

ნონა ესიავა

კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ
ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდები

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
0175, საქართველო
თბილისი - 2013 წ.

საავტორო უფლება © 2013 ნონა ესიავა

„საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი“
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ჩვენ ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ესიავა ნონას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „**კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდები**“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად”.

თარიღი

„.....“ „.....“ 2013წ

სამეცნიერო ხელმძღვანელი

გოდერძი ჯანელიძე

სტუ - ს კრიმინალისტიკური ტექნიკისა
და ტექნოლოგიების სასწავლო კვლევითი
ცენტრის ხელმძღვანელი, ასოც. პროფ.

რეცენზენტები:

პაატა კერვალიშვილი

ფიზიკა მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი
სტუ-ს სრული პროფესორი

ზურაბ ჯიბუტი

ფიზიკა მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი
მიკრო- და ნანოელექტრონიკის ინსტიტუტის
ლაბორატორიის ხელმძღვანელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2013წ

ავტორი: ნონა ესიავა

დასახელება: „კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ
ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდები“

ფაკულტეტი: „ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი“

ხარისხი: აკადემიური დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტის მიერ ზემომოყვანი-
ლი დასახელების სამაგისტრო ნაშრომის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის
შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცე-
ლების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს

----- ავტორის ხელმოწერა -----

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

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

რეზიუმე

სადოქტორო ნაშრომში „კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდოლოგია“. ჩამოყალიბებულია როგორც საკვლევი ობიექტის დანაშაულებრივი გამოვლინების სირთულეების გამომწვევი მიზეზები, ასევე ექსპერტიზის თვალსაზრისით გადასაწყვეტი საკითხების კვლევის მეთოდიკაც. შემოთავაზებულია ფიზიკურ ექსპერიმენტთა ტექნოლოგიების მოდელირების ახალი მიდგომა, რომლებიც ალგორითმებისა და მათემატიკური თეორემების საფუძველზე, ცნობილ მონაცემებზე დაყრდნობით უცნობი მახასიათებლების და პარამეტრების განსაზღვრის შესაძლებლობას იძლევა. მეთოდოლოგია განსაზღვრავს და აყალიბებს საკვლევი ობიექტის ანალიზის, დიაგნოსტიკისა და ექსპერტიზის ერთიან სისტემას დაფუძნებულს ტექნიკურ-პროგრამულ უზრუნველყოფაზე. შესწავლილია იმ წესებისა და პრინციპების დაცვის მექანიზმი, რაც აუცილებელია ექსპერტული კვლევისა და მიღებული დასკვნების კრიმინალისტიკური რეგისტრაციისათვის. კვლევით ჩასატარებელი ღონისძიებები შეადგენს:

- ფიზიკურ ექსპერიმენტთა კვლევის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა;
- საინფორმაციო ინფრასტრუქტურა და მანქანური დამუშავების თავისებურებების განსაზღვრა ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირებაში;
- კრიმინალისტიკური ამოცანების გადაწყვეტის მათემატიკური უზრუნველყოფის მეთოდიკის შემუშავება. პროგნოზირების ტექნოლოგია.

კვლევის საფუძველზე განისაზღვრა და დამუშავდა:

- საინფორმაციო ტექნოლოგიები – კრიმინალისტიკური ინფორმაციული პროცესების ალგორითმიზაცია და მანქანური დოკუმენტების სამართლებრივი რეგულირების კვლევა.
- კრიტიკული სიტუაციების პროგნოზირებისა და უსაფრთხოების მართვის სისტემების ინტელექტუალური ტექნოლოგიების მეთოდოლოგია;
- საინჟინრო ტექნიკური ექსპერტიზა – ხელსაწყოთა საიმედოობის და მტყუნების ინტენსივობის ექსპერიმენტალური განსაზღვრის მეთოდოლოგია;
- არაფორმალზეებული – ბიოლოგიური ინფორმაციის გადაცემის მექანიზმისა და ადამიანის ემოციური ქცევის თავისებურების მანქანური მოდელირების განსაზღვრა.

ამოსავალ ფაქტორად გვევლინება უსაფრთხოების სამართლებრივი აქტები.

უსაფრთხოების სისტემები განიხილავს არა მხოლოდ კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და სატრანსპორტო-ტრასოლოგიური ექსპერტიზის საკითხებს, არამედ, ერთ სივრცეში განიხილება ადამიანზე ზემოქმედების ფიზიკურ-ქიმიური, ფსიქოლოგიური, ბოლოლოგიური, ნარკოტიკული თუ გენმოდულირებული სურსათის ზემოქმედების ფაქტორები და მის შედეგად ადამიანის ქცევის წესების პროგნოზირების განსაზღვრა. საინფორმაციო ტექნოლოგიების ექსპერტული მართვის მოდელის აგება ემყარება არა მხოლოდ დაკვირვებისა და აღქმის პროცესების კვლევას, არამედ კრიმინალისტიკური ინფორმაციის წარმოშობის კანონზომიერებას. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირება არის ასახვა საკვლევი ობიექტის თვისებებისა

აღწერილს მანქანურ ენაზე. ექსპერიმენტი აღიწერება მისი ურთიერთგამომრიცხავი შედეგების სრული ჩამონათვალით. ექსპერტული მართვის სისტემა ექსპერიმენტის საფუძველზე იძლევა ინფორმაციას ობიექტის დინამიკაზე და დიალოგურ რეჟიმში შეაქვს ცვლილებები მართვაში. ფიზიკური საკვლევი ობიექტი განიხილება როგორც ორი ქვესისტემა: თვით ფიზიკური ობიექტი და გარემოს სივრცე. მათი უტყუარობა დასტურდება ექსპერიმენტით. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა ანალიზი ზუსტია მაშინ, როდესაც ის აღწერს საკვლევ ობიექტს, არა მხოლოდ რაოდენობრივად და ხარისხობრივად, არამედ, ასევე აღწერს ამ მოვლენის გამომწვევი მიზეზების მკაცრ განსაზღვრას. კვლევის პრიორიტეტულ მიმართულებას წარმოადგენს არაფორმალიზებული ინფორმაციის ალგორითმიზაცია და მანქანურ ენაზე დაყვანის შესაძლებლობის განსაზღვრა. ქცევის პროგნოზირების საწყის ინფორმაციას შეადგენს საკვლევი ობიექტის თვისება.

ხელოვნური ინტელექტისა და უსაფრთხოების სისტემების ერთ-ერთ მიმართულებას წარმოადგენს სატრანსპორტო კომპლექსის უსაფრთხო ფუნქციონირების უზრუნველყოფის კვლევა. ეს განაპირობა იმ ფაქტორმა, რომ ავტოსანტრასპორტო-ტრასოლოგიურ ექსპერტიზაში თავმოყრილია როგორც ტექნიკური უსაფრთხოების პროპლემები, ასევე ადამიანის ემოციური, ფსიქოლოგიური და ქცევის თავისებურებები. შემოთავაზებული მოდერნიზებული მეთოდის კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მისთვის „უჩვეულო“ გარემოში ფუნქციონირების საშუალებას იძლევა, იგულისხმება პირველადი მონაცემების შემცველი სისტემები, რომლებიც მიუთითებენ საკვლევი ობიექტების ბუნებაზე, მის ქცევის წესებზე, გარემოს სივრცესა და სხვა ზემოქმედების ფაქტორებზე.

Summary

In a doctor's work „**The Methodology of modeling of physical experiments of criminalistics techniques and technologies**“ there have been formulated both the reasons causing the complexities of criminalistics revealing the research object and the research methodic of the issues to be solved from the point of view of expertise as well. A new approach of modeling of technologies of physical experiments which, on the basis of algorithms and mathematical theorems gives a possibility to define the unknown characteristics and parameters based on the known data. The methodology determines and formulates an uniform system founded on technical-software. The mechanisms of defending of those rules and principles have been studied which are necessary for criminalistics registration of the experimental research and obtained conclusions. The research measures are as follows:

- Determination of the methodology of physical experiment research;
- The informational infrastructure and definition of peculiarities of computer processing during modeling of physical experiments;
- Working out the methodic of mathematical support (software) for solution of criminalistics tasks.

On the basis of research the following have been determined and processed:

- The informational technologies – algorithmization of criminalistic informational processes and research of legal regulation of computer documents;
- Peculiarities of secure functioning provision of transportation complex of artificial intellect and security systems;
- Engineering technical expertise – methodology of experimental definition of intensity of reliability and errors of the device;
- Definition of software modeling of mechanism of transmission of non-formalized - biological information and peculiarities of a people emotional behavior.

As an initial factor there appear before us the security legal acts. The security legal systems consider not only the issues of criminalistic technique and transport – trasological expertise, but in one space there will be considered the factors of influence of phys-chemical, psychological, biological, narcotic or gen-modified food on a man and as a result, determination of forecasting the norms of behavior of a man, as well.

Construction of expert control model of informational technologies is based not only on research of observation and perception processes, but on regularity of origin of criminalistic information as well. Modeling of physical experiments is to display the features of research object described in computer language. The experiment is described by complete list of mutually excluding results. The expert control system on the basis of experiment gives an information about the dynamics of the object and in a regime of a dialogue introduces the changes. The physical research object of the control is being considered as two subsystems:

The physical object itself and the environment space, their validity are approved by the experiment. The analysis of physical experiments are precise when it describes a research object not only Quantitative and qualitatively but describes the severe definition of the reasons causing this phenomenon. A priority direction of the research is algorithmization of non-formalized information and determination of possibility of reduction to the computer language. The initial information of behavior prognostication is a feature of the research object.

One of the directions of the artificial intellect and the security systems is the research of providing with secure functioning of transportation complex. This has been conditioned by the factor that in autotransport-trasological expertise are gathered both the technical security problems and the emotional, psychological and behavior features of a man. The offered modernized methodic gives a possibility of functioning of criminalistic technique and technologies in the environment “unusual” for them, such systems are meant which cover the primary data indicating to the nature of research objects, rules of behavior to the environment space and other factors of influence.

შინაარსი

შესავალი

I თავი. ლიტერატურული მიმოხილვა	10
1.1. ნაშრომის შინაარსი	14
1.2. პრობლემის აქტუალობა	15
1.2.1. სამუშაოს მიზანი	17
1.2.2. სამუშაოს მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება....	17
1.2.3. სამუშაოს აპრობაცია	19
II თავი. კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდი	
2.1. კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მეთოდოლოგიის განსაზღვრა	21
2.2. კრიმინალისტიკური ამოცანების სახეები და მათი გადაწყვეტის თავისებურებანი	25
2.2.1. კრიმინალისტიკური ობიექტების სპეციფიკა და მათი კვლევის თავისებურებანი	27
2.3. კვლევის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა	30
2.3.1. კრიმინალისტიკური მეთოდის პრინციპები	31
2.3.2. კრიმინალისტიკური იდენტიფიკაციის კვლევის მეთოდიკა – ცნებები საგნების შესახებ	33
2.3.3. დანაშაულის ჩადენის ხერხების ცნება და მისი მექანიზმის დადგენის მეთოდიკა	35
2.4. საინჟინრო ექსპერიმენტთა მეთოდოლოგია. რთული ობიექტის კვლევის ავტომატიზაციის პროცესის მეთოდიკა	37
2.4.1. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა და იმიტაციურ მოდელირებათა მეთოდოლოგია	42
III თავი. მასალებისა და ნამზადების მახასიათებლების დიაგნოსტიკის მეთოდები	
3.1. საინფორმაციო ტექნოლოგიების ექსპერტული მართვის მოდელირება	48
3.2. ექსპერიმენტის მეთოდი – უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის საფუძველი	56
3.3. მტყუნება, გამოწვეული ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხის დაქვეითების შედეგად	58
3.4. მტყუნება, რომელიც გამოწვეულია მექანიკური ელემენტების რღვევის შედეგად	59
3.5. საინჟინრო ტექნიკური ექსპერტიზა. ექსპერიმენტული მოდელირების მეთოდოლოგია	62
3.5.1 ტექნიკური ობიექტების საიმედოობის კვლევის მეთოდები. ხარისხის კონტროლის მეთოდები და სახეები	63
3.5.2. მზა პროდუქციის საიმედოობაზე გამოცდის სახეები	66

3.5.3. მზა პროდუქციაზე ზემოქმედების ფაქტორების განსაზღვრა ...	69
3.5.4. ხელსაწყოთა მზა პროდუქციის დიაგნოსტიკის კატეგორიის განსაზღვრა	70
3.6. საცდელი ნიმუშების ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდები	
3.6.1. მექანიკური გამოცდების მეთოდოლოგია	71
3.6.2. ელექტროფიზიკური მახასიათებლების გაზომვის მეთოდიკა	74
3.6.3. მიკროსისალის განსაზღვრის მეთოდიკა	74
3.6.4. თერმული გაფართოების რეგისტრაციის მეთოდი	75
3.6.5. შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის გაზომვის მეთოდი	75
IV თავი. ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები	
4.1. მონოკრისტალური სილიციუმისა და გერმანიუმის მეტალოგრაფიული გამოკვლევა	78
4.2. მონოკრისტალური სილიციუმის ელექტრო-ფიზიკური მახასიათებლები	82
4.3. ლეგირებული სილიციუმის მიკროსისალის გამოკვლევა	84
4.4. ღუნვითი დეფორმაციის გავლენა მონოკრისტალური Si-ის ელექტრულ და მექანიკურ მახასიათებლებზე	85
4.5. მონოკრისტალური სილიციუმის თერმული გაფართოების გამოკვლევა	89
4.6. ფოსფორით ლეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმის შინაგანი ხახუნის და ძვრის მოდულის ტემპერატურული სპექტრი	92
4.7. მონოკრისტალური სილიციუმის არადრეკადი მახასიათებლების ამპლიტუდური დამოკიდებულება	96
4.8. მონოკრისტალური გალიუმის ფოსფიდის არადრეკადი თვისებები	102
4.9. ცდების განმეორებადობა. მტყუნების ინტენსივობის (საფრთხის) განმეორების სიხშირის ექსპერიმენტული განსაზღვრა	105
4.10. კრიმინალისტიკური ინფორმაციის გაზომვისა და გამოკითხვის ცდომილება	106
4.11. მზა ნაკეთობათა საიმედოობაზე გამოცდის მეთოდი, როგორც უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის საფუძველი	108
შედეგები და მათი განსჯა	113
დასკვნა	115
ჩატარებული მოხსენებებისა და გამოქვეყნებული ნაშრომების სია	116
გამოყენებული ლიტერატურა	117

ცხრილებისა და ბლოკ-სქემების ნუსხა:

ცხრილი 4.1. მონოკრისტალური სილიციუმის ელექტრო-ფიზიკური მახასიათებლები	83
ცხრილი 4.2. მონოკრისტალური სილიციუმის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები	88
ცხრილი 4.3. რელაქსაციური პროცესების ფიზიკურ-მექანიკური	104

მახასიათებლები	
ცხრილი 4.4. აპარატურის მიზნობრივი დანიშნულება და მისი მტყუნების ღირებულება	108
ცხრილი 4.5. მართვის იერარქიის	111

ნახაზების და სურათების ნუსხა:

ნახ. 3.1. მტყუნებათა საკლასიფიკაციო ნიშნები	60
ნახ. 3.2. მექანიკური ერთეული მოწყობილობების, კვანძებისა და მიკროელექტრონული ხელსაწყოების მტყუნებათა ინტენსივობის გრაფიკი	61
ნახ. 3.3. ცდისეული ექსპერიმენტისა და ნაკეთობათა დეფორმაციის განსაზღვრის იმიტაციური მოდელი	65
ნახ. 4.1. [100] ორიენტაციის მონოკრისტალური სილიციუმის მიკროსტრუქტურა ა) საწყისი ბ) დეფორმირებული	79
ნახ. 4.2. [111] ორიენტაციის მონოკრისტალური Si-ის მიკროსტრუქტურა	80
ნახ. 4.3. მსხვილმარცვლოვანი Si-ის მიკროსტრუქტურა	81
ნახ. 4.4. დეფორმაციის გავლენა მონოკრისტალური სილიციუმის შინაგანი ხახუნის და ძვრის მოდულის სპექტრებზე	87
ნახ. 4.5. მონოკრისტალური სილიციუმის თერმული გაფართოების კოეფიციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულება	91
ნახ. 4.6. ფოსფორით ლეგირებული სილიციუმის შინაგანი ხახუნის და ძვრის ფარდობითი მოდულის ტემპერატურული დამოკიდებულება...	93
ნახ. 4.7. თერმული დამუშავებისა და ციკლური დეფორმაციის გავლენა Si:P შინაგან ხახუნზე და ძვრის ფარდობით მოდულზე	95
ნახ. 4.8. მონოკრისტალური სილიციუმის შინაგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულება ფიქსირებულ ტემპერატურაზე	99
ნახ. 4.9. ბორით ლეგირებული სილიციუმის შინაგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულება ფიქსირებულ ტემპერატურაზე	101
ნახ. 4.10. [110] ორიენტაციის მონოკრისტალური GaP შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ტემპერატურული სპექტრი	103

შესავალი

თავი I. ლიტერატურული მიმოხილვა

კრიმინალისტიკური ტექნიკა კრიმინალისტიკის ერთ-ერთი დამოუკიდებელი დარგია, რომელიც მეცნიერებისა და ტექნიკის უკანასკნელი მიღწევების საფუძველზე შეიმუშავებს და გამოიყენებს სამეცნიერო ტექნიკურ საშუალებებს, ხერხებსა და მეთოდებს მტკიცებულებათა აღმოჩენის, ფიქსირებისა და გამოკვლევისათვის. კრიმინალისტიკა არის სპეციალური იურიდიული მეცნიერება, რომელიც საპროცესო ნორმების საფუძველზე სწავლობს ნაკვალევისა და სხვა მტკიცებულებათა ეფექტური აღმოჩენის, ფიქსირების, გამოკვლევისა და გამოყენების კანონზომიერებებს, აგრეთვე ტექნიკურ საშუალებებს, ტაქტიკურ ხერხებსა და ცალკეული დანაშაულის გამოძიებისა და გახსნის მეთოდიკას [1; 3].

კრიმინალისტიკური ტექნიკის მრავალფეროვნება და თანამედროვე თაობის კომპიუტერების შესაძლებლობები განსაზღვრავს ახალ პრინციპებზე გადასვლის აუცილებლობას. სისტემური და პროგრამული უზრუნველყოფა, მეთოდოლოგია და მეთოდიკა იძლევა კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მისთვის „უჩვეულო“ გარემოში ფუნქციონირების საშუალებას. კრიმინალისტიკური სისტემური მეთოდოლოგია გულისხმობს პრობლემათა და საკითხთა თანმიმდევრულ და ორგანულად შერწყმულ განლაგებას. კვლევათა ციკლში არ არსებობს მზა მეთოდები, მზა ალგორითმები და პროგრამები, არამედ იქმნება ტექნიკურ-პროგრამული უზრუნველყოფის ერთიანი სისტემა [5].

თეორიულმა კვლევებმა და პრაქტიკულმა ანალიზმა განსაზღვრა კრიმინალისტიკაში ტექნიკურ-პროგრამული სისტემების დანერგვის აუცილებლობა. კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირება, როგორც მათემატიკური მოდელირების ობიექტი, რთული სისტემაა. იგი აერთიანებს ერთის მხრივ ფიზიკურ-ტექნიკური ექსპერტიზის, სასამართლო-საექსპერტო საქმიანობის, ტრასო-

ლოგიური კვლევისა და მეორეს მხრივ, საინჟინრო-სასაქონლო ექსპერტიზის კვლევის საკითხებს. იგულისხმება ისეთი სისტემები, რომლებიც მოიცავენ იმ პირველად მონაცემებს, რომლებიც მიუთითებენ საკვლევი ობიექტის ბუნებაზე, მისი ქცევის წესებზე, გარემოს სივრცისა და სხვა ზემოქმედების ფაქტორებზე. თანდართულ ლიტერატურაში დაწვრილებითაა აღწერილი იმ წესებისა და პრინციპების დაცვის მექანიზმი, რაც აუცილებელია საკვლევ ობიექტებში დეფექტების გამომწვევი მიზეზების ანალიზის, ტექნოლოგიური გადახრებისა და დეფექტების ბუნებაზე ექსპლუატაციის პირობების გავლენის მექანიზმის დასადგენად. ასევე დეფექტების გავლენა ნაკეთობათა პარამეტრებზე და მთლიანად ხელსაწყოს საიმედობაზე. ამოსავალ ფაქტორად გვევლინება უსაფრთხოების სამართლებრივი აქტები [3; 12; 15].

უსაფრთხოების სისტემები განიხილავს არა მხოლოდ კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და სატრანსპორტო-ტრასოლოგიური ექსპერტიზის საკითხებს, არამედ ერთ სივრცეში განიხილება ადამიანზე ზემოქმედების ფიზიკურ-ქიმიური, ფსიქოლოგიური, ბიოლოგიური, ნარკოტიკული თუ გენმოდულირებული ნაწარმის ზემოქმედების ფაქტორები და მის შედეგად ადამიანის ქცევის წესების პროგნოზირების განსაზღვრაც [2007, 2012].

ექსპერტული სისტემები ეყრდნობა ობიექტურ ინფორმაციას, გამოცდილებასა და ცოდნას, რის საფუძველზედაც წარმოებს საკვლევი ობიექტის ქცევის პროგნოზირება. ქცევის პროგნოზირების საწყის ინფორმაციას შეადგენს საკვლევი ობიექტის თვისება:

- შეინარჩუნოს დროის დადგენილ საზღვრებში ყველა ის პარამეტრი, რაც უზრუნველყოფს ობიექტის მუშაობის საიმედობას;
- ხანგრძლივობა – შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი ზღვრული მდგომარეობის დადგომამდე;
- უმტყუნელობა – უწყვეტად შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი დადგენილ დროისა და პირობების ფარგლებში;

- უდეფექტო – გამართული მუშაობა, რომლის დროსაც იგი სრულად პასუხობს ნორმატიულ და სხვა კონკრეტულ მოთხოვნილებათა დოკუმენტაციას.

აღნიშნულია – პროგნოზირების საწყის ინფორმაციას წარმოადგენს დეფექტების სახეებისა და მექანიზმების ერთობლიობა, რომლის საფუძველზე ანალიზდება მტყუნების ინტენსივობა. შესაბამისად, დეფექტების შესწავლა, მისი წარმოშობის მექანიზმის ანალიზი და დეფექტების შემცირების გზის განსაზღვრას ენიჭება უდიდესი მნიშვნელობა. ექსპერიმენტალურ მოთხოვნებს მივყავართ იმის აუცილებლობამდე, რომ მუდმივად უნდა იქმნებოდეს ინფორმაციის ავტომატური მოპოვებისა და დამუშავების ახალი მეთოდები და საშუალებები, რომლებიც თავის განვითარებას პოვენს ავტომატიზაციის სისტემის სახით. პროდუქციის საიმედობის და პარამეტრების სტაბილურობის გარანტს წარმოადგენს პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც აღწერს შეტყობინებებს დეფექტებისა და ტექნოლოგიური პროცესებიდან გადახრების შესახებ, მიუთითებს წუნზე და გვიჩვენებს დეფექტების წარმოშობის მიზეზების აღმოფხვრის გზებს [3; 4].

პრაქტიკამ აჩვენა, რომ მიკრო და ოპტოელექტრონიკის ხელსაწყოების მტყუნება გამოწვეულია არა მხოლოდ ელემენტების ცვეთით, არამედ ნაკეთობათა ექსპლუატაციის, პროექტირებისა და ტექნოლოგიების ხარისხის დონით. მთელ რიგ ნაშრომებში ხაზგასმულია, რომ ტექნიკური ექსპერტიზის გლობალურ საკითხთა რიცხვს მიეკუთვნება სპეციალური დანიშნულების ხელსაწყოებისა და ავტომატიზირებელ სისტემებში ელემენტების შეცვლისა და განახლების მეთოდის დამუშავება. ასევე ელემენტების დაძველებისა და საიმედობის პროგნოზირების განსაზღვრა. პროგნოზირების ერთ-ერთ ძირითად ინფორმაციას შეადგენს დეფექტების სახეებისა და მექანიზმების ერთობლიობა, რის საფუძველზედაც ანალიზდება „მტყუნების“ ინტენსივობა. ფრიად საყურადღებოა დიდი ობიექტის სივრცის დანაწევრების მეთოდის გამოყენება. ასეთ დანაწევრებას აქვს გეომეტრიული ინფორმაციით დატვირთული სივრცე. ამ ინფორმაციას განვსაზღვრავთ, როგორც იმ

მონაცემთა სტრუქტურას, რომელიც შეიცავს შეკუმშულ და მისაღები ფორმით წარმოდგენილ სიდიდეებს (გეომეტრიულს, რიცხვითს). ალგორითმი აანალიზებს კოდირებით შემოფარგლულ ელემენტთა გეომეტრიულ ფართს და ქმნის მატრიცულ ცხრილებს. როგორც აღვნიშნეთ, სრულიად განსხვავებული რთული კონფიგურაციის საკვლევი ობიექტები ექვემდებარება სასრულო ელემენტების მარტივ გეომეტრიულ ფიგურებად დაყოფის პრინციპს, რომელიც ეყრდნობა ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მეთოდოლოგიას. ის ითვალისწინებს იმიტაციურ და ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირებას. ორივე მეთოდის გამოყენებით დგინდება როგორც საკვლევი ობიექტის ბუნება, ასევე ნაკეთობათა და მათი თითოეულ კვანძთა შორის ელემენტებისა თუ ფრაგმენტების განსაზღვრა კრიტიკული მდგომარეობის პირობებში. კომპიუტერული მოდელირების გამოყენებით ვახდენთ როგორც საგზაოსატრანსპორტო შემთხვევათა სიმულაციას მოძრაობაში, ასევე ვაანალიზებთ ვერბალური და არავერბალური ინფორმაციის მანქანურ მონაცემებს, რომელიც დასკვნის სახით ფორმირდება ექსპერტულ დოკუმენტაციაში [6; 7].

ახალი თვალთახედვითაა გააზრებული საინფორმაციო ტექნოლოგიების სტანდარტებისა და პროგრამების საშუალებათა სისტემა, რომელიც მანქანურ ენაზე განსაზღვრავს დოკუმენტების სამართლებრივ ფორმირებას. განსაზღვრულია, რომ იმიტირების მეთოდი მოდელის ბუნების აღმწერი მათემატიკური ინსტრუმენტია, რომელიც შეისწავლის – თუ როგორია კონკრეტული მოდელის ქცევა მისი პარამეტრების ცვლილებით [10].

მთელ რიგ ნაშრომებში ახალი მიდგომითაა გააზრებული საინფორმაციო ტექნოლოგიების არსი და მნიშვნელობა. შემოთავაზებულია კომუნიკაციის მოდელების სხვადასხვა ვარიანტები. განმარტებულია მათი არსი და სამართლებრივი რეგულირების საკითხები [15].

დასკვნის სახით ჩამოყალიბებულია, რომ თვით ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირება არა მხოლოდ ამოცანების გადამწყვეტი ინსტრუმენტია, არამედ, სამართლებრივი სტატუსის მქონე ექსპერტიზის მწყობრი სისტემაცაა.

1.1. ნაშრომის შინაარსი

შესავალ ნაწილში მოცემულია პრობლემის ზოგადი აღწერა, დასმული საკითხის აქტუალობა და პრაქტიკული ღირებულება. შემუშავებულია კრიმინალისტიკური ტექნიკის და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდები. აღნიშნულია, რომ კრიმინალისტიკური ინფორმაცია, კრიმინალისტიკური ტექნიკა, დანაშაულის ცალკეული სახეების გამოძიების მეთოდიკა წარმოადგენს ერთ საკვლევ სივრცეს და ემყარება სისტემურ მეთოდებს. ხაზგასმულია, რომ ამ მეთოდების გარდა ნიშანდობლივია აგრეთვე, გამოძიების მეთოდიკის საგნის იურდიული ბუნებაც. მითითებულია კრიმინალისტიკურ მეცნიერებაში შემუშავებული მტკიცებულებათა აღმოჩენის, გამოვლენის, გამოკვლევისა და ფიქსაციის თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკური საშუალებები, ხერხები და მეთოდები. განსაზღვრულია კვლევის ძირითადი მიზნები და მიმართულებანი, რომელიც ემყარება პრობლემათა და საკითხთა თანმიმდევრულ და ორგანულად შერწყმულ იერარქიულ კვლევას. შემოთავაზებულია კრიმინალისტიკური ამოცანების მეთოდოლოგიის დამუშავებისა და გადაწყვეტის პრინციპები მათემატიკური აპარატისა და პრეციზიული ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით. განსაზღვრულია კრიმინალისტიკური ტექნიკური საშუალებების გამოყენების ძირითადი მიმართულებები და მანქანური დოკუმენტების სამართლებრივი რეგულირება. განმარტებულია, რომ კრიმინალისტიკურ-ტექნიკური საშუალება, ხერხები და მეთოდები მხოლოდ მაშინ გამოიყენება ოპერატიულ-საექსპერტო გამოკვლევების დროს, როდესაც იგი შეესაბამება და არ ეწინააღმდეგება საქართველოს სამართლის პრინციპებს და კერძო სისხლის სამართლის პროცესის ძირითად დებულებებს. ნაშრომში ჩამოყალიბებულია დასკვნები და შემოთავაზებულია პრაქტიკული რეკომენდაციები. ლიტერატურულ მიმოხილვაში ჩამოყალიბებულია და დასაბუთებულია კვლევის ახალ პრინციპებზე გადასვლის აუცილებლობა. განმარტებულია, რომ სისტემური და პროგრამული უზრუნველყოფა, მეთოდოლოგია და

მეთოდოლოგია იძლევა კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მისთვის „უჩვეულო“ გარემოში ფუნქციონირების საშუალებას. კრიმინალისტიკური სისტემური მეთოდოლოგია გულისხმობს პრობლემათა და საკითხთა თანმიმდევრულ და ორგანულად შერწყმულ განლაგებას. იგულისხმება პირველადი მონაცემების შემცველი სისტემები, რომლებიც მიუთითებენ საკვლევი ობიექტის ბუნებაზე, მისი ქცევის წესებზე, გარემოს სივრცისა და სხვა ზემოქმედების ფაქტორებზე [10].

1.2. პრობლემის აქტუალობა

ფიზიკური ექსპერიმენტის მოდელირება, როგორც მათემატიკური კვლევის ობიექტი, რთული სისტემაა. იგი დამოკიდებულია საკვლევი ობიექტის სტრუქტურაზე და ურთიერთდამოკიდებულ ბევრ ფაქტორზე. კრიმინალისტიკური ინფორმაციის აქტუალობა განისაზღვრება იმ ინფორმაციით, რომელსაც გააჩნია დიდი ღირებულების ხარისხი კვლევის მომენტისათვის. თვით პრობლემის აქტუალობა განაპირობა პირველადი უტყუარი ინფორმაციის მოპოვების სირთულემ. პირველადი უტყუარი ინფორმაციის მოპოვება, ესაა მიზნობრივი ფუნქციაც და პრობლემის არსიც. მოდელირების დროს აუცილებელია თეორიულად დასაბუთდეს მოდელსა და ფიზიკურ მოვლენას შორის ანალოგია. ამ დასაბუთების გარეშე მოდელი კარგავს შემეცნებით მნიშვნელობას. მათემატიკურ მოდელირებაში დასაშვებია მოვლენის შეცვლა მისი მათემატიკური აღწერით. კვლევათა პროცესი შედგება ეტაპებისაგან:

- პრობლემის ზუსტი განსაზღვრა და კვლევის მიზნის დასმა;
- ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მეთოდოლოგიის შემუშავება;
- მეთოდოლოგიის საფუძველზე ინფორმაციის შეგროვება და მანქანური დამუშავება;
- ექსპერიმენტალური მონაცემების ანალიზი და დასკვნა;
- ძირითადი შედეგების – მანქანური დოკუმენტაციის წარდგენა მტკიცებულებათა სახით.

- უსაფრთხოების მართვის სისტემების ინტელექტუალური ტექნოლოგიების მეთოდოლოგიის შემუშავება;
- კრიტიკული სიტუაციების პროგნოზირების თვისებების განსაზღვრა;

ცხადია, რომ გამომძიებელი სუბიექტისათვის ჩადენილი დანაშაული არის ყოველთვის წარსული შემთხვევა. ამაშია სწორედ შემეცნების პროცესის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი თავისებურება, რომელსაც ადგილი აქვს დანაშაულის გამოაშკარავებისა და გამოძიების მსვლელობისას. დანაშაულის შემთხვევა უცილებლად ისახება გარე სამყაროზე მატერიალურ-ფიქსირებული კვალის სახით, ან ადამიანთა ცნობიერებაში წარმოსახვითი ფორმით. ეს ორივე შეიცავს ინფორმაციას დანაშაულის შესახებ, რომლის გამოაშკარავება, ანალიზი და შეფასება წარმოადგენს შემეცნებითი კვლევის მთავარ საკითხს.

კვლევათა სისტემა მრავალსაფეხუროვანია და მოიცავს: ინფორმაციის წყაროს გამოვლენას, გამოვლენილი ინფორმაციის დამაგრებას, მოპოვებული ინფორმაციის დეკოდირებას, დამატებითი ინფორმაციის შეკრებას, მოპოვებული ინფორმაციის შეფასებას, დამამტკიცებელი ინფორმაციის გამოყოფას და სხვ.

კრიმინალისტიკური ინფორმაციის აქტუალობა განისაზღვრება იმ ინფორმაციით, რომელსაც გააჩნია დიდი ღირებულების ინფორმაციული ხარისხი კვლევის მომენტისათვის. თვით ინფორმაცია ფართო გაგებით ცნებაა, რომელიც დაკავშირებულია ცნებების მიმოცვლასთან ადამიანებს შორის, სიგნალების მიმოცვლასთან ბუნების ცოცხალ და არაცოცხალ ობიექტებს შორის. ინფორმაციული პროცესების მოდელირება და ალგორითმიზაცია იწყება კვლევის მოდელის ჩამოყალიბებით და მისი რეალიზებით. მოდელი ესაა აზროვნების ნაყოფი, რომელიც ემყარება დაკვირვებისა და აღქმის პროცესების კანონზომიერებას. მათემატიკური მოდელირების ერთ-ერთ ძირითად ეტაპს წარმოადგენს საკვლევი ობიექტის მნიშვნელოვანი ნიშან-თვისების გამოყოფა და მიზნობრივ ფუნქციაზე უტყუარი ინფორმაციის მოპოვება.

1.2.1. სამუშაოს მიზანი

კრიმინალისტიკური ტექნიკის მრავალფეროვნება და თანამედროვე თაობის კომპიუტერების შესაძლებლობები განსაზღვრავს ინფორმაციის მოპოვებისა და მანქანური დამუშავების ახალ პრინციპებზე გადასვლის აუცილებლობას. სისტემური და პროგრამული უზრუნველყოფა, მეთოდოლოგია და მეთოდика იძლევა კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მისთვის „უჩვეულო“ გარემოში ფუნქციონირების საშუალებას. ასეთ მეთოდიკას წარმოადგენს ხელოვნური ინტელექტის მეთოდика, ხოლო გადასაწყვეტ ამოცანათა კლასს მიეკუთვნება:

- ფიზიკურ ექსპერიმენტთა კვლევის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა;
- საინფორმაციო ინფრასტრუქტურა და მანქანური დამუშავების თავისებურებების განსაზღვრა ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირებაში;
- საინფორმაციო ტექნოლოგიების ექსპერტული მართვის მოდელირების განსაზღვრა;
- პროგნოზირების ტექნოლოგია, საინჟინრო ტექნიკური ექსპერტიზის ძირითადი მიმართულებების განსაზღვრა;
- კრიმინალისტიკური ამოცანების გადაწყვეტის მათემატიკური უზრუნველყოფის მეთოდიკის შემუშავება;
- კრიმინალისტიკური ინფორმაციული პროცესების მანქანური დოკუმენტების სამართლებრივი რეგულირების კვლევა.

რაც შეეხება ნაშრომის ძირითად მიზანს იგი გამოხატულებას პოულობს სხვადასხვა მათემატიკური აპარატის გამოყენებაში და მის საფუძველზე კერძო მეთოდიკების შემუშავებაში.

1.2.2. სამუშაოს მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება

ნაშრომში ჩამოყალიბებულია როგორც საკვლევი ობიექტის დანაშაულებრივი გამოვლინების სირთულეების გამომწვევი მიზეზები, ასევე ექსპერტიზის თვალთაზრისით გადასაწყვეტი საკითხების კვლევის მეთოდიკაც.

მეთოდოლოგია განსაზღვრავს და აყალიბებს საკვლევი ობიექტის ანალიზის, დიაგნოსტიკისა და ექსპერტიზის ერთიან სისტემას დაფუძნებულს ტექნიკურ-პროგრამულ უზრუნველყოფაზე. თვით სამეცნიერო-საკვლევი ინფორმაცია არის ლოგიკური, რაც მიიღება შემეცნების პროცესში. იგი ადეკვატურად ასახავს ობიექტური რეალობის კანონზომიერებებს და გამოყენებას პოულობს პრაქტიკულ განსჯაში.

ახალი თვალთახედვითაა განხილული „ფორმალური“ და „არაფორმალური“ კომუნიკაციის პროცესები. აღნიშნულია, რომ კრიმინალისტიკური ინფორმაციის შესწავლისას წარმოიქმნება ტექნიკური, სემენტიკური და პრაგმატული ხასიათის პრობლემები.

