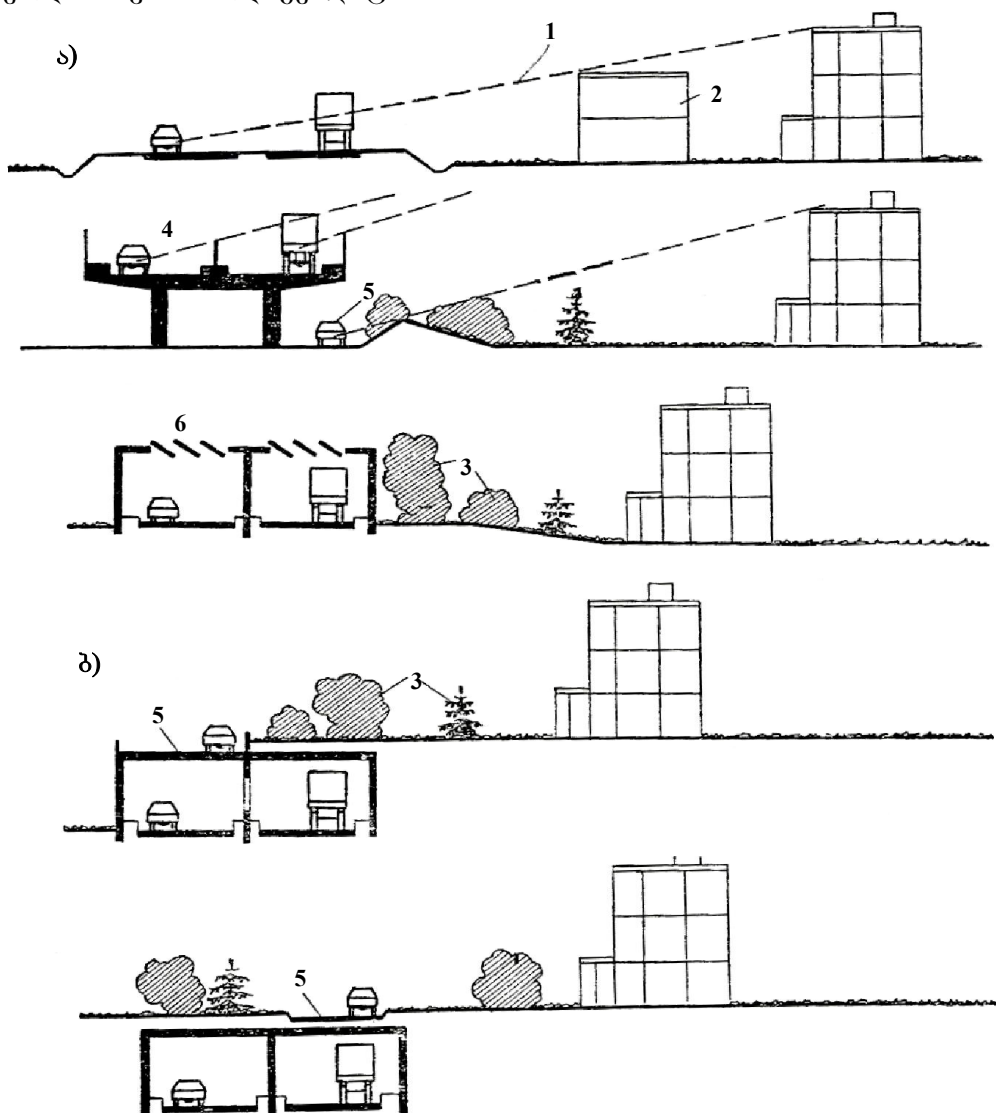


ნახ. 12.5. გზისპირა სივრცის დაცვა ხმაურისაგან:

- ა – ბგერის მშთანთქმელი დობურებით; ბ – დამცავი ზეინულებით, ჭრილებით, მწვანე ნარგავებით
- 1 – აკუსტიკური ჩრდილის ზღვარი; 2 – დეკორატიული ნარგავები;
- 3 – ბგერის შთანთქმელი დობურები; 4 – ბგერის მშთანთქმელი ნარგავები

გზების დაპროექტებისას ბუნების დაცვის მოთხოვნები არ უნდა შემოიფარგლოს მხოლოდ მისი დაცვის ღონისძიებებით. გზის კარგად გააზრებულმა აგებამ ჭაობების ამოშრობით, წყალსაცავების შექმნით, მოძრავი ქვიშების გამაგრებით, ფერდობების მდგრადობის ამაღლებით, ეროზიისაგან ნიადაგის დაცვით შეუძლია არსებითად გააუმჯობესოს გარემო. მიწის ვაკის და საგზაო სამოსების ასაგებად წილებისა და მრეწველობის თანაპროექტების

გამოყენება საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ მრავალი წლის განმავლობაში დაგროვილი ნაყარის ლიკვიდაცია.



ნახ. 12.6. გზისპირა სივრცის დაცვა ხმაურისაგან:

ა - დამცავი ნაგებობებით და ესტოკადებით; ბ - გვირაბებით.

1 - აკუსტიკური ჩრდილის ზღვარი; 2 - დამცავი ნაგებობა; 3 - დამცავი ნარგავები; 4 - ტრანზიტული მოძრაობა ესტიკადაზე დამცავი ღობურებით; 5 - ადგილობრივი მოძრაობა; 6 - ბგერის ამრეკლი სავენტილაციო და სანათი ცხაურები

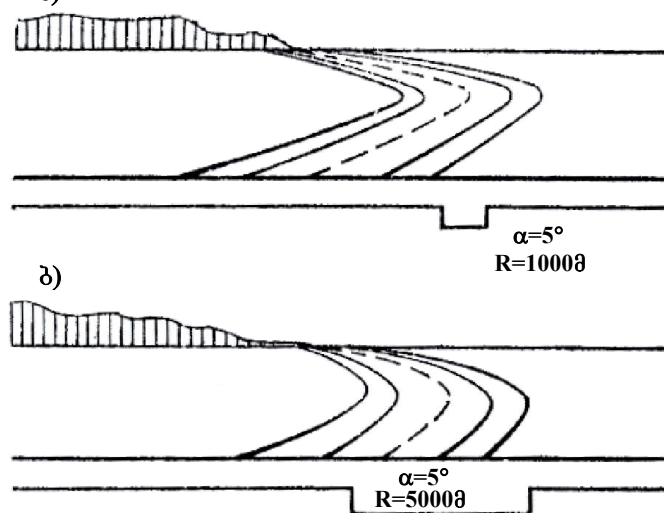
გარემოს დაცვის მოთხოვნათა გათვალისწინება უდაოდ ართულებს და აძვირებს საგზაო მშენებლობას, მაგრამ მოსახლეობის ჯანმრთელობისა და ფსიქოლოგიური კომფორტისათვის აუცილებელი მზრუნველობა და ყურადღება ამართლებს ამ დამატებით ხარჯებს.



### 12.3. გზის სივრცული სიმდორის უზრუნველყოფა

გზის მთელ სიგრძეზე ავტომობილთა პრაქტიკულად უცვლელი სიჩქარით მოძრაობის უზრუნველყოფა შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, თუ გზის ღერძი სივრცეში გაყვანილი იქნება, როგორც მდორე ხაზი. ამისათვის კი აუცილებელია გზის გეგმისა და გრძივი პროფილის ელემენტთა ურთიერთგავლენის, ხილვადობის პირობებისა და მძღოლის მიერ გზის მხედველობითი აღქმის თავისებურებათა გათვალისწინება.

ვერტიკალურ სიბრტყეში ადამიანის მხედველობის კუთხე არ აღემატება 3-4°-ს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში კი აღწევს 150-160°-ს. ამის გამო მძღოლები მათ წინ განლაგებულ გზის უბნებს ხედავენ პერსპექტივაში დამახინჯებულად. მრუდეებს გეგმაში აღიქვამენ უფრო მკვეთრი სახით ვიდრე სინამდვილეშია, მრუდეების სიგრძე აღიქმება შემოკლებულად, ხოლო მოხვევის კუთხე მომატებულად (ნახ. 12.7). გზის რამდენიმე გრადუსიანი მოსახვევი მახინჯდება რა პერსპექტივაში, სჩანს 15-20°-ზე და უფრო მეტად. მოკლე მრუდი, გრძელ სწორებს შორის, აღიქმება, როგორც ტრასის მკვეთრი გაღუნვა ხოლო გზის შედარებით დამრეცი უბნები, განლაგებული გრძელი დაღმართების შედეგად – როგორც ციცაბო აღმართები (ნახ. 12.8).

