

მამუკა გუჯაბიძე

წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის
ეფექტური რეგულირების მეთოდოლოგიის დამუშავება

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
თვე, 2010

© საავტორო უფლება „მამუკა გუჯაბიძე, 2010“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით გუჯაბიძე მამუკას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტური რეგულირების მეთოდოლოგიის დამუშავება და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელები: ტმდ., პროფ. ლევან კლიმიაშვილი
ტმდ., პროფ. ზაურ ციხელაშვილი

რეცენზენტი: ტმკ. ჯ. ტომარაძე

რეცენზენტი: ტმდ. სრ. პროფ. ნ. კოდუა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2008

ავტორი: მამუკა გუჯაბიძე
დასახელება: წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტური რეგულირების მეთოდოლოგიის დამუშავება
ფაკულტეტი : სამშენებლო ფაკულტეტი
აკადემიური ხარისხი: დოქტორი
სხდომა ჩატარდა: თარიღი

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

ავტორის ხელმოწერა

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

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

რეზიუმე

სადისერტაციო ნაშრომი სტრუქტურისა და მოცულობის მიხედვით შედგება შესავლის, 4 თავის, დასკვნისა და 124 დასახელების ლიტერატურის ნუსხისაგან, მათ შორის 25 ნახაზი და 8 ცხრილი.

შესავალში მოცემულია ნაშრომის საერთო დახასიათება: დასაბუთებულია პრობლემის აქტუალობა, სამუშაოს მიზანი და კვლევის ამოცანა, კვლევის ობიექტები, კვლევის მეთოდები, მეცნიერული სიახლე, პრაქტიკული ღირებულება და შედეგების რეალიზაცია, მეცნიერული დასკვნების და რეკომენდაციების სარწმუნოების დასაბუთება, სამუშაოს აპრობაცია, ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა.

პირველ თავში განხილულია პრობლემის თანამედროვე მდგომარეობა და კვლევის ამოცანები.

წყალმომარაგების სისტემის გამწმენდი ნაგებობების გამართულ და რიტმულ მუშაობაზე მნიშვნელოვანწილად არის დამოკიდებული მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის საიმედოობა. ამ მიმართულებით ნაშრომში წარმოდგენილია ლიტერატურული მიმოხილვა, კრიტიკული ანალიზი და საკითხის თანამედროვე მდგომარეობა. დახასიათებულია წყლის გაწმენდის თანამედროვე მეთოდები და ტექნოლოგიები (მათ შორის, თანამედროვე მემბრანული ტექნოლოგია), რომლებიც ამომწურავად იძლევიან ამ მეთოდების პრაქტიკული დანერგვის შესაძლებლობებს გამწმენდ სადგურებში. უნდა აღინიშნოს, რომ მოცემული პრობლემის მიხედვით, არსებულ ნაშრომებში არ არის განხილული წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვის, მონიტორინგის, პროცესგანმაპირობებელი ფაქტორების აღწერის და მოდელირების სისტემური საკითხები, რაც წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის საგანია.

საკვლევი პრობლემის გადასაწყვეტად შემოთავაზებულია სისტემური მიდგომა, რომელიც გამწმენდ სადგურებში მიმდინარე წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიურ პროცესს განიხილავს კომპლექსურად პროცესგანმაპირობებელი ფაქტორების ანალიზისა და მოდელირების საფუძველზე, გაწმენდის სქემაში ჩართულ ნაგებობათა კომპლექსის ფუნქციონირების ეფექტური რეჟიმების (მუშაობის რეგლამენტის) დადგენის მიზნით.

მეორე თავში წარმოდგენილია წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პრინციპები: წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის შესაძლებლობა “არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის” პრინციპის გამოყენებით; წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების სტატისტიკური მართვის პრინციპები; საკონტროლო-სარეგულაციო რუკების აგება ქ. თბილისის სამგორის გამწმენდი სადგურის მაგალითზე.

მესამე თავში განხილულია წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების რეგულირებისა და ხარისხის მართვის დესკრიციული ტიპის მოდელების შედგენა ქ. თბილისის სამგორისა და ღრმაღელის გამწმენდი სადგურის მაგალითზე.

პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების შესაბამისად, წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის სტრატეგიის შემუშავების მიზნით, შემოთავაზებულია ამ პარამეტრების ნომინალისა და მისი ცვლილების არეების (ზედა და ქვედა გამაფრთხილებელი და სარეგულაციო საზღვრები) დადგენის შესაძლებლობა წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების გამოყენებით. გადაწყვეტილებათა მიღების წესი ასეთ შემთხვევაში შემოიფარგლება ორი პუნქტით: 1.

წყლის გაწმენდის საერთო ხარისხობრივი შეფასება ჩაითვლება “დამაკმაყოფილებლად”, “კარგად” ან “ძალიან კარგად” მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ერთდროულად მოქმედი წყლის გაწმენდის მახასიათებელი პარამეტრის თითოეული შეფასება მიღებული მოდელების მიხედვით სულ მცირე $P \geq 0.37$ -ია. 2. წყლის გაწმენდის საერთო ხარისხობრივი შეფასება ჩაითვლება “არადამაკმაყოფილებლად” მხოლოდ და მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც $P < 0.37$. ამ შემთხვევაში გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობს არადამაკმაყოფილებლად (ერთი “შემჩნეული” პარამეტრის შემთხვევაშიც კი), რაც გამოიხატება იმაში, რომ მახასიათებელი პარამეტრი გამოსულია საკონტროლო რუკების გამაფრთხილებელი საზღვრებიდან.

პროცესის სტაბილურ მდგომარეობაზე მისაყვანად საჭირო იქნება მოცემული წესის შესაბამისად “შემჩნეული” პარამეტრების კორექცია განსაზღვრული ნომინალის ფარგლებში. აქ P არის ე.წ. “მიზნის მიღწევის” ფუნქცია, რომელიც ასახავს პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების მიხედვით აგებული საკონტროლო რუკების ზედა და ქვედა გამაფრთხილებელი საზღვრების შესაბამის ხარისხობრივ მდგომარეობას.

მეთხე თავში მოცემულია წყლის გაწმენდ სადგურებში ტექნოლოგიური პროცესის მართვის პრინციპებისა და სათანადო რეკომენდაციების შემუშავება ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის სრულყოფის მიზნით. ჩამოყალიბებულია ოპერატიული მართვის პრინციპები წყლის გამწმენდი სადგურის ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტური მართვის მიზნით. ამ შემთხვევაში წყლის გამწმენდი სადგურის ერთიანი სისტემის ფუნქციონირების ორგანიზაცია ემყარება წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის განხილვას სიმბიოზში სოციალურ-ტექნიკურ მახასიათებლებთან ერთად: მიზანმიმართულობა, სტრუქტურულობა, თვითორგანიზება, ელემენტების ურთიერთკავშირი, მთლიანობის და განკერძოების ურთიერთკავშირი, და სხვ.

პროცესგანმაპირობებელი ფაქტორების მიხედვით შედგენილი საკონტროლო რუკები, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში დამყარებული ნებისმიერი სიტუაციური მდგომარეობის შესაბამისად, საშუალებას იძლევა განისაზღვროს წყლის გაწმენდის სათანადო ხარისხი როგორც დიფერენციულად ცალკეული პარამეტრების მიხედვით, ასევე ინტეგრირებულად საანალიზო პარამეტრთა ერთობლიობის მიხედვით.

ნაშრომის საერთო დახასიათებაში განხილულია:

პრობლემის აქტუალობა. წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა შეუფერხებელი წყლით უზრუნველყოფა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია წყლის გამწმენდი სადგურების ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტურ რეგულირებასა და ნორმალური ფუნქციონირების შენარჩუნებაზე.

ბუნებრივი წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის განმაპირობებელი პარამეტრები (გამჭვირვალობა, სიმღვრივე, ფერი, სუნი, გემო, PH, ამიაკი, ნარჩენი ქლორი, ქლორიდები, ჟანგვადობა, საერთო სიხისტე, ნარჩენი ალუმინი, C_{10} ინდექსი, ბაქტერიების საერთო რაოდენობა და სხვ.) წლის სეზონების მიხედვით განიცდიან მნიშვნელოვან ცვლილებებს, ამიტომ აუცილებელია გაწმენდის ტექნოლოგიურ პროცესში ამ პარამეტრების ოპერატიული კონტროლი და რეგულირება სასმელი წყლის სტანდარტის მოთხოვნილი ხარისხის შესაბამისად.

ბუნებრივი წყლის ხარისხის მაჩვენებელი პარამეტრების მძაფრი ცვალებადობა სეზონურად (განსაკუთრებით, გაზაფხულის პერიოდში) მკვეთრად აუარესებს გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალურ მსვლელობას და მოითხოვს ნაგებობათა კომპლექსის იძულებით (ფორსირებულ) რეჟიმებზე გადაყვანას და მუშაობის

რეგლამენტის ცვლილებას. ეს გარემოება კი, თავის მხრივ, იწვევს წყლის მიწოდების შემცირებას და მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ხარისხის გაუარესებას.