შესწავლილია იმ წესებისა და პრინციპების დაცვის მექანიზმი, რაც აუცილებელია ექსპერტული კვლევისა და მიღებული დასკვნების კრიმინალისტიკური რეგისტრაციისათვის. ამოსავალ ფაქტორად გვევლინება უსაფრთხოების სამართლებრივი აქტები.

უსაფრთხოების სისტემები განიხილავს, არა მხოლოდ, კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და სატრანსპორტო-ტრასოლოგიური ექსპერტიზის საკითხებს, არამედ, ერთ სივრცეში განიხილება ადამიანზე ზემოქმედების ფიზიკურ-ქიმიური, ფსიქოლოგიური, ბოლოლოგიური, ნარკოტიკული თუ გენმოდულირებული ნაწარმის ზემოქმედების ფაქტორები და მის შედეგად ადამიანის ქცევის წესების პროგნოზირების განსაზღვრაც.

უსაფრთხოების მართვის სისტემებში დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება (მძღოლის, ოპერატორის) ერთი საგნიდან მეორეზე ყურადღების ან ერთდროულად რამდენიმე ობიექტის აღქმისა და წარმართვის შესაძლებლობის განსაზღვრას.

ფიზიკური საკვლევი ობიექტი განიხილება როგორც ორი ქვესისტემა: თვით ფიზიკური ობიექტი და გარემოს სივრცე. მათი უტყუარობა დასტურდება ექსპერიმენტით. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა ანალიზი ზუსტია მაშინ, როდესაც ის აღწერს საკვლევ ობიექტს არა მხოლოდ რაოდენობრივად და ხარისხობრივად, არამედ აღწერს ამ მოვლენის გამომწვევი მიზეზების

მკაცრ განსაზღვრასაც. ექსპერიმენტულად დადასტურებულია, რომ პროგნოზირების საწყის ინფორმაციას წარმოადგენს დეფექტების სახეებისა და მექანიზმების ერთობლიობა, რომლის საფუძველზედაც ანალიზდება მტყუნების ინტენსივობა. შესაბამისად ამისა, დეფექტების შესწავლა, მისი წარმოშობის მექანიზმის ანალიზი და დეფექტების შემცირების გზის განსაზღვრას ენიჭება უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა.

მიუხედავად იმისა, რომ შესაძლებელია გამოვამჟღავნოთ ამა თუ იმ მოვლენის კანონზომიერება და მოვახდინოთ მისი მათემატიკური აღწერა, ყოველი საკვლევო ობიექტი მაინც შეიცავს მნიშვნელოვნად უფრო მეტ არასისტემატიზირებულ ინტუიციურად არაფორმალიზებულ ინფორმაციას. სწორედ კვლევის პრიორიტეტულ მიმართულებას წარმოადგენს არაფორმალიზებული ინფორმაციის ალგორითმიზაცია და მანქანურ ენაზე დაყვანის შესაძლებლობის განსაზღვრა.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ მათემატიკური მეთოდების გამოყენებას, კერძოდ მის ენას, მივყავართ იქამდე, რომ ცნებები, რომლებიც გამოიყენება კრიმინალისტიკური კვლევების მსვლელობის და კვლევის შედეგების აღსაწერად იძენენ უფრო განსაზღვრულ ხასიათს – მისი დადასტურების ხარისხი იზრდება, ხოლო მსჯელობის სისტემური კავშირი უმჯობესდება.

1.2.3. სამუშაოს აპრობაცია

სადისერტაციო ნაშრომი დამუშავდა და აპრობაცია გაიარა სტუ-ს ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ფიზიკის დეპარტამენტში, სტუ-ს კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ექსპერტიზის სასწავლო-კვლევით ცენტრში. სამუშაოს ძირითადი შედეგები – სტუ-ს დოქტორის აკადემიური ხარისხის მიმნიჭებელი სადისერტაციო საბჭოს დებულების თანახმად, მოხსენებულ იყო:

- თემატურ სემინარებზე;
- საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე: International Cooperation for Sustainable Development through Science and Technology. N.A. Esiava.

"DETERMINATION OF PECULIARITIES OF INFORMATIONAL AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN CRIMINALISTIC EXAMINATION" ISTC. 19-20 April, 2011. Tbilisi. Georgia.

- საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე „ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები“, ნ. ესიავა და სხვ. „საინფორმაციო ინფრასტრუქტურა და მანქანური დამუშავების თავისებურებანის განსაზღვრა კრიმინალისტიკურ ექსპერტიზაში“ მოხს. კრ. სტუ, თბილისი, 2010.
- საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე „გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები“, ნ. ესიავა და სხვ. „არაფორმალიზირებული ინფორმაციის – ადამიანის ტიპოლოგიისა და ემოციური ქცევის“. სტუ, თბილისი, მაისი, 2011.
- საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე „გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები“. ნ. ესიავა და სხვ. „რელაქსაციური პროცესები მონოკრისტალურ გალიუმის ფოსფიდში“. სტუ, თბ., 30 მარტი, 2011.

თავი II. კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდები

2.1. კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მეთოდოლოგიის განსაზღვრა

წინასიტყვაობა: ნაშრომში ჩამოყალიბებულია როგორც საკვლევი ობიექტის დანაშაულებრივი გამოვლინების სირთულეების გამომწვევი მიზეზები, ასევე ექსპერტიზის თვალთაზრისით გადასაწყვეტი საკითხების კვლევის მეთოდიკაც. მეთოდოლოგია განსაზღვრავს და აყალიბებს საკვლევი ობიექტის ანალიზის, დიაგნოსტიკისა და ექსპერტიზის ერთიან სისტემას დაფუძნებულს ტექნიკურ-პროგრამულ უზრუნველყოფაზე. შესწავლილია იმ წესებისა და პრინციპების დაცვის მექანიზმი, რაც აუცილებელია ექსპერტული კვლევისა და მიღებული დასკვნების კრიმინალისტიკური რეგისტრაციისათვის [5].

კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიებით დანაშაულის გახსნის მეთოდიკის ამოცანაა შექმნას ისეთი ზოგადი და კონკრეტული სახის რეკომენდაციები, რომელთა სწორი გამოყენება ხელს შეუწყობს როგორც ყველა სახის დანაშაულის გახსნას, ისე ერთგვაროვან, ან ცალკეული კონკრეტული სახის დანაშაულის სწრაფ და სრულ გახსნას. იგი ემყარება საკვლევი ობიექტის აღწერის სტრატეგიას.

კვლევათა სისტემა ეყრდნობა ტექნიკურ ექსპერტიზაში არსებული ძირითადი ფიზიკურ-ტექნიკური მეთოდებისა და მათი სამართლებრივი უზრუნველყოფის საკითხების მიზნობრივ გამოყენებას. კერძოდ:

კვლევის დროს გამოიკვეთა ძირითადი მიმართულებები:

- საინფორმაციო ტექნოლოგიები – კრიმინალისტიკური ინფორმაციული პროცესების ალგორითმიზაცია და მანქანური დოკუმენტების სამართლებრივი რეგულირების კვლევა.
- საინფორმაციო ინფრასტრუქტურა და მანქანური დამუშავების თავისებურებების განსაზღვრა კრიმინალისტიკურ ექსპერტიზაში;

- საინჟინრო ტექნიკური ექსპერტიზა – ხელსაწყოთა საიმედოობა და მტყუნების ინტენსივობის ექსპერიმენტალური განსაზღვრის მეთოდოლოგიის შემუშავება;
- ავტოტექნიკური, ტრასოლოგიური ექსპერტიზა, როგორც მათემატიკური მოდელირების ობიექტი;
- არაფორმალიზებული – ბიოლოგიური ინფორმაციის გადაცემის მექანიზმისა და ადამიანის ემოციური ქცევის თავისებურების მანქანური მოდელირების განსაზღვრა;

ამოსავალ ფაქტორად გვევლინება უსაფრთხოების სამართლებრივი აქტები. კრიმინალისტიკურ ტექნოლოგიებს უწოდებენ მეთოდებს, რომლებიც ალგორითმებისა და მათემატიკური თეორემების საფუძველზე, პირველადი მონაცემებზე დაყრდნობით, უცნობი მახასიათებლებისა და პარამეტრების მნიშვნელობების განსაზღვრის შესაძლებლობას იძლევა. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების არსი მდგომარეობს იმ ნიშან-თვისებების გამოყოფა, რომელიც საკმარისია კონკრეტული ამოცანის გადასაწყვეტად. მოდელის ადექვატურობა განისაზღვრება საკვლევი ობიექტისთვისების ზუსტი აღწერით. მათემატიკური მოდელი იწყებს ფორმირებას იმ მომენტიდან, როდესაც დაფორმირდება აქსიომათა სისტემა, რომელიც აღწერს, არა მხოლოდ, საკვლევ ობიექტს, არამედ, იმ წესების ერთობლიობასაც, რომლებიც განსაზღვრავენ ოპერაციის ჩატარებას ამ ობიექტზე. ამ ურთულესი საკითხების გადაჭრა წარმოუდგენელია ფუნდამენტურ მეცნიერებათა უახლესი მიღწევების, თანამედროვე გამოთვლითი ტექნიკისა და ტექნოლოგიების გამოყენების გარეშე.

საკვლევი ობიექტების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირება ფართო ცნებაა, იგი არა მხოლოდ ამოცანების გადამწყვეტი ინსტრუმენტია, არამედ სამართლებრივი სტატუსის მქონე ექსპერტიზის მწყობრი სისტემაცაა.

ექსპერტული სისტემები, ესაა კვლევათა სისტემაში ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა, ვარიანტისა, რომელზედაც ფაქტიურად დამოკი-

დებულია კვლევის შედეგი – ფიზიკურ ექსპერიმენტთა ახალი ტექნოლოგიების პროგნოზირება.

კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ზოგადი ნაწილის საფუძველს შეადგენს „შერწყმის მეთოდოლოგია“ კრიმინალისტიკის – მათემატიკასთან, კრიმინალისტიკის – გამოყენებით ფიზიკასთან და მასთან დაკავშირებულ მეცნიერებებთან ურთიერთობის კანონზომიერების, ფორმირების და ზოგადი პრინციპების შესახებ.

საინჟინრო ტექნიკური ექსპერტიზა, ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირება, ინფორმაციის ანალიზის გრაფიკული და იმიტაციური მოდელირება – წარმოადგენს ერთ საკვლევ სივრცეს და ემყარება სისტემურ მეთოდებს. სისტემური მეთოდოლოგია გულისხმობს პრობლემათა და საკითხთა თანმიმდევრულ და ორგანიზებულად შერწყმულ განლაგებას.

უკანასკნელ პერიოდში საინჟინრო-ტექნიკური ექსპერტიზის პრობლემების გადაწყვეტაში ფართოდ იყენებენ ექსპერიმენტული ფიზიკის მეთოდების შესაძლებლობებს, რომლებიც საშუალებას იძლევა სათანადო სიზუსტით განხორციელდეს გარეშე ფაქტორების გავლენით მასალებისა და მათ ნაშაადებში მომხდარი ცვლილებების დიაგნოსტიკა. ასევე დადგინდეს მათი გამომწვევი მიზეზები. აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ დამნაშავეობის წინააღმდეგ ბრძოლის ეფექტურად წარმართვაში დიდ როლს ასრულებს სასამართლო პრაქტიკაში დანერგილი დიაგნოსტიკის მეცნიერული და ტექნიკური მეთოდოლოგიები.

კვლევათა სისტემა ეყრდნობა სასამართლო ტექნიკურ ექსპერტიზაში არსებულ ძირითად ფიზიკურ-ტექნიკურ მეთოდებსა და მათ სამართლებრივ უზრუნველყოფის საკითხების მიზნობრივ გამოყენებას, კერძოდ:

- მასალებისა და ნაკეთობების კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები;
- კრიმინალისტიკური კვლევის ტექნიკური საშუალებები;
- საკვლევ ობიექტების იდენტიფიკაციის ფიზიკურ-მათემატიკური მოდელირება;
- ავტოტექნიკური და ტრასოლოგიური ექსპერტიზა და სხვ.

კვლევათა ციკლი ითვალისწინებს პრობლემატურ საკითხთა ერთობლიობას:

- საინჟინრო-ტექნიკური, საინჟინრო-სატრანსპორტო ექსპერტიზის საფუძვლები და შესაძლებლობები; ექსპერტიზის ახალი სახეების მეთოდოლოგია, მათი პრაქტიკული მნიშვნელობის შეფასება და პრაქტიკაში დანერგვის მეთოდოლოგია;
- მატერიალური ობიექტების კვლევაში ტექნიკური საშუალებების გამოყენების მეთოდოლოგია.

საძიებო სამუშაოები მოიცავს ჯერ კიდევ შეუსწავლელი მოვლენების მეცნიერულ კვლევას. კვლევა ესაა დროში მიმდინარე პროცესი და იყოფა სტადიებად, ეტაპებად, საძიებო პროცედურებად და ოპერაციებად. პროგნოზირების სამართლიანობა დასტურდება ექსპერიმენტით. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირება არის ასახვა საკვლევო ობიექტის თვისებებისა, რომელიც აღწერილია მანქანურ ენაზე. ექსპერიმენტი (ცდა) ეწოდება პირობათა რაიმე კომპლექსის განხორციელებას, იგულისხმება რომ:

- ექსპერიმენტის ჩატარებამდე შესაძლებელია ყველა შესაძლო ურთიერთგამომრიცხავი შედეგის მითითება;
- ექსპერიმენტის ჩატარებამდე შეუძლებელია ყველა მისი შედეგის ცალსახად განსაზღვრა;
- შესაძლებელია ექსპერიმენტის მრავალჯერადი განმეორება.

ექსპერიმენტი აღიწერება მისი ურთიერთ გამომრიცხავი შედეგების სრული ჩამონათვლით. ამ შედეგებს ელემენტარული ცდომილებები – გადახრები ეწოდება. მათ ერთობლიობას ელემენტარულ გადახრათა სივრცე ეწოდება.

ფიზიკურ ექსპერიმენტთა პრაქტიკული რეალიზაციის საწყის პირობას წარმოადგენს განისაზღვროს პრაქტიკულად შეუძლებელი და პრაქტიკულად დამაჯერებლობის მოვლენა, ასევე იმ ფაქტორთა ერთობლიობის განსაზღვრა, რომელზედაც მკვეთრად და მოკიდებული ცდის შედეგები. ეს მოვლენა შეიძლება გადავჭრათ, თუ გამოვიყენებთ იმიტაციურ მოდელი-

რებას და მართვის ავტომატიზირებელ სისტემებს. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა კვლევის დეტალიზაცია განპირობებულია მათემატიკური მოდელისა და მისი გადაწყვეტის სირთულით. მოდელირების დროს აუცილებელია თეორიულად დასაბუთდეს მოდელსა და ფიზიკურ მოვლენას შორის ანალოგია. ამ დასაბუთების გარეშე მოდელი კარგავს შემეცნებით მნიშვნელობას.

2.2. კრიმინალისტიკური ამოცანების სახეები და მათი გადაწყვეტის თავისებურებანი

კრიმინალისტიკური ამოცანების სახეები და მათი გადაწყვეტის თავისებურებანი, ძირითადად კლასიფიცირდებიან სამი ნიშნით: ფუნქციონალური დანიშნულების მიხედვით, დასმული ამოცანის მიზნისა და გადაწყვეტილების დონით. ამოცანების ასეთი მეთოდით დაყოფა-კლასიფიცირება საშუალებას იძლევა ზუსტად განისაზღვროს, არა მხოლოდ, დასმული ამოცანის სპეციფიკა, არამედ, მეცნიერულად დასაბუთდეს იმ ტექნიკისა და მეთოდოლოგიების შერჩევის აუცილებლობა, რომლის გამოყენება წარმოადგენს დასმული ამოცანების გადაწყვეტის ოპტიმალურ ვარიანტს.

კრიმინალისტიკური ამოცანების კლასიფიკაცია ფუნქციონალური დანიშნულების მიხედვით შესაძლებელია დაიყოს სამ კლასად: საწარმოო, სამეცნიერო-საკვლევ და მართვის ორგანიზაციის კლასებად.

კლასიფიკაცია დასმული ამოცანის მიზნის დონით იყოფა ორ ქვეკლასად – საერთო და კერძო ამოცანების კლასად, ხოლო გადაწყვეტის დონე მოიცავს შუალედურ და საბოლოო გადაწყვეტის დონეს.

ექსპერტული სისტემა ეყრდნობა რა, თანამედროვე მეცნიერულ მიღწევებს, ეფუძნება ექსპერტი სპეციალისტის ურთიერთქმედებას ინფორმაციულ-ტექნიკურ ერთიან სისტემებთან. ექსპერტული სისტემა ღებულობს რა დირექტივებს დიალოგურ რეჟიმში, აღიქვამს და ახდენს ექსპერტ-სპეციალისტის მიერ დასმული ამოცანის ფორმალიზაციას, აყალიბებს ამოცანის

გადაწყვეტის ოპტიმალურ ვარიანტს და ამონახსნი შედეგების სახით გამოიცემა მომხმარებლისათვის სასურველ ფორმატში. ამასთანავე, ექსპერტული სისტემები უნდა ეყრდნობოდეს იურდიულ კანონმდებლობას და უნდა გასცეს პასუხი, არის თუ არა მანქანის მიერ დამუშავებული და გამოტანილი ინფორმაცია იურდიული დოკუმენტი?

კრიმინალისტიკური მეცნიერება შეიმუშავებს მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელ მეთოდებს, რომელსაც აქვს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა. ეს მეთოდები გამოიყენება: საექსპერტო გამოკვლევების დროს, ტექნიკური საშუალებების შემუშავებისას, ტაქტიკური ხერხების გამოყენებისას, ცალკეული დანაშაულის გამოძიების მეთოდის სრულყოფისათვის, აგრეთვე ოპერატიულ – სამძებრო საქმიანობაშიც.

აღსანიშნავია, რომ რთული ობიექტის დაყოფის მეთოდის გამოყენება იმ ამოცანების გადასაწყვეტად, სადაც, საწყისი და შუალედური მონაცემები შეიძლება დავყოთ ნაწილებად, ხოლო, საბოლოო გადაწყვეტილება მივიღოთ ნაწილობრივი გათვლების გამოყენების შედეგად. საკვლევო ობიექტისა და მისი ბუნების შემეცნებაში განსაკუთრებული როლი ენიჭება ხელოვნურ ინტელექტს.

მათემატიკური აღწერა ითხოვს კრიმინალისტიკური ობიექტის ან მოვლენის კანონზომიერების, არა მხოლოდ, ფიქსაციას ფორმულებითა და ლოგიკური გამოხატულებით, არამედ, ამ მოვლენის გამომწვევი მიზეზების მკაცრ განსაზღვრასაც. ლოგიკაში შემეცნების ფორმები იყოფა საერთო და კონკრეტულ, აბსტრაქტულ, შედარებით და არაშედარებით ფორმებთან. კრიმინალისტიკაში ზოგჯერ მსჯელობა არ ითხოვს განვითარებას და დამტკიცებას. ლოგიკის კანონი გამოიხატება ინფორმაციის შენახვის პრინციპში. ლოგიკური გარდაქმნების პროცესში ინფორმაცია არც მცირდება და არც იზრდება, იგი მხოლოდ შინაარსობრივად გარდაიქმნება. ყოველი მოდელი გვაძლევს საშუალებას ვიმსჯელოთ ობიექტზე, რომელიც ამ მოდელის მიერაა აღწერილი. გაანალიზდება ის ცნობები, რომელიც ინფორმაციის მატარებელია. განიხილება აზრობრივი კავშირი ინფორმაციის

კოდებს შორის. ესაა ცოდნა ამ ობიექტის შესახებ. მოდელის აღწერა დაიყვანება მანქანურ ენაზე.

კრიმინალისტიკური ამოცანების კვლევის საფუძველს წარმოადგენს საკვლევი ობიექტების განმასხვავებელი ნიშანთვისებების ფიქსირება, ანალიზი და შეფასება.

2.2.1. კრიმინალისტიკური ობიექტების სპეციფიკა და მათი კვლევის თავისებურებანი

კრიმინალისტიკური ობიექტების სპეციფიკა და მათი კვლევის ამოცანების თავისებურებანი ითხოვს სპეციფიკურ, მიზნობრივად ასეთი კვლევისათვის დამუშავებული მეთოდებისა და კერძო მეთოდის შექმნას.

დღეისათვის ადამიანი სულ უფრო შორდება ობიექტის მართვას და სამუშაოს ასრულებს დისტანციურად. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ სულ უფრო მუშაობს არა უშუალოდ ობიექტთან, არამედ მის ინფორმაციულ მოდელთან.

კრიმინალისტიკური კიბერნეტიკის ძირითადი კონცეფცია მდგომარეობს მასში, რომ პირველ ეტაპზე გამოყენებული იქნას მეცნიერების სხვა დარგების გამოცდილება, რათა შემუშავებული იქნას შესაბამისი რეკომენდაციები ადამიანის, ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფაქტორის გათვალისწინებით, ექსპერიმენტებზე დაყრდნობით. ამასთან დაკავშირებით კრიმინალისტიკური კვლევის ობიექტად წარმოჩინდება საინჟინრო ფსიქოლოგიის საკითხები. საინჟინრო ფსიქოლოგია არის მეცნიერული დისციპლინა, რომელიც პრაქტიკაში გამოყენების მიზნით სწავლობს ადამიანისა და ტექნიკის ურთიერთმოქმედების ობიექტურ კანონზომიერებებს [25].

სისხლის სამართლის პროცესი განსაზღვრავს და ადგენს გამოძიებისა და სასამართლოში სისხლის სამართლის საქმეთა განხილვის პროცესუალურ წესს, კრიმინალისტიკა კი ადგენს და განსაზღვრავს იმ კანონზომიერებებს, რაც დაკავშირებულია სამართალწარმოებაში ტექნიკური საშუალებების, ტაქტიკური ხერხებისა და მეთოდების შემუშავებასა და გამოყენებასთან, ასევე, განსაზღვრავს მანქანური დოკუმენტების სამართლე-

ბრივ სტატუსს. კრიმინალისტიკური კვლევა მოიცავს, არა მხოლოდ სასამართლო მტკიცებულებათა კვლევას, არამედ, კრიმინალისტიკური ინფორმაციის წარმოშობის კანონზომიერებასაც. თვით საძიებო სამუშაოები მოიცავს ჯერ კიდევ შეუსწავლელი მოვლენების მეცნიერულ კვლევას. როგორც წესი, მონაცემები საკვლევო ობიექტის შესახებ წინასწარ გაურკვეველია და თვით მონაცემების მოპოვების წესებიც კვლევის პროცესში ხდება ცნობილი. ესაა დროში მიმდინარე პროცესი და იყოფა სტადიებად, ეტაპებად, საძიებო პროცედურებად და ოპერაციებად, ესენია:

- კრიმინალისტიკური ტექნიკის საშუალებით მოპოვებული ინფორმაციის მტკიცებულებათა სამართლებრივი სტატუსის განსაზღვრა;
- კრიმინალისტიკური ინფორმაციის მანქანური დამუშავების სამართლებრივი აქტის განსაზღვრა;
- ინფორმაციულ ურთიერთობას, მანქანური დოკუმენტების სამართლებრივ რეგულირება;
- ძიების ოქმების და სხვა დოკუმენტების, მოპოვებულნი კრიმინალისტიკური ტექნიკითა და ტექნოლოგიებით, მათი მტკიცებულებათა ფორმით გამოყენების განსაზღვრა.

თეორიული კვლევებისა და პრაქტიკული ანალიზის საფუძველზე ჩამოყალიბდა ახალი თეორია – კრიმინალისტიკური კიბერნეტიკა – ინფორმაციული პროცესებისა და სისტემების მათემატიზაცია და ავტომატიზაცია კრიმინალისტიკაში, რომლის სტრუქტურაშიც შეიძლება გამოვყოთ მისი თეორიული (ზოგადი) და გამოყენებითი (სპეციალური) ნაწილები.

კრიმინალისტიკური კიბერნეტიკის ზოგადი ნაწილის საფუძველს შეადგენს „შერწყმის სწავლება“: კრიმინალისტიკის მათემატიკასთან, კრიმინალისტიკის კიბერნეტიკასთან და მასთან დაკავშირებულ მეცნიერებებთან ურთიერთობის კანონზომიერების, ფორმირების და ზოგადი პრინციპების შესახებ, სწავლება კრიმინალისტიკური ინფორმაციის და ინფორმაციული პროცესების შესახებ, როგორც მათემატიზაციისა და ავტომატიზაციის უშუალო ობიექტის შესახებ. ასევე, იმ ავტომატიზირებული ინფორმა-

ციული სისტემების შესახებ, რომლებიც მოიძიება დანაშაულის მოძიებისა და გახსნის მსვლელობის დროს. აქვე, ბუნებრივია აღინიშნოს საკითხი საგნის შესახებ, კრიმინალისტიკური კიბერნეტიკის მეთოდებისა და ამოცანების შესახებ, სისხლის დანაშაულის სამართალწარმოების სხვადასხვა ეტაპზე მიღებული მონაცემების გამოყენების თავისებურებისა და მანქანური დოკუმენტების სამართლებრივი მტიცებულებების სტატუსის შესახებ.

კრიმინალისტიკური კიბერნეტიკის გამოყენებითი, ანუ სპეციალური ნაწილის თანამედროვე სტრუქტურას შეადგენს კონკრეტული კრიმინალისტიკური ამოცანების ამოხსნის მეთოდები მისადაგებული კრიმინალისტიკურ ტრადიციულ განყოფილებასთან – კრიმინალისტიკურ ტექნიკასთან, საგამომიებო ტაქტიკასთან და დანაშაულის გამოძიების მეთოდკასთან მისი კრიმინალისტიკური ხასიათის გათვალისწინებით. ფორმალური ლოგიკის წესების საფუძველზე ჩვენ შეგვიძლია ავაგოთ ერთი მხრივ დამოკიდებულება კრიმინალისტიკურ კიბერნეტიკასა და კრიმინალისტიკურ სტრუქტურულ ელემენტებს შორის და მეორეს მხრივ დამოკიდებულება კრიმინალისტიკასა და სამართლებრივ კიბერნეტიკას შორის [18].

კრიმინალისტიკის ცნებაში, მისი მათემატიკასა და კიბერნეტიკასთან ურთიერთობის დროს, არ შეიძლება არ მოხდეს ამ უკანასკნელის ენის ელემენტების ასიმილირება. მას მიეკუთვნებიან მათემატიკური ცნებები, რიცხვები და მათზე მოქმედებები, ამ მოქმედებათა სიმბოლური აღნიშვნები, შეკუმშული ინფორმაციები, კოდირების არსი, გრაფიკული აგებები და სხვ.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ მათემატიკური მეთოდების გამოყენებას, კერძოდ მის ენას, მივყავართ იქამდე, რომ ცნებები, რომლებიც გამოიყენება კრიმინალისტიკური კვლევების მსვლელობის და კვლევის შედეგების აღსაწერად იძენენ უფრო განსაზღვრულ ხასიათს – მისი დადასტურების ხარისხი იზრდება, ხოლო მსჯელობის სისტემური კავშირი უმჯობესდება. კრიმინალისტიკური ინფორმაციული სტრუქტურა ითვალისწინებს დამატებით ინფორმაციას, რომელიც აზუსტებს, აკონკრეტებს ჩვენების –

ტექსტის ცნებებს, დუბლირებას ანუ განმეორებითი ინფორმაციის ენობრივი საშუალებების უზრუნველყოფას ჩვენების – ტექსტის ბმულობას, მის აზრობრივ განვითარებას – იგივეობას და ა.შ. კვლევათა ციკლი მოიცავს გარკვეულ მოტივებს, მიზნებს, პროგნოზირებას, დაგეგმვას, ექსპერიმენტს, დიაგნოსტიკას, შედეგების ანალიზსა და დასკვნას.

2.3. კვლევის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა

კვლევის სტრატეგიის არჩევა გარკვეულწილად ყოველთვის რისკთანაა დაკავშირებული. მართვის ეფექტიანობას განსაზღვრავს კრიტერიუმების შერჩევის მექანიზმის ოპტიმალობა. შერჩევის კრიტერიუმები არ უნდა იყოს ძალზე ბევრი, რათა არ გამწვანდეს თვით შერჩევის პროცესი. ძირითადად მთავარ კრიტერიუმებად ითვლება: გამოცდილება, პროფესიონალიზმი, საქმიანი თვისებები, პიროვნული – ფსიქიკური და ფიზიკური მახასიათებლები და პოტენციური შესაძლებლობები.

მეთოდოლოგიის შემუშავებისას განსაზღვრული იქნება კვლევისათვის სტრუქტურული ქვეგანყოფილების ძირითადი ამოცანები, სტრატეგიული მიზნები, კვლევის იერარქიული მართვისა და ურთიერთკავშირის მოდელი. ხოლო კვლევის პროცესის თავისებურებების განსაზღვრა ემყარება სამუშაოს აღწერის სტრატეგიას.

მისი ანალიზი შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი ალგორითმით:

- რას წარმოადგენს მთლიანობაში დასმული ამოცანა? ან რა, სად, როდის, როგორ და რატომ კეთდება ეს სამუშაო. ვინ არიან შემსრულებლები და მათი უფლება მოვალეობანი.
- რა უფლებამოსილებაა საჭირო გადაწყვეტილებათა მისაღებად და ეფექტიანი საქმიანობისათვის; აუცილებელია თუ არა მოწვევა ექსპერტის, სპეციალისტებთან საკითხების გარკვევა და ა.შ.
- რით გამოიხატება კვლევის სპეციფიკური ნიშანთვისებები (ინდივიდუალური, საერთო, გუნდური, ოპერატიული, სტრატეგიული, ტექნიკური და სხვ.)

- იერარქიული პასუხისმგებლობა;
- ურთიერთობის ფორმების განსაზღვრა კვლევათა ციკლის დროს;
- ვის ევალება ამ სამუშაოს შესრულებისას შიდა და სხვა სახის კონტროლი;
- პროფესიის ფსიქოგრამა (მკვლევარისა და ექვმიტანილის).

ამ ნაწილში უნდა აისახოს ის ფსიქოლოგიური მახასიათებლები და მოთხოვნები, რომელიც აუცილებელია დასმული ამოცანის – კვლევის წარმატებით შესასრულებლად. ასეთები შეიძლება იყოს: დრო, მართვის უნარი, სამუშაოს დამაბულობისა და დინამიკურობის მაჩვენებლები, ზეწოლის ფაქტორი, კვლევის სიზუსტის, სირთულის, დაკითხვის ტემპის მახასიათებელი, კონცენტრირებისა და სწრაფად აზროვნების უნარი, მოპოვებული ინფორმაციის აუცილებელი მოცულობა.

რასაკვირველია, ყოველი კონკრეტულ შემთხვევაში ფსიქოლოგიური მახასიათებლიდან უნდა შეირჩეს მთავარი პრიოტიტეტული მაჩვენებლები. ეს იქნება დაკვირვების, გამოკითხვის, ანკეტირების, დოკუმენტაციის ანალიზის საფუძველზე, რაშიც გადამწყვეტ როლს თამაშობს გამომძიებელი.

2.3.1. კრიმინალისტიკური მეთოდის პრინციპები

კრიმინალისტიკური მეთოდის პრინციპები იყოფა სამ ჯგუფად: ზოგად, კერძო და სპეციალურ პრინციპებად.

ზოგად პრინციპებს მიეკუთვნება:

- ცალკეული სახის დანაშაულთა გამომძიების მეთოდულ კანონიერების დაცვა;
- თეორიისა და პრაქტიკის ერთიანობა;
- ცალკეული სახისა და ჯგუფის მიერ ჩადენილ დანაშაულთა გამომძიების მეთოდის მთლიანობა.

კერძო პრინციპებს მიეკუთვნება:

- მეცნიერულობა;
- რაციონალურობა;

- ცალკეული სახისა და ჯგუფის დანაშაულთა გამოძიების მეთოდის სტრუქტურა;
- ამ სტრუქტურის გეგმიური საფუძველი, ეტაპურობა, სიტუაციაში გარკვევა, მრავალფეროვნება და კონკრეტულობა.

სპეციფიკურს მიეკუთვნება ყველა ის თვისება, რომელიც დამახასიათებელია ცალკეული სახისა და ჯგუფის დანაშაულთა გამოძიების მეთოდის საწყისი ეტაპისათვის.

დანაშაულის გამოძიებისა და გახსნის მეთოდის პრინციპებად მიჩნეულია:

- გამოსადიებელი საქმის გარემოებათა ყოველმხრივი, ობიექტური და სრული გამოკვლევის პრინციპი;
- გამოსადიებელ საქმეზე არსებული მონაცემების საფუძველზე ლოგიკური აზროვნების განვითარების გამოყენების პრინციპი;
- მომხდარ დანაშაულებრივ ფაქტზე მიღებული ცნობების საფუძველზე წინასწარი გამოძიების სავალდებულო წარმოების პრინციპი;
- გამოძიების პროცესში მონაწილე პირთა კანონიერი უფლებების უმკაცრესი დაცვის პრინციპი;
- გამოძიების მონაცემების გახმაურების დაუშვებლობის პრინციპი;
- კანონიერების დაცვით და კრიმინალისტიკური მეცნიერებით რეკომენდებული ხერხებითა და მეთოდებით მტკიცებულებათა მოპოვებისა და შინაგანი რწმენით მათი შეფასების პრინციპი;
- წინასწარი გამოძიების პროცესში უდანაშაულობის პრეზუმფციის პრინციპი;
- კრიმინალისტიკური თეორიისა და საგამომიებო პრაქტიკის განზოგადების პრინციპი და სხვ.

ზემოაღნიშნულ პრინციპებს დანაშაულთა გამოძიებისა და გახსნის მეთოდის კარგად უხამებს კრიმინალისტიკური მეცნიერების მიერ შემუშავებულ კვლევის მეთოდებს, როგორცაა:

- კრიმინალისტიკური იდენტიფიკაციის კვლევის მეთოდი;

- გამოძიების პროცესში ქიმიური, ფიზიკური, ბიოლოგიური, კიბერ-ნეტიკული მეთოდები;
- მათემატიკური და სხვა ტექნიკური თუ ჰუმანიტარული დარგის მეცნიერების მიღწევების შემოქმედებითად გამოყენების კვლევის მეთოდები მტკიცებულებათა აღმოჩენის, ფიქსაციისა და გამოკვლევითაა;
- საგამოძიებო ვერსიების აგება-შემოწმებისა და გამოძიების დაგეგმვის მეთოდი და სხვ. [36; 38].

2.3.2. კრიმინალისტიკური იდენტიფიკაციის კვლევის მეთოდიკა – ცნებები საგნების შესახებ

სამეცნიერო ინფორმაცია არის ლოგიკური ინფორმაცია, რომელიც მიიღება შემეცნების სფეროში. იგი ადექვატურად ასახავს ობიექტური რეალობის კანონზომიერებებს. ცნებები წარმოიქმნებიან ერთი რიგი საგნების, ანდა უკეთ რომ ვთქვათ, მათ წარმოდგენათა შედარებით სხვა წარმოდგენასთან. წარმოდგენათა ურთიერშედარებისას ვპოულობთ ორ მიმართებას: იგივეობის მიმართებას და მეორე, მიზეზისა და შედეგის მიმართებას (დასკვნა: იგივეობა ან არაიგივეობა).

განსჯა აანალიზებს წარმოდგენას რაიმე საგანზე და მიდის დასკვნამდე, რომ ყველაფერი, რაც გამოითქმება წარმოდგენაზე, თავად წარმოდგენის ტოლია (ინფორმაციის გაზომვის არსი). ამიტომ ყველაფერი წარმოთქმული საგანზე იგივეობრივი მსჯელობაა. იგივეობრივ მსჯელობათაგან კი აქსიომები ის მსჯელობებია, რომელთა იგივეობა აშკარაა საწყის მომენტიდან, ხოლო, როცა განსჯა ორი წარმოდგენის შედარებას შენიშნავს, რომ ერთი მათგანი მხოლოდ მეორის შედეგად წარმოიშობა და მათ შორის ისეთი კავშირია, რომლის ძალითაც ერთი გარდაუვლად იწვევს მეორეს, მაშინ მიმართება, მათ შორის მიზეზ-შედეგობრივია. ცნებების მიმართება ექვემდებარება მათემატიკურ მოდელირებას. მას ეყრდნობა კანონთმცოდნეობა, ზნეობრივი ფილოსოფია და სხვ.

ამრიგად, ინტელექტუალური მართვის თეორია შეიძლება განვიხილოთ, როგორც გადაწყვეტილებისა და მართვის სწორი მიმდევრობის განსაზღვრის მათემატიკური ამოცანა იმ სისტემისათვის, რომელიც სიზუსტის შემცირებით ინტელექტუალურობის ამაღლების პრინციპის მიხედვითაა სტრუქტურირებული. სისტემის ფუნქციონირების პროცესში ობიექტის ქცევის ხასიათი სახეების კლასიფიკატორით ფიქსირდება.

ექსპერტული მართვა ორ დიდ პრობლემურ სფეროს მოიცავს:

- პირველი, ობიექტის შესახებ ცოდნის იმ მოცულობის განსაზღვრაა, რომელიც ობიექტზე დაკვირვებების ჩასატარებლად აუცილებელია. პრობლემა ამ ცოდნის მიღების ტექნოლოგია;
- მეორე სფერო, ცოდნის წარმოდგენისა და გამოყენების საშუალებებს მოიცავს.