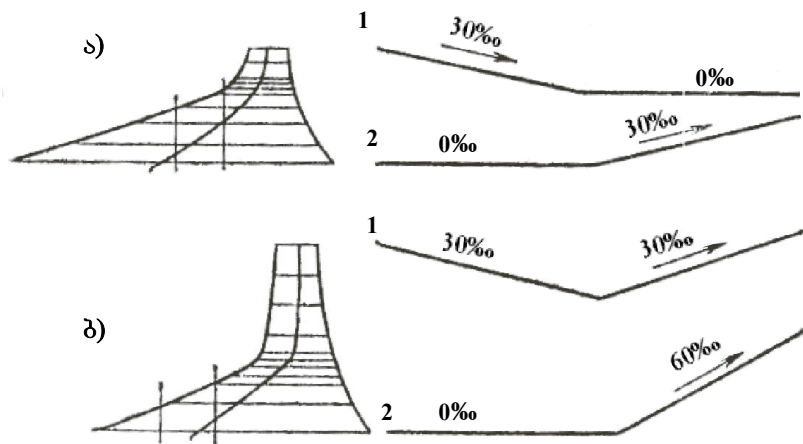


ნახ. 12.7. გზის გეგმის დამახინჯება პერსპექტივაში:

- ა – მოხვევის შედარებით მცირე რადიუსი აღიქმება; როგორც მიმართულების მკვეთრი ცვლილება;
- ბ – რადიუსის გაზრდა მიმართულების ცვლილებას მდორედ გარდაქმნის.

გზის სიმდორის არასწორი აღქმა გავლენას ახდენს მძღოლების მიერ არჩეულ მოძრაობის რეჟიმზე და იწვევს სიჩქარის დაუსაბუთებელ შემცირებას

ისეთ ადგილებში სადაც გეგმისა და პროფილის ელემენტების სიდიდეები უზრუნველყოფენ უფრო დიდი სიჩქარეების გავლას.



ნახ. 12.8. გრძივი პროფილის დამახინჯება პერსპექტივაში.  
 ა – დახრილი მონაკვეთის შემდეგ კორიზონტალური აღიქმება, როგორც ადმართი; ბ – დახრილი მონაკვეთის შემდეგ მცირე ადმართი აღიქმება ციცაბო ადმართად.

ტრასის სივრცული სიმდორე, აცილებს მძლოლებს მხედველობით ილუზიებს და უადვილებს მართვას. იგი უზრუნველყოფილია პროფილის და გეგმის ელემენტების ისეთი სიდიდეების გამოყენებით, რომლებიც მთლიანად გამორიცხავენ გზის პერსპექტიული ხედის დამახინჯებას. საჭიროა აგრეთვე ავიცილოთ გეგმაში და პროფილში ტრასის ელემენტების შეუსაბამო განლაგება რომლებიც იწვევენ სივრცეში გზის ღერძის მკვეთრი გარდატეხების ილუზიას.

გზის არსებული მონაკვეთების გზების მხედველობითი სიმდორის ანალიზის საფუძველზე დამუშავებულია შემდეგი რეკომენდაციები:

1. გეგმაში და პროფილში გარდატეხების რაოდენობა უნდა იყოს შესაძლებლობის მიხედვით თანაბარი და თანხვდენილი.

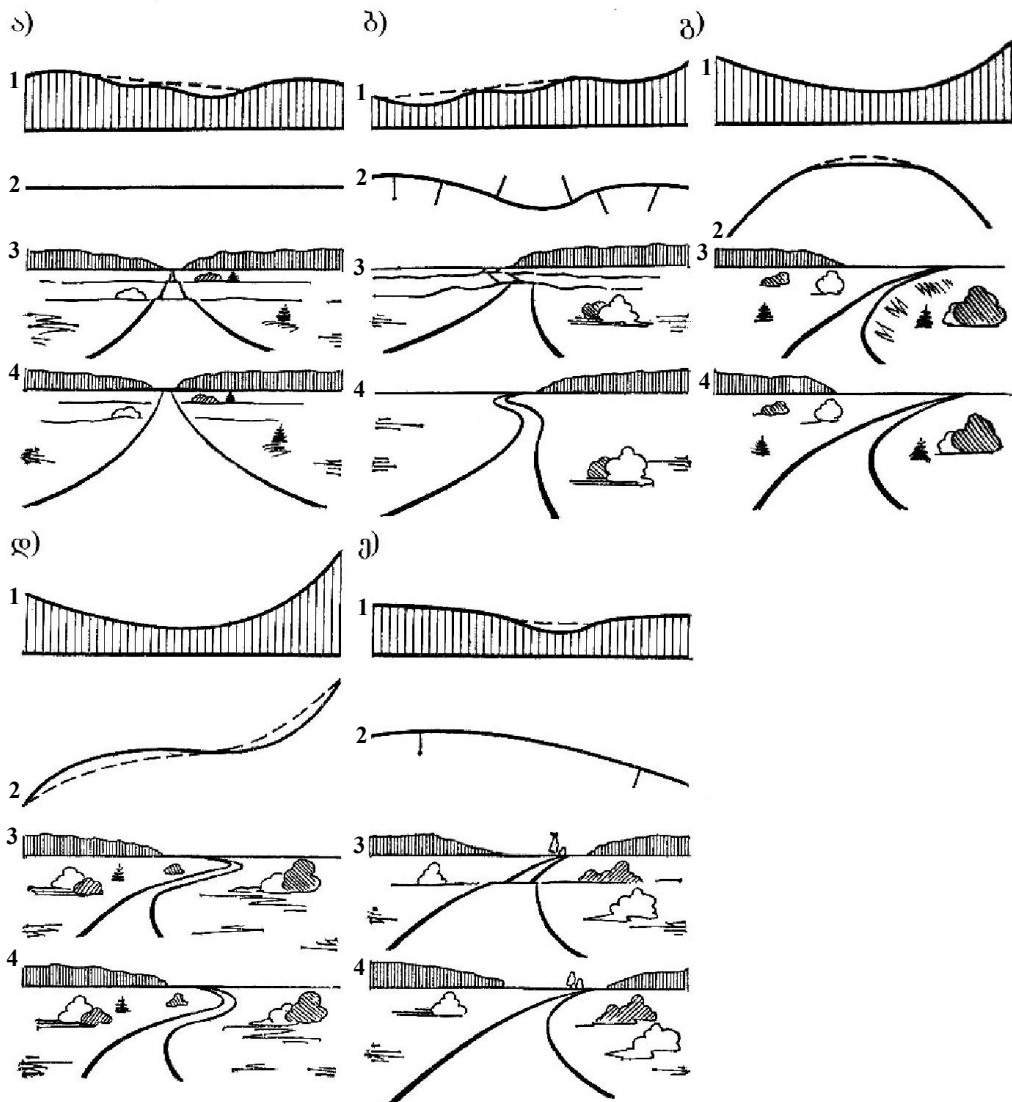
ამ წესის დარღვევა მკვეთრად ზრდის საგზაო – სატრანსპორტო შემთხვევების წარმოშობის საშიშროებებს. ცუდი შეხამების ტიპური მაგალითია გრძივი პროფილის ხშირი გადახრები გეგმაში გრძელ სწორებზე, რაც ჩვეულებრივ გამოწვეულია მიწის სამუშაოთა ეკონომიის მიზნით პროექტირების მომხვევი მეთოდის გამოყენების გამო რის შედეგად იქმნება გზის კლაკნილი ზედაპირი. განსაკუთრებით ცუდია შემთხვევა, როდესაც გეგმაში სხვადასხვა მხარისაკენ მიმართული მოსახვევები განლაგებულია ჩაზნექილ მრუდებში.

ხილვადობის გაუმჯობესება ყრილების მუშა ნიშნულების გადიდებით (ნახ. 12.9, ა) ყოველთვის არ ამართლებს, ვინაიდან გზის კლაკნილობა, რომელიც გამართლებული იყო ფერდობებით გზის დაშვებისას ხეობის ძირში, ყრილზე

გზის აყვანის შემდეგ მძღოლისათვის ლოგიკურად გაუმართლებელია ადგილის რელიეფის და სიტუაციის მიხედვით.

2. გზის სწორი და მრუდე მონაკვეთების სიგრძეები გეგმაში ერთმანეთს უნდა შეესაბამებოდეს.

საჭიროა მოვერიდოთ გრძელ სწორებს შორის განლაგებულ მოკლე მრუდებს გეგმაში, რომლებიც მძღოლს შორიდან ეჩვენება გზის მკვეთრ მოხვევად და იწვევს სიჩქარეების შემცირებას (ნახ. 12.9, ბ).



ნახ. 12.9. ტრასის ელემენტების არახელსაყრელი შესამება, რის შედეგადაც მძღოლისათვის გაურკვეველია გზის შემდგომი მიმართულება:

ა - გრძივი პროფილის ხშირი გარდატეხები სწორხაზოვანი გეგმის ფარგლებში;

ბ - გრძივი პროფილის ზედმეტი კლაკნილობა; გ - მოკლე სწორების ჩადგმა

შებრუნებულ მრუდებს შორის გეგმაში; ე - გრძივი პროფილის მოკლე, ჩაზნექილი მონაკვეთები;

1 - გრძივი პროფილი; 2 - ტრასის გეგმა; 3 - გზის პერსპექტივა ტრასის სიმდოვრის გაუმჯობესებამდე; 4 - გზის პერსპექტივა სიმდოვრის გაუმჯობესების შემდეგ პუნქტირით ნაჩვენებია ტრასის რეკომენდებული მიმართულება).