საქართველოში (ანალოგიურად უცხოეთშიც) ძირითადად მიღებულია წყლის გაწმენდის ტრადიციული ტექნოლოგიური სქემები და ნაგებობათა კომპლექსები, რომელთა დანიშნულებაა ბუნებრივ წყლებში არსებული დაბინძურების გაუვნებლობა და სასმელი წყლის მიყვანა სტანდარტით გათვალისწინებულ კონდიციამდე.

წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობაზე გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფაქტორები (როგორც გარეგანი, ასევე შინაგანი), რაც გარკვეული არასტაციონარულობით ხასიათდება. რეალურ პირობებში ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალი წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მდგომარეობათა შეფასებასა და ოპერატიულ მართვაში ძირითადად ემყარება სუბიექტურ-ინტუიციურ მოსაზრებებს და გადაწყვეტილებებს, რაც შეიძლება ნეგატიურად აისახოს წყლის ხარისხის სტაბილურობაზე.

აღნიშნულ კონტექსტში საკვლევი პრობლემის აქტუალობა განპირობებულია გამწმენდ სადგურებში წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ანალიზისა და შეფასების ერთიანი სისტემური მიდგომით, რომელიც აღნიშნულ პროცესს განიხილავს კომპლექსურად. ამ შემთხვევაში ადამიან-ოპერატორს ეძლევა ეფექტური ინსტრუმენტული საშუალება, ერთდროულად გააანალიზოს და შეაფასოს წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობა ნებისმიერ („არამკვეთრ“) სიტუაციაში პროცეს-განმაპირობებელი ფაქტორებისა და გაწმენდის სქემაში ჩართული ნაგებობათა კომპლექსის ფუნქციონირების რეჟიმების (და მუშაობის რეგლამენტის) გათვალისწინებით.

მეცნიერული სიახლე. შემუშავებულია წყალმომარაგების სისტემის გამწმენდ სადგურებში წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისა და ნორმალური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის სისტემური მიდგომა „არამკაფიოლოგიკური რეგულატორის“ გამოყენებით, რომელიც ოპერატორ-დისპეტჩერს აძლევს დამყარებულ სიტუაციურ მდგომარეობათა შესაბამისად პროცეს-განმაპირობებელი ფაქტორების ანალიზისა და გაწმენდის სქემაში ჩართული ნაგებობათა კომპლექსის ფუნქციონირების ეფექტური რეჟიმების დადგენისა და ოპერატიული მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების რეალურ ინსტრუმენტულ საშუალებას.

პრაქტიკული ღირებულება და შედეგების რეალიზაცია. შემუშავებულია წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მანასიათებელი პარამეტრების რეგულირების და ხარისხის მართვის სისტემური მიდგომა, რომლის საფუძველზეც შესაძლებელი გახდა წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მათემატიკური აღწერა “არამკაფიოლოგიკური რეგულატორის” პრინციპის გამოყენებით:

- საკონტროლო-სარეგულაციო რუკების აგების მეთოდიკა;
- წყლის ხარისხის პროცესის დიფერენციული და ინტეგრირებული შეფასება-პროგნოზირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმადელისა და სამგორის გამწმენდი სადგურების მაგალითზე;
- 1 ლ რეაგენტის გახარჯვის სიხშირის (წთ) ხარისხობრივი შეფასების დესკრიფციული მოდელის შედგენა, რომელიც ნედლი წყლის (გამჭვირვალობის) ხარისხობრივ ცვალებადობასთან დამოკიდებულებით განსაზღვრავს რეაგენტის დოზირების სათანადო სიხშირის მიზანშეწონილობას (ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმადელის გამწმენდი სადგურის მაგალითზე).

Summary

According to structure and volume the dissertation work consists of Introduction, 4 Chapters, Conclusion and List of Literature with 124 denominations, also 25 Figures and 8 Tables.

Introduction presents the general characterization of the work: the urgency of the problem, objectives of the work and research problem, research objects, research methods, scientific innovation, practical value and realization of results, scientific conclusions and the proof of recommendations validity, approbation of the work, work structure and volume.

Chapter I considers contemporary state of the problem and research tasks.

The reliability of the process of water supply provision to the consumers greatly depends on reliable and rhythmic operation of water supply system purification plants. In this respect the work presents literary review, critical analysis and contemporary state of the problem. Contemporary methods and technologies (including modern membrane technology) of water purification are characterized which give exhaustive possibilities of practical implementation of these methods at purification stations. It should be mentioned that the existing works do not consider systems problems of operative management, monitoring, description and modeling of process-conditioning factors of water purification technological processes which are the very subject of the given work.

In order to solve the research problem the systems approach is proposed which considers the technological process at water purification stations in complex on the basis of analysis and modeling of process-conditioning factors with the purpose to state effective regimes (operation regulation) of structure complexes included in water purification scheme.

Chapter II gives the principles of operative-dispatch management of water purification technological process: the possibility of operative-dispatch management of water purification technological process using the principle of “implicit logic regulator”; principles of statistic management of characteristic parameters of water purification technological process; plotting of control and regulating maps on example of the Samgori purification station of Tbilisi.

Chapter III considers the construction of descriptive-type models of regulation and quality control of water purification technological process specific parameters on example of the Samgori and the Ghrmaghele purification stations of Tbilisi.

According to process-conditioning parameters, with the aim to work out operative-dispatch management strategy of water purification technologic process the possibility of stating the areas of duty-cycle ratings and its variation (upper and lower precautionary and regulation limits) is proposed using preliminarily composed discrete models. The decision making rule in such case is confined to two items: 1. The general qualitative evaluation of water purification can be considered “satisfactory”, “good” or “excellent” only in the case if each evaluation of simultaneously acting water purification specific parameter is at least $P \geq 0.37$ according to the received models. 2. The general qualitative evaluation of water purification will be considered “unsatisfactory”, if and only if, $P < 0.37$. In this case technological process of purification happens unsatisfactorily (even in the case of one “detected” parameter) which means that specific parameter is out of precautionary limits of control maps.

In order to bring the process to stable condition the correction of “detected” parameters within determined ratings is necessary. Here P is the so-called “objective

achievement” function which reflects quality state corresponding to upper and lower precautionary limits on control maps plotted according to the process-conditioning parameters.

Chapter IV discusses the development of the principles of technological process control at water purification stations (in social-technical, as well as, in organizational systems) and respective recommendations with the aim to polish-up operative-dispatch control. The operative control principles are formulated for effective control of water purification station technological process. In this case the organization of water purification station unified system operation is based on consideration of water purification technological process in symbiosis with social-technical characteristics: purposefulness, structurality, self-organization, interrelation of elements, interaction of integrity and alienation, etc.

The control maps plotted according to process-conditioning factors, in respect to arbitrary situational condition formed in operative-dispatch control process, enable to determine adequate water purification quality differentially for each parameter, as well as, integrally according the integrity of analyzed parameters.

The general characterization of the work considers:

Urgency of the problem. Uninterrupted water supply of clientele greatly depends on effective regulation and normal functioning of water purification stations technological process.

The technological parameters (transparence, turbidity, color, smell, test, PH, ammonia, residual chlorine, chlorides, general hardness, residual aluminum, C₀ index, general quantity of bacteria, etc.) conditioning water purification technological process according to raw water content undergo seasonal changes. Therefore, operative control of these parameters and regulation of potable water standards are necessary in technological process of water purification.

The acute seasonal variation (particularly, in spring) of natural water quality parameters deteriorates the normal procedure of purification technological process and demands the transition of construction complexes to induced (forced) regimes and the change of operation schedule. This condition, in its part, causes the deterioration of water supply and water quality.

In Georgia (as well as abroad) the traditional water purification technological schemes and station complexes are generally adopted their function being sanitation of pollution existing in natural waters and bringing of potable water condition to the accepted standards.

The process of water purification technological process is affected upon with different factors (external, as well as, internal) characterized with certain irregularity. In real conditions, in evaluation and operative control of water purification technological process the operative-dispatch personnel is mainly guided with subjective-intuitive considerations and solutions which may be negatively reflected on water quality stability.

In the mentioned context the urgency of the researched problem is conditioned with unified systemic approach to analysis and evaluation of water purification technological process at purification stations (in social-technical, as well as, in organizational system) which considers the mentioned process in complex. In this case human controller has an effective instrumental possibility of simultaneous analysis and evaluation of water purification technologic process continuation in arbitrary (“implicit”) situation with consideration of process-conditioning factors and operation regimes (and operation schedule) of building complex included in purification scheme.

Scientific innovation. Systems approach to water purification technological process regulation and normal operation (in social-economic, as well as, organization systems) of water supply system purification stations is developed which gives the operator-dispatcher the real instrumental ability to analyze process-conditioning factors according to the set situational conditions, to state effective regimes of construction complex operation included in purification scheme and to make operative control decisions.