ექსპერტული მართვის სისტემა, გამოკითხვის შემდეგ სხვადასხვა ექსპერიმენტს ატარებს, რომლებიც ობიექტის დინამიკაზე იძლევიან ინფორმაციას. საჭიროების შემთხვევაში ცვლილებები შეაქვს მართვის მოდელში. ექსპერტული სისტემები ერთვებიან უკუკავშირების მართვის რეჟიმზე და ნებისმიერი შეშფოთებები გადაიცემა ერთიან მართვის ბლოკში სამეცნიერო ინფორმაციის სახით. სამეცნიერო ინფორმაციის მოპოვების, გადაცემისა და მიღების პროცესების ერთობლიობა შეადგენს სამეცნიერო კომუნიკაციას. კრიმინალისტიკაში განარჩევენ „ფორმალურ“ და „არაფორმალურ“ კომუნიკაციურ პროცესებს. მათემატიკური მეთოდების გამოყენების სიძნელე მდგომარეობს იმაში, რომ ძნელია ზოგიერთი კრიმინოლოგიური სიდიდეების ნორმირება, ფორმალიზება, თუმცა შესაძლებელია მისცე უპირატესობა ერთ მოქმედებას მეორის მიმართ და ეს უპირატესობა გამოხატო ციფრებით. თუ განხორციელდება ასეთი ოდენობითი შედარებები, ეს მოვლენა უკვე შეიძლება გახდეს გასაღები არანორმირებადი სიდიდეების ნორმირებისა და მაშასადამე, არაფორმალიზებული ფუნქციების ფორმალიზების განხორციელებისათვის.

ამავე მიზნით სრულყოფილად უნდა იქნეს გამოყენებული ლოგიკური აზროვნებისა და კვლევის შემეცნების ისეთი მძლავრი მეთოდები, როგორცაა, ინდუქციური და დედუქციური კვლევის მეთოდები; ანალოგია და სინთეზი; საგამოძიებო ვერსიების აგებისა და შემოწმების ჰიპოთეზური კვლევის მეთოდები; საექსპერტო და იმიტაციური კვლევის მეთოდები და სხვ. მთელი რიგი სამეცნიერო ტექნიკური საშუალებები, ხერხები და მეთოდები. მომხდარი დანაშაულის შემთხვევის მთლიანი მექანიზმის შემეცნების და ჭეშმარიტების დადგენის ერთ-ერთი საუკეთესო საშუალებაა გამოძიების საწყის ეტაპზე უტყუარი პირველადი ინფორმაციის მოპოვება, რომლის საფუძველზედაც უნდა მოხდეს საგამოძიებო ვერსიების სწორი, დასაბუთებული აგება და შემოწმება. ე.ი. გამოსადიებელი შემთხვევის ასახსნელად და იმის გასარკვევად, თუ რა გარემოებასთან გვაქვს საქმე, უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა მოპოვებული პირველადი მონაცემების საფუძველზე ავაგოთ და შევამოწმოთ ზოგადი სახის საგამოძიებო ვერსიები და შემდეგ საჭიროა გადავიდეთ კერძო და დეტალური საგამოძიებო ვერსიების აგებასა და შემოწმებაზე. კვლევათა ციკლი ემყარება ლოგიკური აზროვნების კანონების, მიღებული შედეგების ანალიზსა და სინთეზს, კრიმინალისტიკურ მეცნიერებაში შემუშავებულ სამეცნიერო-ტექნიკური საშუალებების, ტაქტიკური ხერხებისა და მეთოდების გამოყენებას.

2.3.3. დანაშაულის ჩადენის ხერხების ცნება და მისი

მექანიზმის დადგენის მეთოდოლოგია

დანაშაულის ჩადენის ხერხების შესწავლას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება მისი გახსნის საქმეში. დანაშაულის გახსნის მეთოდოლოგიის თვალსაზრისით, დანაშაულის ჩადენის ხერხების ცნება უფრო ფართოა და იგი მოიცავს აგრეთვე დამნაშავის მიერ დანაშაულის მომზადების, მისი ჩადენისა და დაფარვისათვის მიღებულ ღონისძიებათა მთელ კომპლექსს, დანაშაულის ჩადენისა და დანაშაულის კვალის დაფარვის მთლიან მექანიზმს.

დანაშაულის ჩადენის ხერხების არსი, მისი კრიმინალისტიკური გაგება არის დანაშაულების კრიმინალისტიკური დახასიათების ერთ-ერთი მთავარი ქვაკუთხედი. განზრახვით დანაშაულის ჩადენის მექანიზმის კომპლექსურ ღონისძიებაში იგულისხმება არა მარტო დამნაშავის მიერ თავისი დანაშაულებრივი მიზნის განხორციელებისათვის საჭირო ამა თუ იმ ფიზიკური მოქმედების შესრულება, ან შეუსრულებლობა, არამედ, მისი პროფესიული ცოდნა და ის ტექნიკური საშუალებებიც, რომლებსაც იგი იყენებს დანაშაულის კვალის დაფარვისათვის. დანაშაულებრივი განზრახვის სისრულეში მოსაყვანად დამნაშავე წინასწარ ქმნის არა მარტო დანაშაულის ჩადენის მოდელს, არამედ ქმნის და ამუშავებს მისი დაფარვის ხერხებსაც.

ყველა სახის დანაშაული დამნაშავე პირის სუბიექტური თვისებებისა და დანაშაულის ჩადენის მთლიანი მექანიზმის გათვალისწინებით შეიძლება დავყოთ შემდეგ ჯგუფებად:

- დანაშაული, რომლის ჩადენა შესაძლებელია ზეპირსიტყვიერებით ან წერილობით (მუქარა, ცილისწამება, გამოძალვა, ცრუ დასმენა, პიროვნების წაქეზება დანაშაულისაკენ და ა.შ.);
- დანაშაული, რომლის ჩადენა შეიძლება მოხდეს დამნაშავის მიმიკით, ქესტიკულაციით;
- დანაშაული, რომლის ჩადენა ხდება დაზარალებულის უმწეო მდგომარეობის გამოყენებით, მისი მოტყუებით ან ნდობის ბოროტად გამოყენებით;
- დანაშაული, რომლის ჩადენა შესაძლებელია პირის აქტიური მოქმედებით ფიზიკური ან ფსიქიკური ზემოქმედების გარეშე;
- დანაშაული, რომლის ჩადენა შესაძლებელია მოხდეს პირის უმოქმედობით;
- დანაშაული, რომლის ჩადენა ხდება პირის ფიზიკური ან ფსიქიკური ზემოქმედებით.

ამრიგად, დანაშაულის ჩადენის ხერხების გამოკვლევა და მისი მთლიანი მექანიზმის დადგენა დანაშაულების გახსნის მეთოდის ერთ-ერთი მთავარი საკითხია.

2.4. საინჟინრო ექსპერიმენტთა მეთოდოლოგია.

რთული ობიექტის კვლევის ავტომატიზაციის პროცესის მეთოდოლოგია

საინჟინრო ექსპერიმენტთა მეთოდოლოგია წარმოადგენს დროის მიხედვით რეგულირებადი სამუშაო სტადიების და ეტაპების ერთობლიობას, რომელთა შესრულება ამ პირობებით საკმარისია მთელი სისტემისთვის.

რთული ობიექტის კვლევის ავტომატიზაციის მეთოდის ინჟინერულ პრაქტიკაში დანერგვა იძლევა დამუშავებული აპარატურის ტრადიციული პროექტირებიდან მის მოდელირებამდე გადასვლის საშუალებას.

კვლევის ავტომატიზირებული სისტემების მეთოდური უზრუნველყოფა ამზადებს დოკუმენტაციას, რომელშიც განისაზღვრება ავტომატიზაციის შერჩევისა და გამოყენების წესები. მეთოდოლოგიური, ლინგვისტიკური, ტექნიკური უზრუნველყოფის ერთობლიობა განსაზღვრავს და აღწერს სისტემის გამოყენების შესაძლებლობებს და წესებს.

კვლევის სისტემები აღიწერება მეთოდოლოგიური სქემებით და შესდგება პროცედურების თანმიმდევრობით. მეთოდოლოგიური სქემები განსაზღვრავს ალტერნატიული პროცედურების განვითარებას კვლევის დროს. თვით კვლევის (ძიების) პროცესი რთული სისტემაა და ყოველი ეტაპი განსხვავდება ერთმანეთისაგან სტრუქტურულად და საჭიროებს სპეციალურ მიდგომას.

საძიებო პროცესების კვლევის ავტომატიზაცია განიხილება როგორც მათემატიკური მოდელების იერარქია. ყოველი დონე განიხილება როგორც „ელემენტა“ და „სისტემა“ დონე. K დონის სისტემა $K+1$ დონეზე განიხილება როგორც ელემენტა დონე.

ბლოკის მთლიანი მოდელი შედგება ელემენტების მოდელებისაგან. ბლოკის ელემენტთა კავშირი ხასიათდება ფიზიკური ცვლადებით V_i ; Z_j ან U_k . სადაც: V_i მიეკუთვნება მოცემული ბლოკის ელემენტების შიგა კავშირს; Z_j და U_k . მიეკუთვნება ბლოკის გამოსავალ და შემავალ სიდიდეებს. A ბლოკის ელემენტთა მოდელი წარმოადგენს განტოლებებს, რომელიც აკავშირებს შემავალ და გამომავალ სიდიდეებს.

ბლოკის მთლიანი მოდელი აღიწერება განტოლებათა სისტემით:

$$F(V, U)=0; \quad Z=Y(V, U)$$

სადაც: V , Z და U არის შიდა, გამოსავალი და შემავალი ფაზური ცვლადების ვექტორები. როდესაც საკვლევ ობიექტში შემავალი ელემენტთა რაოდენობა ბევრია, ვექტორის სიდიდე დიდია და საჭიროებს გამარტივებას.

მოდელის ზედა დონეზე განხილვის დროს წინა მოდელი განიხილება შიდა (V) ცვლადების გარეშე და მიღებული მოდელის განტოლება ლებულს სახეს $F(Z, U)=0$: იგი – მაკრომოდელი არ აღწერს პროცესებს ბლოკის შიგნით, არამედ განსაზღვრავს მოცემული ბლოკის ურთიერთკავშირს სხვა ბლოკებთან. მოდელი (1) და მოდელი (2) წარმოგვიდგება როგორც მთლიანი მოდელისა და მაკრომოდელის ურთიერთკავშირის დონეზე.

მოდელი ითვლება ადექვატურად თუ დასაშვები სიზუსტით ასახავს ობიექტის მოცემულ თვისებებს. სიზუსტე განისაზღვრება როგორც მოდელისა და ობიექტების მნიშვნელობათა თანხვედრის ხარისხი:

$$\varepsilon_j = (\tilde{y}_j - y_j) \setminus y_j \quad (3)$$

\tilde{y}_j არის მოდელის j -ური გამოსავალი პარამეტრი გათვლილი მოდელის დახმარებით, ხოლო y_j - იგივე პარამეტრი, რომელიც ძვეს საკვლევ ობიექტში. მოდელის მთლიანი ცდომილება განისაზღვრება მოდელთა ცდომილებათა ჯამით.

მოდელების სიზუსტე სხვადასხვა პირობებში სხვადასხვაა, ვინაიდან მასზე მოქმედებს გარე ძალები (პარამეტრები).

კვლევათა პროცესის გადაწყვეტა – შუალედური ან საბოლოო აღწერა ობიექტისა, რომლის ინფორმაციული დოკუმენტაცია საკმარისია ამ ობიექტის ნიშან-თვისების სრული აღწერისათვის.

საკვლევი პროცედურები – იტერაციული პროცესი მოდელებზე მოქმედი ოპერაციების სიმრავლე შედგება საძიებო პროცედურების ერთობლიობისაგან; საძიებო ოპერაციის მოქმედების, ერთობლიობის ფორმალიზაცია, რომლის შესრულებით მთავრდება საძიებო გადაწყვეტილებები.

სადიებო ოპერაციები – სადიებო პროცესების ნაწილის შესრულების ფორმალიზაცია.

დიალოგური პროცესი – გადასვლა ერთი სადიებო გარემოდან მეორეში, რომელსაც ასრულებს აპარატულ-პროგრამული ერთობლიობა.

საკვლევი (საპროექტო) გადაწყვეტა მოიცავს ფუნქციონალურად დაკავშირებულ საკვლევ პროცედურებს. საკვლევი პროცედურები გამოიხატება:

$$P=(P1 P2 Pn)$$

მოდელების სიმრავლე გამოიხატება:

$$M=(M1, M2Mn)$$

მოდელებზე მოქმედი ოპერაციების სიმრავლე გამოიხატება:

$$O=(O1, O2..... On)$$

კრიტერიუმების, შეზღუდვების და საკვლევი პირობების სიმრავლე გამოიხატება:

$$K=(K1, K2..... Kn)$$

მოდელების სიმრავლე მოიცავს:

M1 – (ობიექტის) პირველადი აღწერის მოდელი;

M2 – კერძო სადიებო გადაწყვეტის მოდელი;

M3 – მართვის სისტემის აღწერის (ალგებრული, სიტყვიერი, გრაფიკული) მოდელი;

M4 – პროგრამული, ლინგვისტიკური, მანქანური, ენობრივი მოდელები;

M5 – ალგორითმული მოდელი;

M6 – იმიტაციური მოდელი;

Ms – პროგრამული და ტექნიკური მოდელირება;

Mn – კრიმინალისტიკური ინფორმაციის მიღების ცვლილებების დასაშვები არე.

ამგვარად, კვლევათა სისტემა ციკლური პროცესია და მოიცავს მოდელთა ერთობლიობას. ამ მოდელთა საფუძველს წარმოადგენს ქვეპროექტი და მისი შაბლონი. ქვეპროექტის შაბლონს წარმოადგენს კითხვების ერთობლიობა, რომელიც ითხოვს პასუხს ობიექტის კვლევათა ამ ეტაპზე.

ქვეპროექტი გამოსახავს პასუხთა ერთობლიობას დასმულ ამოცანაზე – ესაა საკვლევი ობიექტის ზოგიერთი კერძო ამონახსნი.

$$M < M_{j+1}; \quad O < O_{j+1}; \quad K < K_{j+1}; \quad (4)$$

ამავე დროს M_{j+1} სიმრავლემ უნდა გაანალიზოს და გამოიყენოს M_j დონეზე მიღებული კვლევათა პროცესების შედეგები.

საკვლევი-სადიებო პროცესები არის ეტაპის ნაწილის გადაწყვეტა რომლის შესრულება გვამღებს საპროექტო გადაწყვეტას გარკვეულ დონეზე. ყოველი საპროექტო გადაწყვეტა მოიცავს საკვლევი ობიექტის კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტას, რაც თავის მხრივ წარმოადგენს შემდეგი ეტაპის გადაწყვეტის საფუძველს.

რთული ობიექტის კვლევის პროცესი შედგება იერარქიული დაპროექტების პროცესებისაგან. კვლევის ავტომატიზაციის გარემო მოიცავს გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებათა, პროგრამული, მეთოდური უზრუნველყოფისა და დამპროექტებლის (დიალოგიური რეჟიმი) ერთობლიობას.

ყოველ კვლევის (საპროექტო) პროცედურას თავის დონეზე აქვს შესაძლებლობა დაამყაროს კავშირი ნებისმიერი დონის პროცედურებთან კვლევის მთლიან გარემოში და შექმნას ახალი დამოკიდებული ქვეპროცესი.

კვლევის (პროექტირების) პროცესი ქმნის ორ ქვეპროცესს, რომლებიც მოქცეულია საპროექტო პროცედურების (EP) მთლიან გარემოში და ასრულებენ დამოუკიდებელ საპროექტო პროცედურებს. ეს პროცედურები სხვადასხვა ტიპისაა.

ერთდროულად, პარარელულად (DP_{i-1}) პროცესისა საპროექტო (EP) საერთო გარემოში სრულდება (DP_i) პროცედურა. $(N+1)$ და $(N-1)$ დონეზე მიმდინარეობს ქვეპროცედურები, რომლებიც შეიძლება მოვიდნენ კონფლიქტში დროის ქვანტისათვის, საინფორმაციო არხის ერთდროულად მოთხოვნისათვის. ასეთი კონფლიქტური სიტუაცია უნდა დაარეგულიროს (EP_{k-1}) და (EP_k) საპროექტო-საკვლევი პროცესის გარემომ დიალოგიური შაბლონებისა და მეთოდის საშუალებით. (Q_m) მეთოდიკა განიხილება როგორც მანქანისა და დამპროექტებლის ურთიერთქმედების პროცედურა. მეთოდო-

ლოგიურმა ოპერაციამ (Qm) უნდა შექმნას შაბლონი, რომლის გადაწყვეტა შესაძლებელია; ე.ი. ისეთი შაბლონი რომლისთვისაც არსებობს მეთოდიკა (Qm) მეთოდოლოგიის მიმართ წაყენებულია პირობა – შეიქმნას შაბლონები (კითხვები) რომელიც ამოხსნადია. მეთოდიკა (Qm) განიხილება როგორც დიალოგიური პროცესი, რის საფუძველზედაც სრულდება კერძო ამოცანათა ამოხსნა, ყოველი ამოხსნილი ქვეპროექტი შედის პროექტში.

ქვეპროექტი წარმოადგენს მომდევნო შაბლონის მიღების საფუძველს მეთოდოლოგიური ოპერაციის დახმარებით.

მიზანთა სისტემა ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ თითოეული მათგანი ღრმად აღწერდეს საკვლევი ობიექტის ბუნებას კვლევის ნებისმიერ ციკლზე.

მათემატიკური მოდელის შემადგენლობაში საკმარისია ჩავსვათ მხოლოდ მნიშვნელოვანი ცვლადები და ურთიერთკავშირის თანაფარდობა

$$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n; y_1, y_2, \dots, y_m)$$

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n; a_1, a_2, \dots, a_m)$$

ფაქტორების ნუსხაში შეიტანება მხოლოდ ცვლადები, რომლის დახასიათება შეიძლება რიცხვითი მნიშვნელობებით (კოდები) განისაზღვრება ცვლადების მნიშვნელობათა ანუ (გადახრის დიაპაზონი), რომელშიც უნდა ხდებოდეს ცვლილების მნიშვნელობათა ვარირება.

ფაქტორების პროცესი ხორციელდება ექსპერტული შეფასების მეთოდით. ამ ეტაპის ამოცანების ამოხსნის მეთოდები იყოფა ორ ჯგუფად და შესაბამის ეტაპებად:

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება სტატიკური მეთოდებით ექსპერიმენტალური ინფორმაციის ბაზაზე აგებული მათემატიკური აღწერილობა. ეს ჯგუფი წარმოადგენს არსებითად ცნობილი „შავი ყუთის“ მოდიფიკაციას. ამ ჯგუფის უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ კომპლექსური გამოკვლევებისა და პროცესის ცვლადების ურთიერთკავშირის არასრული ინფორმაციის დროსაც შესაძლებელია მათემატიკური მოდელის აგება. ურთიერთკავშირული განტოლების მონახვა და მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმიუმების მოძებნა ხდება ერთი და იგივე მათემატიკური აპარატის

საშუალებით. ამ შემთხვევაში საჭიროა დიდი რაოდენობის ექსპერიმენტალური მონაცემები.

მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება მეთოდები, რომლებიც იყენებენ დეტერმინირებულ მიდგომას. მოდელირების ობიექტი წარმოგვიდგება როგორც ელემენტარული პროცესების და მოვლენების ერთობლიობა, ხოლო მათემატიკური მოდელი, როგორც ამ პროცესის აღმწერი გამაერთიანებელი განტოლებათა სისტემა. ეს უკანასკნელი კი განისაზღვრება ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და გამოკვლევის პროცესში მიმდინარე სხვა კანონზომიერებით. ანალიზის შედეგად მოცემული ცალკეული ელემენტარული განტოლებები არ შეიძლება ერთბაშად გავაერთიანოდ სისტემად, რადგან მათ აქვთ განსხვავებული სტრუქტურა, დამოუკიდებელი ცვლადების სხვადასხვა რიცხვი, კოორდინატების სხვადასხვა სისტემა და ა.შ. თვით კვლევის სისტემა სამსაფეხუროვანი იერარქიული სისტემაა. თითოეულ დონეზე მიღებული გადაწყვეტილება შემდგომი კვლევის საფუძველია, ხოლო, კორექტირება ხდება ნებისმიერ ეტაპზე შემფოთების საფუძველზე და შემფოთება სიგნალის სახით უბრუნდება ნებისმიერ დონეს.

კვლევათა ციკლი იერარქიული სისტემაა და მოიცავს კვლევათა ქვესისტემებს, დონეებს. კვლევის ტექნოლოგიური ციკლი, ესაა მთლიანი ერთეული საკვლევი ობიექტისა, რომელიც შედგება ერთეული ქვეობიექტებისაგან, ექვემდებარება კონტროლს და იცვლება სტრუქტურულად. თუ რომელიმე ფაქტორი არ მონაწილეობს პროცესში, ან მცირედ ზემოქმედებს, ის უნდა იყოს უგულვებელყოფილი შეგნებულად და არა როგორც შემთხვევითი ცდომილება.

2.4.1. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა და იმიტაციურ

მოდელირებათა მეთოდოლოგია

ექსპერიმენტი (ცდა) ეწოდება პირობათა რაიმე კომპლექსის განხორციელებას. იგულისხმება რომ:

1. ექსპერიმენტის ჩატარებამდე შესაძლებელია ყველა შესაძლო ურთიერთ გამომრიცხავი შედეგის მითითება;

2. ექსპერიმენტის ჩატარებამდე შეუძლებელია ყველა მისი შედეგის ცალსახად განსაზღვრა;

3. შესაძლებელია ექსპერიმენტის მრავალჯერადი განმეორება.

ექსპერიმენტი აღიწერება მისი ურთიერთ გამომრიცხავი შედეგების სრული ჩამონათვალით. ამ შედეგებს ელემენტარული ცდომილებები ეწოდება, მათ ერთობლიობას – ელემენტარულ ცდომილებათა სივრცე. Ω - ელემენტარულ ცდომილებათა სივრცე; ω - ელემენტარული ცდომილება.

$$\Omega = \{(i, j) \mid i = 1, \dots, 6; \quad j = 1, \dots, 6\} \quad (5)$$

Ω -ს ყოველი ქვესიმრავლე A (გარდა Ω და ცარიელი სიმრავლისა) შემთხვევითი ხასიათისაა. ექსპერიმენტის ჩატარებამდე ვერ ვიტყვით მოხდება თუ არა A , რაც შეეხება Ω -ს, იგი ცდის ყოველი ჩატარებისას ხდება, ხოლო \emptyset - წარმოადგენს შეუძლებელ ცდომილებას, რომელიც ცდის არც ერთი ჩატარებისას არ მოხდება.

მიღებული შედეგები გამოიხატება ამა თუ იმ ჰიპოთეზის სასარგებლო არგუმენტების წამოყენებით, ერთი შეხედვით, ერთმანეთთან დაუკავშირებულ ფაქტორებსა და გარემოებებს შორის კავშირების აღმოჩენით. კვლევათა ციკლში ვლინდება როგორც მჭიდროდ დაკავშირებული, ასევე განცალკევებული ჰიპოთეზებიც.

ნაშრომში ჩამოყალიბებულია დებულებები: ალბათობის თეორია და კრიმინალისტიკა; პრაქტიკულად შეუძლებელი და პრაქტიკულად უტყუარი მოვლენები; ცდების განმეორადობის არსი. მოყვანილია შესაბამისი პრაქტიკული მაგალითები და შესაბამისი რეკომენდაციები.

ალბათობის თეორია მათემატიკური მეცნიერებაა, რომელიც სწავლობს შემთხვევითი მოვლენების კანონზომიერებას. მოვლენა შემთხვევითია, თუ ცნობილი არ არის ის კანონები, რომელთაც ემორჩილება მოვლენა. ყოველი მოვლენა რაიმე მიზეზის შედეგია. შემთხვევითი მოვლენა – ეს ისეთი მოვლენაა, როდესაც ერთი და იგივე ცდის ჩატარებისას ვდებულობთ შემთხვევით მნიშვნელობებს. ე.ი ცდის პროცესი ჩვენდა უნებურად მიმდინარეობს სხვადასხვანაირად.

შემთხვევითი ეწოდება სიდიდეებს, რომელმაც ცდის პერიოდში შესაძლებელია მიიღოს ესა თუ ის მნიშვნელობა. ამასთან ერთად წინასწარ უცნობია – თუ რომელ მნიშვნელობას. ალბათობა მით მეტია, რაც უფრო მოსალოდნელია მოვლენის მოხდენა. მოვლენის გაჩენის ალბათობა არის ხელშემწყობ შემთხვევათა რიცხვისა და ყველა შესაძლო შემთხვევათა რიცხვის შეფარდება.

$$P = \frac{m}{n} \quad (6)$$

სადაც, P - მოვლენის გაჩენის ალბათობა; m – ხელშემწყობ შემთხვევათა რიცხვი; n - ყველა შესაძლო შემთხვევითობის რიცხვი.

ცდების ჩატარებისას უნდა დავიცვათ შესაბამისი პირობები:

- ტოლ შესაძლებლობათა პირობა. არც ერთ მხარეს არ უნდა ქონდეს უპირატესობა.
- სისრულე, როცა ამოიწურება ყველა შესაძლო შემთხვევა;
- შემთხვევათა არათავსებადობა, როცა გაჩნდება x მოვლენა, არ უნდა გაჩნდეს ერთდროულად სხვა მოვლენაც.

მიუხედავად ამისა სრულიად ნათელია, რომ ბუნებაში არ არსებობს არავითარი ფიზიკური მოვლენა, სადაც არ მონაწილეობდეს შემთხვევითი მოვლენების ელემენტები. რაც არ უნდა ზუსტად და თანმიმდევრობით არ უნდა დავიცვათ ფიზიკური ცდების პირობა, შეუძლებელია მივაღწიოდ ერთი და იგივე შედეგებს ცდების მრავალჯერადი ჩატარებისას. ცდების ჩატარებისას უნდა გამოვრიცხოთ ის ხელშემშლელი მოვლენები, რომლებიც ამა თუ იმ შემთხვევაში ნაკლებად მოქმედებენ საბოლოო შედეგებზე. ამის შედეგად მრავალფაქტორიანი სისტემიდან დაგვყავს რამდენიმე ძირითად ხელშემშლელ ფაქტორზე და ვაანალიზებთ საკვლევი ობიექტის გამოსავალი პარამეტრების ურთიერთ დამოკიდებულებას და შესაბამისად ვაანალიზებთ მოსალოდნელ შედეგებს.

ამგვარად, გამორიცხვის პრინციპია: თუ რაიმე მოვლენის ალბათობის ძიებისას გვაქვს ცნობა რაიმე F მოვლენის გაჩენის შესახებ, მაშინ E მოვლენის შესაძლო შემთხვევებიდან უნდა გამოირიცხოს ყველა ის შემთხვევა,

რომელიც მოვლენას ხელს არ უწყობს. კრიმინალისტიკური ექსპერტიზის შემთხვევებში ფართოდ გამოიყენება გამორიცხვის მეთოდი.

ყოველი მოვლენა პირობათა გარკვეული კომპლექსის შედეგია. თუ პირობათა კომპლექსს შევცვლით, ამით შედეგიც, მოვლენის ალბათობაც იცვლება. თუ მოვლენა გვაქვს და არ ვიცით პირობათა კომპლექსი, შეგვიძლია გამოვიკვლიოთ რა მიზეზებმა გამოიწვია ეს მოვლენა. არსებობს ამოცანები, სადაც მოცემული ცდის შედეგი დამოკიდებულია ისეთ მრავალ ფაქტორებზე, რომ შეუძლებელია ყველა ეს ფაქტორები გავითვალისწინოთ (საინჟინრო ტექნიკური ექსპერტიზა). ეს მოვლენა შეიძლება გადავჭრათ თუ გამოვიყენებთ მართვის ავტომატიზირებელ სისტემებს, როდესაც სისტემაზე უწყვეტად ზემოქმედებს „ხელშემშლელი“ გადახრები. სისტემა არეგულირებს გადახრების ზემოქმედებას და დაყავს ნომინალურ მდგომარეობამდე.

კრიმინალისტიკური ტექნიკური ექსპერტიზის პრაქტიკული რეალიზაციის საწყის პირობას წარმოადგენს განისაზღვროს პრაქტიკულად შეუძლებელი და პრაქტიკულად დამაჯერებლობის მოვლენა. თუ რომელიმე მოვლენა მოცემულ ცდისას „პრაქტიკულად შეუძლებელია“, მაშინ იგივე A მოვლენის საწინააღმდეგო მოვლენა იქნება „პრაქტიკულად დამაჯერებელი“ მოვლენა და გამოიხატება \bar{A} სიმბოლოთი.

ალბათობის თეორიის თვალსაზრისით სულ ერთია „პრაქტიკულად შეუძლებელ“ თუ „პრაქტიკულად დამაჯერებელ“ მოვლენასთან გვაქვს საქმე, ვინაიდან ისინი ყოველთვის ერთმანეთის თანხმლებია. თუ ალბათობა რომელიმე მოვლენისა მოცემულ ცდაში ძალიან მცირეა, ჩვენ პრაქტიკულად დარწმუნებული ვართ იმაში, რომ ერთჯერადი ცდის ჩატარებისას მოვლენა არ მოხდება.

ალბათობის თეორემის გამოყენებისას პრაქტიკაში ხშირად ვაწყდებით ამოცანებს, რომლის გადაწყვეტის დროსაც ერთი და იგივე ცდის ჩატარება გვიხდება რამდენიმეჯერ. ყოველი ცდის დროს ჩვენ გვანტერესებს არა მხოლოდ ერთეული ცდის შედეგი, არამედ ცდების განმავლობაში მოვლენის განმეორების სიხშირე.

ცდის განმეორადობა განიხილება, როცა თვით ცდა არის დამოუკიდებელი და დამოკიდებული. ცდათა სისტემას ეწოდება დამოუკიდებელი თუ ალბათობა ამა თუ იმ ცდით მიღებული შედეგისა არაა დამოკიდებული წინა ცდით მიღებულ შედეგებზე. დამოუკიდებელი ცდები შეიძლება ჩატარდეს განსხვავებულ ან ერთნაირ პირობებში.

პრაქტიკაში ხშირად გვხვდება უფრო რთული შემთხვევებიც, როდესაც ცდების ჩატარება წარმოებს არაერთგვაროვან პირობებში და შემთხვევითობის ალბათობა ცდიდან ცდამდე იცვლება. ასეთი ამოცანის გადაწყვეტა ემყარება ცდების განმეორადობის საერთო თეორემას.

$$P_{m,n} = P_1 P_2 \cdots P_m q_{m+1} \cdots q_n + \cdots + P_1 P_2 P_3 \cdots q_{n-1} P_n + \cdots + q_1 q_2 \cdots q_n q_{n-m+1} \cdots P_n \quad (7)$$

$$\varphi_n(z) = \sum_{i=1}^n (q_i + P_i Z) \quad (8)$$

m, n ალბათობის სიდიდეა როდესაც n ცდების ჩატარების დროს A მოვლენა გამოვლინდება ზუსტად m -ჯერ; P_i ალბათობაა A მოვლენის მოხდენისა i ცდის ჩატარების დროს. $q_i = 1 - P_i$ ($i = 1, \dots, n$) A მოვლენის არ მოხდენის ალბათობაა. Z - ნებისმიერი პარამეტრია.

ცდის განმეორადობა – ცდის ჩატარებაა, სხვადასხვა ან ერთი და იგივე პირობებში. მანქანური დამუშავების უმნიშვნელოვანეს ობიექტს წარმოადგენს რთულად ორგანიზებული, კრიმინალისტიკური შინაარსის შემცველი ფუნქციონალური მმართველი სისტემები, რომელთა ფუნქციონირების საფუძველს წარმოადგენს ინფორმაციული პროცესები, ასევე მათი ავტომატიზაციის პრობლემები. კრიმინალისტიკური ინფორმაცია, კრიმინალისტიკური ტექნიკა, დანაშაულის ცალკეული სახეების გამოძიების მეთოდთა წარმოადგენს ერთ საკვლევ სივრცეს და ემყარება სისტემურ მეთოდებს. სისტემური მეთოდოლოგია გულისხმობს პრობლემათა და საკითხთა თანმიმდევრულ და ორგანულად შერწყმულ განლაგებას. ნებისმიერი კრიმინალისტიკური ინფორმაცია გარკვეული სახით შეკრებილ და დამუშავებულ მონაცემებს ეყრდნობა. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა ანალიზი ზუსტია მაშინ, როდესაც ის აღწერს საკვლევ ობიექტს რაოდენობრივად და ხარისხო-

ბრევად. მნიშვნელოვანია სწორად განისაზღვროს ანალიზისა და სინთეზის ზღვარი.

საყურადღებოა რთული ობიექტის დაყოფის მეთოდოლოგია, რომელიც გამოიყენება იმ ამოცანების გადასაწყვეტად, სადაც საწყისი და შუალედური მონაცემები შეიძლება დავყოთ ნაწილებად, ხოლო საბოლოო გადაწყვეტილება მივიღოთ ნაწილობრივი გათვლების გამოყენების შედეგად. ასევე საყურადღებოა საკვლევი ობიექტების ოპტიმალური კვლევის შერჩევის კრიტერიუმების განსაზღვრა, სადაც დაცული უნდა იყოს ოთხი მთავარი მოთხოვნა. კერძოდ - ეს კრიტერიუმები უნდა იყოს: ჭეშმარიტი, სრული, საიმედო და შედარებით შეზღუდული რაოდენობის.

თავი III. მასალებისა და ნამზადების მახასიათებლების

დიაგნოსტიკის მეთოდები

3.1. საინფორმაციო ტექნოლოგიების ექსპერტული მართვის მოდელირება

საინფორმაციო ტექნოლოგიები შეისწავლის სამეცნიერო ინფორმაციის სტრუქტურას და მის ზოგად თვისებებს, აგრეთვე მისი შექმნისა და წარმოდგენის, შეკრების, ანალიზურ-სინთეზური დამუშავების, შენახვისა და გავრცელების ოპტიმალურ მეთოდებსა და საშუალებებს. იგი ეფუძნება ფუნდამენტალურ მეცნიერებათა მიღწევებს ასევე კიბერნეტიკას, ლინგვისტიკას საინჟინრო ფსიქოლოგიას და სხვ.

საინფორმაციო ტექნოლოგიების ექსპერტული მართვის მოდელის აგება ემყარება არა მხოლოდ დაკვირვებისა და აღქმის პროცესების კვლევას, არამედ კრიმინალისტიკური ინფორმაციის წარმოშობის კანონზომიერებასაც. ინფორმაცია სახეზეა იქ, სადაც გვაქვს არაერთგვაროვნება. იგი თავს „იჩენს მაშინ“, როდესაც თუნდაც ორი ელემენტის ერთობლიობა განსხვავებულია და „ქრება“, თუ ობიექტები შეწებდებიან.

ადამიანი სულ უფრო შორდება ობიექტის მართვას და სამუშაოს ასრულებს დისტანციურად. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ სულ უფრო მეტად მუშაობს არა უშუალოდ ობიექტთან, არამედ მის ინფორმაციულ მოდელთან. თანამედროვე პირობებში, როცა დგება ნანოტექნოლოგიების ერა, იქმნება ახალი მიმართულება - საინჟინრო ფსიქოლოგია - საიმედო მართვის პირობებში ინფორმაციის აღქმისა და გადამუშავების პროცესების კვლევის მეთოდოლოგია. ინფორმაციული მოდელების მართვის ძირითადი მიმართულებაა:

- მართვის სისტემებში ადამიანთა თანამინაწილეობის განსაზღვრა და დიალოგურ რეჟიმში პროცესების მართვის ამოცანების გადაწყვეტის ანალიზი;
- იმ ფაქტორების გამოკვლევა, რაც გავლენას ახდენს ოპერატორთა მოქმედების ეფექტურობაზე, ხარისხზე, სიზუსტეზე, სიჩქარესა და საიმედოობაზე;

- ადამიანის მიერ დიდი ინფორმაციის მიღების, აღქმის და ანალიზის ხერხების კვლევა;
- დამუშავებული ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღება. ოპერატორთა ფსიქოლოგიური მექანიზმის რეგულაცია.
- დიაგნოსტიკური მეთოდების შემუშავება, რომლის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა ადამიანის ქმედების სფეროში ინფორმაციის გადაცემის ოპტიმალური რაოდენობისა და სიჩქარის განსზღვრა, რის საფუძველზედაც შემუშავდება მართვის ტექნოლოგიური პროცესების წარმართვის რეკომენდაციები.