გეგმაში მცირე კუთხიანი მოსახვევები შერბილებული უნდა იყოს დიდი რადიუსის მქონე მრუდების ჩახაზვით, რომლებიც მაღალი კატეგორიის გზებისთვის უნდა იყოს არანაკლები:

მოსხევის კუთხე, გრადუსებში	–	1	2	3	4	5
რადიუსი, მ	–	30000	20000	10000	6000	5000

მაღალი კატეგორიის გზებზე რადიუსების მნიშვნელობები შეიძლება მივიღოთ ორჯერ ნაკლები.

დაუშვებელია მოკლე სწორი ჩადგმები ერთ მხარეს მიმართულ მრუდებს შორის, რომლებიც აღიქმება როგორც თვალისთვის არასასიამოვნო გზის ტენილი უფრო მიზანშეწონილია ასეთი ჩადგმების შეცვლა დიდი რადიუსის მრუდებით და ასეთი უბნების დაპროექტებით სამრგოლიანი შედგენილი მრუდის სახით (ნახ. 12.9, გ).

განსაკუთრებით დაუშვებელია მოკლე სწორი მონაკვეთების ჩადგმა შებრუნებულ მრუდებს შორის. უმჯობესია მრუდების რადიუსების გადიდება, მათი გარდამავალი მრუდების უშუალო შეუღლებით (ნახ. 12.9, დ).

3. ტრასის საუკეთესო სიმდორეს შეიძლება მიაღწიოთ ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მრუდების დამთხვევით. სასურველია, რომ ჰორიზონტალური მრუდის სიგრძე რამდენადმე აღემატებოდეს ვერტიკალური მრუდის სიგრძეს.

დამთხვეული ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მრუდების წვეროების გადანაცვლება დასაშვებია არაუმეტეს, ვიდრე 1/4 - უმცირესი მრუდის სიგრძისა.

ჩახნექილი მრუდის რადიუსი არა ნაკლებ 6-ჯერ უნდა აღემატებოდეს მათთან თანამთხვევი მრუდების რადიუსს გეგმაში. საჭიროა მოვერიდოთ მრუდების ბოლოების შეუღლებას გეგმაში შემდგომ უბნებზე განლაგებულ ამოხნექილი ან ჩახნექილი ვერტიკალური მრუდების სათავესთან. პირველ შემთხვევაში ვერტიკალური მრუდის მხრიდან მომავალი ავტომობილებისათვის არ არის ნათელი გზის შემდგომი მიმართულება. მეორე შემთხვევაში ღამით იქმნება შეზღუდული ხილვადობის უბნები ფარის სიმაღლეზე.

4. დიდ მანძილზე ხილვადობის უზრუნველყოფისათვის საჭიროა მოვერიდოთ ტრასის ისეთი ელემენტების შეხამებას, რომლებიც ქმნიან ჩავარდნის შთაბეჭდილებას და მძღოლისათვის გაუგებარია ტრასის შემდგომი მიმართულება. ასეთ შეხამებათა რიცხვს მიეკუთვნება: გრძივი პროფილის მოკლე ჩახნექილი უბნები, განლაგებულები გრძელი სწორებს ან გეგმაში დიდი რადიუსის მრუდების საზღვრებში, რომლებიც აღიქმება, როგორც ჯიბეები ან ჩაწეული ადგილები (ნახ. 12.9, ე) ფარული ამოხნექილი მცირე რადიუსის

ვერტიკალური მრუდები სწორ უბნებზე, კერძოდ გზის გადაკვეთებზე სხვადასხვა დონეზე; თითქმის ცას მიბჯენილი გეგმაში სწორი უბნები მცირე რადიუსის ამოზნექილი მრუდებით ბოლოში.

უკანასკნელ წლებში ფართოდ გამოიყენება კომპიუტერით გზის პერსპექტივის შეფასების მეთოდი, რომელიც გვაძლევს მონიტორის ეკრანზე გამოსახულ გზის გამოსახულებას პიკეტაჟის ყოველი წერტილიდან დანახულს მძღოლის ან მგზავრის თვალით, ასევე ჩიტის გაფრენის სიმაღლიდან (ნახ. 12.10).



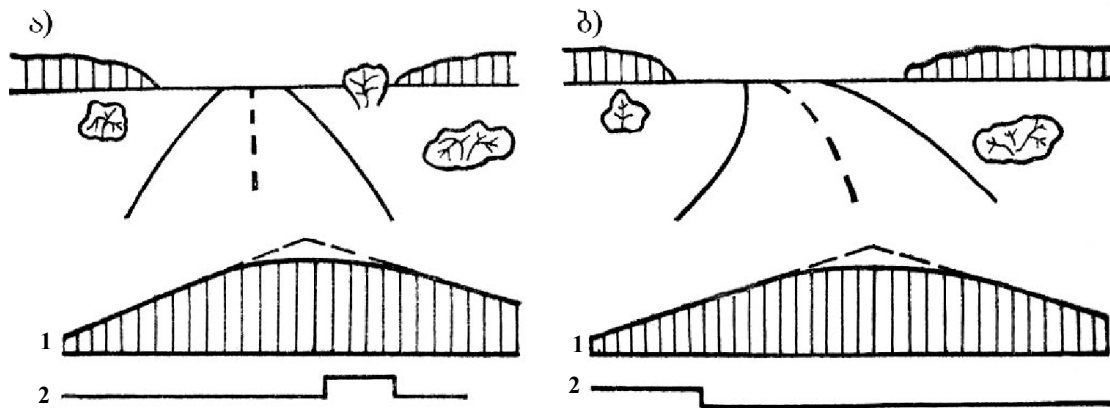
ნახ. 12.10. გზის საპროექტო პარამეტრების მიხედვით კომპიუტერული პროგრამით აგებული პერსპექტივის გამოსახულება

მოწინავე ქვეყნებში ტრასის სივრცულ სიმდორის შემოწმება პერსპექტიული გამოსახულებების აგებით, გეგმაში და პროფილში საჭირო ცვლილებებს შემდგომი შეტანით გზის დაპროექტების სავალდებულო პროცედურა გახდა.

ტრასის სივრცული სიმდორის უზრუნველყოფისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მძღოლთა მხედველობითი ორიენტირების პრინციპების დაცვას – გზის ელემენტებისა და გზისპირა ზოლის ისეთ ურთიერთშეთანხმებას, რომელიც მძღოლისთვის ნათელს ხდის გზის მიმართულებას ფაქტიური ხილვადობის საზღვრებს გარეთაც. მოძრაობისას მძღოლის თვალი მიმართულია ავტომობილის წინ გზის ზედაპირზე, მიჰყვება რა მიმართველ ორიენტირებს ასეთები ადვილად გასარჩევი ხაზები მოძრაობის პარალელურად: მაგ. საფარის წიბო; გამყოფი ზოლები საავტომობილო მაგისტრალეზე; საორიენტაციო ბოჭკინტები; გზისპირა ნარგავების ხაზები; გზის შემოღობვები და სხვა. ამ ორიენტირების განლაგება

უნდა ჰქმნიდეს საყრდენ წერტილების წყებას, რომელთა მეშვეობით მძლოლის თვალი უნდა გრძობდეს გზის შემდგომ მიმართულებას.

მხედველობითი ორიენტირების საშუალებებიდან ყველაზე ეფექტურია გეგმისა და პროფილის შეუღლებანი, გზისპირა ნარგავები და გვერდულების კიდეებზე სპეციალურად დაყენებული საორიენტაციო ბოჭკინტები თეთრი და