Practical value and realization of results. The systems approach of regulation and quality control of specific parameters of water purification technological process is worked out which allowed mathematical description of operative-dispatch management of water purification technological process with the use of the principle of ‘implicit logic regulator’:

- Method of plotting of control and regulation maps;
- Descriptive-type models of differential and integrated evaluation-prognosis of water quality process on example of Ghrmaghele and Samgori purification stations of Tbilisi water conduit;
- Construction of descriptive model of quality evaluation of 1 l reagent consumption frequency (min) which depending on raw water (transparency) quality variation determines the expediency of corresponding frequency of reagent dosing (on example of Ghrmaghele purification station of Tbilisi water conduit).

შინაარსი

| | |
|---|--------|
| ტიტულის გვერდი | i |
| ხელმოწერების გვერდი | ii |
| საავტორო უფლების გვერდი | iii |
| რეზიუმე (ორ ენაზე) | iv-vii |
| შინაარსი | x |
| ცხრილების ნუსხა | xii |
| ნახაზების ნუსხა | xiii |
| ძირითადი ტექსტი | 15 |
| შესავალი. ნაშრომის საერთო დახასიათება | 15 |
| თავი 1. პრობლემის თანამედროვე მდგომარეობა და კვლევის ამოცანები | 19 |
| 1.1. ბუნებრივი წყლის გაწმენდის არსებული მეთოდების მიმოხილვა | 19 |
| 1.2. პრობლემის არსი და კვლევის ამოცანა | 22 |
| თავი 2. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პრინციპები | 24 |
| 2.1. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის შესაძლებლობა “არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის” პრინციპის გამოყენებით | 24 |
| 2.2. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების სტატისტიკური მართვის პრინციპები | 29 |
| 2.3. საკონტროლო-სარეგულაციო რუკების აგება ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის გამწმენდი სადგურის მაგალითზე | 31 |
| თავი 3. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების კონტროლის, რეგულირების და ხარისხის მართვის სტატისტიკური მოდელების შედგენა ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის და ღრმაღელის გამწმენდი სადგურების მაგალითზე | 46 |
| 3.1. მართვის სტატისტიკური მოდელების დანიშნულება წყლის გამწმენდი ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების სუბიექტურ-კრიტიკულ შეფასებაში | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2. სუბიექტურ-ხარისხობრივ კრიტერიულ შეფასებათა ხარისხის მართვის სტატისტიკური მოდელების შედგენის მეთოდოლოგია | 47 |
| 3.3. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელების შედგენა ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის გამწმენდი სადგურისათვის | 50 |
| 3.4. ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის გამწმენდი ნაგებობების ოპერატიული მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების სტრატეგიების შერჩევა წყლის გაწმენდის პროცესის მართვის მიზნით | 56 |
| 3.5. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მართვის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელების შედგენა ქ. თბილისის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურისათვის | 60 |
| თავი 4. გამწმენდი სადგურის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზაციულ-სისტემური გამოკვლევა | 68 |
| 4.1. ორგანიზაციულ-სისტემური გამოკვლევის ზოგადი მეთოდოლოგიური ასპექტები | 68 |
| 4.2. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის გამოკვლევის სისტემურ-მეთოდური საფუძვლები | 77 |
| 4.3. წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაცია, როგორც სისტემა | 86 |
| 4.4. წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაციის ფუნქციონირების სისტემური ანალიზი | 92 |
| 4.5. წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაცია, როგორც სოციალურ-ტექნიკური სისტემა | 96 |
| 4.6. წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაცია, როგორც მართვის ფუნქციის სისტემა | 101 |
| 4.7. ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმაღელის გამწმენდ სადგურებში რეაგენტის დოზის მიცემის (გახარჯვის) სიხშირის განსაზღვრა ნედლი წყლის ხარისხის (გამჭვირვალობის) შესაბამისად წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის ამაღლების მიზნით | 105 |
| დასკვნა – თეორიული და პრაქტიკული შედეგები | 109 |
| ლიტერატურა | 110 |

ცხრილები ნუსხა

| | |
|--|----|
| ცხრილი 1. ქ. თბილისის სამგორის გამწმენდი სადგურის რეტროსპექტული საშუალო სტატისტიკური მონაცემების ამონაკრებთა საწყისი რეალიზაციები წყლის გაწმენდის მაჩვენებლების მიხედვით | 36 |
| ცხრილი 2. სამგორის გამწმენდი სადგურის წყლის გაწმენდის მაჩვენებლებისათვის გამაფრთხილებელი და სარეგულაციო საზღვრების გაანგარიშების შედეგები | 39 |
| ცხრილი 3. სამგორის წყალსადენის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის საკონტროლო რუქებით დადგენილი საზღვრითი ღონეები დიდი ბრიტანეთის სტანდარტის შესაბამისად | 40 |
| ცხრილი 4. “აზრობრივი შინაარსის” გამომხატველი მოდელები შედგენილი სამგორის წყალსადენის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის | 54 |
| ცხრილი 5. “ლოგიკური კავშირების” განმსაზღვრელი მოდელები შედგენილი სამგორის წყალსადენის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის | 55 |
| ცხრილი 6. სამგორის გამწმენდი სადგურის წყლის გაწმენდის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის გამაფრთხილებელი საზღვრების შესაბამისად, ოპერატიული მართვის ხარისხობრივი შეფასებისათვის აგებული სადიაგნოსტიკო-საპროგნოსტიკო მოდელები | 59 |
| ცხრილი 7. ქ. თბილისის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურისათვის შედგენილი სასმელი წყლის ხარისხის შეფასების დესკრიფციული ტიპის მოდელები | 63 |
| ცხრილი 8. ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურისათვის შედგენილი დესკრიფციული მოდელების მიხედვით ბუნებრივი და სასმელი წყლის სეზონური ცვალებადობის სუბიექტურ-კრიტერიული შეფასების შედეგები მახასიათებელი პარამეტრების მიხედვით | 65 |

ნახაზების ნუსხა

| | |
|--|-------|
| ნახ. 1. არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორი | 27 |
| ნახ. 2. „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენებით მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების ბლოკ-სქემა | 28 |
| ნახ. 3. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების სტატისტიკური მართვის პრინციპები | 29 |
| ნახ. 4. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვის საერთო პრინციპული სქემა | 30 |
| ნახ. 5 ა, ბ, გ; ნახ. 6 ა, ბ; ნახ. 7 ა, ბ, გ; ნახ. 8 ა, ბ. სამგორის გამწმენდი სადგურის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული კონტროლისა და მართვისთვის შედგენილი საკონტროლო რუკები თვალსაჩინო დიაგრამების სახით | 41-45 |
| ნახ. 9. ქ. თბილისის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურის ბუნებრივი და სასმელი წყლის ხარისხის სეზონური ცვალებადობის სუბიექტურ- კრიტერიული შეფასება მახასიათებელი პარამეტრების მიხედვით | 61 |
| ნახ. 10. ორგანიზაციის სისტემურობის მახასიათებელი ბლოკ-სქემა | 69 |
| ნახ. 11. სისტემური გამოკვლევის მეთოდური საფუძვლები | 77 |
| ნახ. 12. გამოკვლევის სუბიექტების ურთიერთდამოკიდებულება სისტემური წესებისა და პროცედურების შესაბამისად | 80 |
| ნახ. 13. გამოკვლევის კონცეფციის შემუშავება | 82 |
| ნახ. 14. გამოკვლევის სამუშაო ჰიპოთეზა | 83 |
| ნახ. 15. გამოკვლევის სამუშაო ინსტრუმენტები | 84 |
| ნახ. 16. სისტემად ორგანიზების პროცესი | 88 |
| ნახ. 17. ორგანიზაციული ურთიერთობების დონეები | 90 |
| ნახ. 18. ორგანიზაციული ურთიერთობების მოწესრიგების ობიექტები | 91 |
| ნახ. 19. შესაბამისობის პრინციპის ასახვა ორგანიზაციული საქმიანობის ფორმასა და მის ტექნიკურ ბაზისს შორის | 97 |
| ნახ. 20. ორგანიზაციის რთული ბუნების სქემური აღწერა | 99 |

| | |
|---|-----|
| ნახ. 21. ურთიერთქმედების ერთიანი კომპლექსი | 102 |
| ნახ. 22. მართვის ფუნქციების სტრუქტურა | 102 |
| ნახ. 23. მართვის ფუნქციის დიფერენციაცია ორგანიზაციული ქვეგანყოფილებების სახით..... | 103 |
| ნახ. 24. მართვის ფუნქციების გამოყენების უნივერსალური ხასიათი | 104 |
| ნახ. 25. 1 ლიტრი რეაგენტის ერთ წუთში გახარჯვის სიხშირის ცვალებადობის გრაფიკი ნელლი წყლის (გამჭვირვალების) ხარისხთან დამოკიდებულებები | 108 |

შესავალი

პრობლემის აქტუალობა. წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით შეუფერხებელი უზრუნველყოფა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია წყლის გაწმენდი სადგურების ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტურ რეგულირებასა და ნორმალური ფუნქციონირების შენარჩუნებაზე.