კრიმინალისტიკური ინფორმაციის აქტუალობა განისაზღვრება იმ ინფორმაციით, რომელთაც კვლევის მომენტისათვის გააჩნიათ დიდი ღირებულების ინფორმაციული ხარისხი. თვით ინფორმაცია ფართო გაგებით ცნებაა, რომელიც დაკავშირებულია ცნობების მიმოცვლასთან ადამიანებს შორის, სიგნალების მიმოცვლასთან ბუნების ცოცხალ და არაცოცხალ ობიექტებს შორის. კვლევათა ციკლში ფართო განვითარებას ჰპოვებენ კრიმინალისტიკური ამოცანების ისეთი გადაწყვეტა, რომლებიც დაფუძნებული არიან ექსპერტისა და გამოყენებით მათემატიკის შემოქმედებით თანამშრომლობაზე. ცხადია, რომ ამ უკანასკნელს შეუძლია აირჩიოს ალგორითმის ის სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს დასმული ამოცანის ყველაზე ეფექტურ ამოხსნას. ამ შემთხვევაში ეს პროცესება ხდება უშუალო სუბიექტი კრიმინალისტიკური საქმიანობისა, რამაც უნდა ჰპოვოს სათანადო ასახვა შესაბამის პროცესუალურ დოკუმენტებში. ექსპერტის დასკვნის მიხედვით ეს ნიშნავს, რომ დასკვნის შესავალში უნდა მითითებული იყოს: ვინ იღებდა მონაწილეობას გამოძიებაში, ხოლო დასკვნის კვლევით ნაწილში მითითებული უნდა იყოს: რა გამოკვლევები ტარდებოდა კიბერნეტიკული მეთოდების გამოყენებით და რომელი პროგრამით და ალგორითმით ტარდებოდა ისინი. ამ უკანასკნელის მნიშვნელობა განპირობებულია იმით, რომ ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი და მისი რეალიზაციის პროგრამა არის საფუძველი, რომელსაც არსებითად ეყრდნობა მანქანური

გამოსავალის იმედიანობა. ამიტომ მოწმდება და შეფასდება რა მონაცემები, მიღებული კრიმინალისტიკური ინფორმაციის მანქანური დამუშავებისაგან, უპირველეს ყოვლისა საჭიროა განისაზღვროს ამ დროს გამოყენებული ალგორითმების და პროგრამების იმედიანობა. ამ იმედიანობით შემოწმების ერთერთი ხერხია გამოკვლევის გამეორება. ეს შესაძლებელია იმიტომ, რომ თუკი ცნობილია ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი და პროგრამა, მაშინ იგივე საწყისი მონაცემების პირობებში განმეორებითი გამოკვლევისას უნდა მივიღოთ იგივე დასკვნითი შედეგები.

კრიმინალისტიკური შემეცნების ერთ-ერთი ამოცანაა მოხსნას გაურკვევლობა ამა თუ იმ შემთხვევაზე. შემეცნების პირველ აქტს წარმოადგენს საკვლევი ობიექტის აღქმა. გარჩევა არის არგარჩევადობის უარყოფა, ხოლო შეტყობინება-სიგნალი, რომელიც იძლევა არგარჩევადობის მოსპობის ინფორმაციას.

ასეთია ზოგადი პროცესუალური მოთხოვნები გამოთვლითი ტექნოლოგიების გამოყენებით ამოცანის გადაწყვეტის და მონაცემების გაფორმების პროცედურაზე. მაგრამ, როგორც ცნობილია, მოქმედი კანონმდებლობისა და კრიმინალისტიკური გამოძიების მეთოდოლოგიით, მიღებული მონაცემები და საბოლოო დასკვნა არა მარტო უნდა შემოწმდეს, არამედ კიდევ უნდა შესრულდეს გამომძიებლის და სასამართლოს მიერ.

ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირება არის ასახვა საკვლევი ობიექტის თვისებებისა აღწერილს მანქანურ ენაზე. ექსპერიმენტი აღიწერება მისი ურთიერთგამომრიცხავი შედეგების სრული ჩამონათვლით. ექსპერტული მართვის სისტემა ექსპერიმენტის საფუძველზე იძლევა ინფორმაციას ობიექტის დინამიკაზე და დიალოგურ რეჟიმში შეაქვს ცვლილებები მართვის მოდელში. წარმოდგენები, მსჯელობები, ცნებები – ეს კომუნიკაციურ ტექნოლოგიათა კავშირთა ერთგვარი სისტემაა ისე, რომ ერთი გარკვეული წარმოდგენა მახსოვრობიდან სხვა წარმოდგენებს აღაგზნებს. წარმოდგენა საგანზე წარმოშობს წარმოდგენებს ამ საგნის თვისებებზე და ნიშნებზე.

ფიზიკური საკვლევი ობიექტი განიხილება როგორც ორი ქვესისტემა: თვით ფიზიკური ობიექტი და გარემოს სივრცე. მათი უტყუარობა დასტურდება ექსპერიმენტით. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა ანალიზი ზუსტია მაშინ, როდესაც ის აღწერს საკვლევ ობიექტს არა მხოლოდ რაოდენობრივად და ხარისხობრივად, არამედ აღწერს ამ მოვლენის გამომწვევი მიზეზების მკაცრ განსაზღვრასაც. მიუხედავად იმისა, რომ შესაძლებელია გამოვამჟღავნოთ ამა თუ იმ მოვლენის კანონზომიერება და მოვახდინოთ მისი მათემატიკური აღწერა, ყოველი საკვლევი ობიექტი მაინც შეიცავს მნიშვნელოვნად უფრო მეტ არასისტემატიზირებულ ინტუიციურად არაფორმალიზებულ ინფორმაციას. სწორედ კვლევის პრიორიტეტულ მიმართულებას წარმოადგენს არაფორმალიზებული ინფორმაციის ალგორითმიზაცია და მანქანურ ენაზე დაყვანის შესაძლებლობის განსაზღვრა. მოდელირების დროს აუცილებელია თეორიულად დასაბუთდეს მოდელსა და ფიზიკურ მოვლენას შორის ანალოგია. ამ დასაბუთების გარეშე მოდელი კარგავს შემეცნებით მნიშვნელობას. მათემატიკურ მოდელირებაში დასაშვებია მოვლენის შეცვლა მისი მათემატიკური აღწერით. არსებობს პრობლემათა ერთობლიობა დაკავშირებული ექსპერტთა სისტემების ფუნქციონირებასთან, ასევე არსებობს მოვლენები, როდესაც შესაძლოა გამოვიყენოთ სხვა მეთოდები გარდა ექსპერტული სისტემები. ექსპერტული სისტემები ეყრდნობა ობიექტურ ინფორმაციას, გამოცდილებასა და ცოდნას, რის საფუძველზედაც წარმოებს საკვლევი ობიექტის ქცევის პროგნოზირება. ქცევის პროგნოზირების საწყის ინფორმაციას შეადგენს საკვლევი ობიექტის თვისება:

- შეინარჩუნოს დროის დადგენილ ზღვრებში ყველა ის პარამეტრი, რაც უზრუნველყოფს ობიექტის მუშაობის საიმედოებას;
- ხანგრძლივობა – შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი ზღვრული მდგომარეობის დადგომამდე;
- უმტყუვნელობა – უწყვეტად შეინარჩუნოს მუშაობის უნარი დადგენილი დროისა და პირობების ფარგლებში;

- უდევფექტო – გამართული მუშაობა, რომლის დროსაც იგი სრულად პასუხობს ნორმატიულ და სხვა საკონსტრუქტორო მოთხოვნილებათა დოკუმენტაციას.

ტექნიკური ექსპერტიზის გლობალურ სააკითხთა რიცხვს მიეკუთვნება სპეციალური დანიშნულების ხელსაწყოებსა და ავტომატიზირებულ სისტემებში ელემენტების შეცვლისა და განახლების მეთოდის დამუშავება. ასევე ელემენტების დაძველებისა და საიმედობის პროგნოზირების განსაზღვრა. პროგნოზირების ერთ-ერთ ძირითად ინფორმაციას შეადგენს დეფექტების სახეებისა და მექანიზმების ერთობლიობა, რის საფუძველზედაც ანალიზდება "მტყუნების" ინტენსივობა.

$$Q(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k q_{ij}(t),$$

სადაც, $Q(t)$ -ხელსაწყო, ელემენტების მტყუნების ალბათობა განისაზღვრება როგორც ჯამი ცნობილი და შესწავლილი დეფექტებისა, რომელიც განსაზღვრავს i ელემენტის არასაიმედობას j მტყუნების სახით.

n - არასაიმედო ელემენტების რაოდენობა;

K – „მტყუნების“ სახეები და მექანიზმები.

მათემატიკური მოდელი აღწერს ცალკეული ელემენტებისა და კომპონენტების შესაძლო მტყუნების პროგნოზირებას. ტექნოლოგიური პროცესების გადახრა იწვევს ერთგვაროვანი ელემენტების მტყუნების გაზრდას.

$$\lambda_{ij} = \sum_{i=1}^m \{ \lambda_i + (k_i - 1) \lambda_j [1 - \varphi_i(r_i)] \} + \sum_{j=m+1}^l k_j \lambda_j$$

$$\lambda_{is} = \sum_{i=1}^m \lambda_i + \sum_{j=m+1}^l \lambda_j$$

λ_i - i ტიპის ელემენტების მტყუნების ინტენსივობა;

m – ელემენტების ნომენკლატურა;

λ_j - j ტიპის ელემენტების მტყუნების ინტენსივობა;

k_j - j ტიპის კომპონენტების რაოდენობა;

k_i - i ელემენტების რაოდენობა;

I – საკვლევი ობიექტების კომპონენტების და ელემენტების მთლიანი ნომენკლატურა;

$\varphi_i(r_i)$ დამოკიდებულია ტექნოლოგიური პროცესების სხვადასხვა ფაქტორებზე (ნიღბების, ფოტოშაბლონების, სტრუქტურული დეფექტების წარმოქმნაზე).

საკვლევი ობიექტის – აპარატურის ბლოკის მოძველების დრო განისაზღვრება ელემენტების რაოდენობით, რის საფუძველზედაც ანალიზირდება მტყუნების ინტენსივობა.

$$\lambda_p = \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^n k_{ij} \lambda_{0i}$$

s – ელემენტთა ტიპების რაოდენობა;

n – i ტიპის ელემენტთა რაოდენობა;

λ_{0i} – i ტიპის ელემენტების მტყუნება ნორმალურ პირობებში;

k_{ij} – კოეფიციენტი, რომელიც განსაზღვრავს ექსპლუატაციის პირობებს და რეჟიმს;

$k_i < 1$ თუ საკვლევი ობიექტის ექსპლუატაცია ლაბორატორიულ–საცდელ პირობებზე უკეთესია;

$k_i > 1$ თუ საკვლევი ობიექტის ექსპლუატაცია ლაბორატორიულ–საცდელ პირობებზე უარესია;

ტექნიკური სისტემების ელემენტების შეცვლისა და განახლების მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების დამუშავება წარმოადგენს მართვის თეორიის აქტუალურ საკითხს. ტექნიკური სისტემა შედგება ერთეული მოწყობილობებისაგან, რომლებიც განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ეფექტურობით და ელემენტების ფიზიკურად მოძველების დროით. სისტემის განახლება განისაზღვრება იმ რიცხვითი ცვლილებით, რომელიც შეიყვანება სისტემაში t დროის მომენტში ფიზიკურად და მორალურად მოძველებული ერთეული მოწყობილობების ნაცვლად.

$$c(t) = \int_{q(t)}^t \beta(\tau, t) m(t) d\tau P$$

$c(t)$ – ტექნიკური მოწყობილობის ჯამური ეფექტურობაა t დროში;

$\beta(\tau, t)$ – იმ ერთი ერთეულოვანი მოწყობილობის ეფექტურობაა, რომელიც შექმნილია τ დროის მომენტში;

$P(t)$ – t დროში ფუნქციონერებადი ერთეული მოწყობილობის საერთო რაოდენობა;

$m(t)$ – t დროში ექსპლუატაციაში გამწვებული ერთეული მოწყობილობის რაოდენობა;

ხარისხის კონტროლი ტექნოლოგიური პროცესის შემადგენელი ნაწილია, რომელიც შეიცავს ორ ძირითად მდგენელს: აშკარა დეფექტები – ვარგისიანობის პროცენტების განმსაზღვრელი და ფარული დეფექტები, რომელიც აქვეითებს გამოშვებული პროდუქციის საიმედოებას. ორივე შემთხვევაში კონტროლი წარმოებს პასიური ან აქტიური ფორმით.

- კონტროლი, რომლის შედეგადაც მოვიპოვებთ ინფორმაციას დეფექტების ბუნების შესახებ, წარმოადგენს ტექნოლოგიურ რეჟიმში კორექტირების შეტანის საფუძველს. ესაა აქტიური – დიგნოსტიკური მეთოდი;
- კონტროლი, რომლის დროსაც ფიქსირდება მხოლოდ დეფექტების „არსებობა“ ან „არ არსებობა“ და არაა გაშიფრული მისი მექანიზმი, ეწოდება პასიური მეთოდი.

ტექნოლოგიური პროცესის კონტროლი შეიძლება დავყოთ ოთხ ძირითად ეტაპად: ინფორმაციის შეკრება, კლასიფიკაცია, შეფასება და ვარიანტების ზღვრების დადგენა. თითოეულ ეტაპს გააჩნია კონკრეტული მიზანი, ხოლო ერთობლიობა გვამღვებს სისტემას:

- ინფორმაციის შეკრება უნდა შეირჩეს იმდაგვარად, რომ ყველა ძირითადი პარამეტრი კონტროლირდებოდეს;
- ინფორმაციის შეკრების პირველ ნაბიჯად გვევლინება განსაზღვრა, თუ რომელი სექტორი ექვემდებარება კონტროლს და რა ხარისხის დონით;
- ზოგ შემთხვევაში თვით სიგნალი არ წარმოადგენს მოვლენას; ის მხოლოდ მექანიზმია, რომლის დახმარებითაც კონტროლირდება სხვა მოვლენები;

- როდესაც კონკრეტული ტიპის სიგნალი ამოცნობილია, ის ექვემდებარება ღრმა შესწავლას-ანალიზს, როგორც ძლიერი დამამტკიცებელი ფაქტორი ადრეული ეტაპის მოვლენების სიგნალებისა;
- როგორც კი განსაზღვრულია ტექნოლოგიური კრიტერიუმები – გადახრების დიაპაზონი, ისინი გარკვეული პერიოდულობით უნდა გადამოწმდეს, ვინაიდან საწყისი პირობების ცვლილებებმა შესაძლოა გამოიწვიოს პარამეტრების დასაშვები ზღვრების ცვლილებები, რაც დიაგნოსტიკის აუცილებელი პირობაა.

პროგნოზირება წარმოაჩენს ინფორმაციას საკვლევი ობიექტის მდგომარეობის შესახებ, მისი განვითარების შესახებ დროის შუალედებში. როდესაც შედგენილია პროგრამული პროგნოზი, შესაძლებელია განსაზღვროთ შესაძლებელი ვარიანტები კონკრეტული ტექნიკური პარამეტრების მისაღებად. პროგნოზის შედეგს წარმოადგენს სამეცნიერო ტექნიკური პრობლემების მიზნის განსაზღვრა. გადაწყვეტილების მიღება კი ესაა კერძო კრიტერიუმების შერჩევის კომპრომისების დაშვება:

$$F(X) = \sum_{i=1}^n C_i f_i(X)$$

$f_i(X)$ არის i - ს ნორმირებული კერძო კრიტერიები;

C_i – წონითი კოეფიციენტი, რომელიც განსაზღვრავს მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების დონეს და დასმული პრობლემის შესრულების შესაძლებლობას.

რთული ობიექტის კვლევა მრავალსაფეხუროვანი პროცესია; იყოფა სტადიებად და ციკლებად, ხოლო რთული კონფიგურაციის საკვლევი ობიექტი ექვემდებარება სასრულო ელემენტების მარტივ გეომეტრიულ ფიგურებად დაყოფის პრინციპს. სასრულო ელემენტების მეთოდი პოულობს სულ უფრო ფართო გამოყენებას სრულად განსხვავებული ამოცანების: ნახევარგამტარული ხელსაწყოების, სატრანსპორტო საშუალებათა, სახეთა გამოცნობის, ხელწერისა და ხელმოწერის გრაფიკული იდენტიფიკაციისა და სხვა კრიმინალისტიკური ობიექტების მანქანური მეთოდით კვლევისა და დიაგნოსტიკაში.

3.2. ექსპერიმენტის მეთოდი – უსაფრთხოების სისტემების

ეფექტურობის საფუძველი

თანამედროვე მაღალტექნოლოგიური სამრეწველო ნაწარმის შექმნისას დომინირებს ისეთი მოთხოვნები, როგორცაა: პროდუქტის შესრულების დონე, ხარისხი, საიმედოობა, ტექნოლოგიის უწყვეტი განვითარების შესაძლებლობა და ა.შ. ამ მოთხოვნათა მაღალ დონეზე შესრულება უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის საფუძველს წარმოადგენს. საინჟინრო ტექნიკურ ექსპერტიზაში შემეცნებითი საქმიანობის მთავარ საყრდენს წარმოადგენს ინტელექტუალური ტექნოლოგიები. ინტელექტუალური ტექნოლოგიები იმ მეთოდებისა და ტექნიკური საშუალებების ერთობლიობას წარმოადგენს, რომელიც მუშაობს დიალოგურ რეჟიმში.

უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის რამდენიმე ურთიერთგანსხვავებულ მეთოდს შეისწავლიან: დაკვირვების მეთოდი – ანალიზისა და დიაგნოსტიკის საფუძველი; ექსპერიმენტის მეთოდი – უსაფრთხოების სისტემების პროგრესის მიღწევის საფუძველი; გამოკითხვის მეთოდი – პირველადი უტყუარი ინფორმაციის მოპოვების ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდი; დიაგნოსტიკის მეთოდი – ფიზიკურ ექსპერიმენტთა შედეგების დასკვნის საფუძველი.

უსაფრთხოების სისტემებმა განაპირობა წინა პლანზე წარმოჩინებულიყო მიკროელექტრონულ ხელსაწყოთა დიაგნოსტიკა. მიკროელექტრონულ ხელსაწყოთა დიაგნოსტიკა მოიცავს ამ ხელსაწყოს ფუნქციონალური დანიშნულების განსაზღვრას, ფუნქციონალური სქემებისა და ბლოკების მტყუნების მიზეზების ანალიზს, იმიტაციური მოდელის შექმნას და დიაგნოსტიკას. „შავი ყუთის“ მეთოდი წარმოადგენს საკვლევი ობიექტის დედუქციური მეთოდიკით კვლევას და მოიცავს:

- საკვლევი – მზა მიკრო- და ოპტოელექტრონული ხელსაწყოს სტრუქტურისა და ტოპოლოგიის ანალიზს;
- ტოპოლოგიის განფენების საფუძველზე პრინციპული სქემების აგებას;

- მიღებული სქემების იმიტაციური მოდელირებას, ანალიზსა და პარამეტრიზაციას;

- ექსპლუატაციის პირობების დარღვევების იმიტაციას და დიაგნოსტიკას.

პროგრამული მოდელები, აღწერენ რა ობიექტის განმსაზღვრელ პარამეტრებს, გაერთიანებულნი არიან პროგრამულ პაკეტებად. ალტერნატიულ პროგრამათა პაკეტს მიეკუთვნება ნახევარგამტარული ხელსაწყოებისა და ინტეგრალური მიკროსქემების ფიზიკური მახასიათებლების გრაფიკული მოდელირების პროგრამათა პაკეტი.

მიკროელექტრონული ხელსაწყოების ხარისხი იზომება არა მხოლოდ იმ მახასიათებლებით, რაც განსაზღვრულია საწყისი პირობებით, არამედ ამ თვისებებისა და მახასიათებლების შენარჩუნებაშიც, როდესაც ხელსაწყო ექსპლუატაციას გადის ხანგრძლივ და მკაცრ პირობებში.

ექსპლუატაციის პირობებში მზა პროდუქციაზე მოქმედებს სხვადასხვა ფაქტორები, რომელიც ძირითადად იყოფა სამ ჯგუფად:

- ელექტრული – პარამეტრების ცვლილება;
- მექანიკური დატვირთვა – ვიბრაცია, გრეხვა, ღუნვა, დარტყმა, ცენტრობეჟური დატვირთვა;
- კლიმატური პირობები – ტემპერატურის ცვლილება, წნევა, სინოტივე, რადიაცია და სხვ.

მტყუნების ალბათობის სიდიდე განისაზღვრება $P=(0-1)$ სიდიდით. როდესაც $P=0$ მტყუნების მოხდენის ალბათობა ნულის ტოლია, ხოლო როცა $P=1$ – მტყუნება აუცილებლად მოხდება. $0 < P \leq 1$ შესაძლებელია მოხდეს მტყუნების მოვლენა.

$P(t)$ t – ხელსაწყოს მუშაობის დრო.

მზა პროდუქციაზე ზემოქმედების ფაქტორები განსაზღვრულია სტანდარტებით და განსაზღვრულია ცდის მიზანზე, აგრეთვე იმ პირობებზე, რომელშიც განსაზღვრულია ამ ხელსაწყოს ექსპლუატაციის პირობები.

ობიექტის ის მდგომარეობა, როცა იგი მთლიანად ან ნაწილობრივ კარგავს ფუნქციონირებას და ვერ ასრულებს მასზე დაკისრებულ

მოვალეობას იმ პარამეტრებით, რომლებიც გათვალისწინებულია ტექნიკური პირობებით, ეწოდება მტყუნება. კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების, მექანიკური თუ სხვა სისტემებისათვის მტყუნებათა ყველა სახე იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად:

- მტყუნება, გამოწვეული ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხის დაქვეითების შედეგად (მიკროელექტრონულ ხელსაწყოთა ექსპერტული კვლევა – შავი ყუთის მეთოდი).
- მტყუნება, რომელიც გამოწვეულია ელემენტების რღვევის შედეგად (სატრანსპორტო – ტრასოლოგიური კრიმინალისტიკური ექსპერტიზა).

3.3. მტყუნება, გამოწვეული ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხის დაქვეითების შედეგად

პირველ ჯგუფს განეკუთვნდება ობიექტის მტყუნებანი გამოწვეულნი ტექნოლოგიური ოპერაციების გადახრის შედეგად, ვიზრაციის ან დინამიკური დარტყმის შედეგად, გერმეტიულობის დარღვევით თუ ელექტრო მოწყობილობების კონტაქტების დასუსტებით, ტექნოლოგიური ცვლილებების დამოკიდებულების განსაზღვრა საკვლევი ობიექტის გამოსავალ პარამეტრებთან და სხვ. სტრუქტურულად მგრძნობიარე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლის დარგში ფუნდამენტალური გამოკვლევების გაფართოება წარმოადგენს მასალათმცოდნეობის უმნიშვნელოვანეს მიმართულებას. აღნიშნული საკითხების კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა ნახევარგამტარულ კრისტალებში სხვადასხვა სტრუქტურული დეფექტების შესწავლა წარმოადგენს.

სტრუქტურული დეფექტები წარმოადგენს მზა ნაწარმის გამოსავლიანობის დაბალი პროცენტული მაჩვენებლის ერთ-ერთი ძირითად მიზეზს. მეორეს მხრივ ხელსაწყოების დამზადების პროცესში წარმოქმნილი დეფექტები, კერძოდ, სხვადასხვა ტიპის დისლოკაცია იწვევს ხელსაწყოების ექსპლუატაციის დროს მათი თვისებების ნაწილობრივ ან სრულ დეგრა-

დაციას. ამის გამო მათი გამოსავლიანობა მკვეთრად მცირდება, ხოლო საიმედოობა უარესდება.

ამასთან დაკავშირებით ზესუფთა კრისტალების მიღების ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება.

3.4. მტყუნება, რომელიც გამოწვეულია მექანიკური ელემენტების რღვევის შედეგად

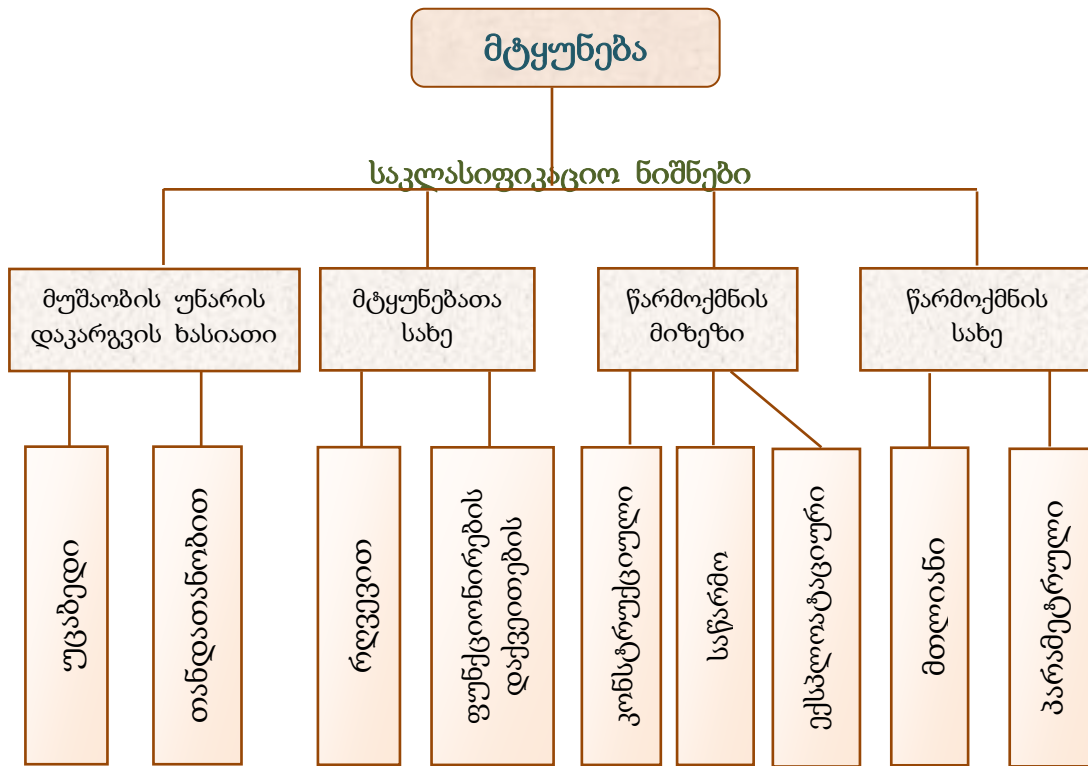
მეორე ჯგუფს განეკუთვნებიან ობიექტის მტყუნებანი, რომლებიც გამოწვეულია ელემენტების მსხვრევით, ცვეთით, ნარჩენი დეფორმაციით, ბზარებით, შეუღლებული ელემენტების ჩაჭედვით, მოკლე ჩართვით სადენების გადნობით, სამუხრუჭე სისტემის მექანიკური დაზიანებით და ა.შ. (ავტოსატრანსპორტო ექსპერტიზა).

მანქანების და მოწყობილობების უმთავრესი თვისება – ხარისხი თვისებათა ერთობლიობა, რომელიც უზრუნველყოფს ობიექტის გამოყენების შესაძლებლობას. ასევე კომპლექსური თვისება – საიმედოობა, რომლის შემადგენელი ქვეთვისებებია: უმტყუნებლობა, ხანგამძლეობა, ვარგისიანობა, შეკეთების და შენახვის უნარი.

თითოეულ ამ თვისებას – კონკრეტული ობიექტების და საექსპლუატაციო თვისებების გათვალისწინებით – სხვადასხვა ფარდობითი მნიშვნელობა ენიჭება. მაგ.: არააღდგენადი ობიექტებისთვის – დიდი და ზედიდი ინტეგრალური სქემები და მოწყობილობები, სადაც არ არის გათვალისწინებული ტექნიკური მომსახურება და შეკეთება, საიმედოობის ძირითად თვისებად მიიჩნევა უმტყუნებლობა და გამძლეობა, ხოლო თუ გათვალისწინებულია ობიექტის შეკეთება ტექნიკური მომსახურებით, მაშინ შეკეთება-ვარგისიანობა ერთ-ერთი ძირითადი თვისებაა.

კვლევის საფუძველზე ჩამოყალიბებულია მტყუნებათა კლასიფიკაციის ბლოკ-სქემა (ნახ. 3.1), სადაც, მოცემულია მტყუნებათა საკლასიფიკაციო ნიშნები: მტყუნება – მუშაობის უნარის დაკარგვის ხასიათის მიხედვით;

მტყუნებათა სახე; მტყუნების წარმოქმნის მიზეზები და მტყუნების წარმოქმნის სახე.



ნახ. 3.1. მტყუნებათა საკლასიფიკაციო ნიშნები

თანდათანობითი მტყუნება გამოწვეული მექანიკური ცვეთით უშუალოდ დამოკიდებულებაშია ისეთ ფაქტორებთან როგორცაა: მოხახუნე წყვილების სისაღე და ანტიფრიქციული თვისებები, წნევა, ფარდობითი სიჩქარე, შემზეთი მასალების არსებობა და თვისებები, ამ სახის მტყუნებათა თავიდან აცილება ჩვეულებრივ პირობებში თითქმის შეუძლებელია.

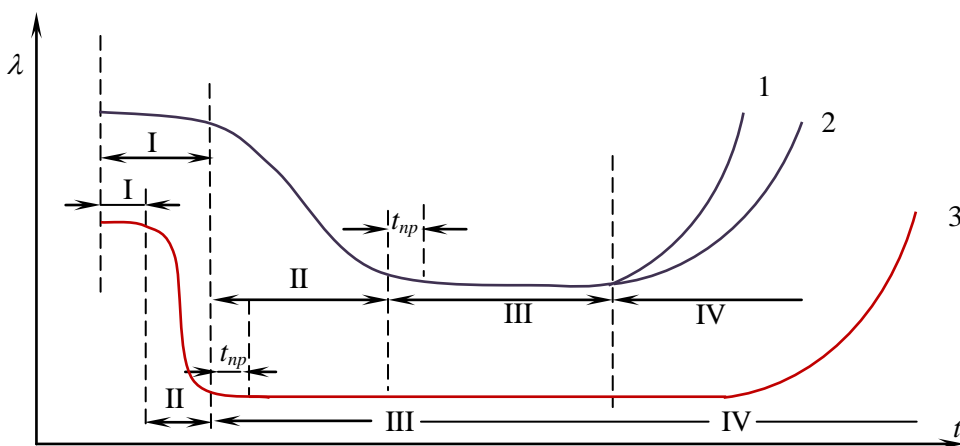
მტყუნება, გამოწვეული ელემენტების დადლილობით, არის გაანგარიშებასთან კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური შეუსაბამობის შედეგი. ასეთი მტყუნების, იგი უცაბედი იქნება თუ თანდათანობით, თავიდან აცილება შეიძლება.

მტყუნებანი შესაძლებელია ერთმანეთზე იყვნენ დამოკიდებული ან დამოუკიდებელი.

მტყუნებანი მათი წარმოქმნის მიზეზის ნიშნით არის კონსტრუქციული, საწარმო და ექსპლოატაციული, წარმოქმნის სახის მიხედვით - მთლიანი ან პარამეტრული. უკანასკნელი გულისხმობს მხოლოდ ერთი პარამეტრის შეცვლას.

ობიექტისთვის ოპტიმალურად ითვლება ის, რომ ყველა ელემენტისთვის მიღწეულ იქნეს მტყუნებათა ერთდროული დადგომა სამსახურის ვადის ან მისი ჯერადი დროის გასვლის შემდეგ. ზემოთ აღნიშნულის მიღწევა შესაძლებელია პასიური და აქტიური გზებით.

პასიური გზა ითვალისწინებს მეთოდს, როცა ელემენტის საპროექტო ხანგამძლეობას უახლოებენ ერთმანეთს ექსპერიმენტულად მრავალი და ხანგრძლივი დაკვირებების შედეგად. ეს გზა საიმედოა, მაგრამ ხანგრძლივი პროცესია და ამდენად არაეკონომიური. აქტიური გზა ითვალისწინებს ელემენტის ხანგამძლეობის განსაზღვრას გაანგარიშებების საფუძველზე. ეს უკანასკნელი ხასიათდება ნაკლები სიზუსტით. ოპტიმალურად მიიჩნევა აქტიური და პასიური გზების კომპლექსი. ფიზიკურ ექსპერიმენტთა პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე მოცემულია მიკროელექტრონული ხელსაწყოებისა და მექანიკური ერთეული ელემენტებისა და კვანძთა მტყუნებათა ინტენსივობის ფუნქციის გრაფიკი.



ნახ. 3.2. მექანიკური ერთეული (1) მოწყობილობების, კვანძებისა (2) და მიკროელექტრონული (3) ხელსაწყოების მტყუნებათა ინტენსივობის გრაფიკი

საწყის-კონსტრუირებისა და ექსპერიმენტული კვლევის პერიოდში $\lambda(t)$ ფუნქციის მნიშვნელობები ორივე ნახაზზე საკმაოდ დიდია, ეს განპირობებულია იმით, რომ ამ პერიოდში ვლინდება ტექნოლოგიური თუ ფარული დეფექტები. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ის ვითარება, რომ ელემენტის მუშაობის საწყის პერიოდს (ნახ. 3.2.) თან სდევს ურთიერთშეუღლებული ელემენტების მუშაობის პროცესი – განსაკუთრებით ლითონური ელემენტების შემთხვევაში. ამ პერიოდს – ექსპერტული ექსპლუატაციის პერიოდი ეწოდება.

მეორე უბანს აქტიური ექსპლუატაციის პერიოდი ეწოდება. მიკროელექტრონული ხელსაწყოებისათვის ეს პერიოდი შედარებით ხანგრძლივია, ვიდრე მექანიკური ხელსაწყოებისა და გრძელდება მორალურ მოძველებამდე.

მესამე უბანი – მექანიკური მოწყობილობებისათვის ხასიათდება ელემენტთა დაძველებით, გაცვეთით, დაღლილობით, მასალების ფიზიკურ-ქიმიური დესტრუქციით და ეწოდება "სიბერის" პერიოდი, ხოლო მიკროელექტრონული ხელსაწყოებისათვის კი "მორალური მოძველების" პერიოდი ეწოდება.

ხელსაწყოს ექსპლუატაციის პირობები განსაზღვრულია სტანდარტებით. კონსტრუირებისა და ექსპლუატაციის მთლიან ციკლში დეფექტების კვლევა. მათი წარმოშობის მექანიზმის შესწავლა და დეფექტების შემცირების მეთოდის შემუშავება ღებულობს აქტიურ, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას.

3.5. საინჟინრო ტექნიკური ექსპერტიზა. ექსპერიმენტული მოდელირების მეთოდოლოგია

მზა პროდუქციაზე ზემოქმედების ფაქტორები განსაზღვრულია სტანდარტებით და განპირობებულია ცდის მიზანზე, აგრეთვე იმ პირობებზე, რომელშიც განსაზღვრულია ამ ხელსაწყოს ექსპლუატაციის პირობები. ხელსაწყოების ხარისხი იზომება არა მხოლოდ იმ მახასიათებლებით, რაც განსაზღვრულია საწყისი პირობებით, არამედ აგრეთვე ამ თვისებებისა და მახასიათებლების შენარჩუნებით, როდესაც ხელსაწყო ექსპლუატაციას გადის ხანგრძლივ და მკაცრ პირობებში.

3.5.1. ტექნიკური ობიექტების საიმედოობის კვლევის მეთოდები.

ხარისხის კონტროლის მეთოდები და სახეები

▪ პრაქტიკულად დამაჯერებლობის პრინციპი.

პრაქტიკულად შეუძლებელი ეწოდება ისეთ მოვლენას, რომლის ალბათობა ძლიერ უახლოვდება ნულს. პრაქტიკულად დამაჯერებლობის მოვლენა ეწოდება ისეთ მოვლენას, რომლის ალბათობა არ უდრის ერთს, მაგრამ ძლიერ ახლოსაა მასთან.

თუ რომელიმე მოვლენა მოცემული ცდისას „პრაქტიკულად შეუძლებელია“, მაშინ იგივე მოვლენის საწინააღმდეგო მოვლენა იქნება „პრაქტიკულად დამაჯერებელი“ მოვლენა და გამოიხატება \bar{A} სიმბოლოთი. ამგვარად, ალბათობის თეორიის თვალსაზრისით სულ ერთია „პრაქტიკულად შეუძლებელ“ თუ „პრაქტიკულად დამაჯერებელ“ მოვლენასთან გვაქვს საქმე, ვინაიდან ისინი ყოველთვის ერთმანეთის თანხმლებია.

თუ რომელიმე მოვლენის ალბათობა მოცემულ ცდაში ძალიან მცირეა, მაშინ პრაქტიკულად დარწმუნებული ვართ, რომ ერთჯერადი ცდის ჩატარებისას მოვლენა არ მოხდება. ალბათობის თეორიის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა გამოვავლინოთ პრაქტიკულად შეუძლებელი ან პრაქტიკულად შესაძლებელი, უტყუარი მოვლენა, რის საფუძველზეც განსაზღვრავთ ცდის შედეგს და წამოვაცენებთ პირობებს, რომლის მეშვეობითაც ესა თუ ის მოვლენა ხდება პრაქტიკულად შეუძლებელი ან შესაძლებელი.

ალბათობის თეორიაში დიდი როლი ენიჭება შემთხვევით სიდიდეებს, რომელიც იწვევს გადახრებს.