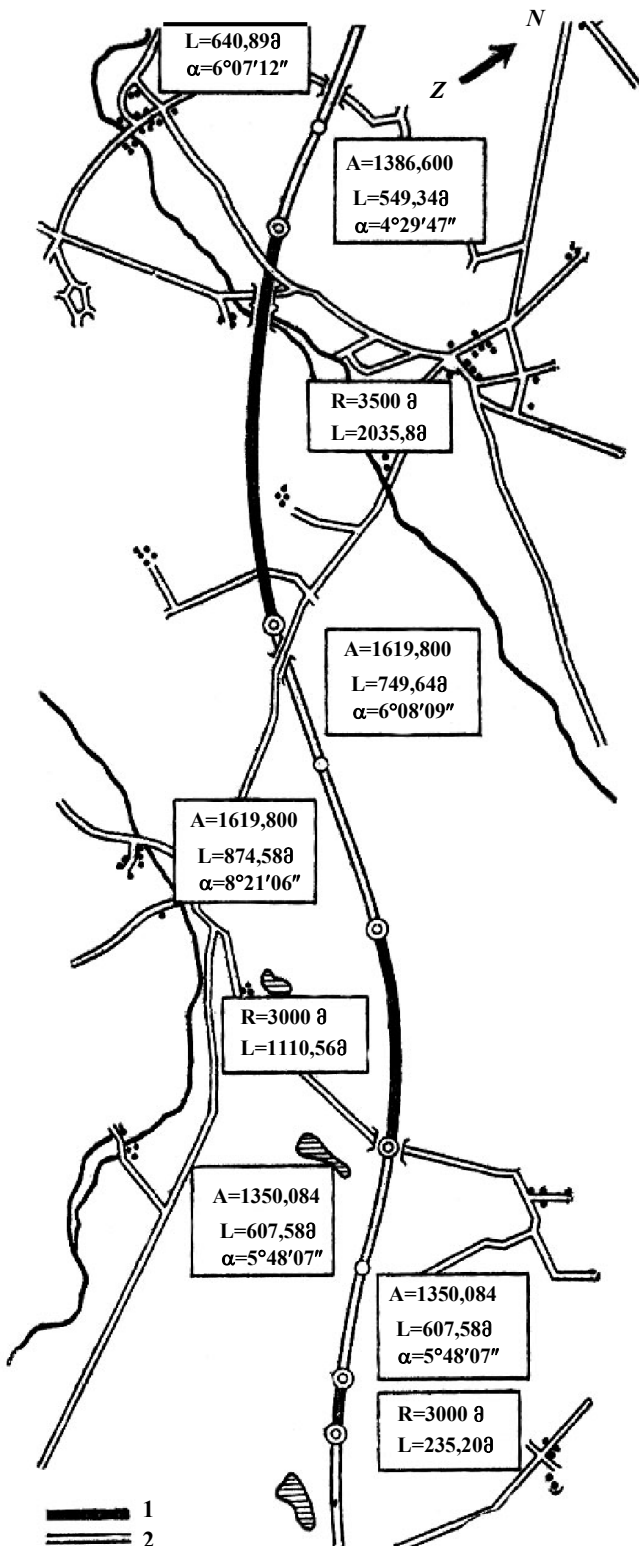
ნახ. 12.11. მძლოლის მხედველობითი ორიენტირების გაუმჯობესება:  
 ა - გზის ხიდი მხედველობითი სიძლიერის პრინციპის დარღვევით;  
 ბ - გზის ხედის გაუმჯობესება ჰორიზონტალური მრუდის სიგრძის გაზრდით;  
 1 - გრძივი პროფილი; 2 - გეგმა.

წითელი შუქამრეკლებით. ნახ. 12.11 ნაჩვენებია, რამდენად გასაგებს ხდის მძლოლისათვის გზის მიმართულების შეცვლას გეგმაში მრუდის რადიუსის გადიდება გრძივი პროფილის გარდატეხის უკან.

#### 12.4. კლოტოიდური ტრასირება

ტრასის საუკეთესო სიძლიერე შეიძლება მივიღოთ ე.წ. კლოტოიდური ტრასირებით, რომელიც ფართოდ გამოიყენება საავტომობილო მაგისტრალებისა და უმაღლესი კატეგორიის გზების დაპროექტებისას. გარდამავალი მრუდის სახეობა „კლოტოიდა“ წარმოადგენს მათემატიკურ, ცვალებადი რადიუსის მქონე მრუდების ერთერთ სახეობას, რადიოიდალურ სპირალს. სხვა მათემატიკურ მრუდებთან შედარებით იგი ყველაზე უკეთ ემთხვევა ავტომობილის მოძრაობის ტრაექტორიას და შესაბამისად უზრუნველყოფს სავალი ზოლის სიგანის რაციონალურ გამოყენებას ავტომობილის გადაადგილების უსაფრთხოების და მართვის მოხერხებულობას. ამასთან ერთად იგი საშუალებას იძლევა გზის ღერძი ადვილად ჩაეწეროს რელიეფის რთულ ფორმებში მთავორიან ან ძალზედ დასერილ პირობებში. კლოტოიდური ტრასა შედგება უპირატესად დიდი პარამეტრების მქონე გარდამავალი მრუდებისაგან, რომლებიც უშუალოდაა

შეუღლებული ერთმანეთთან ან წრიულ მრუდებთან. სწორი ჩაღმების სიგრძე მცირეა ზოგჯერ კი სულაც არ გამოიყენება (ნახ. 12.12).



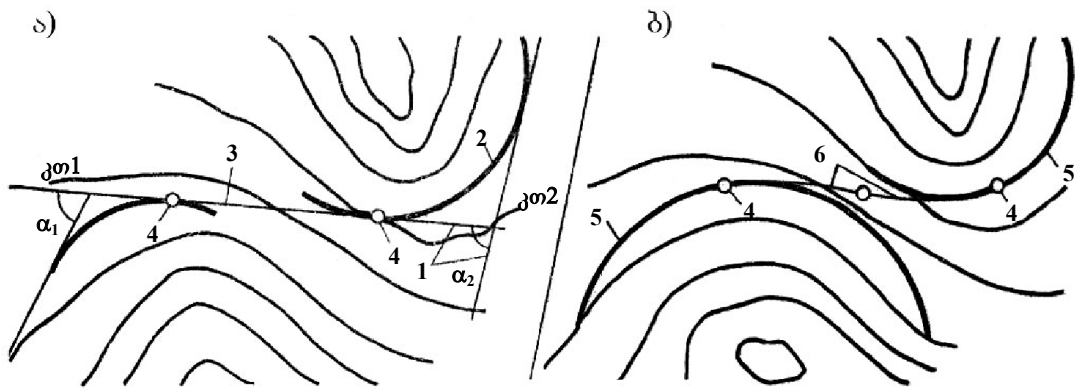
ნახ. 12.12. კლოტოიდებით ტრასირებული გზა:

- 1 - წრიული მრუდის მონაკვეთები;
- 2 - კლოტოიდის მონაკვეთები.

წრიული მრუდების შეუღლება დიდი პარამეტრების გარდამავალი მრუდებთან გამოირიცხავს ტრასის მკვეთრი გარდატეხის მხედველობით შთაბეჭდილებას, რომელიც წარმოიქმნება სწორი უბნების უშუალო შეუღლებაზე წრიულ მრუდებთან მათი დიდი რადიუსების შემთხვევაშიც კი.

კლოტოიდურ ტრასაზე გარდამავალი მრუდი წრიული მრუდების დამხმარე ელემენტიდან ხდება ტრასირების დამოკიდებული თანაბარ-უფლებიანი ელემენტი და ხშირად ცვლის კიდევაც წრიულსა და სწორ უბნებს. ტრასირების პრინციპი იცვლება. სწორებით სვლის ნაცვლად, მოხვევის კუთხეებსა და მათ შორის წრიული მრუდების შემდგომ ჩახაზვის მაგიერ განალაგებენ დიდი რადიუსის წრიულ მრუდებს და აწარმოებენ მათ შეუღლებას გარდამავალ მრუდებთან (ნახ. 12.13) უნდა აღინიშნოს რომ კლოტოიდური ტრასირება ყოფილ სსრკ-ს საგზაო ორგანიზაციების პრაქტიკაში პირველად ქართველმა სპეციალისტებმა შემოიტანეს გასული საუკუნის 60-იანი წლების დასაწყისში. ცნობილი ქართველი საგზაო ინჟინერი კომენანდრონიკაშვილი წარმატებით იყე-

ნება კლოტოიდურ ტრასირებას რთული რელიეფის პირობებში გზის გეგმისა და გრძივი პროფილის დასაპროექტებლად. ამ მეთოდით ქართველმა ინჟინრებმა ასობით კმ საავტომობილო გზა დააპროექტეს კავკასიაში, პამირისა და ჰინდიყუშის მთიანეთში, ავღანეთში, ერაყში, მადაგასკარზე, შუა აზიაში და სხვაგან. ქართველმა ინჟინრმა ვასილ ქსენოდოხოვმა დაამუშავა კლოტოიდური ტრასების სქემები და შეიმუშავა ცხრილები მათი დაკვაღვისათვის რაც აისახა მის მონოგრაფიაში, რომელსაც იყენებდა ყოფილი სსრკ-ს ყველა საგზაო საპროექტო ორგანიზაცია XX ს-ის ბოლომდე სანამ ფართოდ არ დაინერგა კლოტოიდური ტრასირების კომპიუტერული პროგრამები.



ნახ. 12.13. საავტომობილო გზების ტრასირების პრინციპების სხვაობა:

- ა - ჩვეულებრივი ტრასირება; ბ - კლოტოიდური ტრასა;
- 1 - სწორები; 2 - წრიული მრუდები ჩაწერილი სწორთა შორის კუთხეებში;
- 3 - ტრასის სწორი მონაკვეთი; 4 - ტრასის ელემენტების შეუღლების წერტილები; 5 - რელიეფის ელემენტებში ჩაწერილი წრიული მრუდები;
- 6 - წრიული მრუდების შემაერთებელი გადასასვლელი მრუდები.