ბუნებრივი წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის განმაპირობებელი პარამეტრები (გამჭვირვალობა, სიმღვრივე, ფერი, სუნი, გემო, აქტიური რეაქცია PH, ამიაკი, ნარჩენი ქლორი, ქლორიდები, ჟანგვადობა, საერთო სიხისტე, ნარჩენი ალუმინი, C_0 ინდექსი, ბაქტერიების საერთო რაოდენობა და სხვ.) წლის სეზონების მიხედვით განიცდიან მნიშვნელოვან ცვლილებებს, ამიტომ აუცილებელია გაწმენდის ტექნოლოგიურ პროცესში ამ პარამეტრების ოპერატიული კონტროლი და რეგულირება სასმელი წყლის სტანდარტის მოთხოვნილი ხარისხის შესაბამისად.

ბუნებრივი წყლის ხარისხის მაჩვენებელი პარამეტრების მძაფრი ცვალებადობა სეზონურად (განსაკუთრებით, გაზაფხულის პერიოდში) მკვეთრად აუარესებს გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალურ მსვლელობას და მოითხოვს ნაგებობათა კომპლექსის იბულებით (ფორსირებულ) რეჟიმებზე გადაყვანას და მუშაობის რეგლამენტის ცვლილებას. ეს გარემოება კი, თავის მხრივ, იწვევს წყლის მიწოდების შემცირებას და მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ხარისხის გაუარესებას.

საქართველოში (ანალოგიურად უცხოეთშიც) ძირითადად მიღებულია წყლის გაწმენდის ტრადიციული ტექნოლოგიური სქემები და ნაგებობათა კომპლექსები, რომელთა დანიშნულებაა ბუნებრივ წყლებში არსებული დაბინძურების გაუვნებლება და სასმელი წყლის მიყვანა სტანდარტით გათვალისწინებულ კონდიციამდე.

წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობაზე გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფაქტორები (როგორც გარეგანი, ასევე შინაგანი), რაც გარკვეული არასტაციონარულობით ხასიათდება. აღნიშნულის გამო წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის საკვლევი ამოცანა შეიძლება მიეკუთვნოს ძნელად ფორმალიზებად მათემატიკურ ამოცანათა კლასს, რომლის გადაწყვეტა შეუძლებელია ხარისხის მართვის სტატისტიკური თეორიის მეთოდების, სისტემური მიდგომის, მოდელირებისა და გადაწყვეტილებათა მიღების თეორიის გამოყენების

გარეშე. რეალურ პირობებში ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალი წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მდგომარეობათა შეფასებასა და ოპერატიულ მართვაში ძირითადად ემყარება სუბიექტურ-ინტუიციურ მოსაზრებებს და გადაწყვეტილებებს, რაც შეიძლება ნეგატიურად აისახოს წყლის ხარისხის სტაბილურობაზე.

აღნიშნულ კონტექსტში საკვლევი პრობლემის აქტუალობა განპირობებულია გამწმენდ სადგურებში წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ანალიზისა და შეფასების ერთიანი სისტემური მიდგომით, რომელიც აღნიშნულ პროცესს განიხილავს კომპლექსურად. ამ შემთხვევაში ადამიან-ოპერატორს ეძლევა ეფექტური ინსტრუმენტული საშუალება, ერთდროულად გააანალიზოს და შეაფასოს წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობა ნებისმიერ („არამკვეთრ“) სიტუაციაში პროცესგანმპირობებელი ფაქტორებისა და გაწმენდის სქემაში ჩართული ნაგებობათა კომპლექსის ფუნქციონირების რეჟიმების (და მუშაობის რეგლამენტის) გათვალისწინებით.

სამუშაოს მიზანი და კვლევის ამოცანა წყალმომარაგების სისტემებში წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისა და ნორმალური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის სისტემური მიდგომის შემუშავება ხარისხის მართვის სტატისტიკური თეორიის მეთოდების, დესკრიფციული მოდელირებისა და გადაწყვეტილებათა მიღების თეორიის გამოყენებით. მოცემული მიზნის მისაღწევად გადაწყვეტილ იქნა შემდეგი ამოცანები:

- პრობლემის თანამედროვე მდგომარეობა და კვლევის ამოცანა;
- წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პრინციპების შემუშავება;
- წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების რეგულირებისა და ხარისხის მართვის დესკრიფციული ტიპის მოდელის შედგენა ქ. თბილისის სამგორისა და ღრმაღელის გამწმენდი სადგურების მაგალითზე;
- გამწმენდი სადგურის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზაციულ-სისტემური გამოკვლევა.

კვლევის ობიექტები. საკვლევ ბაზად გამოყენებულ იქნა ქ. თბილისის წყალ-მომარაგების სისისტემის ღრმაღელისა და სამგორის გამწმენდი სადგურები, რომელთა ფუნქციონირების მახასიათებელი საინფორმაციო მასალის ბაზაზე აპრობირებულ იქნა სამეცნიერო კვლევის მეთოდოლოგია და მოდელირების შედეგები.

კვლევის მეთოდები ემყარება ხარისხის მართვის სტატისტიკური თეორიის გამოყენების მეთოდებს, არამკაფიო სიმრავლეთა და შესაძლებლობების თეორიის მათემატიკურ აპარატს, დესკრიფციული მოდელირების და გადაწყვეტილებათა მიღების თეორიას.

მეცნიერული სიახლე. შემუშავებულია წყალმომარაგების სისისტემის გამწმენდ სადგურებში წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისა და ნორმალური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის სისტემური მიდგომა „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ გამოყენებით, რომელიც ოპერატორ-დისპეტჩერს დამყარებულ სიტუაციურ მდგომარეობათა შესაბამისად პროცესგანმაპირობებელი ფაქტორების ანალიზისა და გაწმენდის სქემაში ჩართული ნაგებობათა კომპლექსის ფუნქციონირების ეფექტური რეჟიმების დადგენისა და ოპერატიული მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების რეალურ ინსტრუმენტულ საშუალებას აძლევს.

პრაქტიკული ღირებულება და შედეგების რეალიზაცია. შემუშავებულია წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების რეგულირების და ხარისხის მართვის სისტემური მიდგომა, რომლის საფუძველზეც შესაძლებელი გახდა წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესის მათემატიკური აღწერა “არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის” პრინციპის გამოყენებით:

- საკონტროლო-სარეგულაციო რუკების აგების მეთოდიკა;
- წყლის ხარისხის პროცესის დიფერენციული და ინტეგრირებული შეფასება-პროგნოზირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმაღელისა და სამგორის გამწმენდი სადგურების მაგალითზე;
- 1 ლ რეაგენტის ერთ წუთში გახარჯვის სიხშირის ხარისხობრივი შეფასების დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელის შედგენა, რომელიც ნედლი წყლის (გამჭვირვალობის) ხარისხობრივ ცვალებადობასთან

დამოკიდებულებით განსაზღვრავს რეაგენტის დოზირების სათანადო სიზშირის მიზანშეწონილობას (ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურის მაგალითზე).

მეცნიერული დებულებების, დასკვნების და რეკომენდაციების სარწმუნოების დასაბუთება. სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი ყველა დებულება და რეკომენდაცია დასაბუთებულია წყლის გამწმენდი სადგურების ხარისხის მახასიათებელი პარამეტრების დესკრიპციული ტიპის მოდელების აგებითა და ადეკვატურობაზე შემოწმებით.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის როგორც ცალკეული, ისე ძირითადი შედეგები მოხსენებულ იქნა რესპუბლიკურ ღია სამეცნიერო კონფერენციაზე “შშენებლობა და ოცდამეერთე საუკუნე”, სექცია 3 (24-25 მაისი, 2005 წ.) და სადოქტორო პროგრამით გათვალისწინებულ ორ სემინარზე.

პუბლიკაციები. სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია 8 სამეცნიერო ნაშრომში.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, ოთხი თავის, დასკვნის – თეორიული და პრაქტიკული შედეგების და გამოყენებული ლიტერატურის 124 დასახელების ნუსხისაგან. ტექსტის საერთო მოცულობაა 120 გვერდი, მათ შორის, 25 ნახაზი, 8 ცხრილი.

თავი 1. პრობლემის თანამედროვე მდგომარეობა და კვლევის ამოცანები

1.1. ბუნებრივი წყლის გაწმენდის არსებული მეთოდების მიმოხილვა

მომხმარებელთა ნორმალური (შეუფერხებელი) წყლით უზრუნველყოფა წყალ-მომარაგების სისტემის ძირითადი ფუნქციაა [1, 2]. ამ ფუნქციის (მიზნის) შესრულებას ემსახურება წყალმომარაგების სისტემაში გაერთიანებულ ელემენტ-ნაგებობათა კომპლექსი (წყალმიღები ნაგებობები, გამწმენდი სადგურები, წყალსადენები, სატუმბი სადგურები, რეზერვუარები, გამანაწილებელი ქსელი), რომლებიც ემსახურებიან წყლის მიღების, გაწმენდის, ტრანსპორტირებისა და განაწილების საქმეს.