უმტყუნებო მუშაობის ექსპერიმენტული განსაზღვრების ფორმულა $N(t)$ განსაზღვრავს უმტყუნებოდ მომუშავე ელემენტების რაოდენობას t დროისათვის. უმტყუნებო მუშაობის ალბათობა t მომენტისათვის, რომელიც განსაზღვრული იქნება ექსპერიმენტული გზით, შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

$$P(t) = \frac{N(t)}{N} \quad (1)$$

ფორმულა წარმოადგენს უმტყუნებო მუშაობის საიმედოობის $P(t)$ ფუნქციის სტატისტიკურ შეფასებას ელემენტების დიდი რაოდენობის შემთხვევაში.

$$\bar{F}(t) = \frac{\sum_{k=1}^i m}{n}$$

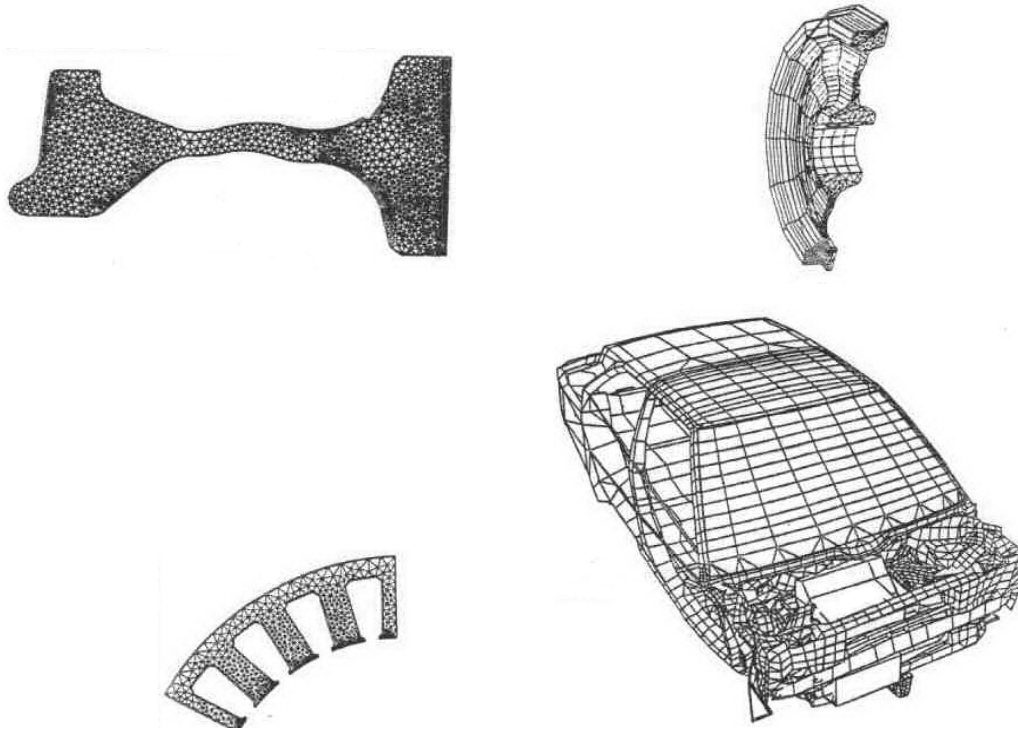
გრაფიკის აგება ეყრდნობა დაკვირვების მთელი დროის დაყოფის თანაბარი ინტერვალების მეთოდს და თითოეულ პერიოდში აღირიცხება უმტყუნებოდ მომუშავე ელემენტების რაოდენობა. ანალოგიურად აიგება მტყუნების ჰისტოგრამა.

მაღალი ხარისხის, სპეცილური დანიშნულების თუ სხვადასხვა მოდიფიკაციის ელექტროტექნიკური ხელსაწყოების კონსტრუირება ემყარება დამზადების ტექნოლოგიების მკაცრ დაცვას. კონკურენტულ გარემოში სულ უფრო დიდ როლს ასრულებს არა მარტო სტანდარტიზებული პროდუქციის გაიაფება არამედ ტექნოლოგიებისა და მრეწველობის მუდმივი მოდერნიზაცია. ტექნოლოგიური პროცესების შეგნებულად თუ შეუგნებლად დარღვევა იწვევს გამოსავალი პროდუქციის ხარისხის გაუარესებას. ამასთან დაკავშირებით მაღალი ხარისხისა და უდევფექტო საქონლის წარმოება ეყრდნობა ხარისხის კონტროლის მეთოდების მკაცრ დაცვას.

განიხილება ტექნოლოგიური სიახლეებისა და მათი ეფექტურობის ამაღლების დაჩქარების ორი მიმართულება, რომლებიც ერთმანეთს ავსებენ:

- პირველი უკავშირდება გამოკვლევებზე და ნამუშევრებზე კაპიტალ-დაბანდების მნიშვნელოვან ზრდას;
- მეორე - ტექნოლოგიებისა და ავტომატიზაციის სრულყოფას.

ნახევარგამტარული ხელსაწყოების და ინტეგრალური მიკროსქემების დამუშავებას და წარმოებას თან ახლავს მრავალი სახის მრავალეტაპიანი საკონტროლო გამზომი ოპერაციების შესრულება. წარმოების ციკლის სხვადასხვა ეტაპზე გამოიყენება კონტროლის სხვადასხვა სახე:



ნახ.3.3. ცდისული ექსპერიმენტისა და ნაკეთობათა დეფორმაციის განსაზღვრის იმიტაციური მოდელი

- კონტროლი ესკიზური პროექტირების ეტაპზე, ესაა ტექნოლოგიური პროცესებისა და მასალების შერჩევის კონტროლი;
- ხელსაწყო ტექნიკური პროექტირების ეტაპზე, ესაა ტექნიკური დოკუმენტაციის კონტროლი – პრინციპული ელექტრული და ფუნქციონალური სქემების შესატყვისობის კონტროლი საპროექტო ნორმებთან (ტექნოლოგიური შეზღუდვების მოთხოვნები);
- ხელსაწყო დამზადების ეტაპზე, ესაა საწარმოო ხარისხის კონტროლი და მზა პროდუქციის კონტროლი.

ხარისხის საწარმოო კონტროლი – ტექნოლოგიური პროცესის შემადგენელი ნაწილია, რომელიც შეიცავს ორ ძირითად მდგენელს: აშკარა (ხილული) დეფექტები, ვარგისიანობის პროცენტების განმსაზღვრელი და ფარული დეფექტები, რომლებიც აქვეითებენ გამოშვებული პროდუქციის საიმედობას. ორივე შემთხვევაში კონტროლი წარმოებს პასიური ან აქტიური ფორმით.

- კონტროლი, რომლის შედეგადაც მოვიპოვებთ ინფორმაციას დეფექტების ბუნების შესახებ, რაც წარმოადგენს კორექტირების შეტანის საფუძველს ტექნოლოგიურ რეჟიმებში. მას ეწოდება დიაგნოსტიკური მეთოდი.
- კონტროლი, რომლის დროსაც ფიქსირდება მხოლოდ დეფექტების „არსებობა“ ან „არ არსებობა“ და არაა გაშიფრული მისი მექანიზმი; მას ეწოდება პასიური მეთოდი.
- აშკარა დეფექტების ხარისხის პასიური კონტროლი დაიყვანება შერჩევის მოდელზე: „ვარგა“ – „არ ვარგა“.
- პირველადი კონტროლი – ნახევარფაბრიკატებისა და მასალის ხარისხის შეფასება.
- ტექნოლოგიური ოპერაციების დიაგნოსტიკური კონტროლი.
- მზა პროდუქციის ხარისხის კონტროლი – პარამეტრების გაზომვა იმიტაციური მოდელირების მეთოდით.

3.5.2. მზა პროდუქციის საიმედოობაზე გამოცდის სახეები

საიმედოობის თეორია მეცნიერული დისციპლინაა, რომელიც შეისწავლის ტექნიკური ობიექტების ნომინალურ პირობებში მუშაობის საფუძველს. ამასთან დაკავშირებით მათემატიკური აპარატის გამოყენებით იგი განიხილავს კონსტრუქციულ, ტექნოლოგიურ, ფიზიკურ-ქიმიურ და ორგანიზაციულ საკითხებს. საიმედოობის თეორია მიკროელექტრონულ ხელსაწყოთა, მექანიკური მანქანა-მექანიზმებისა და მოწყობილობების დაპროექტებისა და ექსპლუატაციის ერთ-ერთ ძირითად მეცნიერულ საფუძველს წარმოადგენს. იგი განიხილავს მოწყობილობათა საიმედოობის ფიზიკური საფუძველების – მასალების დაღლილობის, მორალურად დაძველებისა და ტრობოტექნიკის უმთავრეს საკითხებს. ამასთან დაკავშირებით მზა პროდუქციის საიმედოობაზე გამოცდას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება.

▪ **კონსტრუქციული გამოცდა** ტარდება ნიმუშის ან მისი ცალკეული ელემენტების კონსტრუქციის საიმედოობის გასაკონტროლებლად. ამ დროს

ამოწმებენ ზომებს, ანტიკოროზიული დაფარვის ხარისხს. ამასთან ერთად მოწმდება გამომყვანებისა და ელემენტების შეერთებების საიმედოობა მექანიკურ სიმტკიცეზე, ღუნვაზე და კორპუსის 100%-იან გერმეტიზაციაზე.

▪ **ელექტრონული გამოცდა** – ტარდება ნაკეთობის პარამეტრების სტაბილურობის დასადგენად სხვადასხვა პირობებში. აკონტროლებენ ელექტრულ ან თერმოელექტრული ზემოქმედების პირობებში ტექნოლოგიური მახასიათებლების გამოცდას. საცდელ ნიმუშს მიაწოდებენ ძაბვის და დატვირთვის მაქსიმალურ დასაშვებ მნიშვნელობებს. ამ რეჟიმში აყვანებენ გარკვეული დროის განმავლობაში, რომელიც მითითებულია ტექნიკური პირობების მოთხოვნაში.

თერმოელექტრული გამოცდებისათვის ნაკეთობას ათავსებენ სითბურ ან სიცივის კამერაში, მიაწოდებენ მაქსიმალურ დასაშვებ ტემპერატურას და აკონტროლებენ ელექტრულ პარამეტრებს. ცდა ტარდება ფარული დეფექტების აღმოსაჩენად, დეფექტებისა, რომლებმაც ექსპლუატაციის დროს შეიძლება მიგვიყვანოს მტყუნებამდე.

▪ **მექანიკური გამოცდა** ტარდება ხელსაწყოს მდგრადობაზე კონტროლის მიზნით, როდესაც მასზე მოქმედებს სხვადასხვა მექანიკური ფაქტორები. კონტროლი წარმოებს ერთდროულად გამოცდამდე და გამოცდის შემდეგ. აკონტროლებენ: ნაკეთობის ელექტრულ პარამეტრებს მექანიკური დატვირთვის პირობებში. ამოწმებენ კორპუსის სიმყარეს და კრისტალების მონტაჟის საიმედოობას და გამომყვანებს შორის დაშორებებზე და ღუნვაზე. მექანიკურ გამოცდას მიეკუთვნება ვიბროსიმტკიცეზე, ვიბრომდგრადობაზე, დარტყმის სიმტკიცეზე, დარტყმის ერთჯერად ზემოქმედებაზე და წრფივ დატვირთვაზე ზემოქმედებები.

▪ **ვიბროსიმტკიცეზე გამოცდა** ტარდება იმ მიზნით, თუ რამდენად უნარიანია ნაკეთობა გაუძლოს ვიბრაციის დამანგრეველ მოქმედებას და რამდენად შეუძლია ამ ზემოქმედების შემდეგ შეინარჩუნოს თავისი პარამეტრები.

▪ **ვიბრომედეგობაზე გამოცდას** ატარებენ როცა აუცილებელია ნაკეთობის შემოწმება - განსაზღვრონ შეინარჩუნებს თუ არა ნაკეთობა თავის ფუნქციებს ელექტრული დატვირთვის ქვეშ გარკვეული სიხშირეების და აჩქარებების დროს.

▪ **დარტყმით სიმტკიცეზე გამოცდა (მრავალჯერადი დარტყმები)** – ტარდება შესამოწმებლად, თუ რამდენად უნარიანია ნამზადი შეინარჩუნოს გარეგნული ფორმა და ელექტრული პარამეტრები ხანგრძლივი დარტყმითი ზემოქმედების დროს. ერთჯერადი დარტყმითი ზემოქმედების შემდეგ გამოცდა ტარდება ნიმუშის უნარიანობის შესამოწმებლად, თუ რამდენად შეუძლია გაუძლოს მექანიკურ დატვირთვას მაღალი აჩქარების და მყისი ზემოქმედების შემდეგ.

▪ **ხაზოვანი მექანიკური დატვირთვის ზემოქმედების გამოცდა** ტარდება შესამოწმებლად, თუ რამდენად უნარიანია ნაკეთობა გაუძლოს გარკვეული დროის განმავლობაში მუდმივი აჩქარების ზემოქმედებას. ელექტრული პარამეტრები მოწმდება გამოცდის შემდეგ.

▪ **კლიმატის გავლენის გამოცდა** ტარდება ნიმუშის შესამოწმებლად სითბოსა და სიცივის მიმართ მედეგობაზე, ასევე ტენიანობის, თერმოციკლირების, მომატებული და შემცირებული წნევის მიმართ მედეგობაზე. მოწმდება ტემპერატურის ცვლილების ზემოქმედება ნაკეთობის ელექტრულ პარამეტრებზე.

მიკროელექტრონული ნაწარმის მედეგობა სხვა კლიმატური ფაქტორების ზემოქმედების მიმართ ძირითადად განისაზღვრება ტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენებული მასალებით, დამცავი ფენის ხარისხით და კორპუსის კონსტრუქციით. კორპუსის მასალის და კრისტალების წრფივი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტების მრავალჯერადი ცვლილებას მივყავართ დეფექტების – ბზარების გაჩენამდე. ატმოსფერული წნევის მომატებამ ან შემცირებამ შეიძლება გამოიწვიოს კრისტალის დეფორმაცია ან კორპუსის გერმეტიზაციის დარღვევა. იმასთან დაკავშირებით,

რომ მზა ნაკეთობამ უნდა იფუნქციონიროს ექსპლუატაციის სხვადასხვა პირობებში. წარმოების პროცესში ტარდება შემდეგი კლიმატური გამოცდები:

- გამოცდა მომატებული ან დადაბლებული ტემპერატურის ზემოქმედებაზე ტარდება იმ მიზნით, რომ შემოწმდეს ნაწარმის უნარიანობა ამ პირობებში ელექტრული პარამეტრების შენარჩუნებისათვის;
- გამოცდა ტემპერატურის ციკლურ ზემოქმედებაზე იმ მიზნით, რომ გამოვლინდეს ნაწარმის უნარიანობა შეინარჩუნოს ელექტრული პარამეტრები და გარეგნული სახე ამ პირობებში;
- გამოცდას ტენიანობის მიმართ მედეგობაზე ატარებენ დასადგენად, რამდენად გაუძლებს ნაკეთობა სინოტივეს მოცემული დროის (რამდენიმე დღე) განმავლობაში;
- ნაკეთობის გამოცდას მაღალი ან დაბალი ატმოსფერული წნევის ზემოქმედებით ატარებენ ნაწარმის ელექტრული პარამეტრების საიმედობის დასადგენად. გამოცდა ელექტრულ დატვირთვაზე წარმოებს მხოლოდ დაბალი წნევის პირობებში.

საიმედობასა და ელემენტების საიმედობის მაჩვენებლებს შემთხვევითი ხასიათი აქვთ. აქ გამოიყენება მათემატიკური სტატისტიკისა და ალბათობის თეორიის დებულებები და თეორემები. მათემატიკური სტატისტიკის ამოცანათა კერძო კონკრეტული მონაცემების საფუძველზე ყალიბდება ზოგადი კანონზომიერება. ალბათობის თეორიის მეშვეობით კი ზოგადი კანონზომიერებიდან ვახდენთ კონკრეტული შედეგის მიღების პროგნოზირებას.

3.5.3. მზა პროდუქციაზე ზემოქმედების ფაქტორების განსაზღვრა

მზა პროდუქციაზე ზემოქმედების ფაქტორები განსაზღვრულია სტანდარტებით და განპირობებულია ცდის მიზნით, აგრეთვე იმ პირობებით, რომელშიც განსაზღვრულია ამ ხელსაწყოს ექსპლუატაციის პირობები.

ხელსაწყოების ხარისხი იზომება არა მხოლოდ იმ მახასიათებლებით, რაც განსაზღვრულია საწყისი პირობებით, არამედ აგრეთვე ამ თვისებებისა

და მახასიათებლების შენარჩუნებით, როდესაც ხელსაწყო ექსპლუატაციას გადის ხანგრძლივ და მკაცრ პირობებში.

ექსპლუატაციის პირობებში მზა პროდუქციაზე მოქმედებს სხვადასხვა ფაქტორი, რომელიც ძირითადად იყოფა სამ ჯგუფად:

- ელექტრული – პარამეტრების ცვლილება;
- მექანიკური დატვირთვა – ვიბრაცია, გრეხვა, ღუნვა, დარტყმა, ცენტრი-დანული დატვირთვა;
- კლიმატური პირობები – ტემპერატურის ცვლილება, წნევა, სინოტივე, რადიაცია და სხვ.

მტყუნების ალბათობის სიდიდე განისაზღვრება $P=(0-1)$ სიდიდით. როდესაც $P=0$ მტყუნების მოხდენის ალბათობა ნულის ტოლია, ხოლო როცა $P=1$ – მტყუნება აუცილებლად მოხდება. $0 < P \leq 1$ ინტერვალში შესაძლებელია მოხდეს მტყუნების მოვლენა. აქ $P(t)$ არის მოვლენის ალბათობა, t – ხელსაწყოს მუშაობის დრო.

3.5.4. ხელსაწყოების მზა პროდუქციის დიაგნოსტიკის კატეგორიის განსაზღვრა

შერჩევითი შემოწმება 1000/10.

მიღებულია შერჩევითი შემოწმების კატეგორიის რვა ჯგუფი K1-K8; ყოველი ჯგუფისათვის კატეგორიების მიხედვით განსაზღვრულია შერჩევითი შემოწმების რაოდენობა, სახე, ვარგისიანი ხელსაწყოთა რაოდენობა და სხვ.

K1 – ჯგუფის ცდისას მოწმდება: მარკირება, საერთო-გარე სახე და ხელსაწყოს ელექტრული პარამეტრები; შეირჩევა: $n_1 = 50$ ც და $n_2 = 100$ ც მათ იღებენ პირველი და მეორე ხარისხის ინტეგრაციის მიკროსქემებისათვის, ხოლო მესამე ხარისხის ინტეგრაციისათვის $n_3=10$ ც ამ შემთხვევაში ცდის პერიოდში დასაშვები მტყუნებათა რაოდენობა შეადგენს: $C_1=1$; $C_2 = 0$ და $C_3 = 0$;

K2 – ჯგუფის ცდისას მოწმდება: ელექტრული პარამეტრები, თბომდგრადობა, მდგრადობა ვიბრაციაზე, დარტყმაზე და მდგრადობა თერმოციკლზე.

შეირჩევა: $n_1=20$ ც; $n^2=40$ ც მესამე ხარისხის ინტეგრაციისათვის $n'_3 = 2000/N_i$ და $n''_3 = 4000/N_i$ სადაც N – მესამე ხარისხის ინტეგრაციის ელემენტთა რაოდენობაა მიკროსქემაზე. დასაშვებ მტყუნებათა რაოდენობა შეადგენს: $C_1=1$; $C_2 = 1$ და $C_3 = 0$;

K3 – ჯგუფის ცდა შეიცავს მცირე დროითი მონაკვეთით შემოწმებას; ამ დროს ხელსაწყო მოწმდება მაქსიმალურ ელექტრულ დატვირთვაზე და გაზრდილ ტემპერატურაზე. ცდათა რეჟიმები მითითებულია ტექნიკურ დოკუმენტაციაში.

K4 – ჯგუფის ცდა შეიცავს დიდი დროითი მონაკვეთით შემოწმებას – 10000საათი. შეირჩევა: $n_{1;2}= 100$ ც; $C_{1;2} = 5$ $n_3 = 20$ ც და $C_3 = 1$.

K5 – ჯგუფის ცდა შეიცავს გამომყვანებისა და მათი მირჩილვის ხარისხის შემოწმებას;

K6 – ჯგუფის ცდა შეიცავს ხელსაწყოს მასისა და გაბარიტული ზომების შემოწმებას;

K7 – ჯგუფის ცდა შეიცავს გამომყვანების მექანიკური მდგრადობის შემოწმებას;

K8 – ჯგუფის ცდა შეიცავს უკორპუსო ნახევარგამტარული ხელსაწყოს შემოწმებას მონტაჟზე.

3.6. საცდელი ნიმუშების ექსპერიმენტული კვლევის მეთოდები

3.6.1. მექანიკური გამოცდების მეთოდოლოგია

თითოეული საკვლევი ნიმუში უნდა შეეფარდებოდეს დადგენილ სტანდარტებს. ცდა უნდა ჩატარდეს დადგენილი მეთოდიკის მიხედვით.

ნიმუშის გამოცდა გაჭიმვაზე.

- გაჭიმვაზე ცდისას (მეტალები) ცილინდრული ნიმუში აიღება დიამეტრით 3 მმ და მეტი, ხოლო ბრტყელი ნიმუში 0,5მმ და მეტი საწყისი სიგრძით $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$ და $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$ ნიმუშებს გათვლითი სიდიდე-

ებით $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$ ეწოდება მოკლე, ხოლო ნიმუშებს სიდიდით $l_0 = 11,3\sqrt{F_0}$ - გრძელი ნიმუშები.

• ნიმუშის სამუშაო სიგრძე უნდა შეეფარდებოდეს:

ა) L ცილინდრული ნიმუშისათვის $l_0 + 0,5d_0$ დან $l_0 + 0,2d_0$ -მდე;

ბ) ბრტყელი ნიმუშებისათვის სისქით 4მმ და მეტი - $l_0 = +2,5\sqrt{F_0}$;

გ) ბრტყელი ნიმუშებისათვის სისქით 4მმ და ნაკლები - $l_0 = +\frac{b_0}{2}$;

▪ საცდელი ნიმუშის საწყისი და ბოლო სიგრძე აიღება სიზუსტით 0,1 მმ;

ა) საცდელი ნიმუშის საიმედო ცენტრირების დაცვა;

ბ) ცდისას დატვირთვა განსაზღვრულია სიჩქარის მატებით და არა მყისიერი დატვირთვა;

▪ საცდელი ნიმუშის დატვირთვა წარმოებს ზრდადი მეთოდით.

▪ თითოეულ საფეხურზე ნიმუშის გამძლეობის დრო ფიქსირდება 5-7წმ-ით.

გრაფიკული მეთოდით პროპორციულობის ზღვრის განსაზღვრა.

პროპორციულობის ზღვარი გამოითვლება:

$$\sigma_{my} = \frac{P_{my}}{P_0}$$

დატვირთვის მეთოდი:

• ნიმუშს ტვირთავენ და მდგომარეობას აფიქსირებენ 10-15წმ ზღვრული დატვირთვით. შემდგომ ხსნიან დატვირთვას და ზომავენ ნარჩენ წაგრძელებას.

• თუ ნარჩენი წაგრძელება ნაკლებია ან ტოლია გათვლილ წაგრძელებასთან, მაშინ ნიმუში შეესიტყვება სტანდარტს.

• ნიმუშის ფარდობითი წაგრძელება გაწყვეტის შემდეგ გამოითვლება

ფორმულით:
$$\sigma = \frac{(l_k - l_0) \cdot 100}{l_0}$$

ნიმუშის გამოცდა ღუნვაზე წარმოებს:

• ნიმუშის მოცემულ კუთხემდე მოღუნვა;

• ნიმუშზე პირველი ბზარების გაჩენამდე;

- ნიმუშის პარალელობამდე მოლუნვა;
- ნიმუშის მოლუნვა მხარის შეხებამდე.

ნიმუშის გამოცდა სიმტკიცეზე.

მეტალების გამოცდა სიმტკიცეზე წარმოებს შემდეგი მეთოდით:

ა) ფოლადის ბურთულა დიამეტრით D ჩაიწნეხება საცდელ ნიმუშში P სიმძიმის ძალის მეშვეობით, მოდებული გარკვეული დროით. დატვირთვის მოხსნის შემდეგ ნიმუშზე ზომავენ ჩაღრმავებული ნაჭდევის დიამეტრს;

ბ) საკვლევი ნიმუშის სიმტკიცე განისაზღვრება მოდებული დატვირთვის სიდიდის შეფარდებით ნიმუშზე წარმოქმნილი სფერული ნაჭდევის ფართობზე.

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

სადაც: HB – ბრინელის სიმტკიცე; P – დატვირთვა კგ-ში; D – ბურთულის დიამეტრი მმ-ში; d - ნიმუშზე ბურთულის ნაჭდევის დიამეტრი მმ.

ნიმუშის გამოცდა დარტყმაზე.

ნიმუშის ფიქსირება გამოსაცდელად წარმოებს შაბლონის დახმარებით. დარტყმითი სიბლანტე განისაზღვრება ფორმულით:

$$KC = \frac{K}{S_0}$$

KC – დარტყმითი სიბლანტე $\frac{j}{m}^2$ (ჯოული/მეტრ კვადრატ); K – დარტყმითი მუშაობა ჯ – ჯოული; S_0 – ნიმუშის საწყისი ფართობი $S_0 = H_1 \cdot B$; H_1 – ნიმუშის მუშა ნაწილის საწყისი სიმაღლე, სმ; B – ნიმუშის საწყისი სიგანე, სმ.

ნიმუშების ზომები ცდამდე და ცდის შემდეგ იზომება 0.0005 სმ სიზუსტით ოპტიკური ხელსაწყოების საშუალებით. თუ გამოცდის შემდეგ ნიმუში არ დაიშალა სრულად, მაშინ მასალის ხარისხის მაჩვენებელი ჩაითვლება არასრულად.

3.6.2. ელექტრო-ფიზიკური მახასიათებლების გაზომვის მეთოდика

სხვადასხვა ზემოქმედების პირობებში (რადიაცია, თერმული მყისიერი დარტყმა, მაღალამპლიტუდური დეფორმაცია და ა.შ.) მასალებისა და ნამზადების მახასიათებლების ცვლილებების დიაგნოსტიკა შესაძლებელია განხორციელდეს ელექტროფიზიკური მეთოდების გამოყენებით.

ოთახის ტემპერატურის პირობებში ელექტროფიზიკური თვისებების მახასიათებლები განისაზღვრებოდა ოთხზონდიანი მეთოდით, მუდმივ მაგნიტურ ველში მოთავსებულ ნიმუშში მუდმივი სიდიდის დენის აღძვრის პირობებში. მაგნიტური ველის დაძაბულობა შეადგენდა $\cong 1 \cdot 10^4$ ერსტედს. საცდელი ნიმუშის ფორმა – $2 \times 4 \times 12$ მმ³.

თავდაპირველად იანგარიშება ჰოლის კოეფიციენტი:

$$R_j = V_j \cdot d / HI$$

სადაც: H – მუდმივი მაგნიტური ველის დაძაბულობა; I – ნიმუშში გამავალი მუდმივი დენის სიდიდე; d – ნიმუშის სიგანე; V_j – ნიმუშზე აღძრული ჰოლის ე.მ.ძ.

დენის მატარებლების კონცენტრაცია იანგარიშება ფორმულით:

$$n = 1/e \cdot c \cdot R_n$$

e – ელექტრონის მუხტის სიდიდე; c – სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში.

დენის მატარებლების ძვრადობა გამოითვლება ცნობილი თანაფარდობიდან:

$$\mu = \sigma / e \cdot n$$

სადაც, გამტარობა ტოლია $\sigma = I/j$, S – ნიმუში კვეთის ფართობია.

3.6.3. მიკროსისალის განსაზღვრის მეთოდика

ძლიერი მექანიკური ზემოქმედების შედეგად საცდელი ნიმუშების სტრუქტურა და სტრუქტურულად მგრძნობიარე მექანიკური მახასიათებლების მაღალი სიზუსტით დიაგნოსტიკა შესაძლებელია სისალის, კერძოდ მიკროსისალის მეთოდებით (ჰერჩკოვიჩი, კნუპი, ვიკერსი). მიკროსისალის გაზომვამდე წარმოებდა ნიმუშების ზედაპირის მომზადება შემდეგი

თანმიმდევრობით: ზედაპირი იშლიფებოდა სხვასასხვა ზომის მარცვლების SiC – ფხვნილზე, შემდეგ ხდებოდა მექანიკური პოლირება ალმასის პასტებით ($d \approx 1, 2, 3$ მკმ). მიკროსისალე შეისწავლებოდა მოწამვლის შემდეგ. მოწამვლა ხორციელდებოდა მდუღარე ხსნარში შემადგენლობით: 4ნაწ. 25% + 1ნაწ. 30% H_2O_2 .

მიკროსიალის გაზომვა სრულდებოდა PMT-3 -ზე 50 გ. დატვირთვის ქვეშ. ანაბეჭდის დიაგონალი იზომებოდა ოკულარული მიკრომეტრით. მიკროსისალე ითვლებოდა ფორმულით:

$$H = 1854 P / c^2$$

სადაც: H - მიკროსისალე; P – დატვირთვა; c – ანაბეჭდის დიაგონალის სიგრძე.

მიკროსისალის ყოველი მნიშვნელობა მიღებულია ანაბეჭდის სამჯერადი გაზომვით და თვით ნიმუშის დამახასიათებელი მიკროსისალის სიდიდე გამოანგარიშებულია ნიმუშის ზედაპირზე 50 ანაბეჭდის ოთახის ტემპერატურაზე გაზომვის საფუძველზე.

3.6.4. თერმული გაფართოების რეგისტრაციის მეთოდი

ინდუქციური გადამწოდით მოქმედი დილატომეტრის მუშაობა დამყარებულია ტემპერატურის ცვლილების პირობებში საცდელი ნიმუშის სიგრძის შეცვლის გამო კოჭში აღძრული ინდუქციური დენის ცვლილებასთან. სიგრძის ცვლილების დაგრადუირება წარმოებს მიკრომეტრის საშუალებით. იგი საშუალებას იძლევა აგრეთვე გაზომვები შესრულდეს უშუალოდ ავტომატურ რეჟიმის გარეშე.

3.6.5. შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის გაზომვის მეთოდი

შინაგანი ხახუნის დანადგარის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს ვერტიკალურად დამაგრებული გრეხითი ქანქარა. მის ღერძზე მექანიკური მომჭერების ან ცეცხლგამძლე წებოს საშუალებით მაგრდება ნიმუშები. ქანქარის ჰორიზონტალურ ღერძზე განლაგებულია მაგნიტური ტვირთები. შესაძლებელია მათი მასის და ვერტიკალური ღერძიდან დაშორების

რეგულირება მერხევი სისტემის სიხშირის შეცვლის მიზნით. გრეხითი რხევების აღზნება წარმოებს ტვირთებისადმი სიმეტრიულად განლაგებული წყვილი ელექტრომაგნიტებით. ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ღერძების კვეთაზე განლაგებულია ამრეკლავი სარკე. მისგან არეკლილი სინათლის სხივი ფიქსირდება გამჭვირვალე ოპტიკურ სკალაზე. ელექტრომაგნიტებში დენის რეგულირებით შესაძლებელია ოპტიკურ სკალაზე ნიმუშის დაგრეხის კუთხის რეგისტრაცია სხივის გადახრის ამპლიტუდების შეფასების გზით. საცდელი ნიმუშების ძვრის დინამიური მოდულისა და შინაგანი ხახუნის ტემპერატურული და ამპლიტუდური დამოკიდებულებების შესწავლა ხორციელდება ნახევრადავტომატურ დანადგარზე. გრეხითი რხევების სიხშირისა და მიღვეის ლოგარითმული დეკრემენტის რეგისტრაციის მეთოდით. გაზომვებში გამოიყენებოდა პარალელეპიპედის ფორმის ნიმუშები. გაზომვები სრულდებოდა ტემპერატურათა 300-1000K და სიხშირეთა 0,5÷53კ ინტერვალებში. გაზომვის პროცესში შესაძლებელია გრეხითი რხევების ამპლიტუდის ცვლილება $1 \times 10^{-5} \div 5 \times 10^{-3}$ ინტერვალში. გაზომვა ხორციელდებოდა გახურება-გაცივების 1÷3გრად/წთ სიჩქარით. ძვრის მოდულის აბსოლუტური სიდიდე ოთახის ტემპერატურაზე განისაზღვრებოდა შემდეგი ფორმულით:

$$G = G_0 f^2 / f_0^2$$

სადაც, G_0 და f_0 ეტალონის ძვრის მოდული და რხევის სიხშირეა გამზომ დანადგარში ოთახის ტემპერატურაზე, ხოლო G და f იდენტური ზომების საცდელი კრისტალის მოდულისა და რხევის სიხშირის მნიშვნელობები. აღნიშნული მეთოდებით ძვრის მოდულის განსაზღვრის ცდომილებაა 3%

შინაგანი ხახუნის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით:

$$Q^{-1} = \frac{1}{\pi N} \ln \frac{A_n}{A_n + N}$$

სადაც, N რხევათა რაოდენობაა, რომელიც სრულდება რხევის ამპლიტუდის A_n -დან A_n+N -მდე შემცირების დროს.

რელაქსაციური პროცესის აქტივაციის ენერგია გამოითვლებოდა ფორმულით:

$$H = \frac{kT_1T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{f_2}{f_1}$$

სადაც, k - ბოლცმანის მუდმივაა, ხოლო T_1 და T_2 რელაქსაციური შინაგანი ხახუნის მაქსიმუმის ტემპერატურებია f_1 და f_2 სიხშირეებზე.

რელაქსაციური პროცესის სიხშირის ფაქტორი განისაზღვრებოდა ფორმულით:

$$\tau_0^{-1} = 2\pi f_{\max} \exp\left(\frac{H}{kT_{\max}}\right)$$

სადაც, H - პროცესის აქტივაციის ენერჯიაა, f_{\max} და T_{\max} მაქსიმუმებზე სიხშირე და ტემპერატურა. გრეხითი ფარდობითი დეფორმაციის სიდიდე გამოითვლებოდა ცნობილი შეფარდებით:

$$\varepsilon = \frac{rL}{lR}$$

სადაც, r წარმოადგენს ნიმუშის განივ კვეთაზე შემოწერილი წრის რადიუსს, l - ნიმუშის სიგრძეს, R - მანძილს სხივის ამრეკლავი სარკიდან ოპტიკურ სკალამდე, ხოლო L - არის ოპტიკურ სკალაზე ნულოვანი მდგომარეობიდან სხივის გადახრის სიდიდე. რხევის კრიტიკული ამპლიტუდის დამოკიდებულება ტემპერატურისაგან გრანატო-ლუკეს სიმის მოდელში იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$\varepsilon = \frac{KC^{1/2}T}{Gb^3} \exp\left(\frac{H}{kT}\right)$$

სადაც, H - დისლოკაციის ბმის ენერჯია, k - ბოლცმანის მუდმივა, T - გაზომვის ტემპერატურა, ε - შინაგანი ხახუნის მკვეთრად ამაღლების შესაბამისი რხევის ამპლიტუდა, C - დისლოკაციაზე არსებული წერტილოვანი დეფექტების კონცენტრაცია, G - ძვრის მოდული, ხოლო b - ბიურგერსის ვექტორია. დრეკადობის ზღვარი შეფასებულია ფორმულით:

$$\delta = G\varepsilon$$

თავი IV. ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები
4.1. მონოკრისტალური სილიციუმისა და გერმანიუმის
მეტალოგრაფიული გამოკვლევა

მასიური კრისტალებისა და მათ ფუძეზე შექმნილი განსაზღვრული დანიშნულების ნამზადების სტრუქტურული მდგომარეობის დიაგნოსტიკა ეფექტურად დგინდება ოპტიკური მიკროსკოპიის მეთოდების გამოყენებით. განსაკუთრებით მნიშვნელობა ენიჭება ზედაპირული სტრუქტურული მდგომარეობის დიაგნოსტიკას თერმული მაღალტემპერატურული დარტყმებით, რადიაციით, სხვადასხვა ტიპის მექანიკური ზემოქმედების და სხვა სახის მაღალი ინტენსივობის ზემოქმედებით. აუცილებელია ნიმუშში განსაზღვრული ტიპის ზემოქმედებით გამოწვეული სტრუქტურული მდგომარეობისა და საწყისი სტრუქტურის შედარება, განცდილი ზემოქმედების წარმომავლობისა და მექანიზმის პროგნოზირება.

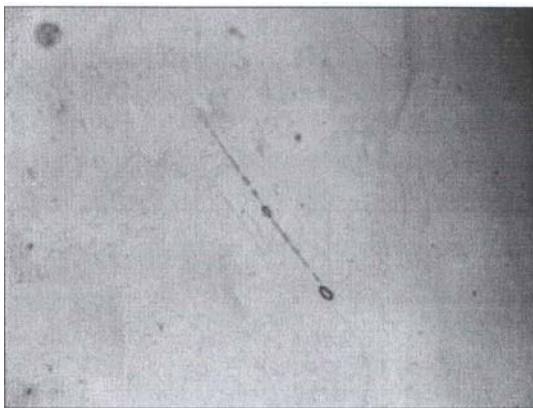
აღნიშნულთან დაკავშირებით ოპტიკური მიკროსკოპის Neophot-32-ის საშუალებით შესწავლილია სილიციუმისა და გერმანიუმის კრისტალების მიკროსტრუქტურა საწყის, დეფორმირებულ და მაღალ ტემპერატურებზე თერმოციკლების შემდეგ. შესწავლის ობიექტების საკვლელი ზედაპირები მომზადებულია მექანიკური ხეხვის, პოლირებისა და ქიმიური მოწამვლის ცნობილი სტანდარტული მეთოდით.