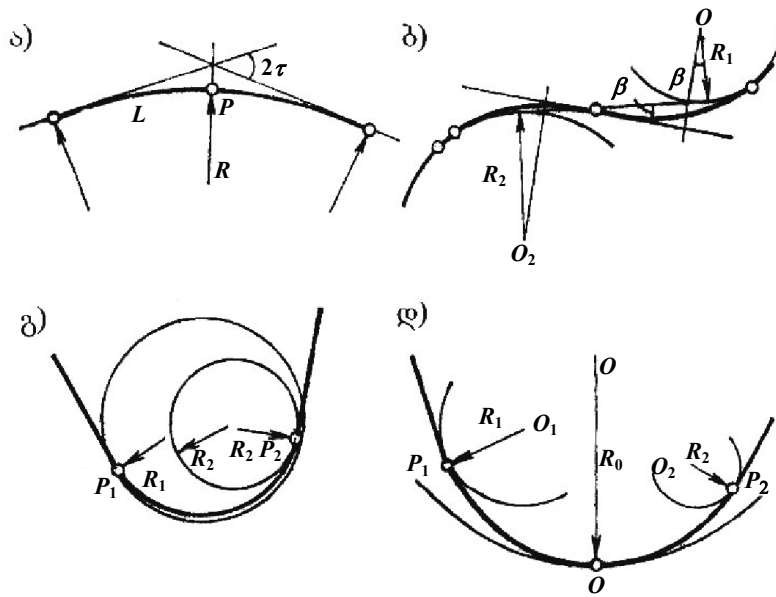
კლოტოიდურ ტრასაში გარდამავალ მრუდებს იყენებენ საავტომობილო გზების ტრასის ელემენტების შეუღლების ყველა შემთხვევაში (ნახ. 12.14): სწორ უბნებიდან წრიულ მრუდებთან გადასვლისას ერთ მხარეს მიმართულ წრიული მრუდების გეგმაში ერთმანეთთან შეუღლებისას, შებრუნებული წრიული მრუდების შეუღლებისას და გრძივ პროფილში ჩაზნექილი მრუდების სწორებთან შეუღლებისას.

შეიძლება ორი ერთნაირი პარამეტრის მქონე კლოტოიდის უშუალო შეუღლებაც წრიული მრუდის გარეშე ე.წ. სიმეტრიული ბიკლოტოიდა, ხოლო რთული რელიეფის პირობებში კი შეგვიძლია სხვადასხვა პარამეტრის კლოტოიდების პირდაპირი შეუღლება ე.ი. არასიმეტრიული ბიკლოტოიდის სახით. გარდამავალი მრუდების სიგრძეებს ნიშნავენ მომდევნო უბანზე, გზის ხედის დამახინჯების გარეშე აღქმის პირობიდან.

მხედველობითი სიძლიერის უზრუნველყოფისათვის გარდამავალი მრუდის ჩაწერისას საავტომობილო გზის ტრასის მოხვევის კუთხე უნდა შეადგენდეს



არანაკლებ  $3^\circ$ , ხოლო გარდამავალი მრუდის სიგრძე კი – წრიული მრუდის სიგრძის არა ნაკლებ  $1/4$ -ს.



ნახ. 12.14. გადასასვლელი მრუდების შეერთების სხვადასხვა წესები:  
 ა – გადასასვლელ მრუდეთა შეერთება წრიული მრუდის ჩადგმის გარეშე;  
 ბ – შებრუნებული მრუდების შეუღლება; გ – ერთმხრივ მიმართული  
 ორი წრიული მრუდის შეხამება ერთი გადასასვლელი მრუდით; დ – იგივე  
 ორი გარდამავალი მრუდით.

გზის ტრასის ყველაზე დიდი სიმდორე უზრუნველყოფილია გრძელი გარდამავალი მრუდების შეყვანით, რომლებსაც აქვთ რადიოდალური სპირალის განტოლება  $RL = C = A^2$  გარდამავალი მრუდების პარამეტრი  $A$  უნდა იყოს  $0,4R$ -დან  $1,4R$ -მდე საზღვრებში.

გარდამავალი მრუდებით შებრუნებული მრუდების შეუღლებისას, საურველია, რომ ორივე გარდამავალი მრუდს ერთნაირი  $A$  პარამეტრი ჰქონდეს. ამ შემთხვევაში საუღლებელი მრუდების რადიუსებს შორის უნდა დაკმაყოფილდეს ფარდობა  $R_1 \leq 3R_2$ .

ერთ მხარეს მიმართული წრიული მრუდების გარდამავალი მრუდებით შეუღლებისას, საჭიროა დავიცვათ ფარდობა  $0,5R_1 < A < R_2$ . წრიული მრუდების უშუალო შეუღლება დასაშვებია მხოლოდ, როდესაც  $R_1 \leq 2R_2$ . კლოტოიდური ტრასის დაპროექტებისას აუცილებელია გზის ლანდშაფტთან შეხამების მოთხოვნათა დაცვა (იხ. თავი 12.5).

საჭიროა აღინიშნოს, რომ კლოტოიდა არ წარმოადგენს გარდამავალი მრუდების ერთადერთ ტიპს, რომლის გამოყენება შეიძლება (იხ. 4.4) დამუშავებულია გზის გეგმაში დასახულ საკონტროლო წერტილებზე ტრასირების

ხერხები უწყვეტი სიმდოვრის მრუდით, რომელიც აღწერილია პოლინომების განტოლებით. კომპიუტერის სპეციალური პროგრამა უზრუნველყოფს ცენტრიდანული აჩქარების კანონზომიერ, მოცემული კრიტერიუმის დამაკმაყოფილებელ ზრდას ტრასის ერთი ელემენტიდან მეორეზე ავტომობილის გადასვლის დროს.

კლოტოიდურ ტრასას ჩვეულებრივ აპროექტებენ ჰორიზონტალებთან გეგმაზე, აეროფოტოსურათებით ან თანამგზავრების საშუალებით მიღებული ელექტრონული რუკებით. თავდაპირველად 1:2000 ან 1:5000 მასშტაბის რუკაზე რელიეფისა და სიტუაციის გათვალისწინებით აღნიშნავენ საკონტროლო წერტილებს, რომლებზედაც უნდა გაიყვანონ ტრასა ლანდშაფტური დაპროექტების პრინციპების დაკმაყოფილებით. შემდეგ მონიტორის ეკრანზე ამ წერტილებზე პირველი მიახლოებით ავლებენ კლოტოიდურ ტრასას. მიღებული ტრასა განიხილება როგორც მაგისტრალური სვლა, რომელიც ზუსტდება გეგმაში გზის გეომეტრიული ელემენტების განსაზღვრის პროცესში.

პროექტირების პრაქტიკაში კომპიუტერული გრაფიკისა და შესაბამისი პროგრამების ფართოდ დანერგვამდე, 2000 წლამდე ძირითადად ხდებოდა ე.წ. ხელით დაპროექტება. იყენებენ მასშტაბში დამზადებული წრიული და გარდამავალი მრუდების შაბლონების ნაკრებს ჯერ შეარჩევდნენ წრიულ მრუდებს მათი სათავისა და ბოლოს დანიშნით და გეგმაში მათი რადიუსების ჩაწერით. შემდეგ სხვადასხვა პარამეტრების კლოტოიდური მრუდების შაბლონების მოზომვით, მათზე აღნიშნული წრიული მრუდების რადიუსების ნიშნებით არჩევდნენ საჭირო პარამეტრებს. ტრასის პიკეტაჟს განსაზღვრავდნენ გაანგარიშებით, დიდი პარამეტრების გარდამავალი მრუდების ცხრილების გამოყენებით.

ამჟამად ამ შრომატევადი სამუშაოს შესასრულებლად საპროექტო ორგანიზაციებში ფართოდ გამოიყენება კომპიუტერები. დამუშავებულია რიგი პროგრამები. კომპიუტერის მენსიერებაში შეაქვთ მონაცემები ფიქსირებული ელემენტების კოორდინატებზე – სწორ უბნებზე, წრიული მრუდების ცენტრებზე და მათი რადიუსებზე ნახევრად ფიქსირებულ ელემენტებზე, რომელთა ერთერთი წერტილი დამაგრებულია და თავისუფალ ელემენტებზე, რომლებსაც შეუძლიათ გადანაცვლება განსაზღვრულ ფარგლებში. კომპიუტერი ერთმანეთთან აკავშირებს (ათანხმებს) ამ ელემენტებს კლოტოიდების, წრფეების ან წრეწირის დახმარებით, განსაზღვრავს შეკავშირებული ელემენტების პარამეტრებს და იძლევა კოორდინატებს მათი დაკვალივისათვის. კომპიუტერი საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ სხვა მეთოდებიც მაგალითად, წერტილთა თანმიმდევრობითი

აპროქსიმაცია, რომელიც მდგომარეობს კომპიუტერში შეყვანილი, ხელით მონიშნული ტრასის დიდი რაოდენობის წერტილების მათემატიკურ გასაშუალებაში. კომპიუტერი ირჩევს ტრასის საბოლოო მდებარეობას თავდაპირველად დასახულიდან დასაპროექტებელი ტრასის გადახრების კვადრატების ჯამის მინიმალური სიდიდის მოთხოვნებიდან გამომდინარე. შეიძლება ასევე ოპტიმიზაციის დამატებითი კრიტერიუმის წაყენებაც, როგორც მაგ. ცენტრიდანული აჩქარების ზრდის ტემპის შეზღუდვა, გადაადგილების მოხერხებულობისა და ავტომობილის იოლად მართვის პირობიდან.