წყალმომარაგების სისტემაში დამყარებულ ტექნოლოგიური პროცესების ერთიან ზედამხედველობასა და მართვას ემსახურება ოპერატორ-სადისპეტჩერო პერსონალი. ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყალმომარაგების სისტემის ეფექტური ფუნქციონირების განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის შესაბამისად (დროის ნებისმიერ მომენტში) ეფექტურად იფუნქციონირებს ერთიანი სისტემის შემაღველი ყველა ელემენტ-ნაგებობა.

აღნიშნულ კონტექსტში გამწმენდი ნაგებობების გამართულ და რიტმულ მუშაობაზე გარკვეულად დამოკიდებულია მომხმარებელთა წყლის უზრუნველყოფის პროცესის საიმედოობა.

როგორც ცნობილია, სამამულო მეცნიერების მიერ წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების, მოდელირების, სისტემის საიმედოობის კვლევის, წყლის რესურსების გამოყენების და ა.შ. სისტემური საკითხებისადმი მიძღვნილია არაერთი სამეცნიერო ნაშრომი და კვლევა [3 ÷ 13], მაგრამ ეს ნაშრომები კონკრეტულად არ განეკუთვნება წყალმომარაგების გამწმენდი ნაგებობების კვლევის საკითხს. ამ ნაშრომებში წარმოდგენილი და განვითარებულია წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის და შეფასების სისტემური მიდგომა, რომელიც საშუალებას იძლევა შესწავლილ და დადგენილ იქნას მისი ფუნქციონირების ხარისხი და საექსპლუატაციო საიმედოობა. აქ სისტემის ფუნქციონირების ეფექტურობა მიიღწევა ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში, მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის დამყარებულ პროცესის სიტუაციურ მდგომარეობათა დიაგ-

ნოსტიკური შესწავლის საფუძველზე. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნულ ნაშრომთა [3 ÷ 13] კრიტიკულმა განხილვამ შექმნა წყალმომარაგების სისტემის გამწმენდი ნაგებობების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასების სისტემური საფუძველი [124] ნაშრომში განხილულია წყალმომარაგების საინჟინრო სისტემის ელემენტების, მათ შორის გამწმენდი სადგურების მიმდევრობითი, პარალელური და შერეული შეერთების კომბინაციების დროს შედგენილი შესაძლო ვარიანტულ-სტრუქტურული სქემების საიმედოობის შეფასების მეთოდი.

აღნიშნულ კონტექსტში საყურადღებოა აგრეთვე მიმოხილვა წყალმომარაგების გამწმენდი სადგურების მართვის ავტომატიზებული სისტემების მიხედვით [14 ÷ 37]. ამ ნაშრომებში ბოლო ათწლეულების პერიოდის შესაბამისად მოყვანილია მართვის ავტომატიზებული სისტემების დანერგვის შედეგები წყალმომარაგების გამწმენდი სადგურებში. აღსანიშნავია, რომ ეს შრომები ძირითადად ასახავენ გამწმენდი სადგურების ელემენტ-ნაგებობების და მოწყობილობების ავტომატიზაციის საკითხებს და ნაკლებად შეეხებიან გამწმენდი სადგურის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასებას. ამ შრომებში საერთოდ არაა განხილული საკითხები სადისერტაციო ნაშრომთ გათვალისწინებული კვლევების შესახებ.

განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს სამამულო მეცნიერების მიერ ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში წყლის გაწმენდის თანამედროვე მეთოდების და ტექნოლოგიების მიმართულებით ჩატარებული სამეცნიერო კვლევები და ნაშრომები [38 ÷ 46]. ამ ნაშრომებში წარმოდგენილი მიღწევების დანერგვა სამამულო წყალმომარაგების სისტემებში მნიშვნელოვნად აამაღლებდა წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობას.

საყურადღებოა აგრეთვე განვიხილოთ თანამედროვე მდგომარეობა წყლის გაწმენდის მეთოდების მიხედვით:

ნაშრომში [47] წარმოდგენილია ბუნებრივი და ჩამდინარი წყლების გაწმენდის მეთოდების ანალიზი. ამ მეთოდების მიხედვით შესაძლებელია „უნარჩენო ტექნოლოგიების“ შემუშავება;

ნაშრომში [48], რომელიც შესრულებულია სამ ტომად, გაანალიზებულია ბუნებრივი წყლის შემცველობა მინარევების მიხედვით, განხილულია ბუნებრივი წყლის გაწმენდის თანამედროვე ტექნოლოგიური მეთოდების აღწერა, ექსპერიმენტული კვლევის ანალიზები, წყლის გამწმენდი ნაგებობების ანგარიშის მეთოდიკა და ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება. ამ ნაშრომებში განხილული არ არის წყლის გამწმენდი ნაგებობებში დამყარებული გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის შეფასებისა და ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის საკითხები.

ნაშრომში [49] განხილულია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ზოგადი საკითხები.

ნაშრომში [50] დამუშავებულია წყალმომარაგების ზედაპირული წყაროების ინგრედიენტული მონიტორინგის მრავალმიზნობრივი საინფორმაციო სისტემის აგების ერთიანი მეთოდოლოგიური საფუძვლები. ეს სისტემა წყლის ობიექტების დამაბინძურებელი კომპონენტ-ფაქტორების მანვე ზეგავლენის ხარისხობრივი შეფასებისა და პროგნოზირების სისტემატიზაციისადმი პრინციპულ მეთოდოლოგიურ მიდგომაზეა აგებული. აღსანიშნავია, რომ ამ სისტემის გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერი წყალმომარაგების ზედაპირული წყაროს დაბინძურების ხარისხის შეფასების მიზნით, საერთაშორისო კომუნიკაციური ქსელის (ინტერნეტის) გამოყენებით. ამ ნაშრომში აპრობირებული დესკრიფციული მოდელების შედგენის დადებითი გამოცდილება და მეთოდოლოგია ჩვენ მიერ გათვალისწინებული იქნება წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომში.

ნაშრომში [51, 115] მოყვნილია წყალმომარაგების ზედაპირული წყაროების დაბინძურების ხარისხობრივი შეფასება-პროგნოზირების დესკრიფციული მოდელები. ამ ნაშრომში საყურადღებოა ზედაპირული წყაროების ქიმიურ-ბიოლოგიური დაბინძურების ხარისხობრივი შეფასების მეთოდოლოგია, რომლის გამოყენების შესაძლებლობაც ისახება წყლის გაწმენდი სადგურების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასებისა და წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის ამაღლებაში. აღნიშნული მიდგომა ჩვენ მიერ განვითარებული იქნება გაწმენდი სადგურის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვისათვის მოდელოური ბაზის შედგენაში.

წყლის გაწმენდის თანამედროვე მეთოდები და უახლესი მემბრანული ტექნოლოგიები ვრცლადაა განხილული შემდეგ შრომებში [51÷113]. ეს ნაშრომები ამომწურავად იძლევიან წყლის გაწმენდის მეთოდების აღწერის და მათი გამოყენების რეკომენდაციებს, რომლებიც მრავალჯერაა აპრობირებული პრაქტიკაში. მაგრამ აქ უნდა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ სადისერტაციო ნაშრომის მიმართულებით განხილული არ არის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის საკითხები.

ზემოთ მოყვანილი ლიტერატურული წყაროების მიმოხილვით გამოვლინდა, რომ წყალმომარაგების წყლის გაწმენდი სადგურების ტექნოლოგიური პროცესების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ერთიანი მეთოდოლოგიური საფუძვლები არ არის დამუშავებული. აგრეთვე გამოვლინდა, რომ წყლით გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის არსებული მეთოდები გარკვეულ სრულყოფას და სამეცნიერო დამუშავებას მოითხოვენ [116÷124].

სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი იქნება წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის შესაძლებლობა ბუნებრივი (ნედლი) წყლის ხარისხის მოდელირებისა და შეფასების საფუძველზე, რაც ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ეფექტური გადაწყვეტილებების შემუშავების საფუძველი იქნება.

1.2. პრობლემის არსი და კვლევის ამოცანა

წყალმომარაგების სისტემებში წყლის მომხმარებელთა შეუფერხებელი უზრუნველყოფა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია წყლის გამწმენდი სადგურების ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტურ რეგულირებასა და ნორმალური ფუნქციონირების შენარჩუნებაზე.

ბუნებრივი (ნედლი) წყლის ხარისხის მაჩვენებელი პარამეტრების (გამჭვირვალობა, სიმღვრივე, ფერი, სუნი, გემო, აქტიური რეაქცი pH , CO_2 /ინდექსი, ბაქტერიების საერთო როდენობა და სხვ.) მძაფრი ცვალებადობა წლის სეზონების მიხედვით (განსაკუთრებით, გაზაფხულის პერიოდში) მკვეთრად აუარესებს გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალურ მსვლელობას და მოითხოვს ნაგებობათა კომპლექსის იძულებით (ფორსირებულ) რეჟიმებზე გადაყვანას. ეს გარემოება ნეგატიურად აისახება მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ნორმალურ პროცესზე.