დეფექტებისაგან თავისუფალი მონოკრისტალური სილიციუმის (100) სიბრტყის ზედაპირზე შექმნილია მხოლოდ ორი ფიგურა, რაც შესაძლებელია წარმოადგენდეს დისლოკაციების მოწამვლის ორმოებს. ლოკალიზებული დეფორმაციის გავლენით ფიგურების ფორმა მომრგვალებულია ე.ი. გადახრილია (100) სიბრტყეებისათვის დამახასიათებელი კვადრატის ფორმისაგან (ნახ. 4.1. ა).

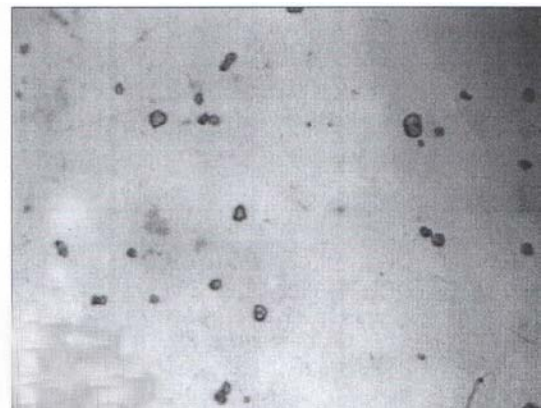
ღუნვითი დეფორმაცია 900°C ტემპერატურაზე ჰაერზე ნიმუშის დამსხვრევის შედეგით მკვეთრად ამრავლებს მოწამვლის ორმოების რაოდენობას. შესაბამისად საცდელმა ნიმუშმა განიცადა არსებითი ცვლილება,

მასში წარმოიქმნა გავრცობილი დეფექტები - დისლოკაციები. მოწამვლის ფიგურების რაოდენობა შეეფარდება დისლოკაციების სიმკვრივეს $\sim 10^5 \text{სმ}^{-2}$.

დეფორმირებული სილიციუმის ფირფიტის ფორმის ნიმუშის (111 ორიენტაციის) თერმოციკლირება $600-900^\circ\text{C}$ ინტერვალში (გახურება-გაცივება) ნიმუშის სტრუქტურაში იწვევს ახალი დეფექტების - დისლოკაციების მწკრივების წარმოქმნას (ნახ. 4.1. ბ). ახლად წარმოქმნილი დეფექტების ფორმა მიახლოებულია სამკუთხედის ფორმასთან, რაც მოსალოდნელია, რადგანაც (111) წარმოადგენს მესამე რიგის სივრცული სიმეტრიის სიბრტყეს ალმასის ტიპის სილიციუმის კრისტალურ მესერში. სურათიდან ჩანს, რომ ზედაპირთან ახლოს განვითარებული დისლოკაციური ფიგურები გაცილებით დიდია, ვიდრე კრისტალის სიღრმეში არსებული დეფექტები. ასეთი არაერთგვაროვნება დამახასიათებელია არათანაბრად განაწილებული თერმული ძაბვის შემთხვევებისათვის.



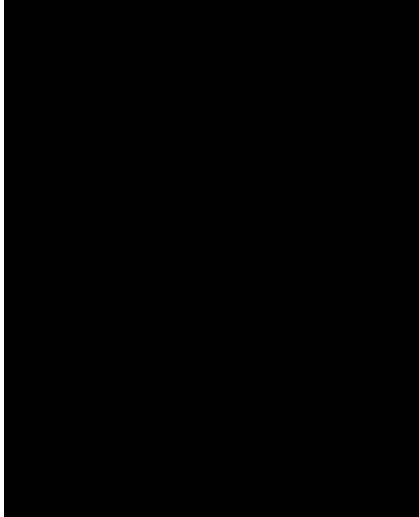
ა) საწყისი;



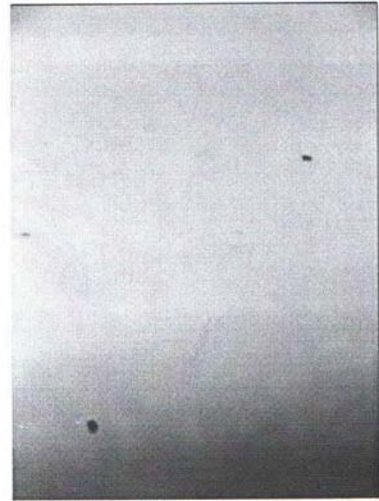
ბ) დეფორმირებული

ნახ. 4.1. [100] ორიენტაციის მონოკრისტალური Si-ის მიკროსტრუქტურა;

დაბალამპლიტუდური გრეხითი დეფორმაცია $800-900^\circ\text{C}$ ტემპერატურაზე (დეფორმაციის ხარისხი $\sim 0,5-1,0\%$) ასტიმულირებს დეფექტების რაოდენობის ზრდას. ეს ნათლად ჩანს მონოკრისტალური სილიციუმის (111) ზედაპირის სურათზე (ნახ. 4.2.ა) მოცემულ შემთხვევაში დისლოკაციების მოწამვლის ორმოების რაოდენობა ფართობის ერთეულზე არ აღემატება $5 \cdot 10^3 \text{სმ}^{-2}$.



ა) დისლოკაციების სტატისტიკური განაწილება.

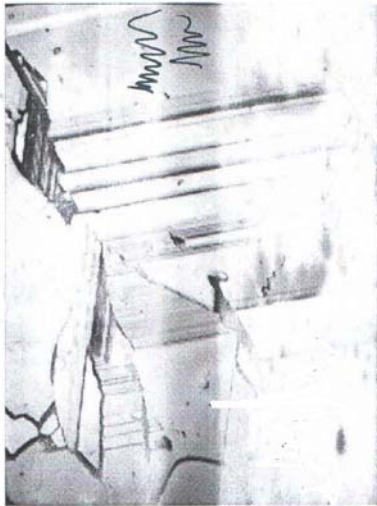


ბ) პრაქტიკულად დისლოკაციებისაგან მინიმალური შემცველობის არე.

ნახ. 4.2. [111] ორიენტაციის მონოკრისტალური Si-ის მიკროსტრუქტურა

მკვეთრი სტრუქტურული ცვლილებები ფიქსირდება გერმანიუმის კრისტალების შემთხვევაში. ჩოხრალსკის ღუმელში (111) მიმართულებით გაზრდილი მასიური კრისტალის შერჩეულ უბანზე ხშირად ფიქსირდება პრაქტიკულად დეფექტებისაგან სრულიად თავისუფალი მდგომარეობა (ნახ. 4.2.ბ). მაგრამ მასიური კრისტალის ზედაპირთან ახლოს ფენებში, სადაც მაღალია გადაციების ხარისხი ფიქსირდება პლანარული დეფექტების ერთობლიობა პაკეტების სახით (ნახ.4.3. ბ). მსგავსი ფიგურები დამახასიათებელია დეფორმაციული წარმოშობის ორეულებისა და წყობის დეფექტებისათვის გერმანიუმის სტრუქტურაში.

600⁰C ტემპერატურაზე მექანიკურ სწრაფი ზემოქმედებით დამსხვრევის შემდეგ გერმანიუმის მონოკრისტალში განხორციელდა ფრაგმენტაცია, ანუ მსხვილი ბლოკების წარმოქმნა (ნახ. 4.3ა). სურათიდან ნათლად ჩანს ბლოკების გამყოფი საზღვრები და ცალკეული ბლოკის შიდა სტრუქტურაში განვითარებული ორეულოვანი ლარტყები. ზოგიერთ უბანზე ორეულების ლარტყები პარალელურ ორიენტაციაში ბლოკის ერთი ბოლოდან მეორემდეა გავრცობილი. აღნიშნულია, რომ დამსხვრეული კრისტალის სტრუქტურაში ფორმირებული ორეულოვანი და ბლოკური აღნაგობა მეტად მდგრადია თერმული ზემოქმედებისადმი კრისტალის დნობის ტემპერატურამდე.



ა) ორეულების შეჯგუფება.

ბ) ბლოკებისაგან შედგენილი სტრუქტურა

ნახ. 4.3. მსხვილმარცვლოვანი Si-ის მიკროსტრუქტურა

ამრიგად, მონოკრისტალური ნახევარგამტარული ნიმუშების, კერძოდ, ფუძეშრეების სტრუქტურული მდგომარეობის დიაგნოსტიკა შესაძლებელია ეფექტურად განხორციელდეს ოპტიკური მიკროსკოპის გამოყენებით, დადგინდეს დეფექტების სტრუქტურის ფორმირების პირობები და გარდაქმნის მიზეზები. განხორციელდეს კრისტალზე განხორციელებული გარეშე ზემოქმედების დიაგნოსტიკა და განისაზღვროს განხორციელებული სტრუქტურული ცვლილებების წარმომავლობა.

დასკვნა: შესწავლილია ოპტიკური მიკროსკოპიის მეთოდით სილიციუმისა და გერმანიუმის (111) და (100) ორიენტაციის ფუძეშრეების მიკროსტრუქტურა. ნაჩვენებია, რომ მაღალტემპერატურული დეფორმაციით და თერმოციკლირებით წარმოიქმნება ალმასის ტიპის მესრის დამახასიათებელი დისლოკაციური სტრუქტურა. დისლოკაციური სტრუქტურის აღნაგობა განსაზღვრულია გარეშე ზემოქმედების ინტენსივობით. დადგენილია, რომ დეფორმაცია დამსხვრევით გერმანიუმის მონოკრისტალში წარმოქმნის ბლოკებსა და ორეულების შეჯგუფებას, ხოლო თერმოციკლირება ასტიმულირებს დისლოკაციების რაოდენობის მნიშვნელოვნად ამაღლებას.

4.2. მონოკრისტალური სილიციუმის ელექტრო-ფიზიკური მახასიათებლები

ცნობილია, რომ ბორის ატომები სილიციუმის კრისტალურ მესერში წარმოქმნიან ჩანაცვლების მყარ ხსნარს. ბორის ატომური რადიუსის სიმცირის (~0,97Å) გამო, მის ირგვლივ მყარ ხსნარში ვითარდებიან შემკუმშავი ძაბვები. ამასთან ერთად, სილიციუმში ბორს ახასიათებს დაბალი დიფუზიური აქტიურობა, რის გამო დაბერების პროცესების ალბათობა ნულამდეა შემცირებული. აღნიშნული გარემოებები განაპირობებს ბორით ლეგირებული სილიციუმის კრისტალების ელექტროფიზიკური მახასიათებლების მდგრადობას ამაღლებულ ტემპერატურებზე (500-1000K) ხანგრძლივად ექსპლუატაციის პირობებში.

შესწავლილია მონოკრისტალური n- და p-ტიპის სუფთა და ლეგირებული სილიციუმის ელექტროფიზიკური მახასიათებლები ოთახის ტემპერატურის პირობებში. გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 4.1-ში როგორც ცხრილიდან ჩანს, არალეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმი ხასათდება P-ტიპის გამტარობით. მუხტის მატარებლების შემცირებული კონცენტრაცია მიგვანიშნებს სილიციუმის მაღალ სიწმინდეზე ელექტრულად აქტიური მინარევების მიმართ. ღუნვითი დეფორმაცია 970 K-ზე იწვევს ხვრელების კონცენტრაციის ერთი რიგით ამაღლებას. რადგანაც აღნიშნულ პირობებში დეფორმაციის დროს დისლოკაციებთან ერთად კრისტალურ მესერში ჩაისახებიან ვაკანსიები, სავარაუდოა, რომ ხვრელების კონცენტრაციის ამაღლება დაკავშირებულია ვაკანსიების წარმოქმნასთან.

დეფორმაციის შემდეგ მოწვა ვაკუუმში 1270K-ზე 3სთ-ის განმავლობაში ამცირებს ხვრელების კონცენტრაციას, რაც გამოწვეულია ვაკანსიების, როგორც აქცეპტორების კონცენტრაციის შემცირებასთან.

ფოსფორით ლეგირებული სილიციუმის მონოკრისტალში ვლინდებიან განსხვავებული ხასიათის ცვლილებები. კერძოდ, აღნიშნულ პირობებში დეფორმაცია მნიშვნელოვნად ამცირებს ელექტრონების კონცენტრაციას, რაც გამოწვეულია ვაკანსიური წარმოშობის აქცეპტორების მიერ ელექტრო-

ნების კონცენტრაციის ნაწილობრივი კომპენსაციით. ამის შემდგომი მოწვა კვლავ ამაღლებს ელექტრონების კონცენტრაციას. ეს გარემოება დაკავშირებულია ვაკანსიების მოწვასთან.

*მონოკრისტალური სილიციუმის ელექტრო-ფიზიკური მახასიათებლები
ცხრილი 4.1*

მასალა	დენის მატარებლ კონც.-ია სმ^{-3}	დენის მატარებლ. ძვრადობა $\text{სმ}^2, \text{ვ}^{-1}, \text{წმ}^{-1}$	დისლოკაციების სიმკვრივე სმ^{-2}	ძვრის მოდული კგ/მმ^2	მიკროსის-ლე კგ/მმ^2
საწყისი Si, [111], p ტიპ.	$5 \cdot 10^{14}$	575	$2 \cdot 10^2$	5000	1400
Si, [111], p- ტიპ. დეფორმაცია ღუნვით 970 K	$2 \cdot 10^{15}$	500	$5 \cdot 10^4$	4650	1260
Si, [111], p- ტიპ. მოწვა დეფორმაციის შემდეგ 1270 K, 3 სთ	$2 \cdot 10^{15}$	530	$6 \cdot 10^3$	4800	1330
საწყისი Si:B, p- ტიპ.	$5 \cdot 10^{19}$	360	$1 \cdot 10^4$	5100	1380
Si:B, [111] დეფ. ღუნვით 970 K	$1 \cdot 10^{20}$	315	$3 \cdot 10^6$	4500	1300
Si:B,[111], p-ტიპ. მოწვა1 270K, 3 სთ დეფ-ის შემდეგ	$5 \cdot 10^{19}$	380	$7 \cdot 10^4$	4950	1370
საწყისი Si:P [111], n - ტიპ.	$1 \cdot 10^{20}$	1550	$5 \cdot 10^2$	4850	1340
Si:P,[111] n-ტიპ. დეფორმაცია ღუნვით 970K	$7 \cdot 10^{18}$	1460	$1 \cdot 10^5$	4500	1150
Si:P, [111] n-ტიპ. დეფორმაციის შემდ მოწვა 1270K	$2 \cdot 10^{19}$	1600	$3 \cdot 10^5$	4600	1370

4.3. ლეგირებული სილიციუმის მიკროსისალის გამოკვლევა

უკანასკნელ პერიოდში ნახევარგამტარი მასალების კავშირის ძალების ბუნებისა და დამახასიათებელი სტრუქტურული დეფექტების ჩასახვის, ურთიერთქმედებისა და მოძრაობის მექანიზმების ანალიზისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მათი ელექტროფიზიკური და სტრუქტურულად მგრძნობიარე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კომპლექსურად შესწავლას. მიუხედავად აღნიშნულისა, ნახევარგამტარი მასალების მექანიკური თვისებები ჯერ-ჯერობით ნაკლებადაა შესწავლილი, ხოლო გამოქვეყნებული მონაცემები სილიციუმ-გერმანიუმის მყარი ხსნარების მექანიკური მახასიათებლების შესახებ არასაკმარისია და წინააღმდეგობრივი. ეს გარემოება განსაზღვრავს სუფთა და ლეგირებული სილიციუმის მექანიკური თვისებების, კერძოდ, მიკროსისალის გამოკვლევის აუცილებლობასა და აქტუალობას.

ჩვენს მიერ შესწავლილია (111) სიბრტყეზე n- და p-ტიპის მონოკრისტალური სილიციუმის მიკროსისალე ოთახის ტემპერატურის პირობებში. მიკროსისალის მიღებული სიდიდე არალეგირებული მონოკრისტალისათვის ოდნავ ჩამოუვარდება ლიტერატურულ მონაცემს 10^2 სმ^{-2} დისლოკაციების სიმკვრივის კრისტალისათვის. დეფორმაცია ამცირებს მიკროსისალის მნიშვნელობას, ხოლო დეფორმაციის შემდეგ მოწვა შესამჩნევად ზრდის მას. ასეთი ხასიათის ცვლილებები დაკავშირებულია გარეშე ზემოქმედების ზეგავლენით დისლოკაციების გაზრდა-შემცირებასთან.

ბოროთ ლეგირება, მიუხედავად იმისა, რომ ზრდის დისლოკაციების რაოდენობას, იწვევს მიკროსისალის ზრდას არალეგირებულ მდგომარეობასთან შედარებით. ეს გარემოება განპირობებულია კრისტალურ მესერში გახსნილი ბორის ატომების ირგვლივ წარმოქმნილი შემკუმშავი ძაბვებით. ისინი ამცირებენ ატომთაშორის მანძილებს, შესაბამისად იზრდება კავშირის ძალები და კრისტალური მესრის წინააღმდეგობა გარეშე კონცენტრირებული მექანიკური ზემოქმედებისადმი. ფოსფორით ლეგირების შემთხვევაში შესამჩნევად მცირდება სილიციუმის მონოკრისტალის მიკროსისალე.

ეს გამოწვეულია ფოსფორის დიდი ატომური რადიუსის მქონე ატომების ირგვლივ გამჭიმავი ძაბვების ზემოქმედებით. ისინი ზრდიან ატომთა შორის მანძილებს, შესაბამისად სუსტდებიან კავშირის ძალები და შემცირებულია კრისტალური მესრის წინააღმდეგობა გარეშე კონცენტრირებული მექანიკური ზემოქმედებისადმი.

დეფორმაციის შემდეგ მოწვა ვაკუუმში სუსტად ზრდის ფოსფორით ლეგირებული სილიციუმის მიკროსისალეს. ეს დაკავშირებულია უმნიშვნელო ცვლილებებთან დისლოკაციურ სტრუქტურაში.

4.4. ღუნვითი დეფორმაციის გავლენა მონოკრისტალური სილიციუმის ელექტრულ და მექანიკურ მახასიათებლებზე

ჩატარებული ექსპერიმენტი მოიცავს სილიციუმის მონოკრისტალის დეფორმაციისა და მოწვის ზემოქმედებას მიკროსისალეზე, ძვრის მოდულზე და შინაგან ხახუნზე. ნიმუშები ორიენტაციით (111) მიღებულია ვაკუუმში ჩოხრალსკის მეთოდით და ხასიათდებიან P ტიპის გამტარობით. შინაგანი ხახუნის და ძვრის მოდულის გაზომვები სრულდებოდა დაბალსიხშირულ რელაქსატორზე ~13ც სიხშირის გრეხითი რხევების დროს. ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება და დეფექტების მოძრაობის აქტივაციის პარამეტრების განსაზღვრა ხორციელდებოდა სტანდარტული მეთოდით [18; 37].

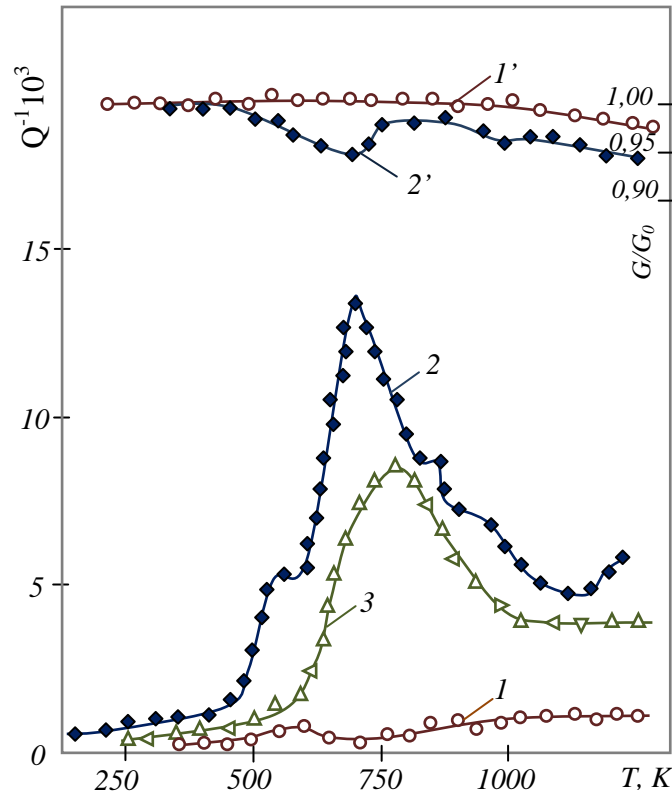
როგორც გაზომვებმა გვიჩვენა, ძლიერი ღუნვის დეფორმაციის შემდეგ (ნიმუშის დამსხვრევამდე), მიკროსისალე 10-15%-ით მცირდება საწყის მდგომარეობასთან შედარებით.

მიკროსტრუქტურის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ საწყისი ნიმუშების დისლოკაციების სიმკვრივე ტოლია $1 \cdot 10^3 \text{ სმ}^{-2}$, ხოლო ღუნვით დეფორმაციის შემდეგ 700K-ზე დისლოკაციების სიმკვრივე იზრდება ორი რიგით. შემდგომი მოწვა ვაკუუმში 1270K-ზე 3სთ-ის განმავლობაში დისლოკაციების სიმკვრივეს ამცირებს $\sim 2 \cdot 10^4 \text{ სმ}^{-2}$ -მდე.

საწყის მდგომარეობაში სილიციუმის ნიმუშებს აქვთ ხვრელების კონცენტრაცია $\sim 1 \cdot 10^{16}$ სმ⁻³. ხოლო დეფორმირებულ მდგომარეობაში ხვრელების კონცენტრაცია იზრდება 15 ჯერ. შემდგომი მოწვა 1270 K-ზე 3 სთ-ის განმავლობაში ამცირებს ხვრელების კონცენტრაციას $5 \cdot 10^{15}$ სმ⁻³-მდე. დენის მატარებლების კონცენტრაციის ასეთი სახის ცვლილებები გამოწვეულია დეფორმაციის დროს წარმოქმნილი ვაკანსიებით და შემდგომი მოწვის პროცესში მათი ლიკვიდაციით. ვაკანსიების ნაწილი შეიძლება მოგროვდეს დისლოკაციების ბირთვის მახლობლად და წარმოქმნან წერტილოვანი დეფექტების კომპლექსები. ეს გარემოება და ასევე დისლოკაციების რაოდენობის შემცირება ნიმუშის ზედაპირის მახლობლობაში შესაძლებელია იყოს მიზეზი მიკროსისალის ზრდისა მოწვის შედეგად.

დეფორმაცია და მოწვა იწვევენ ატომთაშორის ურთიერთქმედების ძალების ცვლილებას ნიმუშის მოცულობაშიც, რადგან ადგილი აქვს ძვრის მოდულის მნიშვნელოვან შემცირებას დეფორმაციის შემთხვევაში და მის შემდგომ გადიდებას მაღალტემპერატურული მოწვის შედეგად.

ნახ. 4.4. წარმოდგენილია მონოკრისტალური სილიციუმის შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ტემპერატურული დამოკიდებულება. შინაგანი ხახუნის საწყის სპექტრში დაიმზირება დაბალი, ტემპერატურისაგან სუსტად დამოკიდებული ფონი, რომელზეც 700, 940 და 1000K-ზე ჩანს მაქსიმუმების კვალი. შესაბამისად ძვრის მოდულის გრაფიკზე არ შეინიშნება რაიმე სახით თავისებურებები. 700-1000K ტემპერატურულ არეში დაიმზირება მისი სუსტი, თითქმის სწორხაზოვანი შემცირება ოთახის ტემპერატურაზე ძვრის მოდულის აბსოლუტური მნიშვნელობა შეადგენს 5000კგ/მმ².



ნახ. 4.4. დეფორმაციის გავლენა მონოკრისტალური სილიციუმის შინაგანი ხახუნის (1,2,3) და ძვრის მოდულის ($1',2'$) სპექტრებზე; 1,1' – საწყისი, 2,2' – დეფორმირებული, 3 – მომწვარი

ღუნვითი დეფორმაციის შემდეგ შინაგანი ხახუნის სპექტრში ვლინდებიან მაღალი, ტემპერატურაზე დამოკიდებული ფონი და ინტენსიური მაქსიმუმები 380, 590, 710, 820, 940, და 1010K ტემპერატურებზე. შინაგანი ხახუნის მაქსიმუმების შესაბამისი ტემპერატურები იცვლებიან ნიმუშის რხევის სიხშირის ცვლილებასთან ერთად, რაც მიუთითებს მათ რელაქსაციურ წარმოშობაზე. რხევის ენერჯის გაზრდის რელაქსაციური პროცესები ხასიათდებიან აქტივაციის ენერჯისა და სიხშირული ფაქტორის შემცირებით (ცხრ. 4.2). დეფორმირებულ მდგომარეობაში ძვრის მოდულის გრაფიკზე დაიშვრება ჩავარდნები შინაგანი ხახუნის მაქსიმალურ ტემპერატურაზე. 1270K ტემპერატურაზე 3 საათიანი მოწვის შემდეგ ქრება მაქსიმუმი 390K-ზე, ხოლო სხვა მაქსიმუმების ინტენსიურობა საგრძნობლად მცირდება. ამასთან ერთად შეინიშნება მათი წანაცვლება 15-20 გრადუსით

მაღალი ტემპერატურისაკენ. მოწვა აგრეთვე იწვევს შინაგანი ხახუნის რალა-ქსაციური პროცესების აქტივაციის ენერგიის გაზრდას.

დეფორმირებულ ნიმუშებში შეინიშნება ახალი დისლოკაციების სიმკვრივის მნიშვნელოვანი გადიდება და შინაგანი ხახუნის სპექტრში ინტენსიური რელაქსაციური მაქსიმუმების გამოჩენა მოწმობს რხევის ენერგიის გაზრდის რელაქსაციური პროცესების დისლოკაციურ წარმოშობას. იგივე ითქმის ძვრის მოდულის დეფექტების შესახებ. ლიტერატურული მონაცემების თანახმად სილიციუმის მესერში კიდური და ხრახნული დისლოკაციების წარმოშობის და მიგრაციის ენერგიის მნიშვნელობები განაწილებულია 1,0÷2,5ევ ინტერვალში [44; 61].

მონოკრისტალური სილიციუმის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები

ცხრილი 4.2

ნიმუშის მდგომარეობა	დენის მატარ. კონცენტრ. სმ ⁻³	მიკრო - სისალე კგ/მმ ²	ძვრის მოდული კგ/მმ ²	მაქსიმუმების T , K	აქტივაციის ენერგია, ევ	სიხშირის ფაქტორი, წმ ⁻¹
საწყისი	1.10 ¹⁵	1350	5 000	700 940 1010	1,70 2,00 2,20	1.10 ¹³ 1.10 ¹² 2.10 ¹²
დეფორმირებული, 970 K	1.10 ¹⁶	1250	4600	380 570 690 800 920 990	0,8 1,40 1,60 1,70 1,85 2,00	1.10 ¹² 1.10 ¹³ 4.10 ¹² 8.10 ¹¹ 2.10 ¹² 3.10 ¹²
დეფორმირებული, მომწვარი.	5.10 ¹⁵	1300	4800	350 570 710 820 940 1020	0,8 1,40 1,70 1,80 1,95 2,10	1.10 ¹² 1.10 ¹³ 3.10 ¹² 6.10 ¹¹ 8.10 ¹² 3.10 ¹²

60° კიდური და ხრახნული დისლოკაციების აქტივაციის ენერგიების ცნობილ მნიშვნელობებზე დაყრდნობით, სავარაუდოა, რომ შინაგანი ხახუნის მაქსიმუმები და ძვრის მოდულის დეფექტები მაღალ ტემპერატურაზე დაკავშირებულია 60-გრადუსიან და ხრახნულ დისლოკაციებზე ერთეულოვანი და წყვილი ღუნვების მოძრაობასთან გარეშე პერიოდული ძაბვის ველში [98; 99].

მოყვანილი შედეგები მიუთითებენ მასზედ, რომ მონოკრისტალურ სილიციუმში ღუნვითი დეფორმაციის დროს წარმოიქმნებიან ახალი დისლოკაციები. ისინი განაპირობებენ ელექტროფიზიკური და სტრუქტურულად მგრძობიარე მექანიკური თვისებების ცვლილებებს, რაც უნდა იქნეს გათვალისწინებული მონოკრისტალური სილიციუმის საფუძველზე დამზადებული ნახევარგამტარული ხელსაწყოების შემუშავებისა და ექსპლოატაციის დროს.

4.5. მონოკრისტალური სილიციუმის თერმული გაფართოების გამოკვლევა

უკანასკნელ პერიოდში ინტენსიურად შეისწავლება ნახევარგამტარული მასალების, კერძოდ მონოკრისტალური სილიციუმის სტრუქტურულად მგრძობიარე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ანომალური ცვლილებები. მაგ., დისლოკაციებისაგან თავისუფალი მონოკრისტალურ სილიციუმში გამოვლენილია ძვრის მოდულის ჰისტერეზისული ცვლილება ოთახის ტემპერატურიდან 470K ტემპერატურამდე, აგრეთვე ნაჩვენებია ფაზური გარდაქმნების შესაძლებლობა ორიენტირებული პლასტიკური დეფორმაციის გავლენით [86-88].

დადგენილია, რომ დისლოკაციებისაგან თავისუფალ მონოკრისტალურ სილიციუმში 400-700K ინტერვალში თერმული გაფართოების კოეფიციენტი ანომალურად იცვლება. ნაჩვენებია, რომ ლეგირებითა და დეფორმაციით დისლოკაციების წარმოქმნა მნიშვნელოვნად ამცირებს თერმული გაფართოების ანომალურად ცვლილების ტემპერატურულ ინტერვალს. ყველა ზემოთ

აღნიშნულ შემთხვევაში მიჩნეულია, რომ მონოკრისტალური სილიციუმის სტრუქტურის ლოკალიზებულ არეებში ზედაპირულ ფენებსა და მოცულობაში ხორციელდება ფაზური გარდაქმნები [89].

აღსანიშნავია, რომ ლეგირებულ სილიციუმსა და სილიციუმ-გერმანიუმის კრისტალებში 350-500K ინტერვალში გამოვლენილია გრები თი რხევების ენერჯის გაბნევის ჰისტერეზისული პროცესები, ხოლო 400-800K ინტერვალში ძვრის მოდულის ანომალური ზრდა. ასეთი ტიპის დინამიური პროცესები დამახასიათებელია ფაზური გარდაქმნის პროცესებისათვის. საყურადღებოა ისიც, რომ ნაშრომების ავტორები რხევების ენერჯის ჰისტერეზისული გაბნევისა და ძვრის მოდულის ანომალური ზრდის პროცესებს განიხილავდნენ როგორც უწყვეტად გახურება-გაციების ციკლში კრისტალის დინამიურ მექანიკურ განმტკიცებას. ეს წარმოდგენა ეყრდნობა მინარევების დიფუზიის გზით დისლოკაციების ბლოკირების შესაძლებლობას მონოკრისტალურ სილიციუმში [42; 43; 90-92].

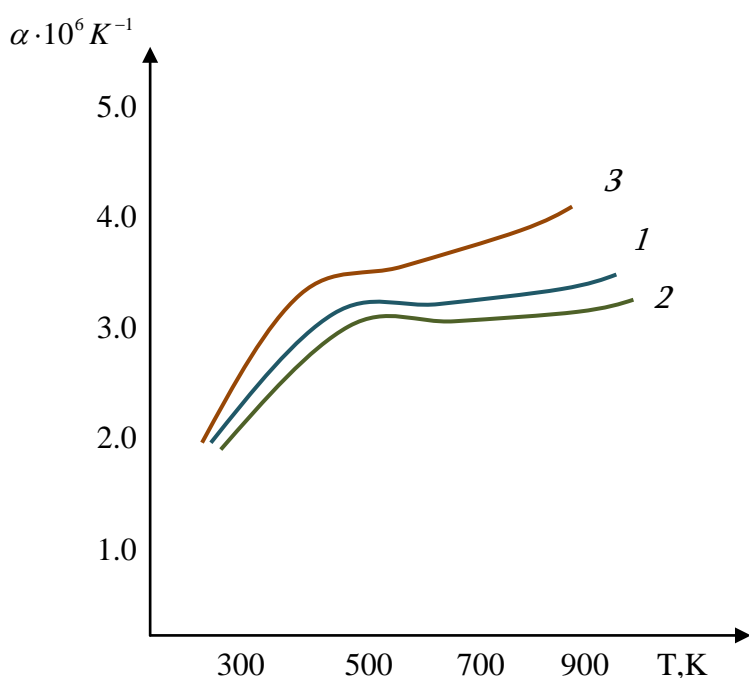
წინამდებარე ნაშრომში შესწავლილია მონოკრისტალური ორიენტაციის: Si, Si:B და Si:P ნიმუშების თერმული გაფართოება 300-1000K ინტერვალში. გაზომვები ინდუქციურ დილატომეტრზე სრულდებოდა 3 გრად/წთ სიჩქარით, რაც იდენტურია ძვრის მოდულისა და შინაგანი ხახუნის სპექტრის გაზომვის სიჩქარის. ეს იძლევა საშუალებას მოვახდინოთ შედარებითი ანალიზი [111].

ნახ. 4.5-ზე წარმოდგენილია თ.გ.კ-ის α (T)-ს გაზომვის შედეგები, არალეგირებულ სილიციუმში 500-750 K ინტერვალში გამოვლენილია α (T) ანომალურად ამაღლება, რასაც მაღალ ტემპერატურებზე ესაზღვრება მისი პრაქტიკულად წრფივად ზრდის ტემპერატურული დიაპაზონი. α (T)-ს გაზომვის შედეგები განმეორებადია, მაგრამ კუ მშვით დეფორმაცია 970K ტემპერატურაზე α (T) ანომალური ცვლილების ინტერვალს ამცირებს ~2-ჯერ. ასეთივე ეფექტით ხასიათდება ბორით ლეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმი. ბორის კონცენტრაცია $\sim 10^{19}$ სმ⁻³ საკმარისია იმისათვის, რომ გამოიწვიოს α (T)-ს ცვლილებები კუმშვითი დეფორმაციის ანალოგიურად.

აღსანიშნავია, რომ ბორით ლეგირებულ სილიციუმში $\alpha(T)$ -ს მნიშვნელობები შემცირებულია არალეგირებულ კრისტალთან შედარებით. არსებითია ასევე ის გარემოება, რომ Si:B – ეს კუმშვითი დეფორმაცია პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს $\alpha(T)$ -ს ანომალურ ცვლილებაზე.

ფოსფორით ლეგირება იწვევს თერმული გაფართოების კოეფიციენტის სიდიდის გაზრდას. ამასთან ერთად მცირდება $\alpha(T)$ ანომალურად ცვლილების ინტერვალი. კუმშვითი დეფორმაცია კიდევ უფრო მეტად ამცირებს მას და $\alpha(T)$ გრაფიკზე 520K ტემპერატურის არეში აღინიშნება შესამჩნევი ღუნვა.

$\alpha(T)$ -ს გამოვლენილი ანომალური ცვლილებები შესაძლებელია დაკავშირებული იყოს დისლოკაციების ძვრადობის ცვლილებებთან კრისტალების ზედაპირულ ფენებში, სადაც ამაღლებულია ვაკანსიებისა და მინარევების დიფუზიის სიჩქარე. დეფორმაცია იწვევს დისლოკაციების სიმკვრივის მკვეთრად ამაღლებას. ახლად ჩასახული დისლოკაციები, აგრეთვე მალეგირებელი B და P-ს ატომები აფერხებენ წერტილოვანი დეფექტების დიფუზიას ზედაპირის მიმართულებით და, შესაბამისად, ანელებენ მესრის პარამეტრის ცვლილებას. $\alpha(T)$ -ს გამოვლენილი ანომალია საჭიროებს გაღრმავებულ კომპლექსურ შესწავლას მისი მექანიზმის დადგენის თვალსაზრისით.



ნახ. 4.5. მონოკრისტალური სილიციუმის თერმული გაფართოების კოეფიციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულება 1. Si[111]; 2. Si:B[111]; 3. Si:P [111]

4.6. ფოსფორით ლეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმის შინაგანი ხახუნის და ძვრის მოდულის ტემპერატურული სპექტრი

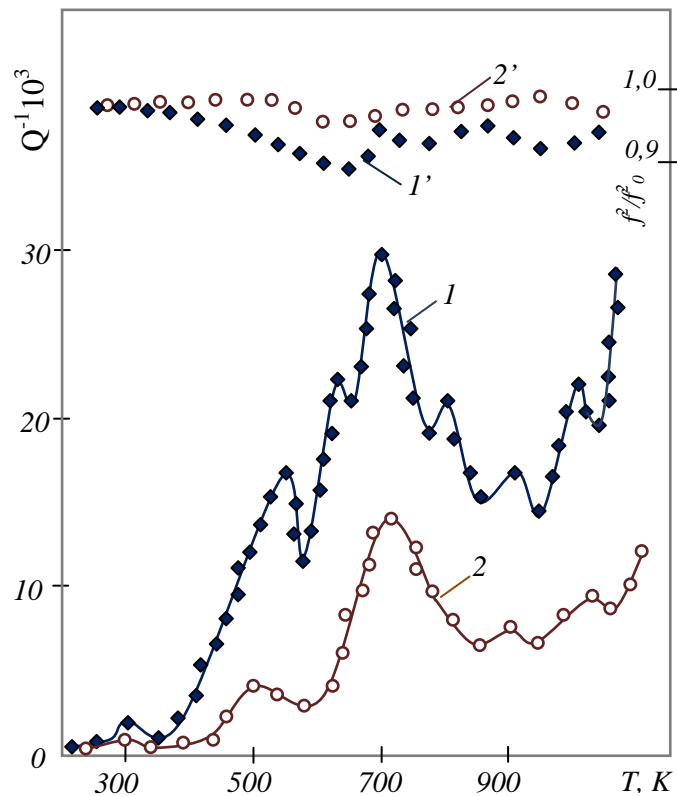
პერიოდული ძაბვებით განპირობებული რხევების ენერჯის დეფორმაციული გაბნევის პროცესები წარმოადგენენ მასალის მნიშვნელოვან მახასიათებლებს, კერძოდ, ისინი გამოიყენებიან არადრეკადი თვისებების კვლევის შედეგების ინტერპრეტაციისათვის. ეს გარემოება დაკავშირებულია კოვალენტურ კრისტალებში დისლოკაციების მოძრაობისადმი ენერგეტიკული ბარიერების ფართო დიაპაზონის არსებობასთან. ამ თვალსაზრისით მონოკრისტალური აღნაგობის სილიციუმის ნიმუშების თვისებების შესწავლა ტემპერატურისა და მექანიკური რხევების დიდ ინტერვალში, მეტად საინტერესოა.