## 12.5. გზების ტრასირება გარემო ბუნების საერთო სახესთან შეთანხმებით

თანამედროვე საავტომობილო გზა მრავალ წელზე გაანგრიშებული ნაგებობაა, რომლითაც ყოველდღიურად სარგებლობს ათასობით ადამიანი, ამიტომ გზების გარეგანი გაფორმების წინაშე უნდა იქნეს წაყენებული მაღალი ესთეტიკური მოთხოვნები.

გზის სილამაზე ძირითადად უზრუნველყოფილია, თუ ტრასა კარგად ეხამება გარემო რელიეფის ფორმებს და სხვა ბუნებრივი პირობების საერთო სახეს.

გზის შეხამება გარემოს საერთო სახესთან (ლანდშაფტთან) მოითხოვს გზის ორგანულად და მდორედ ჩართვა გარემო ლანდშაფტის ელემენტებში. ეს ამადლებს მოძრაობის კომფორტს, ხელს უწყობს ბუნების სილამაზის უკეთ აღქმას. როგორც გამოცდილება გვიჩვენებს ასეთი გზები უფრო უსაფრთხოა მოძრაობისათვის, არ არის დამქანცველი მძღოლებისა და მგზავრებისათვის, აქეთ მაღალი სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლები. გზის ლანდშაფტთან შეხამებამ არ უნდა დაარღვიოს მისი ელემენტების შინაგანი კანონზომიერებანი. გზის ელემენტების ზომები უნდა იყოს ლანდშაფტის ელემენტების პროპორციული. ასეთი შეთანხმებამ არ უნდა უპირისპირდებოდეს გზის მაღალი სატრანსპორტო – საექსპლუატაციო თვისებების უზრუნველყოფას.

საერთოდ გზა კარგად ერწყმება ლანდშაფტს, თუ იგი გაყვანილია მისი ელემენტების სასაზღვრო ზოლზე ან ლანდშაფტის ღერძზე. მაგალითად, თუ მდინარე, მიედინება ველზე, რელიეფის ფორმების მკვეთრი ცვლილებების გარეშე გზა ამ ადგილებში მიზანშეწონილია მიჰყვებოდეს ლანდშაფტის ძირითადი განმსაზღვრელ ხაზებს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ირღვევა ტრასის სივრცული სიმდორე.

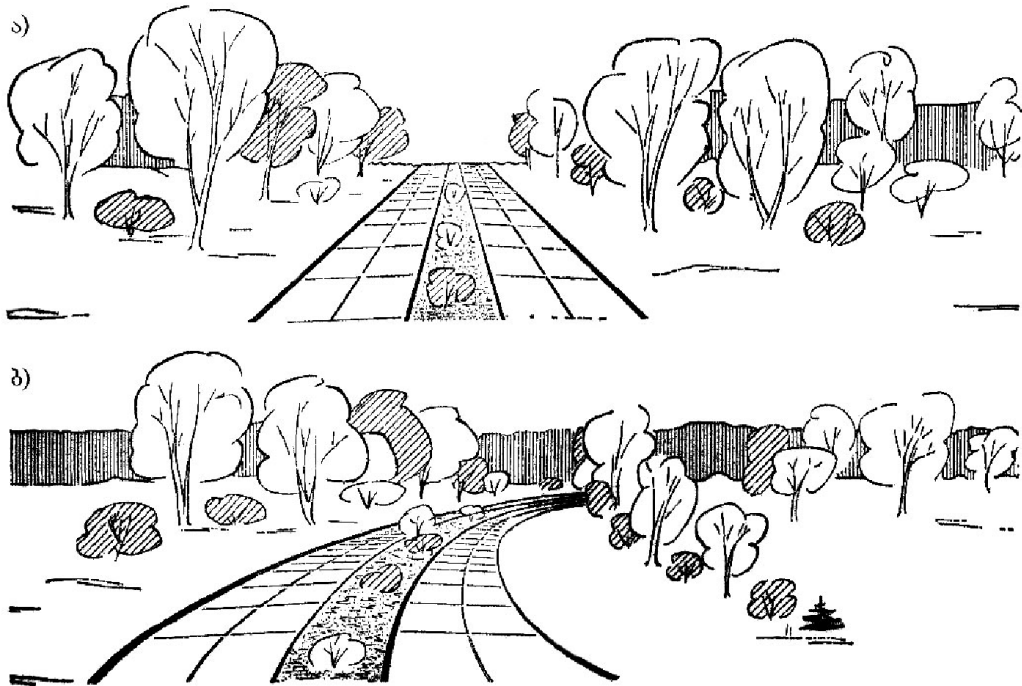
სხვადასხვა ტიპის ლანდშაფტებში შეიძლება რეკომენდებული იყოს ტრასირების სხვადასხვა პრინციპები.

ვაკე ადგილებში (სავანებში, სტეპებში) ტრასირების თავისუფალი პირობებია. ხშირად შესაძლებელია გზის სწორი მონაკვეთები გავაგრძელოთ რამდენიმე ათეული კილომეტრის მანძილზე. მაგრამ ერთგვაროვან გაშლილ ვაკეზე გაჭიმულ გზის გრძელ სწორ მონაკვეთებზე სატვირთო ავტომობილების მძღოლები მალე იღლებიან, უქვეითდებათ ყურადღება. მსუბუქი ავტომობილების მძღოლები მხედველობითი ინფორმაციის სიმცირის საკომპენსაციოდ ზრდიან მოძრაობის სიჩქარეს და ხშირად კარგავენ კონტროლს მასზე. ღამით გრძელ სწორ მონაკვეთებზე იზრდება მძღოლების შემხვედრი ავტომანქანების ფარების სინათლით დაბრმავეების საშიშროება. ეს ყველაფერი ზრდის საგზაო-სატრანსპორტო შემთხვევების რაოდენობასა და სიმძიმეს, ამიტომ მიზანშეწონილია, რომ სწორის სიგრძე არ აღემატებოდეს 4-6 კმ-ს. ეს არ იწვევს ტრასის ხელოვნურ გამრუდებას, ვინაიდან ვაკე ადგილებშიც კი გარემო პირობების დეტალური შესწავლისას აღმოჩნდება მიზეზების გარკვეული რაოდენობა, რომელიც გვაიძულებს შევცვალოთ მიმართულება. მათ რიცხვს ეკუთვნის არახელსაყრელი გრუნტები – დაჭაობებული და ჭარბი სიმლაშის ადგილები, ტყის მასივები და ჭალები მცირეტყიან რაიონებში, სოფლის მეურნეობისათვის ძვირფასი სავარგულები, დასახლებული პუნქტები, დაბლობები, სადაც უქარო დამეებში წარმოიქმნება ნისლი და უარესდება მხედველობა.

სწორი მონაკვეთების დასაშვები სიგრძე დაკავშირებულია აგრეთვე ადგილმდებარეობის თავისებურებებთან. ყველა საინტერესო შესამჩნევი ობიექტი იპყრობს მძღოლების ყურადღებას. ამიტომ უმჯობესია გზის მიმართვა შორიდან კარგად შესამჩნევ ორიენტირზე, ადგილმდებარეობის საერთო ფონზე გამოყოფილ ობიექტზე ასეთებია: ბორცვები, ზედ აღმართული ეკლესიებით ან ციხეკოშკებით მაღალი შენობები და ქარხანათა მიწები. ბუნებრივი ორიენტების არ არსებობისას შეიძლება მათი შექმნა ხელოვნურად, გზისპირა ზოლზე ხეების დაჯგუფებით.

სავანებში ლანდშაფტი ხასიათდება უფრო განვითარებული რელიეფის ფორმებით, ვიდრე სტეპებისა, მათ ახასიათებს მაღალი ხეების, ბუჩქნარის ცალკეული ჯგუფები, პერიოდულად მომქმედი მდინარეთა ფართო ხეობები. გვხვდება კუნძულისებურად განლაგებული ჭალები. აქ რელიეფის ელემენტები არ აბრკოლებენ ტრასირებას მცირე გამონაკლისის გარდა გზები შეიძლება გაყვანილ იქნეს ყველა მიმართულებით, ტექნიკური პირობების სრული დაცვით. ტრასირებას ხშირად განსაზღვრავს ტყის მასივების მდებარეობა.

მიზანშეწონილია პატარა ჭალებსაც კი გზით შემოვუაროთ. თუ გადაკვეთა აუცილებელია უკეთესი გზა გავიდეს მრუდედ (ნახ. 12.15).