წყლის ხარისხის სტაბილური შენარჩუნება რთული და ძნელად მისაღწევი ამოცანაა, რომლის გადაწყვეტა შეუძლებელია წყლის ხარისხის მართვის სტატისტიკური თეორიის მეთოდების, დესკრიფციული მოდელების, გადაწყვეტილებათა მიღების თეორიის გამოყენების გარეშე.

მოცემული მიზნის მისაღწევად სადისერტაციო ნაშრომში გადაწყვეტილ იქნა შემდეგი ამოცანები:

- პრობლემის თანამედროვე მდგომარეობა და კვლევის ამოცანა;
- წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პრინციპები;
- წყლის გაწმენდის რეგულირებისა და ხარისხის მართვის დესკრიფციული ტიპის მოდელების შედგენა ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორისა და ღრმაღელის გამწმენდი სადგურების მაგალითზე;

- გამწმენდი სადგურის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზაციულ-სისტემური გამოკვლევა.

სადისერტაციო ნაშრომში დასმული პრობლემის გადაჭრა და რეალიზაცია გააუმჯობესებს წყლის გამწმენდ სადგურებში მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მომზადებისა და მიღების პროცესს. ამ მიზნით, ზემოთ აღნიშნული პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების შესაბამისად, შემუშავებულ იქნება საკონტროლო-სარეგულაციო რუკები, მართვის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელები, რომელთა ადეკვატურობა შემოწმდება ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის და ღრმაღელის გამწმენდი ნაგებობების ფუნქციონირების მაგალითზე.

თავი 2. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პრინციპები

2.1. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის შესაძლებლობა „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენებით

ბუნებრივი (ნედლი) წყლის დამუშავების ტექნოლოგიური სისტემები სტრუქტურულ-ტექნოლოგიურ სქემაში აერთიანებენ წყლის გამწმენდ ნაგებობათა კომპლექსს, რომლის დანიშნულებაა სხვადასხვა სახის მომხმარებლისათვის (მოსახლეობა, მრეწველობა და სხვ.) სასმელ-სამეურნეო დანიშნულების წყლის მიწოდება მოქმედი სტანდარტების შესაბამისად („სასმელი წყალი“ სანიტარულ-ბატერიოლოგიური ანალიზის მეთოდები). ბუნებრივია, წყლის გაწმენდის ღონისძიებათა მოცულობა და ხასიათი შერჩეული უნდა იქნას მოცემული წყაროს (ჩვენს შემთხვევაში ჟინვალის წყალსაცავიდან გვირავით ტრანსპორტირებული წყალი) ხარისხობრივი მაჩვენებლების შედარებით იმ მოთხოვნისებთან, რომლებიც მომხმარებლებისაგან წაეყენება სასმელი წყლის ხარისხს. მომხმარებელთა მოთხოვნისება სასმელი წყლის ხარისხზე განისაზღვრება საქართველოს სასმელი წყლის სტანდარტის შესაბამისად. ბუნებრივი წყლების წყლის ხარისხი განისაზღვრება მასში ორგანული და არაორგანული ხასიათის წარმოშობის ნივთიერებების არსებობით. ამასთანავე, ეს ნივთიერებები წყალში გვხვდებიან სხვადასხვა მდგომარეობაში: შეწონილი ნაწილაკების სახით, კოლოიდურ და გახსნილ მდგომარეობაში. წყლის ხარისხზე მოთხოვნისება, რომელიც ცენტრალიზებული წყალმომარაგებით ეწოდება მომხმარებელს სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის, რეგლამენტირდება სახელმწიფო სტანდარტით. ამ შემთხვევაში შეწონილი ნაწილაკების რაოდენობა გაწმენდილ სასმელ-სამეურნეო დანიშნულების წყალში არ უნდა აღემატებოდეს 1,5 მგ-ლიტრს. წყლის ხარისხის დადგენა ხდება მისი ფიზიკურ-ქიმიური და ბატერიოლოგიური ანალიზების საშუალებით. ამ მაჩვენებლებს მიეკუთვნება წყლის გამჭვირვალობა (რომელიც განისაზღვრება წყლის სიმღვრივის ანალიზით), ფერიანობა, გემო, სუნი, ტემპერატურა, წყლის სიხისტე, სხვადასხვა ნაერთების შემცველობა (რკინა, აზოტური ნაერთები, სულფატები და ქლორიდები, ფთორი

და სხვ.), გახსნილი ნივთიერებების შემცველობა (მშრალი ნაშთი) წყლის აქტიური რეაქცია PH, წყლის ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების მაჩვენებლები და სხვ.

ზოგადად ცნობილია, რომ უმნიშვნელოვანესწილად, საქართველოს მდინარის წყლები ჩვეულებრივ ხასიათდებიან შეწონილი ნაწილაკების მნიშვნელოვანი რაოდენობით (სიმღვრივით), ორგანიკის უქონლობით, მარილების მცირე შემცველობით, შედარებით მცირე სიხისტით, შედარებით მაღალი მჟავიანობითა და ბაქტერიების მნიშვნელოვანი ოდენობით.

მდინარის ჩამონადენის სეზონური ცვალებადობა განაპირობებს წყლის ხარისხის მაჩვენებლების “მძაფრ” ცვლილებებს (რაც განსაკუთრებით ვლინდება გაზაფხულის წყალდიდობის პერიოდებში). ამ პერიოდში განსაკუთრებით რთულდება წყლის დამამუშავებელი სადგურების მუშაობა - ტექნოლოგიური გაწმენდის პროცესები მოითხოვენ გამწმენდი ნაგებობებისაგან მუშაობის მაღალ ინტენსიურ პირობებს და ფორსირებულ რეჟიმებს. ამ პირობებში უარესდება მომხმარებელთა ნორმალური წყლით უზრუნველყოფა, ირღვევა მომხმარებლებსა და წყლის მოწოდების სისტემებს შორის მუშაობის არსებული ნორმალური რიტმი. განსაკუთრებით წყალდიდობის პერიოდებში (გამწმენდი ნაგებობების მუშაობის მძიმე პირობების გამო) ხდება წყლის მიწოდების იძულებით შემცირება და ა.შ. გარდა აღნიშნული გარემოებებისა, წყლის გამწმენდი სადგურების მუშაობის პირობებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წყლის მოხმარების დამყარებული რეჟიმების ცვალებადობა, რომელიც ხასიათდება ცვალებადობის არასტაციონარული ბუნებით.

აღნიშნულ გარემოებათა არსებობის გამო (წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიურ პროცესზე გარეგანი და შინაგანი პროცესგანმაპირობებელი ფაქტორების ცვალებადობის არასტაციონარული ხასიათის გამო) წყლის დამამუშავებელი სადგურების გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესების ამოცანა ზოგადად შეიძლება მიეკუთვნოს ძნელად ფორმალიზებად საინჟინრო ამოცანათა კლასს (წმინდა მათემატიკური თვალსაზრისით). ამას ემატება აგრეთვე ოპერატიული პერსონალის მიერ მიღებული გადაწყვეტილებების „ბუნდოვანი“ ხასიათი (სუბიექტური ცდომილების დაშვების გამო). თვით ბუნდოვნებით ხასიათდება აგრეთვე დამყარებული რეალური სიტუაციური მდგომარეობაც, რომელიც უნდა დაედოს საფუძვლად მიმდინარე გადაწყვეტილებების მიღებას და ა.შ.

საერთო სახით საკვლევ ამოცანაში გადაწყვეტილებათა მიღების მომზადება და მიღება დაიყვანება განზოგადებული პრობლემური სიტუაციური ინფორმაციის (მდგომარეობის სცენარი) ძიებას, გამოკვლევას, კლასიფიკაციასა და სინთეზის ოპერაციებზე. გადაწყვეტილებათა მიღების პროცედურა მოცემულ შემთხვევაში პირობითად შეიძლება აღწერილ იქნას შემდეგი ოპერაციების სახით: საკვლევი პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების მიხედვით ეტალონური მაჩვენებლების წინასწარი ჩამოყალიბება; საკვლევი პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების შედარება რიგ ეტალონურ მაჩვენებლებთან და მათ შორის განსხვავების ხარისხობრივი შეფასება მოდელის დახმარებით; მოდელური სახეების კორექცია; მათი გააზრება მიღწეულ შედეგებთან; ეტალონური მონაცემების შერჩევა და მისი შემოწმება გადაწყვეტილებათა მიღებით. ეს ოპერაციები ზოგადად შეიძლება გაერთიანდეს ორ ჯგუფად: მიმდინარე და ეტალონური სახეების მოდელის შედარება და მათი გარდაქმნები.