შესწავლილი იქნა ჩოხრალსკის მეთოდით მიღებული ფოსფორით ლეგირებული სილიციუმის ნიმუშები, რომელთა მონოკრისტალურ სტრუქტურაში, განაპირა უბნებში მოსალოდნელია დეფექტების მაღალი კონცენტრაცია.

ასეთ პირობებში წერტილოვანი დეფექტებისა და მათი კომპლექსების მიგრაციის პარამეტრების ცვლილებებმა შესაძლებელია მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ელექტროფიზიკურ და პლასტიკურ თვისებებზე. მონოკრისტალური სტრუქტურის აღნიშნული თავისებურებანი განაპირობებს ფოსფორით ლეგირებული სილიციუმის დაბალი სიხშირის შინაგანი ხახუნის ტემპერატურული სპექტრის რიგ თავისებურებებს.

შინაგანი ხახუნის ტემპერატურულ სპექტრში გრეხითი რხევების ~13ც სიხშირეზე აღმოჩენილია მაქსიმუმები შემდეგ ტემპერატურებზე: 370, 580, 700, 810, 800 და 1010 K. ყველა მაქსიმუმი გაგანიერებულია და დამახინჯებული ფორმა აქვს, რომლის მიზეზად, შესაძლებელია, მივიჩნიოთ მაქსიმუმების ურთიერთზედდება და რელაქსაციის დროის სპექტრის არსებობა. ოთახის ტემპერატურაზე ამაღლებულია შინაგანი ხახუნის ფონის ინტენსიურობა. იგი მკვეთრად იზრდება ნიმუშის ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად. აღნიშნული თავისებურება ადასტურებს კრისტალის მოცულობასა და ზედაპირულ ფენებში მოძრავი დეფექტების არსებობას, რომლებიც

რელაქსაციის დროის ფართო დიაპაზონით ხასიათდებიან ძვრადი დეფექტების დიდი ნაწილი ისპობა სპექტრის გაზომვის პროცესში. განმეორებით გაზომვა აფიქსირებს შინაგანი ხახუნის ფონისა და ყველა მაქსიმუმის ინტენსიურობის შესამჩნევად შემცირებას. ამასთან ერთად, მცირდება ცალკეული მაქსიმუმის გაგანიერება და ისინი უფრო სიმეტრიული ფორმითაა წარმოდგენილი (ნახ.4.6).



ნახ. 4.6. ფოსფორით ლეგირებული სილიციუმის შინაგანი ხახუნის (1,2) და ძვრის ფარდობითი მოდულის (11,21) ტემპერატურული დამოკიდებულება
 $1, 1' - Q^{-1}$ და f/f_0^2 , პირველი გაზომვა; $f_0 = 1$ ჰც
 $2, 2' -$ მოწვა 1000K-ზე 3 სთ. $f_0 = 1$ ჰც.

მოწვა 0,5 საათის განმავლობაში 1000K-ზე გავლენას არ ახდენს მაღალტემპერატურული ფონის კრიტიკულ ტემპერატურასა და დახრილობაზე. სავარაუდოა, რომ ასეთი თერმული დამუშავება არ იწვევს მაღალტემპერატურული ფონის მექანიზმის შეცვლას. ტემპერატურის 1050-1200K

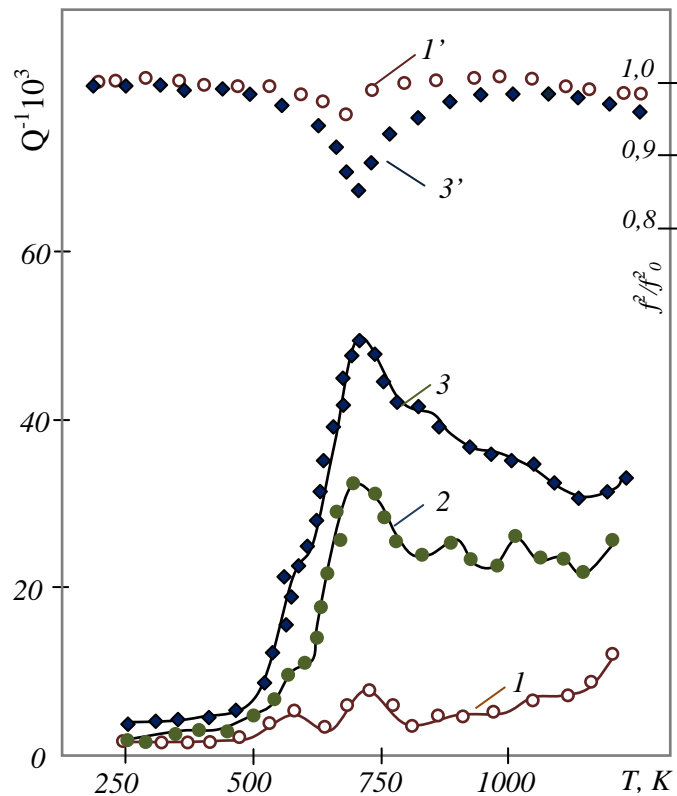
ინტერვალში შინაგანი ხახუნი წრფივად იზრდება. მისი დახრილობის კუთხის გაზომვით მიიღება ფონის აქტივაციის ენერჯის სიდიდე $\approx 1,9$ ევ.

1200K-ზე მოწვა 3სთ-ის განმავლობაში ვაკუუმში 10^{-3} ჰგ პრაქტიკულად მთლიანად ახშობს მაქსიმუმებს 300-600K ინტერვალში; ძლიერად ამცირებს დანარჩენი მაქსიმუმების სიმაღლეს, ამაღლებს კრიტიკულ ტემპერატურას, რომელზედაც იწყება შინაგანი ხახუნის ფონის მკვეთრად გაზრდა. მომწვარი ნიმუშის გახურებისა და გაცივების პროცესში გაზომილი შინაგანი ხახუნის სპექტრები იდენტურია. ისინი ცვლილებას არ განიცდიან გახურების სიჩქარის 3 გრად/წთ-მდე ამაღლების შემთხვევაში.

საწყის ნიმუშში სიხშირის გაზრდა 5 ჰგ-მდე იწვევს ყველა მაქსიმუმის გადაადგილებას მაღალი ტემპერატურებისაკენ, რაც ადასტურებს მათი წარმოშობის რელაქსაციურ ბუნებას. სიხშირული წანაცვლების მეთოდით დადგინდა, რომ აღნიშნულ ტემპერატურებზე გამოვლენილი მაქსიმუმები ხასიათდებიან აქტივაციის ენერჯის შემდეგი მნიშვნელობებით: 0,95; 1,30; 1,45; 1,65; 1.85; 2,10 ევ.

მოწვა 1000K-ზე ერთი საათის განმავლობაში ძლიერად ამცირებს შინაგანი ხახუნის ფონს 300-550K დიაპაზონში; 750K ტემპერატურზე იგი სუსტად იცვლება. 600-1000K ინტერვალში არსებულ მაქსიმუმებს გააჩნიათ დაბალი ინტენსიურობა (ნახ. 4.7). შინაგანი ხახუნის სპექტრი გამოირჩევა თერმული მდგრადობით, მისი ფორმა და ინტენსივობა დამოკიდებულია ნიმუშის ტემპერატურის ცვლილების მიმართულებისაგან. 550K ტემპერატურამდე ძვრის მოდული ინარჩუნებს მუდმივ სიდიდეს. 660-690K ტემპერატურებზე იგი მცირდება. 750K ტემპერატურის ზევით მოდულის შემცირება დაახლოებით წრფივი ხასიათისაა. მოდულის მსგავსი ცვლილება დამახასიათებელია კოვალენტური კრისტალებისათვის, რომლებშიც სტრუქტურული დეფექტების კონცენტრაცია დაბალია. ასეთ კრისტალებში მექანიკური მოდულების მდორედ დადაბლება განპირობებულია სხვა ფაქტორებთან ერთად საკუთარი გამტარობის დაწყებით, როდესაც მაღალია მუხტის მატარებლების კონცენტრაცია. გარდა აღნიშნულისა, მხედველო-

ბაშია მისაღები მაღალ ტემპერატურებზე დისლოკაციებთან წერტილოვანი დეფექტების ატმოსფეროების გაჯერება, მეტასტაბილური კომპლექსების ჩამოყალიბება და შესაბამისად, დისლოკაციების ბმის გაძლიერება. აღნიშნული მოსაზრების სამართლიანობას განსაზღვრავს შინაგანი ხახუნის აშკარად გამოხატული ამპლიტუდური დამოკიდებულების არსებობა და მისი დამახასიათებელი კრიტიკული ამპლიტუდის შემცირება გაზომვის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად.



ნახ. 4.7. თერმული დამუშავებისა და ციკლური დეფორმაციის გავლენა Si:P-ს შინაგან ხახუნსა (1,2,3) და ძვრის ფარდობით მოდულზე (1',3')
 1,1' - Q^{-1} და f^2/f_0^2 , მოწვა 1000K სთ, $f_0=1$ ჰც;
 2 - Q^{-1} ციკლური დეფორმაცია 660K-ზე, $f_0=1$ ჰც;
 3,3' - „Q“ ციკლური დეფორმაცია 1000K-ზე, $f_0=1$ ჰც;

ციკლური დეფორმაცია 660 K-ზე (ციკლების რაოდენობა – 100) $\sim 1.10^{-4}$ ამპლიტუდურ დეფორმაციაზე მკვეთრად ამაღლებს ფონსა და მაქსიმუმებს 500-1000K ინტერვალში. ცალკეული მაქსიმუმი ძლიერად განიერდება და იღებს პლატოს ფორმას. სავარაუდოა, რომ მაღალ ამპლიტუდებზე ირღვევა

მეტასტაბილური კომპლექსები, გახშირებულია დისლოკაციების მოწყვეტა დამაგრების ცენტრიდან და ყალიბდება დისლოკაციებზე მერხევი სეგმენტები, რომელთაც ახასიათებთ სიგრძის განაწილება ინტერვალში. კიდევ უფრო ძლიერდება შინაგანი ხახუნის ინტენსიურობა და იზრდება მოდულის დეფექტი 1000K-ზე ციკლური დეფორმაციის შემდეგ აღნიშნული ცვლილებები განაპირობებენ ერთის მხრივ, რელაქსაციური პროცესების რელაქსაციის დროის სპექტრის წარმოქმნას, და მეორეს მხრივ, ჰისტერეზისული შინაგანი ხახუნის პროცესების ინტენსიურობის ამაღლებას. დისლოკაციების განმეორებითი ბლოკირებისათვის აუცილებელია მინარევების ატომებისა და მათი კომპლექსების დიფუზური გადანაწილება დისლოკაციების ბირთვების მიმართულებით, რაც მიიღწევა დროის განსაზღვრულ შუალედში და აქტიური ხდება მაღალ ტემპერატურებზე.

მართლაც, ციკლური დეფორმაციის შემდეგ შინაგანი ხახუნის სპექტრის გაზრდილი ინტენსიურობის საგრძნობლად შემცირება შესაძლებელია მოწვიტ 1000K-ზე 0,5სთ-ის განმავლობაში. აღსანიშნავია, რომ დეფორმაციისა და მოწვის მონაცვლეობით, შესაძლებელია ფოსფორით ლეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმის არადრეკადი თვისებების ცვლილებების რეგულირება (ნახ. 4.7).

4.7. მონოკრისტალური სილიციუმის არადრეკადი მახასიათებლების ამპლიტუდური დამოკიდებულება

მალეგირებელი ელემენტები ბორი და ფოსფორი სილიციუმის ალმასის ტიპის კრისტალურ მესერში იხსნებიან ჩანაცვლების პოზიციებში და განაპირობებენ ელექტრონულ და ხვრელურ ელექტროგამტარობას. ბორის ატომების მახლობლობაში აღიძვრებიან შეკუმშვის დეფორმაცია და ძაბვა. ეს იწვევს ლოკალიზებულად ატომთაშორისი კავშირის ძალების გაზრდას. იგი ასახვას პოულობს მექანიკური მახასიათებლების გაჭიმვისა და ძვრის მოდულების მნიშვნელობათა ამაღლებაში. დისლოკაციების შემცველი სილიციუმის კრისტალურ მესერში მექანიკური მოდულების სიდიდეები

შესაძლებელია შეიცვალოს ამაღლების ან შემცირების მიმართულებით 10-30%-ით. ბლოკირებული დისლოკაციების არსებობის პირობებში მექანიკური მოდულების მნიშვნელობები მკვეთრად შეიძლება ამაღლდეს. ეს გამოწვეულია მალეგირებელი ელემენტების ატომებითა და მათი კომპლექსებით შექმნილი ბარიერების მიერ დისლოკაციების მოძრაობის დამუხრუჭებით.

აღნიშნული გარემოება გამოვლენილია ცალ-ცალკე ბორითა და ფოსფორით ლეგირებულ მონოკრისტალურ სილიციუმში. საწყის მდგომარეობაში ბორით ლეგირებული სილიციუმის ძვრის მოდული, გრეხითი რხევების პროცესში კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაცია და დისლოკაციური დრეკადობის ზღვარი მაღალია, ხოლო ფოსფორით ლეგირებულ სილიციუმში ისინი შესამჩნევად დაბალია არალეგირებულ მონოკრისტალურ სილიციუმთან შედარებით.

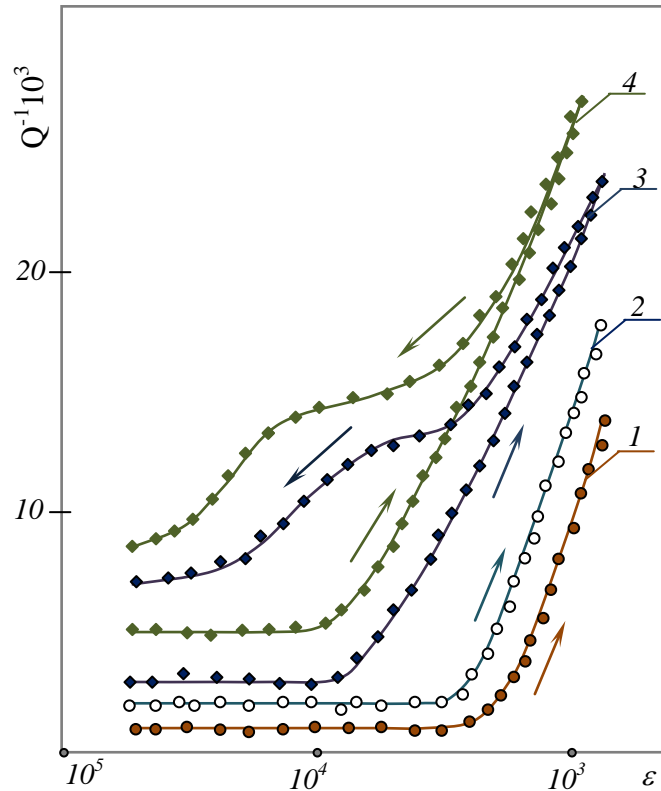
ციკლური დეფორმაცია 870K ტემპერატურაზე (ციკლების რაოდენობა, რხევის მაღალ ამპლიტუდაზე $\approx 5 \cdot 10^{-3}$, ტოლია 300) ათავისუფლებს ღუნვებს დისლოკაციებზე წერტილოვანი დეფექტების ბმისაგან. არ არის ასევე გამორიცხული ციკლური დეფორმაციის დროს ახალი დისლოკაციების ჩასახვა კრისტალურ მესერში. ბმებისაგან თავისუფალი დისლოკაციების მოძრაობის აქტივაციისათვის ნაკლები ენერგია არის საჭირო. ეს გარემოება განაპირობებს კავშირის ძალების შესუსტებასა და მექანიკური მახასიათებლების შემცირების ტენდენციის გამოვლინებას. ციკლური დეფორმაციის შემდეგ მოწვა 970K ტემპერატურაზე 5სთ-ის განმავლობაში დიფუზიის გზით აძლიერებს დისლოკაციების ბმას, ამაღლებს მინარევების კონცენტრაციას დისლოკაციების ატმოსფეროებში. აღნიშნული ხასიათის ცვლილებები ამუხრუჭებენ დისლოკაციებს და ამაღლებენ ძვრის მოდულის ეფექტურ მნიშვნელობას. იზრდება ასევე დისლოკაციის ურთიერთქმედება წერტილოვან დეფექტებთან. ეს აძნელებს დისლოკაციის ღუნვის ან სეგმენტის მოწყვეტას ბმისაგან. ექსპერიმენტულად იგი ვლინდება კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაციის ამაღლებაში.

ციკლური დეფორმაცია და მოწვა ანალოგიურად ზემოქმედებას ახდენენ ფოსფორით ლეგირებული სილიციუმის მექანიკურ მახასიათებლებზე. აღსანიშნავია, რომ დიდი ატომური რადიუსის მქონე ფოსფორის ატომები სილიციუმის კრისტალურ მესერში წარმოქმნიან გაჭიმვის დეფორმაციას და ძაბვას, ასუსტებენ ლოკალიზებულ უბნებში კავშირის ძალებს. ამის გამო Si:P-ის მექანიკური მახასიათებლები დაბალია არალეგირებულ და განსაკუთრებით ბორით ლეგირებული სილიციუმის კრისტალებთან შედარებით.

ამრიგად, ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგენილია, რომ ცალკე B და P-თი ლეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმის სტრუქტურულად მგრძობიარე მექანიკური მახასიათებლების მართვა შესაძლებელია მაღალ ტემპერატურებზე ციკლური დეფორმაციითა და თერმული დამუშავებით. ეს გარემოება არსებითია იმ თვალსაზრისით, რომ ნახევარგამტარული ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესებში მონოკრისტალური ფუძემრეები ანალოგიურ მექანიკურ და თერმულ ზემოქმედებას განიცდიან, რასაც შეუძლია განაპირობოს ელექტრონული და ფონონური პროცესების ცვლილებები, ხელსაწყოების პარამეტრების გადახრები ნომინალური მნიშვნელობებიდან და არასტაბილურობა ექსპლუატაციის პირობებში. არადრეკადი თვისებების დამოკიდებულება რხევის ამპლიტუდისაგან საშუალებას იძლევა განისაზღვროს დისლოკაციური სტრუქტურის მნიშვნელოვანი ენერგეტიკული მახასიათებლები. ამ თვალსაზრისით, საყურადღებოა ლეგირებული სილიციუმის შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ამპლიტუდური დამოკიდებულების გამოვლინება და გამოკვლევა. წარმოდგენილია ლეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების რხევის ამპლიტუდისაგან დამოკიდებულების კვლევის შედეგები. აღნიშნულ მასალებში ბორისა და ფოსფორის შემცველობა $\sim 1 \cdot 10^{19}$ სმ⁻³ შეადგენს.

არალეგირებულ მონოკრისტალურ სილიციუმში დაბალ ამპლიტუდებზე გრეხითი დეფორმაციის ფართო ინტერვალში შინაგანი ხახუნის ინტენსიურობა პრაქტიკულად არ იცვლება. კრიტიკული ამპლიტუდის მაღალ

მნიშვნელობებზე მკვეთრად გაზრდილია შინაგანი ხახუნის. ამ მომენტიდან უკუსვლის გრაფიკი შინაგანი ხახუნის პირდაპირი სვლის გრაფიკის იგივეურია (ნახ.4.8).



სურ. 4.8. მონოკრისტალური სილიციუმის შინაგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულება ფიქსირებულ ტემპერატურაზე

1. $Q^{-1}(\varepsilon)$ გაზომვის ტემპერატურა 300 K.
2. $Q^{-1}(\varepsilon)$ გაზომვის ტემპერატურა 450 K.
3. $Q^{-1}(\varepsilon)$ გაზომვის ტემპერატურა 615 K.
4. $Q^{-1}(\varepsilon)$ გაზომვის ტემპერატურა 750 K.

გაზომვები 410K ტემპერატურაზე გვიჩვენებს შინაგანი ხახუნის ინტენსიურობის ამაღლებას ამპლიტუდისაგან დამოუკიდებელ უბანზე. ამასთან ერთად, მცირდება კრიტიკული ამპლიტუდა, რომელზედაც იწყება შინაგანი ხახუნის წრფივი ზრდა. წრფის დახრილობა ემთხვევა ოთახის ტემპერატურაზე დაფიქსირებული $\theta^{-1}(\varepsilon)$ -ის დახრილობას. ეს ნიშნავს, რომ გაზომვის ახალ პირობებში $\theta^{-1}(\varepsilon)$ დამოკიდებულების მექანიზმი არ იცვლება.

გაზომვის ტემპერატურის გაზრდა 450K-მდე ამცირებს შინაგანი ხახუნის მუდმივ მნიშვნელობათა შესაბამისი ამპლიტუდების ინტერვალს. მოცემულ

პირობებში აგრეთვე ადგილი აქვს $\theta^{-1}(\varepsilon)$ „აწვეისა“ და „დაწვეის“ გრაფიკების ურთიერთდამთხვევას. ეს გამორიცხავს გაზომვის მსვლელობის დროს ნარჩენი დეფორმაციის განვითარებას. კიდევ უფრო ვიწროვდება ამპლიტუდების ინტერვალი 525 და 610K ტემპერატურაზე გაზომვის პირობებში. 615K-ზე ამპლიტუდის ზრდის პროცესში ფიქსირებული დამოკიდებულება გრაფიკზე განთავსდება ქვემოთ, ვიდრე ამპლიტუდის შემცირების დროს აღწერილი გრაფიკი, ე.ი. ადგილი აქვს ჰისტერეზისს და ნარჩენი დეფორმაციის ლიკვიდაციისათვის საჭიროა მოწვა 1000K-ზე 1სთ-ის განმავლობაში.

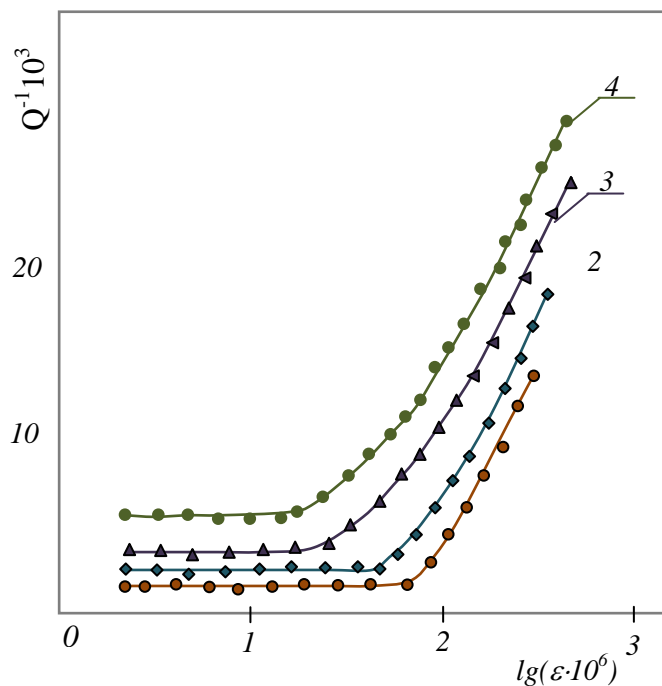
შეუქცევადი ჰისტერეზისული პროცესების სტიმულირება შესაძლებელია 800-1000K ტემპერატურებზე ციკლური დეფორმაციის შედეგად (რხევის ამპლიტუდა $\sim 1 \cdot 10^{-3}$; ციკლების რიცხვი – 200). აღნიშნულ ტემპერატურებზე შეინიშნება კრიტიკული ამპლიტუდური დეფორმაციის საგრძნობლად შემცირება. მაღალ ამპლიტუდებზე შინაგანი ხახუნის ინტენსიურობა მატულობს უფრო მკვეთრად, ვიდრე წრფივი ხასიათის შემთხვევაში. $\theta^{-1}(\varepsilon)$ -ის „დაწვეის“ გრაფიკი განთავსდება შინაგანი ხახუნის შესამჩნევად მაღალ მნიშვნელობებზე, ვიდრე „აწვეის“ გრაფიკი. ვვარაუდობთ, რომ საცდელმა ნიმუშმა განიცადა მიკროპლასტიკური დეფორმაცია. მისი მოხსნისათვის აუცილებელია მოწვა 1000K-ზე 3 სთ-ის განმავლობაში.

აღსანიშნავია, რომ რხევის ამპლიტუდისაგან დამოკიდებულებას ამჟღავნებს აგრეთვე ძვრის დინამიური მოდული $f^2(\varepsilon)/f_0^2$ გრაფიკებზე, ამპლიტუდით ერთმანეთისაგან განცალკავებულია ძვრის მოდულის მუდმივობისა და მკვეთრად შემცირების ინტერვალები. მოდულის გრაფიკებიდან გაცილებით ზუსტად შეიძლება კრიტიკული ამპლიტუდის დაფიქსირება $\theta^{-1}(\varepsilon)$ დამოკიდებულებასთან შედარებით. ეს მნიშვნელოვანია დისლოკაციური სტრუქტურის პარამეტრების შეფასებისათვის.

Si:B და Si:P მონოკრისტალური ნიმუშების შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ამპლიტუდური დამოკიდებულებები მსგავსია არალეგირებული მონოკრისტალური სილიციუმის შინაგანი ხახუნისა და ძვრის მოდულის ცვლილებისა. არსებით განსხვავებად შეიძლება მივიჩნიოთ

ლეგირებულ კრისტალებში მოცემულ ტემპერატურებზე კრიტიკული ამპლიტუდების შესამჩნევად შემცირებას და აგრეთვე ამპლიტუდური დეფორმაციის „აწევისა“ და „დაწევის“ გრაფიკებზე ჰისტერეზისის დაფიქსირება შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე (ნახ. 4.9).

განხილული Si, Si:B და Si:P მონოკრისტალები დისლოკაციური წარმოშობის დეფექტების შედარებით დაბალი კონცენტრაციითა და შინაგანი ძაბვებით ხასიათდება. ამის გამო მათ სტრუქტურაში დისლოკაცია – ატმოსფეროს ურთიერთქმედების განსხვავებული პირობებია განხორციელებული. მართლაც, Si:B მონოკრისტალებში საგრძნობლად არის ამადლებული კრიტიკული ამპლიტუდა, ხოლო $\theta^{-1}(\varepsilon)$ მაღალ ამპლიტუდებზე გამოირჩევა უფრო პატარა დახრილობით. ციკლური დეფორმაციებით მაღალ ტემპერატურებზე (700-1000K) პრაქტიკულად არ მიიღწევა „აწევისა“ და „დაწევის“ გრაფიკების განსხვავებულობის გამოვლინება.



ნახ. 4.9. ბორით ლეგირებული სილიციუმის შინაგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულება ფიქსირებულ ტემპერატურებზე

1. $Q^{-1}(\varepsilon)$, გაზომვის ტემპერატურა 300K
2. $Q^{-1}(\varepsilon)$, გაზომვის ტემპერატურა 450K
3. $Q^{-1}(\varepsilon)$, გაზომვის ტემპერატურა 615K
4. $Q^{-1}(\varepsilon)$, გაზომვის ტემპერატურა 750K

ყველა ზემოგანხილულ ნიმუშში ადგილი აქვს კრიტიკული ამპლიტუდების ცხადად დამოკიდებულებას გაზომვის ტემპერატურისაგან. სხვადასხვა ტემპერატურაზე ფიქსირებული ამპლიტუდები $\ln(I/T)$ კოორდინატა სისტემაში წარმოადგენს წრფეს. ეს ნიშნავს, რომ დისლოკაციური სეგმენტების ურთიერთქმედება მინარევების ატმოსფეროსთან შესაძლებელია წარმოდგენილ იქნას შოკის „სიმის“ მოდელით. ამ მოდელის თანახმად, განზავებული მინარევების ატმოსფეროსათვის სამართლიანია თანაფარდობა [42]:

$$\mathcal{E} = k \cdot T \cdot c^{1/2} \cdot \exp(-\Delta U/kT)$$

სადაც: c – მასალაში მინარევების კონცენტრაცია; k – ბოლცმანის მუდმივა; T – გაზომვის აბსოლუტური ტემპერატურა; ΔU – დისლოკაცია-დამაგრების წერტილის ურთიერთქმედების ენერგია; $\ln(I/T)$ - სისტემაში წრფის დახრილობის სიდიდით განისაზღვრა ΔU -ს მნიშვნელობები. Si, Si:B და Si:P მონოკრისტალებში 300-800K ინტერვალში დისლოკაციის დამაგრების სუსტ ცენტრებთან ბმის ენერგიის სიდიდეები ტოლია – 0,20; 0,25 და 0,15ევ-ის.

4.8 მონოკრისტალური გალიუმის ფოსფიდის

არადრეკადი თვისებები

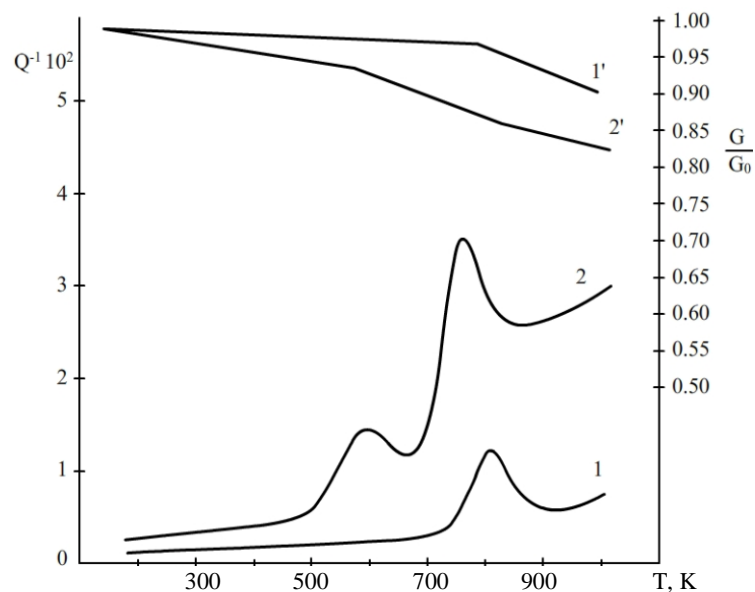
ფართოზონიანი GaP-ს მონოკრისტალების ელექტროფიზიკური თვისებებისა და დისლოკაციური წარმოშობის სტრუქტურული დეფექტების მოძრაობის ენერგეტიკული მახასიათებლების მართვა უპირატესად ხორციელდება სხვადასხვა ელემენტით ლეგირების გზით. აღსანიშნავია, რომ გალიუმის ფოსფიდის რეალური სტრუქტურული მდგომარეობით განპირობებული ფიზიკური თვისებების ცვლილებათა მექანიზმები დღეისათვის არასაკმარისად არის გამოკვლეული, რაც აფერხებს მასიურ ფუძემდებებსა და ეპიტაქსიურ სტრუქტურებში მახასიათებლების დიაგნოსტიკისა და პროგნოზირების პრობლემის გადაჭრას.

შესწავლილი იქნა გრეხითი რხევების 0,5-5,03კ სიხშირეებისა და 300-1000K ტემპერატურათა ინტერვალში არალეგირებული გალიუმის ფოსფიდის მასიურ მონოკრისტალებში მექანიკური რელაქსაციური პროცესები.

საცდელი ნიმუშები ორიენტაციით ხასიათდებიან P-ტიპის გამტარობით, ხვრელების კონცენტრაციით $2 \cdot 10^{15} \text{სმ}^{-3}$ და დისლოკაციების სიმკვრივით $5 \cdot 10^3 \text{სმ}^{-2}$ [110].

შინაგანი ხახუნისა და ძვრის დინამიური მოდულის შესწავლა განხორციელდა თავისუფალი რხევების მილევის ლოგარითმული დეკრემენტისა და სიხშირის რეგისტრაციის მეთოდით, რელაქსაციური პროცესების დამახასიათებელი აქტივაციური პარამეტრების მნიშვნელობები გამოთვლილია ცნობილი სტანდარტული მეთოდით.

მონოკრისტალური გალიუმის ფოსფიდის ორიენტაციის საცდელი ნიმუშის შინაგანი ხახუნის ტემპერატურული სპექტრი ხასიათდება ზუსტი ფონით და მაქსიმუმით 980K-ს არეში (ნახ. 4.10). მაქსიმუმის ტემპერატურაზე ძვრის მოდული შესამჩნევად მცირდება, რაც განპირობებულია რხევების ენერჯის გაზრდაში მონაწილე სტრუქტურული დეფექტების მოძრაობითა და ლოკალურ უბნებში ატომთაშორისი კავშირის ძალების შესუსტებით [110].



ნახ. 4.10. [110] ორიენტაციის მონოკრისტალური GaP-ს შინაგანი ხახუნისა (1, 2) და ძვრის ფარდობითი მოდულის (1', 2') ტემპერატურული სპექტრები 1.1' – საწყისი მდგომარეობა, 2.2' -გრებით დეფორმირებული – 973K-ზე, გრებითი რხევების ციკლების რაოდენობა – 200, ამპლიტუდური დეფორმაცია $-5 \cdot 10^{-3}$, G/G_0 -ძვრის მოდულის მნიშვნელობები მიმდინარე და ოთახის ტემპერატურებზე.

შინაგანი ხახუნის მაქსიმუმი და ძვრის მოდულის დეფექტი რხევის მაღალამპლიტუდებზე იზრდება. ცნობილი თეორიის თანახმად ასეთი ტიპის არადრეკადი თვისებები რელაქსაციური ბუნებისაა. რელაქსაციური პროცესის დამახასიათებელი აქტივაციის ენერგიის სიდიდე განისაზღვრა მაქსიმუმის სიხშირული გადაადგილების მეთოდით. შედეგი წარმოდგენილია ცხრილში;

რელაქსაციური პროცესების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები

ცხრილი 4.3

საცდელი ნიმუში, GaP	მაქსიმუმის ტემპ. K	აქტივაციის ენერგია, ევ	სიხშირის ფაქტორი, წმ ⁻¹	დისლოკაციების სიმკვრივე, სმ ⁻²	მაქსიმუმის ფარდობითი ინტენსივობა
საწყისი მდგომარეობა	983	2,45	$2 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-3}$
გრეხითი დეფორმაცია 970 K	743	1,65	$5 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^4$	$35 \cdot 10^{-3}$
	952	2,05	$8 \cdot 10^{13}$		

მაღალტემპერატურული გრეხითი დეფორმაცია $\sim 5 \cdot 10^{-3}$ იწვევს განსაზღვრული ტიპისა და კონცენტრაციის დეფექტების წარმოქმნას GaP-ს სტრუქტურაში, დეფორმირებული კრისტალის შინაგანი ხახუნის სპექტრში გამოვლინდნენ ტემპერატურაზე მკვეთრად დამოკიდებული ფონი და ორი მაქსიმუმი 743 და 952 K ტემპერატურებზე.

მაქსიმუმის მახლობლობაში ძვრის მოდულის გრაფიკზე აღინიშნება დამატებითი შემცირება. ორივე მაქსიმუმის ტემპერატურა იცვლება რხევის სიხშირის ცვლილებით, რაც მიუთითებს მაქსიმუმების რელაქსაციურ წარმომავლობაზე. დეფორმირებული ნიმუშის შინაგანი ხახუნის რელაქსაციური მაქსიმუმების აქტივაციის ენერგიის სიდიდეები მოყვანილია ცხრილში.

დეფორმირებულ კრისტალში გამოვლენილი ორივე რელაქსაციური პროცესი ხასიათდება ძლიერი ამპლიტუდური დამოკიდებულებით. თანამედროვე თეორიის საფუძველზე აღნიშნული რელაქსაციური შინაგანი

ხახუნის მაქსიმუმები შესაძლებელია მიეკუთვნოს დისლოკაციებისა და წერტილოვანი დეფექტების ურთიერთქმედებასა და მოძრაობის პროცესებს გარეშე მექანიკური ძაბვისა და ტემპერატურის ზემოქმედებით. GaP-სთვის დამახასიათებელია ფოსფორის ინტენსიურად აორთქლება ამაღლებულ ტემპერატურებზე ($T > 873\text{K}$), რაც წარმოშობს დიდი რაოდენობით ვაკანსიებს. ვაკანსიები ერთიანდებიან ბრტყელ კონფიგურაციაში, ეს უკანასკნელნი გარდაიქმნიებიან წყობის დეფექტებად.