ნახ. 12.15. ტყის მასივის გადაკვეთა გზით.

ა – პირდაპირი გადაკვეთა არასაკმაო ხილვადობით; ბ – მრუდით გადაკვეთა მეტი ხილვადობით და უკეთესი მხედველობითი ორიენტაციით.

სწორი მონაკვეთებით ტყის გადაკვეთისას ზუსტად, სიმეტრიულად გაჭრილი ტყე უღამაზოა. გრძელი და ფართო, სწორი ნაკაფი პარალელური ნაპირებით უღამაზოდ რომ არ გამოიყურებოდეს საჭიროა გამწვანების ელემენტებისა და ხეების დეკორატიული ჯგუფების განლაგება.

სტეპებში, სავანებში და ტყესტეპების სამხრეთ ნაწილებში დიდათ მნიშვნელოვანია არსებული ტყეების და ცალკეული ხეების ჯგუფების შენარჩუნება. ხშირად, საკმარისია ტრასის უმნიშვნელო გადაწვევა, რომ შევინარჩუნოთ ხეები და გზის რეკონსტრუქციის დროს გამოვიყენოთ არსებული გზისპირა ნარგავები.

ბორცვიანი ლანდშაფტი შედგება რელიეფის მსხვილი ელემენტებისაგან. ბუნების დაცვისა და მიწის სამუშაოების მოცულობის შემცირებისათვის მიზანშეწონილია ტრასის გაყვანა მდორედ ხაზის სახით, რომელიც გადის რელიეფისა და გარდამავალ ზონაში განლაგებული ლანდშაფტის მსხვილ ელემენტებს შორის და ჰარმონიულად ერწყმის მათ.

რაც მაღალია გზის კატეგორია და მეტია მიწის ვაკისის სიგანე, გზა უნდა შეეხამოს რელიეფის უფრო მსხვილი ელემენტებს, ვინაიდან ფართე მიწის

ვაკისის სიმდორისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ უფრო დიდი რადიუსის მრუდეები, ვიდრე ვიწროსათვის.

ბორცვიანი ლანდშაფტის პირობებში გეგმისა და პროფილის ელემენტების ურთიერთშეხამებისა და მთლიანად ტრასის ლანდშაფტთან შერწყმის პრინციპის დარღვევა მკვეთრადაა თვალში საცემი, ამიტომ ასეთ პირობებში უფრო მიზანშეწონილია ტრასის დაპროექტება უწყვეტი (კლოტოიდური ან სხვა სახის) მრუდეების გამოყენებით.

მთიან რაიონებში ლანდშაფტის ელემენტები იმდენად მკვეთრად გამოირჩევიან, რომ ტრასირებისას მათი უგულვებელყოფა იწვევს კლდოვანი სამუშაოებისა და ძვირადღირებული საინჟინრო ნაგებობათა მოცულობის მნიშვნელოვან ზრდას. მაგისტრალური გზის აშენება უდიდეს გავლენას ახდენს მთიანი რაიონის ახალი ლანდშაფტის ფორმირებაში. გზა ხდება გაბატონებულ და მათგანიშებულ ელემენტად მთის ფერდობების ფონზე. საინჟინრო ნაგებობანი – სერპანტინები, საყრდენი კედლები, ხიდები, გვირაბები და სპეციალური ნაგებობანი – თოვლის, ზვავების და ქვაცვენის საწინააღმდეგო გალერები, ღვარცოფსაშვებები, თოვლის შემაკავებელი და ზვავების მიმართველი კედლები გამოიკვეთებიან ფერდობის ერთგვაროვან ზედაპირზე. იპყრობენ ყურადღებას და ამით საზღვრავენ ლანდშაფტის ხასიათს. ასეთ პირობებში გზის გარემო ლანდშაფტთან ჰარმონიული შეთანხმება სამაოდ ძნელია, მაგრამ აუცილებელია.

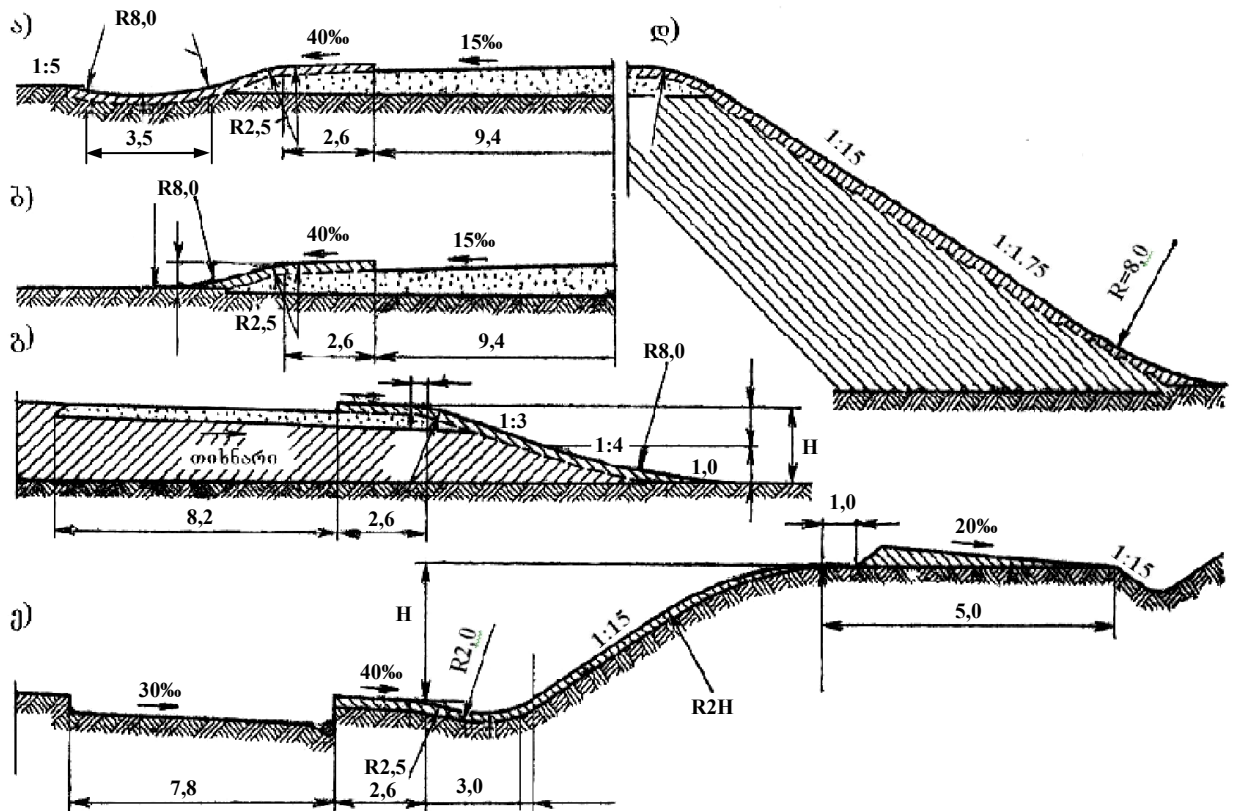
მთაში გზის ლანდშაფტთან შეთანხმებაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ფერდობების გაშიშვლებათა გაფორმებას.

გარემოსთან გზის შეხამების მნიშვნელოვანი ელემენტია მიწის ვაკისი. ლანდშაფტთან გზის შეხამებისათვის საჭიროა, რომ გზა მკვეთრად არ გამოიკვეთებოდეს ადგილმდებარეობის საერთო ფონზე. ამიტომ ლანდშაფტური პროექტირების დროს იყენებენ მიწის ვაკისის სპეციალურ ე.წ. გარსდენის ფორმის განივ პროფილებს (ნახ. 12.16) მათ ახასიათებს ცვალებადი დახრილობის ფერდობები, რომლებიც მდორედ ერწყმის გარშემო არსებული რელიეფის ზედაპირს. ღრმა გზისპირა არხების მაგივრად აწყობენ ფართო ღარებს.

გარსდენის ფორმის მიწის ვაკისის ფერდობებს აქვთ რიგი უპირატესობები მუდმივი დახრილობის მქონე ჩვეულებრივ ფერდობებთან შედარებით:

უმჯობესდება მოძრაობის უსაფრთხოება, ვინაიდან მართვა დაკარგული ავტომობილი მიწის ვაკისიდან გადასვლის შემთხვევაში გადაბრუნების გარეშე, მდორედ ეშვება ყრილიდან.

უმჯობესდება მძღოლების რწმენა ავტომობილების მართვის საიმედოობაში, ვინაიდან მოხანს გზის მთელი ფერდობი და არა მხოლოდ მიწის ვაკის კიდე.



ნახ. 12.16. მიწის ვაკის მომრგვალებული განივი პროფილები.

ა - მცირე ყრილი ღარით არხის მაგიერ; ბ - მცირე ყრილი არაღამრეცი ფერდობებით; გ - ყრილი სიმაღლით არაუმეტეს 2 მ; დ - მაღალი ყრილი ფერდობის ცვალებადი ქანობით; ე - ჭრილი ღარებით და ფერდობების მომრგვალებული წიბოებით.