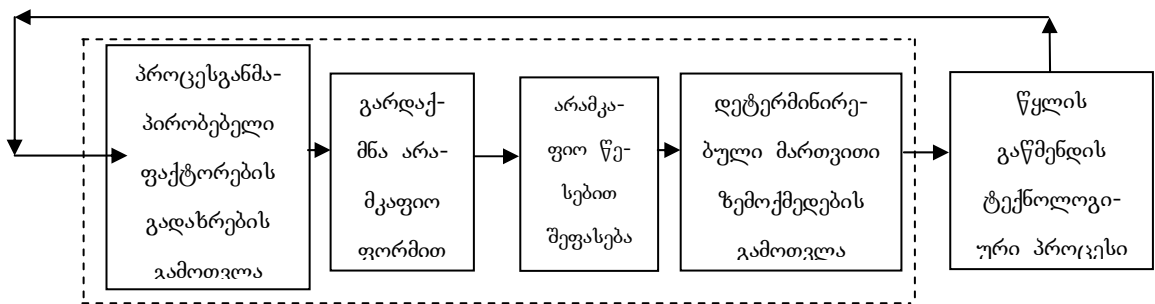
გადაწყვეტის განსაკუთრებული ლოგიკური სირთულით გამოირჩევიან განუსაზღვრელობის სფეროში ფორმირებადი საპროგნოზო ამოცანები, რომელთაც შეიძლება მიეკუთვნოს წყლის დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესიც.

ცნობილია, რომ ინფორმაციის დამუშავების პროცესები დამყარებულია აგრეთვე ადამიანის მოღვაწეობის მახასიათებელ სხვადასხვა ფსიქოლოგიურ მექანიზმზე. მათ შორის გადაწყვეტილების ინფორმაციული მომზადება დაკავშირებულია თვით ინფორმაციული მექანიზმების ფუნქციონირებასა (დისკრეტული ხელსაწყოებიდან ინფორმაციის აღქმა) და ინფორმაციულ-ევრისტიკულ ძიებაზე (პირველადი ინფორმაციის მიღების დროს). თავად ძიებითი პროგრამები და პროცესები კი ემყარებიან აღქმადი ინფორმაციის სტრუქტურულ ანალიზს.

ამრიგად, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო საქმიანობის დახასიათება ინჟინრულ-ფსიქოლოგიური კონცეფციების ანალიზის გამოყენებით საშუალებას მოგვცემს შეჯამებულ იქნას ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მიდგომები და ადამიანის მოღვაწეობის ძირითადი მახასიათებლები აისახოს მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, წყლის გაწმენდის საკვლევ ტექნოლოგიურ პროცესს ახასიათებს გარკვეული სირთული, ამიტომ ამის გათვალისწინებით, შემოთავაზებული მიდგომის თანახმად, მოდელირებას უნდა დაექვემდებაროს არა თვით

შესასწავლი ფიზიკური ტექნოლოგიური პროცესი, როგორც ასეთი, არამედ ოპერატორის ქცევითი და კოგნიტიური თავისებურებები, რომელსაც ის ამჟღავნებს და ავითარებს თვით მართვითი პროცესების მსვლელობის დროს. რა თქმა უნდა, აქ ჩვენ ვგულისხმობთ პროცესების მართვაში მაღალკვალიფიციური ოპერატორის ევრისტიკული გამოცდილების მოდელირებას. მართვის „არამკაფიო“ სახის ეს მოდელი შეიძლება წარმატებით რეალიზებულ იქნას „არამკაფიო ლოგიკურ რეგულატორზე“, რომლის გამოყენებაც მიზანშეწონილია ისეთი რთული ფიზიკური პროცესების დასახასიათებლად, რომლებშიც აღწერის ზუსტი მათემატიკური მოდელების განვითარება შეუძლებელია. “არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის” სტრუქტურა მოცემულია 1-ლ ნახ-ზე:

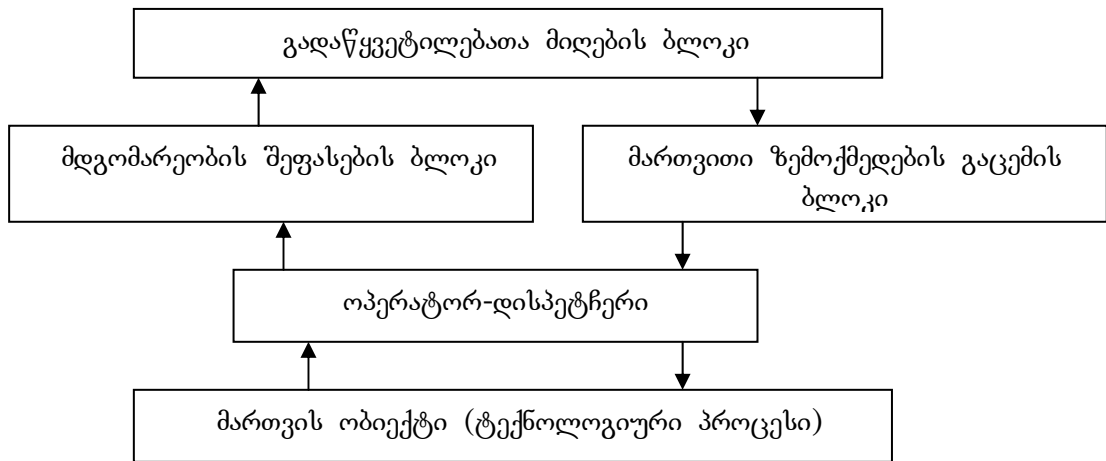


ნახ. 1. არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორი

აღსანიშნავია, რომ 1-ლ ნახ-ზე მოცემული რეგულატორი მუშაობს უკუკავშირის პრინციპზე ტრადიციული რეგულატორების ანალოგიურად: პირველი ეტაპი ითვალისწინებს გადახრების მიღებას; მეორე ეტაპი - მიღებული გადახრების გარდაქმნას „არამკაფიო“ სახით; მესამე ეტაპი - მნიშვნელობების შეფასებას გადაწყვეტილებათა მიღების მიზნით (წინასწარ დამუშავებული კომპლზიციური დასკვნების წესების გამოყენებით); ბოლო ეტაპზე გამოითვლება დეტერმინირებული გამოსასვლელი მართვითი ზემოქმედება. ზოგადად შევნიშნავთ, რომ „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ გამოყენება ტექნოლოგიური პროცესების მართვაში

მნიშვნელოვნად აფართოებს “ადამიანი-მანქანა” სისტემის მოქმედების სფეროს „არამკაფიო“ სახის ალგორითმების რეალიზაციის საფუძველზე.

ჩვენ მიერ აგებული ოპერატიული მართვის სისტემა იმუშავებს „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპზე, რომლის მიხედვით ჩვენ მიერ რეალიზებული იქნება ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმაღელისა და სამგორის გამწმენდი სადგურების მონაცემების მიხედვით შედგენილი „არამკაფიო“ სახის დესკრიფციული ტიპის მოდელები. „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენებით მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების ბლოკ-სქემა მოცემულია მე-2 ნახ-ზე

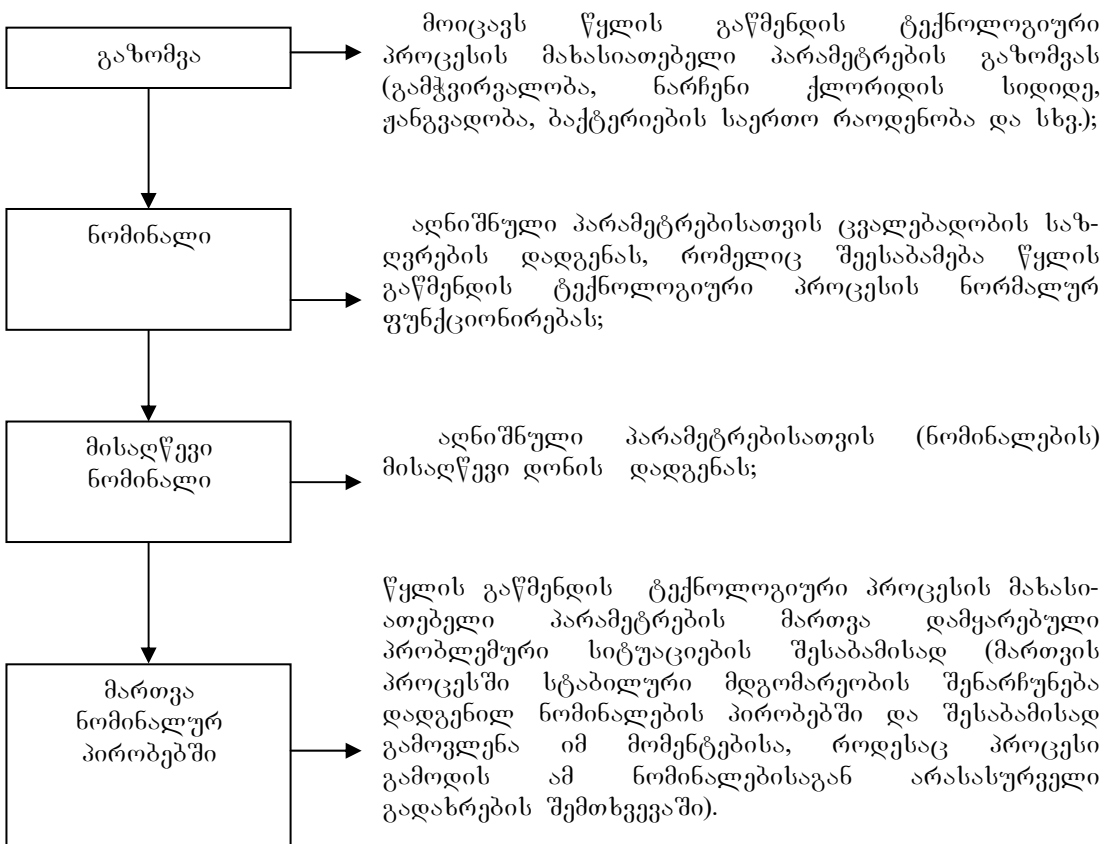


ნახ. 2. „არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის“ პრინციპის გამოყენებით მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების ბლოკ-სქემა