ყოველივე ზემოაღნიშნული საფუძველს იძლევა დავუშვათ, რომ დეფორმაციული წარმოშობის რელაქსაციური მაქსიმუმი 743K ტემპერატურაზე დაკავშირებულია სრული დისლოკაციის მოძრაობასთან წყვილი ღუნვების ჩასახვისა და მიგრაციის მექანიზმით. $950\text{-}980\text{K}$ ტემპერატურულ ინტერვალში არსებული რელაქსაციური მაქსიმუმი და ძვრის მოდულის დეფექტი განპირობებულია წყობის დეფექტის მოძრაობით სრიალის სიბრტყეში შეკუმშვა-გაჭიმვის მექანიზმით. შინაგანი ხახუნის პროცესების მექანიზმების ღრმა ანალიზისათვის აუცილებელია n- და p-ტიპის GaP-ს კრისტალების გამოკვლევა ტემპერატურისა და რხევების ამპლიტუდის ფართო ინტერვალში.

4.9. ცდების განმეორებადობა. მტყუნების ინტენსივობის (საფრთხის) განმეორების სიხშირის ექსპერიმენტული განსაზღვრა

ალბათობის თეორემის გამოყენებისას პრაქტიკაში ხშირად ვაწყდებით ამოცანებს, რომლის გადაწყვეტის დროსაც ერთი და იგივე ცდის ჩატარება გვიხდება რამდენიმეჯერ. ყოველი ცდის დროს ჩვენ გვინტერესებს არა მხოლოდ ერთეული ცდის შედეგი, არამედ ცდების განმავლობაში A მოვლენის განმეორების B სიხშირე.

ცდის განმეორებადობა განიხილება როცა თვით ცდა არის დამოუკიდებელი და დამოკიდებული. ცდათა სისტემას ეწოდება დამოუკიდებელი თუ ალბათობა ამა თუ იმ ცდით მიღებული შედეგისა არაა დამოკიდებული წინა

ცდით მიღებულ შედეგებზე. დამოუკიდებელი ცდები შეიძლება ჩატარდეს განსხვავებულ ან ერთნაირ პირობებში.

პრაქტიკაში ხშირად გვიხდება უფრო რთული შემთხვევა, როდესაც ცდების ჩატარება წარმოებს არაერთგვაროვან პირობებში და შემთხვევითობის ალბათობა ცდიდან ცდამდე იცვლება. ვთქვათ, ჩატარდა n დამოუკიდებელი ცდა, რომლის დროს შესაძლებელია გამოვლინდეს ან არ გამოვლინდეს A მოვლენა. ალბათობა A მოვლენის მოხდენისა i ცდის ჩატარების დროს ტოლია P_i -სა, ხოლო A მოვლენის არ მოხდენისა კი ტოლია $q_i = 1 - p_i$ ($i = 1, \dots, n$).

ვიპოვოთ ალბათობა $P_{m,n}$ მაშინ როდესაც n ცდების ჩატარების დროს A მოვლენა გამოვლინდება ზუსტად m -ჯერ.

$$P_{m,n} = P_1 P_2 \cdots P_m q_{m+1} \cdots q_n + \cdots + P_1 P_2 P_3 \cdots q_{n-1} P_n + \cdots + q_1 q_2 \cdots q_n q_{n-m+1} \cdots P_n$$

$$\varphi_n(z) = \sum_{i=1}^n (q_i + P_i Z) \quad (18)$$

სადაც, Z ნებისმიერი პარამეტრია.

ცდის განმეორადობა ცდის ჩატარებას სხვადასხვა ან ერთი და იგივე პირობებში.

4.10. კრიმინალისტიკური ინფორმაციის გაზომვისა და გამოკითხვის ცდომილება

კრიმინალისტიკური ინფორმაციის გასაზომად შემოაქვთ ორი პარამეტრი: პირველი – ინფორმაციის რაოდენობა და მონაცემთა მოცულობა; მეორე – ინფორმაციის კრიმინალისტიკური ღირებულება.

ინფორმაციის წარმოდგენა დამოკიდებულია ობიექტის თვისებების ფორმირებასთან. უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება საკვლევი ობიექტის საწყისი ინფორმაციის სისწორეს და მისი არსებითი ნიშან-თვისების დასაბუთებულ შერჩევას (განმასხვავებელი ნიშან-თვისებების გამოყოფა).

ინფორმაციის სისრულე ნიშნავს, რომ იგი სწორი გადაწყვეტილების მისაღებად აღსაწერი ობიექტის საჭირო მინიმალურ, მაგრამ საკმარისი

რაოდენობის განმასხვავებელ საიდენტიფიკაციო ნიშან თვისების პარამეტრებს შეიცავს (დაქტილოსკოპია, ჰაბიტოსკოპია, ხელწერა და ხელმოწერა).

ინფორმაციის აქტუალობა განისაზღვრება იმ ინფორმაციით, რომელსაც გააჩნია დიდი ღირებულების ინფორმაციული ხარისხი კვლევის – ძიების მომენტისათვის.

ინფორმაციის დროულობა ნიშნავს მის მიღებას დროის არაუგვიანეს რაღაც მონაკვეთისა, რომლის შემდეგაც მიღებული ინფორმაციის გამოყენებას შეცდომამდე მივყავართ.

ინფორმაციის სიზუსტე განისაზღვრება ობიექტის, პროცესის, მოვლენის შესახებ მიღებული ინფორმაციის რეალურ მდგომარეობასთან სიახლოვის ხარისხით. სიზუსტის ხარისხის შესწავლის ერთადერთი გზა გაზომვის ჩატარებაა.

ინფორმაციის მდგრადობა გამოხატავს მის უნარს, საწყისი მონაცემების ცვლილებებზე რეაგირება აუცილებელი სიზუსტის დარღვევის გარეშე მოახდინოს ინფორმაციის მდგრადობა.

ყოველი მოდელი გვაძლევს საშუალებას ვიმსჯელოთ ობიექტზე, რომელიც ამ მოდელის მიერაა აღწერილი. გაანალიზდება ის ცნობები, რომელიც ინფორმაციის მატარებელია. განიხილება აზრობრივი კავშირი ინფორმაციის კოდებს შორის. ეს ცოდნაა ამ ობიექტის შესახებ. ფსიქოლოგ მილერის თანახმად, კოდირების ეფექტური მეთოდი მდგომარეობს „ინფორმაციულად მდგრადი ერთეულების“ გამოყენებაში. საჭიროა დავიმახსოვროთ სიტყვა ასოს მაგივრად და ფრაზები სიტყვების მაგივრად. შედეგად მიღებული ინფორმაციის შენახვა ამ მეთოდით მკვეთრად იზრდება. ამ პრინციპს ემყარება იდენტიფიკაციის მეთოდიკა – განსაკუთრებული განმასხვავებელი ნიშან თვისებების კლასიფიკაციის მეთოდი.

4.11. მზა ნაკეთობათა საიმედოობაზე გამოცდის მეთოდი, როგორც უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის საფუძველი

უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის საფუძველს წარმოადგენს ნაკეთობათა საიმედოობა. საიმედოობასა და ელემენტების საიმედოობის მაჩვენებლებს შემთხვევითი ხასიათი აქვთ, ამიტომ ერთ-ერთი მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს. მტყუნების მიზეზის ადრეული გამოვლინების მექანიზმის განსაზღვრა. ექსპერიმენტის საფუძველზე ჩამოყალიბებულია მზა პროდუქციის საიმედოობაზე გამოცდის სახეები: კონსტრუქციული, ელექტრონული, მექანიკური, კლიმატური, ვიბრომედეგობაზე, დარტყმით სიმტკიცეზე გამოცდა და სხვ.

ცხრილი 4.4.

აპარატურის მიზნობრივი დანიშნულება და მისი მტყუნების ღირებულება

აპარატურის მიზნობრივი დანიშნულება	მტყუნების ღირებულება, აშშ დოლარი			
	პირველადი შემავალი კონტროლისას	ბლოკის დამონტაჟებისას	სისტემის გამოცდა	ექსპლუატაციის პირობებში
ფართო მოხმარების მრეწველობის სამხედრო კოსმოსური	2	5	5	50
	4	26	45	215
	7	50	120	1000
	15	75	300	2·10 ⁸

მტყუნების მიზეზების გამოვლინების მექანიზმი განსაზღვრავს კრიმინალისტიკური ექსპერტიზის ჩატარების მიზანშეწონილობას. კრიმინალისტიკური ტექნიკური ექსპერტიზა კრიმინალისტიკის ერთ-ერთი დამოუკიდებელი დარგია, რომელიც მეცნიერებისა და ტექნიკის უკანასკნელი მიღწევების საფუძველზე შეიმუშავებს და გამოიყენებს სამეცნიერო ტექნიკურ საშუალებებს, ხერხებსა და მეთოდებს მტკიცებულებათა აღმოჩენის, ფიქსირების, ამოღებისა და მათი გამოკვლევისათვის. ექსპერიმენტული ანალიზის საფუძველზე განისაზღვრება ფაქტორთა ერთობლიობა: ექსპლუატაციის პირობების დარღვევა; განზრახ ჩადენილი ქმედება (კვალის დაფა-

რვის მიზნით); დაუდევრობა; ადამიანის განწყობისა და რეაგირების ფაქტორი და სხვ. საფრთხისა და ექსტრემალურ სიტუაციის შემთვევაში მყისიერი რეაგირება უნდა აიღოს თავის თავზე ტექნიკური უსაფრთხოების სისტემებმა. აღსანიშნავია ისიც, რომ თითოეული ინდივიდის ქცევა სხვადასხვა გარემოში განსხვავებულია. სიტუაციის განმსაზღვრელია ვერბალური და არავერბალური ინფორმაცია (თვითმხილველის, მონაწილის, ხილული და უხილავი კვალის და აშ). ამ ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე დგინდება პიროვნების ქცევის თავისებურების გამოხატვის ჭეშმარიტება.

უსაფრთხოების სისტემები როგორც კვლევის ობიექტი რთული სისტემაა. იგულისხმება ისეთი სისტემები, რომლებიც მოიცავენ ტექნიკური, გარემო სივრცის, და სხვა ფაქტორებს, ცხადია ასეთი უსაფრთხოების სისტემების ფუნქციონირება დაკავშირებულია მართვის მიზნის ანალიზთან, გადაწყვეტილების მიღებასთან, უკუკავშირებთან და სხვ. ასეთი სისტემების მართვა გასაანალიზებელი ინფორმაციის დიდი მოცულობით ხასიათდება, ხოლო ინფორმაცია ხშირ შემთხვევაში არა თუ არასრულია, არამედ ნაწოლობრივ დამახინჯებულაც. სისტემის მოსალოდნელი მდგომარეობა გარკვეულწილად განუსაზღვრელია, გადაწყვეტილების მიღების დრო, როგორც წესი შეზღუდულია. ცხადია, ასეთი სისტემების მართვა უახლესი საინფორმაციო ტექნოლოგიებით უნდა ხორციელდებოდეს. სწორედ ადამიანის რეაგირება მისი ფიზიოლოგიური მდგომარეობის და ექსტრემალურ სიტუაციაში ყოფნის შესაბამისად დიდადაა დამოკიდებული როგორც გარე სამყაროზე, ასევე ინფორმაციის აღქმის პრინციპებზე. ინფორმაციის აღქმის ფონური პრინციპი მდგომარეობს ინფორმაციის ირიბი ფორმით მოპოვებაში, კერძოდ, იმისათვის, რომ მივიღოთ ინფორმაცია საკვლევი ობიექტის შესახებ, არ არის აუცილებელი მისი უშუალო გამოკვლევა, საკმარისია გამოვიკვლიოთ ამ ობიექტის ფონი, ე.ი. გარემომცველი სივრცე.

როგორც აღვნიშნეთ ადამიანი სულ უფრო შორდება ობიექტის მართვას და სამუშაოს ასრულებს დისტანციურად. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ სულ უფრო მეტად მუშაობს არა უშუალოდ ობიექტთან, არამედ მის ინფორმაციულ მოდელთან.

ინფორმაციული მოდელების მართვის ძირითადი მიმართულებაა:

- მართვის სისტემებში ადამიანის თანამონაწილეობის განსაზღვრა;
- დიალოგურ რეჟიმში იმ ფაქტორების გამოკვლევა, რაც გავლენას ახდენს ადამიანის მოქმედების ეფექტურობაზე, ხარისხზე, სიზუსტეზე, სიჩქარესა და საიმედოობაზე;
- საიმედო მართვისა და ექსტრემალურ პირობებში ოპერატიული ინფორმაციის აღქმისა და სათანადო რეაგირების შესაძლებლობის განსაზღვრა;
- ოპერატიული ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღება. ოპერატორთა ფსიქოლოგიური მექანიზმის რეგულაცია.
- დიაგნოსტიკური მეთოდების შერჩევა, რომლის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა ადამიანის ქმედების სფეროში ინფორმაციის გადაცემის ოპტიმალური რაოდენობისა და სიჩქარის განსაზღვრა, რის საფუძველზედაც შემუშავდება მართვის ტექნოლოგიური პროცესების წარმართვის რეკომენდაციები.

მართვის სისტემაში არის ორი ერთმანეთისაგან განსხვავებული არხი: მართვის არხი, რომლის საშუალებითაც ზემოდან ქვემოთ გადაეცემა ბრძანებები და განკარგულებები და მეორე არხი – უკუკავშირის არხი, რომლის საშუალებითაც ქვემოდან ზემოთ გადაეცემა ინფორმაცია ფაქტობრივი მდგომარეობის შესახებ. იერარქიის სტრუქტურაში ხშირად საქმე გვაქვს პარალელურ საფეხურებთან.

პარალელური სტრუქტურები შეიძლება ერთმანეთთან იყვნენ დაკავშირებულნი. მათ შორის კავშირი ხორციელდება კავშირის არხების საშუალებით. გადაიცემა ინფორმაციები და არა ბრძანებები ან განკარგულებები. მოცემული იერარქიის მათემატიკური მატრიცა (ცხრ. 4.5) გვიჩვენებს, თუ

რომელი საფეხური რომელ საფეხურთანაა დაკავშირებული და რა სახისაა ეს კავშირები – ბრძანებებით თუ ინფორმაციებით. ბრძანებების გადაცემა სათანადო უჯრაში აღინიშნება ასო C-თი, ხოლო ინფორმაციების გადაცემა ასო I – თი. თუ არავითარი კავშირი არ არსებობს მაშინ იწერება 0.

მართვის იერარქიის ცხრილი 4.5.

	1	2	3	4	5	6
1	0	C	0	0	0	0
2	0	0	C	C	C	C
3	0	0	0	0	0	0
4	I	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	I	0	0	0	0

მართვის იერარქიული დაქვემდებარების მოდელის აღმწერ ცხრილში ჩანს, რომ ბრძანება (1) – დან მიდის (2) – ში, (2) – დან (3) – ში, (4) – ში, (5) – ში, (6) – ში, ხოლო უკუკავშირი (4) – დან მიდის (1) – ში და (6) – დან (2) – ში. უკუკავშირების არხებით გადაიცემა მარტო ინფორმაციები და არ გადაიცემა ბრძანებები. კრიმინალისტიკაში კვლევის იერარქიული სტრუქტურის სახეს დიდი მნიშვნელობა აქვს მართვის საქმეში. ძალზე გართულებული სტრუქტურა ხელს უშლის მართვის მისაღები პროცესის რეალიზაციას.

სისტემა „ადამიანი-ტექნიკა-გარემო“ ადამიანის ქმედების სფეროა. ადამიანის უნარი არის გარკვეული მოქმედების განხორციელების სუბიექტური პირობა და რაიმე მოქმედების საშუალებებისა და ხერხების დაუფლების სისწრაფეში, სიღრმესა და სიმტკიცეში ვლინდება, რომლის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა ინფორმაციის მიღება და გადამუშავება, დასადგენია გადაცემის ოპტიმალური რაოდენობა და სიჩქარე.

უნდა მოინახოს იმ ინფორმაციის ოპტიმალური სიჩქარე, რომლის დროსაც ადამიანი მუშაობს ყველაზე ეფექტურად.

- ადამიანის მიერ ინფორმაციის ამა თუ იმ მოცულობის აღქმის პრობლემა;
- ინფორმაციის ნაკადისა და მოცულობის ზრდა მეტია, ამ ინფორმაციის ადამიანის ტვინში ადაპტაციის პროცესზე. წამოიჭრება ადამიანის ინფორმაციული გადატვირთვის პრობლემა.

ადამიანის ნორმალური ფსიქიკა “ღიაა” და ინფორმაცია იწვევს მისი ფსიქიკური მდგომარეობის შეცვლას. იგი ინფორმაციას აღიქვამს როგორც არსებულის სინამდვილეს და ობიექტურ ასახვას. ადამიანს ინფორმაციისგან თავდაცვის უზრუნველყოფის თანდაყოლილი იმუნიტეტი არ გააჩნია. ექსპერიმენტული ანალიზის საფუძველზე (სატრანსპორტო საშუალებათა ექსპლუატაცია) განისაზღვრა ფაქტორთა ერთობლიობა, რის საფუძველზედაც შემუშავებულია დასკვნები და რეკომენდაციები:

- ადამიანის გაფანტულობისა და რეაგირების ფაქტორი. ყურადღების გადატანა ერთი საგნიდან მეორეზე ან ერთდროულად რამდენიმე ობიექტისაკენ წარმართვას ზოგი ადამიანი ძნელად ან დაგვიანებით ახერხებს, ზოგიც სწრაფად და იოლად. ამას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მართვის სისტემების - მძღოლის, დისპეტჩერის ან სხვა პერსონალთა შერჩევაში.
- განწყობის ფაქტორი, მიუხედავად ადამიანის ინდივიდუალური განსხვავებისა, პროდუქტიულობის თვალსაზრისით სამუშაო დღის პირველი საათი (5-55 წუთი) ნაკლებ ნაყოფიერია - ეს დრო სათანადო განწყობის შექმნას სჭირდება. ამ დროის განმავლობაში მთლიანი ორგანიზმის „აწყობა“ ხდება;
- ემოციურობის ფაქტორი - ყურადღება და შრომისნაყოფიერება იზრდება და გრძელდება 2-2.5სთ. პიკს მესამე საათზე აღწევს. ეს დადებით ემოციურობასთან არის დაკავშირებული;

- ემოციურობისა და განწყობის ციკლირების ფაქტორი - ემოციურობა და შრომის ნაყოფიერება ეცემა მეოთხე/მეხუთე საათამდე. შესვენების შემდეგ იგივე ციკლი მეორდება. შრომისუნარიანობის განწყობა კვირის განმავლობაში მერყეობს და მაქსიმუმს აღწევს ოთხშაბათს და შაბათამდე თანდათან მცირდება.
- დადლილობის ფაქტორი და კრიტერიუმები - დადლილობის ხარისხი იზომება სამი ნიშნის მიხედვით: პულსის სიხშირე და სისხლის წნევა - დადლილობის ერთ-ერთი კრიტერიუმი. დადლილობის მატებასთან ერთად პულსის მატება კანონზომიერი მოვლენაა. მესამე - გარკვეულ სიგნალებზე რეაქცია, ეს ერთ-ერთი საუკეთესო მეთოდია დადლილობის შესამოწმებლად.

გამოკვლევებმა დაადასტურეს, რომ ჩვეულებრივ ადამიანის სხეული მთლიანად არასოდეს იღლება. თუ დადლილი ადამიანი აქტიურობის ფორმას შეიცვლის დადლილობას ნაკლებად შეიგრძნობს საფრთხისა და ექსტრემალურ სიტუაციის შემთხვევაში მყისიერი რეაგირება უნდა აიღოს თავის თავზე ტექნიკური უსაფრთხოების სისტემებმა.

ამგვარად, შემუშავებულია კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდოლოგია, რომელიც განსაზღვრავს და აყალიბებს საკვლევი ობიექტის ანალიზის, დიაგნოსტიკისა და ექსპერტიზის ერთიან სისტემას დაფუძნებულს ტექნიკურ-პროგრამულ უზრუნველყოფაზე.

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგები წარმოდგენილია მახასიათებლების ცხრილების, დიაგრამების და დასკვნების სახით.

შედეგები და მათი განსჯა

კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკური ექსპერიმენტების მოდელირების მეთოდოლოგია განსაზღვრავს და აყალიბებს საკვლევი ობიექტის ანალიზის, დიაგნოსტიკისა და ექსპერტიზის ერთიან სისტემას დაფუძნებულს ტექნიკურ-პროგრამულ უზრუნველყოფაზე. თვით

სამეცნიერო საკვლევი ინფორმაცია არის ლოგიკური ინფორმაცია, რომელიც მიიღება შემეცნების პროცესში. ფიზიკური ექსპერიმენტების კრიმინალისტიკური კვლევის მეთოდები შეიმუშავებს კვლევათა სისტემების ტექნოლოგიური პროცესების წარმართვის რეკომენდაციებს.

ექსპერიმენტული ანალიზის საფუძველზე განისაზღვრა ფაქტორთა ერთობლიობა, რის საფუძველზე წარმოდგენილია დასკვნები და რეკომენდაციები:

- საინფორმაციო ინფრასტრუქტურისა და მანქანური დამუშავების თავისებურებების განსაზღვრის ფაქტორი ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირებაში;
- საიჟინრო ტექნიკურ ექსპერტიზაში – ხელსაწყოთა საიმედოობის და ინტენსივობის ექსპერიმენტალური განსაზღვრის ფაქტორი;
- ექსტრემალურ სიტუაციაში პერსონალის გაფანტულობისა და რეაგირების ფაქტორი;
- შემეცნების ობიექტის აღქმის ფაქტორი;
- ერთი ობიექტიდან მეორეზე ყურადღების გადატანის წარმართვის ან ერთდროულად რამდენიმე ობიექტის აღქმის ფაქტორი;

ექსპერიმენტის მეთოდი, როგორც უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის საფუძველი. შესწავლილია წესებისა და პრინციპების დაცვის მექანიზმები, რომლებიც აუცილებელია ექსპერტული კვლევისა და მიღებული დასკვნების კრიმინალისტიკური რეგისტრაციისათვის.

კრიმინალისტიკური სისტემური მეთოდოლოგია და მეთოდიკა იძლევა კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების მისთვის "უჩვეულო" გარემოში ფუნქციონირების საშუალებას, იგულისხმება პირველადი მონაცემების შემცველი სისტემები, რომლებიც მიუთითებენ საკვლევი ობიექტების ბუნებაზე, მის ქცევის წესებზე, გარემოს სივრცესა და სხვა ზემოქმედების ფაქტორებზე.

ფიზიკური ექსპერიმენტების მოდელირება წარმოადგენს ამოცანების გადაწყვეტის ინსტრუმენტს და სამართლებრივი სტატუსის მქონე ექსპერტიზის მწყობრ სისტემას.

დასკვნა

1. შემუშავდა კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების „უჩვეულ“ გარემოში ფუნქციონირების განმსაზღვრელი მეთოდიკა;
2. შემუშავდა საინჟინრო ტექნიკური ექსპერტიზა და ხელსაწყოთა საიმედობისა და მტყუნების ინტენსივობის ექსპერიმენტალური განსაზღვრის მეთოდოლოგია.
 - განხორციელდა საწყისი, დეფორმირებული და თერმულად დამუშავებული მონოკრისტალური სილიციუმის მიკროსტრუქტურის, მიკროსისალისა და ელექტროფიზიკური მახასიათებლების დიაგნოსტიკა და დადგენილია გარეშე ზემოქმედების გავლენით მათი ცვლილებების კანონზომიერებანი.
 - ნაჩვენებია, რომ სტრუქტურული მდგომარეობისა და სტრუქტურულად-მგრძნობიარე ფიზიკური მახასიათებლების ცვლილებების მექანიზმების ანალიზით შესაძლებელია გარეშე ფაქტორების წარმომავლობის პროგნოზირება და დადგენა.
3. შესწავლილია მონოკრისტალურ სილიციუმსა და გალიუმის ფოსფიდში მექანიკური რხევების ენერჯის შთანთქმის რელაქსაციური და ჰისტერეზისული ტიპის პროცესები;
 - განსაზღვრულია რელაქსაციაში მონაწილე სტრუქტურული დეფექტების მოძრაობის აქტივაციის ენერჯის მნიშვნელობები;
 - გაანალიზებულია დინამიური ძვრის მოდულის, მიკროპლასტიკური და რელაქსაციური პროცესების მახასიათებლების ცვლილებების კანონზომიერებანი;
 - განხორციელდა დინამიური და ენერგეტიკული მახასიათებლების განმსაზღვრელი გარეშე ზემოქმედების დიაგნოსტიკა და გაანალიზებულია პროგნოზირების პოტენციალური შესაძლებლობანი.
4. გაანალიზებულია ექსპერიმენტის მეთოდი, როგორც უსაფრთხოების სისტემების ეფექტურობის საფუძველი.

5. შემუშავდა კრიტიკული სიტუაციების პროგნოზირებისა და უსაფრთხოების მართვის სისტემების ინტელექტუალური ტექნოლოგიების მეთოდოლოგია.
6. შემუშავებულია კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდოლოგია, რომელიც განსაზღვრავს და აყალიბებს საკვლევო ობიექტის ანალიზის, დიაგნოსტიკისა და ექსპერტიზის ერთიან სისტემას დაფუძნებულს ტექნიკურ-პროგრამულ უზრუნველყოფაზე.
7. შესწავლილია იმ წესებისა და პრინციპების დაცვის მექანიზმი, რაც აუცილებელია ექსპერტული კვლევისა და მიღებული დასკვნების კრიმინალისტიკური რეგისტრაციისათვის.

ჩატარებული მოხსენებებისა და გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:

1. Esiava N.A., Janelidze G.A., Esiava R.A., Janelidze A.G. International Cooperation for Sustainable Development through Science and Technology ISTC. 19-20 April, 2011. Tbilisi. Georgia.
2. ჯანელიძე გ., კუნელაშვილი ე., ესიავა ნ., ჯანელიძე ა. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები", "საინფორმაციო ინფრასტრუქტურა და მანქანური დამუშავების თავისებურებანის განსაზღვრა კრიმინალისტიკურ ექსპერტიზაში" მოხსენებათა კრებული. სტუ, თბ., ოქტ., 2010, გვ. 97-101;
3. კუნელაშვილი ე.ა., ესიავა ნ.ა., ჯანელიძე ა.გ., ჯანელიძე გ.ა., ესიავა რ.ა. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები", "არაფორმალური ინფორმაციის – ადამიანის ტიპოლოგიისა და ემოციური ქცევის თავისებურების განსაზღვრა კომპიუტერული ანალიზის მეთოდით". სტუ, თბ., მაისი, 2011. მოხსენებათა კრებული, გვ. 329-332;
4. ჯანელიძე ა., ჯანელიძე ი., ესიავა ნ., ტაბატაძე ი. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები", "რელაქსაციური პროცესები მონოკრისტალურ გალიუმის ფოსფიდში". სტუ, თბ., 30 მარტი 2011. მოხსენებათა კრებული, გვ. 302-304;
5. ჯანელიძე გ., ესიავა ნ., ჯანელიძე ა., ესიავა რ. კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდოლოგია. საქ. განათ. მეცნიერებათა აკად. ჟ. "მოამბე"-ს დამატ. N2, თბ., 2010. გვ. 148-151;

6. ჯანელიძე ა., აბუხანდაძე ფ., კუნელაშვილი ე., ესიავა ნ., ე. კუნელაშვილი., ჯანელიძე გ. "კრიმინალისტიკური ამოცანების გადაწყვეტის მათემატიკური უზრუნველყოფის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა. საქ. განათ. მეც. აკად. ჟ. "მოამბე"-ს დამ. N9, თბ., 2007. გვ. 337-342;
7. ჯანელიძე ა., ესიავა ნ., კუნელაშვილი ე. "დიალოგისა და მსჯელობის მანქანური რეალიზება კრიმინალისტიკურ ინფორმატიკაში". საქ. განათ. მეც. აკად. ჟ. "მოამბე"-ს დამ. N9, თბ., 2007. გვ. 343-348;
8. ესიავა ნ. "საინფორმაციო ტექნოლოგიების ექსპერტული მართვის მოდელირება" ISSN 1512-0538 Business-Engineering N4. თბ., 2012. გვ. 119-121.
9. Эсиава Н.А. MATERIALY IX MEZINARODNI VEDECKO-PRAKTICKA KONFERENCE. "Определение зарядового состояния первичных радиационных дефектов в момент образования в кристаллах Si", Praha Publishing House "Education and Science", 2013 pp. 37-41.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ფალიაშვილი ა., გოგშელიძე რ. სიმონიშვილი ვ. "კრიმინალისტიკა". თბ., „მერი დიანი“, 2000, ტ. I. 291 გვ.
2. Barry A. J. Fisher., William J. Tilstone, Catherine Woytowicz. Introduction to Criminalistics. The Foundation of Forensic Science. Academic press is an imprint of Elsevier. 2009, 321 pp.
3. კუნელაშვილი ე.ა., ესიავა ნ.ა., ჯანელიძე ა.გ., ჯანელიძე გ.ა., ესიავა რ.ა. „არაფორმალიზირებული ინფორმაციის – ადამიანის ტიპოლოგიისა და ემოციური ქცევის თავისებურების განსაზღვრა კომპიუტერული ანალიზის მეთოდით" საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები. სტუ, თბ., მაისი, 2011. მოხ. კრებ. გვ. 329-332;
4. Коваль С. Л. Метод идентификации дикторов по звукозаписям их речи на основе форматного выравнивания. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ЭКСПЕРТОВ Центр Речевых Технологии (Санкт-Петербург) 2008;
5. Эсиава Н.А. и др. MATERIALY IX MEZINARODNI VEDECKO-PRAKTICKA KONFERENCE. "Определение зарядового состояния первичных радиационных дефектов в момент образования в кристаллах Si", Praha Publishing House "Education and Science", 2013 pp. 37-41
6. ესიავა ნ. "საინფორმაციო ტექნოლოგიების ექსპერტული მართვის მოდელირება" ISSN 1512-0538 Business-Engineering N4. თბ., 2012. გვ. 119-121;
7. კუნელაშვილი ე., ჯანელიძე ა., ჯანელიძე გ. "კრიმინალისტიკური ინფორმაციული პროცესების ალგორითმიზაცია და მანქანური დოკუმენტების სამართლებრივი რეგულირების კვლევა". საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "მართვის ავტომატიზებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები". სტუ, თბ., სექტ. 2011. შრომები მართვის ავტომატიზებული სისტემები, გვ. 402-404;

8. Кобелева С.П. "Методы измерения электрофизических параметров монокристаллического кремния". Москва МГИ стали и сплавы 2007 N1 60-65;
9. Солимар Л. Уолш Д. "Лекции по электрическим свойствам материалов" Москва "Мир" 1991 стр. 591
10. ჯანელიძე გ., კუნელაშვილი ე., ესიავა ნ., ჯანელიძე ა. "საინფორმაციო ინფრასტრუქტურა და მანქანური დამუშავების თავისებურებანის განსაზღვრა კრიმინალისტიკურ ექსპერტიზაში" საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები". სტუ, თბ., ოქტ., 2010. გვ. 97-101;
11. ფონოგრამების კრიმინალისტიკური ექსპერტიზების სამეცნიერო-მეთოდური რეკომენდაციების კრებული: მეტყველების ტექნოლოგიის ცენტრი. 2002.
12. გაფრინდაშვილი რ., ფანჯიკიძე თ., ხიზანიშვილი ს. "გამოყენებითი ფსიქოლოგია", "ტექნიკური უნივერსიტეტი" თბ., 2012. გვ. 32-35;
13. ჟელუდკოვი რ.ნ., ტიმკო ე.ბ., უსკოვი კ.ი. უკრაინის იუსტიციის სამინისტროს კიევის სასამართლო ექსპერტიზის კვლევითი ცენტრი: ციფრული დამუშავების კვალის აღმოჩენა ანალოგური ტიპის ფონოგრამებში.
14. თუშიშვილი ა., კაპანაძე გ., თუშიშვილი მ. "სმენის ბიომეტრიული ნიშნები და პიროვნების პერსონიფიკაცია. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომების კრებული, 2011.
15. ჯანელიძე ა., ესიავა ნ., კუნელაშვილი ე. "დიალოგისა და მსჯელობის მანქანური რეალიზება კრიმინალისტიკურ ინფორმატიკაში". საქ. განათ. მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალი "მოამბე" N9, თბ., 2007.
16. Esiava N.A., Janelidze G.A., Esiava R.A., Janelidze A.G. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია: International Cooperation for Sustainable Development through Science and Technology ISTC. 19-20 April, 2011. Tb.
17. Полевой Н.С. "Криминалистическая кибернетика". М.: 1989. 325с.
18. ჯანელიძე ა., ჯანელიძე ი., ესიავა ნ., ტაბატაძე ი. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები", "რელაქსაციური პროცესები მონოკრისტალურ გალიუმის ფოსფიდში" სტუ, თბ., 30 მარტი, 2011. მოხსენებათა კრებული გვ. 302-304.
19. Ануашвили А.А. "Видео компьютерная система для психодиагностики и психотерапии" Труды ИСУ АН России. М.: 2006.
20. ჯანელიძე ა., ოზაშვილი ე., აბჟანდაძე ფ., ესიავა ნ. „დიალოგისა და მსჯელობის მანქანური რეალიზება კრიმინალისტიკურ ინფორმატიკაში“. საქართველოს განათლების მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალ „მოამბის“ დამატება, შრომები 9. თბ., 2007, გვ. 343- 348.
21. ჩხეიძე მ. "სტრატეგია და კომუნიკაციური ინტენცია". საქართველოს განათლების მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალ "მოამბის" შრომები 9. თბ., 2007, გვ. 298-302;
22. Standard Guide for Forensic Examination of Non-Reactive Dyes in Fibers by Thin-Layer-Chromatography in ASTM Standard E 2227-02 ASTM International, 2004;

23. გაფრინდაშვილი რ., ფანჯიკიძე თ., ხიზანიშვილი ს. "გამოყენებითი ფსიქოლოგია" სტუ, 2012, 190 გვ. 34-35; 90-91 გვ.
24. ფაფიაშვილი შ. "კრიმინალისტიკა". ტ. III, თბ., 2006. გამომც.: მერიდიანი, გვ. 72-93;
25. ლაზრივა ნ., მანია მ., მოსიძე ა., ტორონჯაძე ა., ტორონჯაძე თ., შერვაშიძე თ. „ალბათობის თეორია და მათემატიკური სტატისტიკა“ გამომც.: მათ. ინსტ. თბ., 2000, 660 გვ.
26. ელიზბარაშვილი ე. „ქიმია და კრიმინალისტიკა“. ნაწ. 1, თბ., 2010, 64 გვ.; გვ. 25-26
27. შილაკაძე მ. მექა ნიკური მოწყობილობების საიმედოობის საფუძვლები. თბ., 2009. გვ 14-16; 23-27; 392 გვ;
28. ჯანელიძე ა., აბუანდაძე ფ., კუნელაშვილი ე. "კრიმინალისტიკური ამოცანების გადაწყვეტის მათემატიკური უზრუნველყოფის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა. საქართველოს განათლების მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალ "მოამბე" N 9, თბ., 2007. გვ. 337-342;
29. კუნელაშვილი ე. კრიმინალისტიკური ამოცანებისა და ინფორმაციული პროცესების ალგორითმიზაცია, დოკუმენტების მანქანური დამუშავება და მათი სამართლებრივი რეგულირების კვლევა. სადოქტორო ნაშრომი. სტუ, 2012, გვ.116-120; 133-135;
30. ჯანელიძე გ., ესიავა ნ., ჯანელიძე ა., ესიავა რ. კრიმინალისტიკური ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ფიზიკურ ექსპერიმენტთა მოდელირების მეთოდოლოგია. საქართველოს განათლების მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალ "მოამბე"-ს დამატება N 2, თბ., 2010. გვ. 148-151;
31. გამყრელიძე დ. კრიმინალისტიკურ ტექნიკურ ექსპერტიზაში ინფორმაციის ანალიზის გრაფიკული და იმიტაციური მოდელირების კვლევის მეთოდების განსაზღვრა. სამაგისტრო ნაშრომი, სტუ, 2010, 78-81;
32. რაზმაძე ა. ლექციების კურსი ალბათობის თეორიაში. თბ., 1991.
33. ჯანელიძე გ., მხეიძე თ., ჯანელიძე ა. და ესიავა რ. სასწავლო პროცესებში კომპიუტერული და შემეცნებითი ტექნოლოგიების პრაქტიკული რეალიზაციის განსაზღვრა. სტუ-ს შრომები. საიუბილეო გამოცემა 7(446) თბ., 2002. გვ. 98-100.
34. ესიავა ნ., ჯანელიძე გ., ესიავა რ., ჯანელიძე ა. უსაფრთხოების მართვის სისტემებში კრიტიკული სიტუაციების თავისებურებების განსაზღვრა. სტუ, საერთაშორისო სამეცნიერო-პედაგოგიური ჟურნალი „განათლება“. 2(8) 2013, გვ. 161-164.
35. Беридзе М.Г., Пагава Т.А., Каландадзе И.Г., Барамидзе К.К., Эсиава Н.А. Влияние оптического воздействия на рассеивающую способность квазидиэлектрических включений в облученных протонами кристаллах N-Si. Труды ГГУ, 1(487). 2013. стр. 110-113
36. ესიავა ნ., ჯანელიძე გ., ესიავა რ., ჯანელიძე ა. უსაფრთხოების მართვის სისტემებში კრიტიკული სიტუაციების პროგნოზირების თავისებურებების განსაზღვრა. საბუნებისმეტყველო დიციპლინები – განათლება 2(8), 2013. გვ. 161-165.