უზრუნველყოფილი ხდება მიწის ვაკის უკეთესი გარსდენა ქვიშის მასებითა და თოვლის ქარბუქით. ქვიშა და თოვლი არ რჩება სავალ ნაწილზე. საზღვარგარეთ, მოწინავე ქვეყნებში განხორციელებულ გარსდენის ფორმის მიწის ვაკის კონსტრუქციებს აქვთ შემდეგი თვისებები: ფერდობების დახრის კოეფიციენტს იღებენ მით მეტს რაც უფრო დაბალია ყრილი. მცირე ყრილებს ფერდობებს უკეთებენ დახრილობას 1:5-1:6-მდე.

ყრილები ეწყობა ცვალებადი დახრილობის ფერდობებით, რომელთა დახრილობა მცირდება მიწის ზედაპირზე მიახლოების შესაბამისად.

ჭრილებში ფერდობთა დახრილობა მცირდება მათი მუშა ნიშნულის ზრდის შესაბამისად. მიზანშეწონილია ხეების და ბუჩქების დეკორატიული ჯგუფის დარგვა ღრმა, გრძელი ჭრილების ერთგვაროვანი ხედების დანაწევრებისათვის.

## სარჩევანი

### თავი 1. საავტომობილო გზების ქსელი

1.1. ერთიანი სატრანსპორტო სისტემა და საავტომობილო ტრანსპორტი ..	3
1.2. საავტომობილო გზების ქსელი და მისი როლი საავტომობილო ტრანსპორტის ეფექტურობის უზრუნველყოფაში .....	5
1.3. მოძრავი შემადგენლობა საავტომობილო გზებზე .....	6
1.4. საავტომობილო გზებზე მოძრაობის მახასიათებლები .....	8
1.5. საავტომობილო გზების კლასიფიკაცია .....	11

### თავი 2. საავტომობილო გზის ელემენტები

2.1. გზის გეგმის ელემენტები .....	15
2.2. გზის გრძივი პროფილის ელემენტები .....	18
2.3. საავტომობილო გზის განივი პროფილი .....	24

### თავი 3. ავტომობილის წვევის ბალანსი

3.1. ავტომობილის მოძრაობა გზაზე, მოძრაობის წინააღმდეგობანი .....	33
3.2. ავტომობილის დინამიური მახასიათებელი .....	39
3.3. საბურავების შეჭიდულობა გზის ზედაპირთან .....	43
3.4. ავტომობილის მიერ გრძივი ქანობების გადაღასვა .....	48
3.5. ავტომობილის დამუხრუჭება .....	50
3.6. ავტომობილის დამუხრუჭების თავისებურებები გრძელ ციცაბო დაღმართებზე .....	55
3.7. წვევის ძალის გაანგარიშებების თავისებურებანი ავტომატარებლებისათვის .....	58
3.8. საწვავის ხარჯი და საბურავების ცვეთა სხვადასხვა საგზაო პირობებში .....	60

### თავი 4. მრუდების დაპროექტება გეგმაში

4.1. მრუდზე ავტომობილთა მოძრაობის თავისებურებანი .....	66
4.2. განივი ძალის ზემოქმედება ავტომობილზე და მისი ნორმირება .....	68
4.3. გეგმაში რადიუსების სიდიდის დანიშვნა .....	75
4.4. გადასასვლელი მრუდები .....	78
4.5. სავალი ნაწილის გაგანიერება მრუდზე .....	83
4.6. ვირაჟი .....	85
4.7. მხედველობის მანძილი საავტომობილო გზებზე .....	91
4.8. მხედველობის უზრუნველყოფა მრუდებზე .....	93



**თავი 5. მოთხოვნები გზის ბრძოვი და ბანივი პროფილის ელემენტებისადმი**

5.1. გრძივი ქანობების სიდიდის ნორმირება გზებზე ..... 96  
5.2. ვერტიკალური მრუდები ..... 98  
5.3. სავალი ნაწილის და გვერდულების სიგანე ..... 102  
5.4. განთვისების ზოლი ..... 107

**თავი 6. ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის კანონზომიერებანი**

6.1. ავტომობილების მოძრაობის რეჟიმები ..... 108  
6.2. ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის რეჟიმების მახასიათებლები ..... 111  
6.3. ავტომობილთა ნაკადების მოძრაობის თეორიები ..... 114  
6.4. გზის გამტარუნარიანობა ..... 115  
6.5. გზების დატვირთვა მოძრაობით და სამოძრაო ზოლის გამტარუნარიანობა ..... 121  
6.6. გზების დაპროექტების ტექნიკური პირობები ..... 123

**თავი 7. ბუნებრივი ფაქტორების გავლენა გზების მუშაობაზე**

7.1. გარემო და მისი ბუნებრივი ფაქტორები ..... 126  
7.2. საქართველოს ტერიტორიისა და საგზაო ქსელის დარაიონება ბუნებრივი პირობების ძირითად მახასიათებელთა მიხედვით ..... 133  
7.3. მიწის ვაკისის დატენიანების წყაროები ..... 135  
7.4. მიწის ვაკისის ტენიანობის რეჟიმი ..... 136  
7.5. ტენის გადანაწილება მიწის ვაკისში ზამთარში და ნაბურცების წარმოშობა ..... 138  
7.6. ტერიტორიის საგზაო კლიმატური დარაიონება ..... 139  
7.7. ტერიტორიის ჰიდროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შეფასება ..... 142  
7.8. მიწის ვაკისის წარბას აწევა გრუნტის ზედაპირიდან და მიწის ვაკისის წყლის რეჟიმის რეგულირება ..... 143

**თავი 8. საგზაო წყალსარინი**

8.1. ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყალსარინ ნაგებობათა სისტემა და მათი დაპროექტების პრინციპები ..... 147  
8.2. საგზაო არხების დაპროექტება ..... 157  
8.3. დრენაჟის ანგარიში ..... 158

**თავი 9. მცირე ხილვის და მიწის ჰიდრაგლიური ანბარიში**

9.1. საერთო მონაცემები ..... 162  
9.2. ნაწვიმარი წყლების მოცულობის და ხარჯის დადგენა მცირე წყალშემკრებ აუზებზე ..... 163  
9.3. მიწების ხერეცის ანგარიში ..... 170

9.4. წყლის აკუმულაციის გათვალისწინება მცირე წყალგამტარ ნაგებობების წინ .....	174
9.5. მცირე ხიდების ხვრეტის ანგარიში და ნაგებობების სიმაღლის დადგენა .....	179
9.6. მცირე ხიდების და მიწების მიღმა კალაპოტის გამორეცხვის და გამაგრების ანგარიში .....	181
<b>სასავტომობილო გზის ტრასირება</b>	
<b>თავი 10. ტრასის მიმართულების შერჩევის ძირითადი წესები</b>	
10.1. ტვირთაკადებისა და მოძრაობის ინსტენსიობის გათვალისწინება ტრასის მიმართულების შერჩევისას .....	184
10.2. ბუნებრივი პირობების გათვალისწინება ტრასის მიმართულების შერჩევის დროს .....	190
10.3. გზის ტრასის განლაგება ადგილზე .....	191
10.4. თოვლნამქერიანობის გათვალისწინება ტრასის გაყვანის დროს .....	194
10.5. წყალსადინარების გადაკვეთა .....	198
10.6. ტრასის განვითარება ფერდობებზე .....	201
10.7. ტრასირება დასახლებული პუნქტების მახლობლად .....	205
<b>თავი 11. ბრძივი პროფილის დაპროექტება</b>	
11.1. საპროექტო ხაზის გავლება .....	209
11.2. გრძივი პროფილის დაპროექტების თანმიმდევრობა .....	211
11.3. საკონტროლო წერტილების დანიშვნა საპროექტო ხაზის გავლებისას .....	214
11.4. ყრილებისა და ჭრილების მოცულობები .....	219
11.5. მიწის სამუშაოთა მოცულობების გამოთვლა .....	222
11.6. გრუნტის ზიდვის სიშორის დადგენა .....	224
<b>თავი 12. მოძრაობის უსაფრთხოებისა და გუნების დაცვის მოთხოვნების გათვალისწინება გზების დაპროექტებისას</b>	
12.1. მოძრაობის მოხერხებულობისა და უსაფრთხოების მოთხოვნათა გათვალისწინება ტრასის დაპროექტებისას .....	228
12.2. ბუნების დაცვის მოთხოვნათა გათვალისწინება ტრასის მიმართულების შერჩევისა და სხვა საპროექტო გადაწყვეტათა მიღების დროს .....	235
12.3. გზის სივრცული სიძლიერის უზრუნველყოფა .....	241
12.4. კლოტოიდური ტრასირება .....	246
12.5. გზების ტრასირება გარემო ბუნების საერთო სახესთან შეთანხმებით .....	251