ამ ბლოკებს შორის უმთავრესად ჩაითვლება გადაწყვეტილებათა მიღების ბლოკი. მდგომარეობის შეფასების ბლოკით ანალიზდება ოპერატორ-დისპეტჩერისაგან შემოსული ინფორმაცია, რომელიც ასახავს ტექნოლოგიურ პროცესში დამყარებული სიტუაციური მდგომარეობის ფორმალურ აღწერას. ამ ბლოკში სემანტიკის შეფასების მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნას ე.წ. ლინგვისტიკური ცვლადები. არსში ექსპერტული ინფორმაციის ასეთი სახე ატარებს განსაკუთრებულ ფორმას, რომლის საფუძველზე წარმოებს „არამკაფიო“ კატეგორიის სემანტიკური იდენტიფიკაცია. ამრიგად, შედეგად წარმოებს მიმდინარე ინფორმაციის ფორმალიზებული აღწერა და მართვითი გადაწყვეტილებების მიღება მართვითი ზემოქმედების გაცემის მიზნით.

2.2. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების სტატისტიკური მართვის პრინციპები

წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრები-სათვის სტატისტიკური მართვის ფუნქციის ეტაპობრივ-პრინციპული განთავსება მოცემულია მე-3 ნახ-ზე:

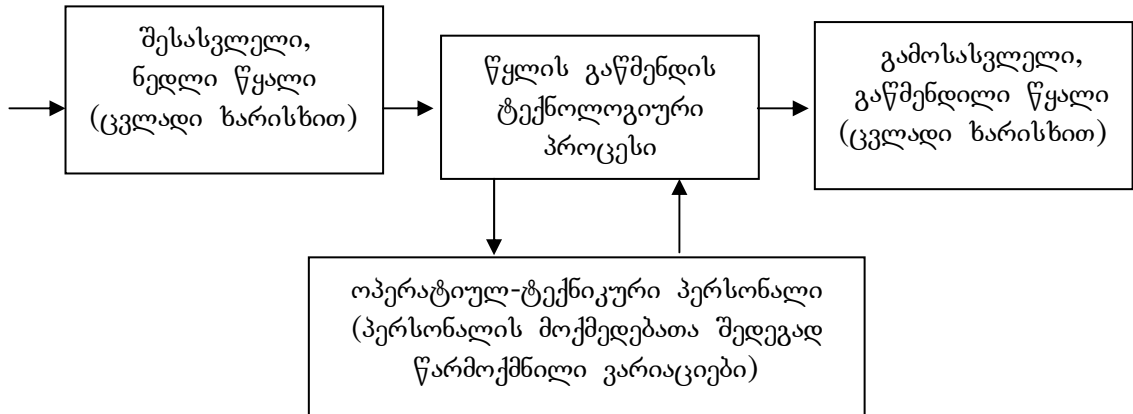


ნახ. 3. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების სტატისტიკური მართვის პრინციპები

ჩვენს მიერ შედგენილი წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვის საერთო პრინციპი მოცემულია მე-4 ნახ-ზე:

ჩვენ მიერ მიგნებულია სტატისტიკური მართვის თეორიის პრინციპების გამოყენების შესაძლებლობა წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების მართვაში, რომელიც პროცესგანმაპირობებელი

ფაქტორებისთვის გულისხმობს მსოფლიოში საყოველთაოდ მიღებული საკონტროლო-სარეგულაციო რუკების აგებას დიდი ბრიტანეთის სტანდარტების მიხედვით [114].



ნახ. 4. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვის საერთო პრინციპული სქემა

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ აღნიშნული სტანდარტების გამოყენება საშუალებას იძლევა გადაწყდეს ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მხოლოდ კონკრეტული საკითხები, კერძოდ: გარკვეული სტატისტიკური საიმედოობით აგებულ იქნას განსახილველი ტექნოლოგიური პარამეტრების ცვლილებათა არეების შესაბამისი საზღვრები; განისაზღვროს განსახილველ პარამეტრებში მოცემული რეალიზაციების შესაბამისად ექსტრემალურ მნიშვნელობათა შორის სხვაობები; განისაზღვროს ნომინალური რეჟიმი და მისაღწევი ნომინალის დონე; დაიგეგმოს პარამეტრის ცვლილების შესაძლო ტენდენცია.

2.3. საკონტროლო-სარეგულაციო რუკების აგება ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის გამწმენდი სადგურის მაგალითზე

საკონტროლო რუკების აგების მეთოდოლოგია ჯერ კიდევ 1924 წელს იქნა დამუშავებული ამერიკელი მეცნიერის უ. შუპარტის მიერ. უ. შუპარტის მიხედვით საკონტროლო რუკების დანიშნულება განისაზღვრებოდა შემდეგი შინაარსით [114]:

- 1) განისაზღვროს პროცესის ნომინალის მოთხოვნების დონე, რომლის მიღწევასაც უნდა ცდილობდეს საწარმოს პერსონალი;
- 2) გამოიყენება როგორც დამხმარე საშუალება ამ ნომინალის მისაღწევად;
- 3) უნდა წარმოადგენდეს ნომინალისა და გადახრის შესაბამისობის განსაზღვრის საფუძველს.

ამრიგად, უ. შუპარტის მიხედვით [114], საკონტროლო რუკების აგების პრინციპები მოიცავს რიგ შუალედურ გაანგარიშებებს პარამეტრთა მოცემული სტატისტიკური რეალიზაციების შესაბამისად, რომლებიც დაკავშირებულია ტექნოლოგიური პროცესების მახასიათებელი პარამეტრების ოპერატიულ კონტროლსა და მართვასთან. ზოგადად, საკონტროლო რუკები აიგება პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების საშუალოსა და გაბნევისათვის (გაბნევა არის განსხვავებადობა პარამეტრის დაკვირვებულ მაქსიმუმსა და მინიმუმს შორის), გამაფრთხილებელი საზღვრებისა და სარეგულაციო საზღვრების მიხედვით. კერძოდ, გამაფრთხილებელი საზღვრები უდრის მოცემული მახასიათებელი პარამეტრის საშუალო სიდიდეს $\pm 1,96 \times \sigma_0 \div \sqrt{n}$, ხოლო სარეგულაციო საზღვრები კი ტოლი იქნება იმავე პარამეტრის საშუალოს $\pm 3,09 \times \sigma_0 \div \sqrt{n}$. აღნიშნულ გამოსახულებებში σ_0 – პარამეტრის საშუალო კვადრატული გადახრაა, n – ამონაკრების რაოდენობა, 1,96 და 3,09 მიუთითებს პარამეტრის ალებას 95 და 99%-იანი სტატისტიკური სარწმუნოებით.

დიდი ბრიტანეთის სტანდარტის შესაბამისად, საკონტროლო რუკები იგება პროცესის მახასიათებელი პარამეტრის საშუალოსა და აგრეთვე, რეალიზაციაში დაკვირვებულ მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობათა სხვაობის სიდიდეთა (გაბნევის) მიხედვით. დიდი ბრიტანეთის სტანდარტში როგორც გამაფრთხილებელი, ასევე სარეგულაციო საზღვრების სიდიდეები აიღება უ. შუპარტის საკონტროლო რუკების საზღვრების ანალოგიურად იმავე სიდიდეებში. ამ შემთხვევაში პარა-

მეტრი $\sigma_0 = \frac{\bar{W}}{d_n}$, სადაც \bar{W} - რეალიზაციის მაქსიმალურსა და მინიმალურ მნიშვნელობებს შორის სხვაობების (გაბნევების) საშუალო სიდიდე და იგი გამოითვლება ფორმულით: $\bar{W} = \frac{\bar{W}_1 + \bar{W}_2 + \dots + \bar{W}_n}{n}$; d_0 - მნიშვნელობები აიღება [114]-

ის მე-6 ცხრილის შესაბამისად. პრაქტიკაში მოხერხებულია როგორც გამაფრთხილებელი, ასევე სარეგულაციო საზღვრების აგება მოცემული – პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობისათვის პარამეტრისა და [114]-ის მე-4 ცხრილის დახმარებით.

ამრიგად, გამაფრთხილებელი საზღვრები საშუალოსათვის შეიძლება, გამოითვალოს ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} \text{ზედა გამაფრთხილებელი საზღვარი} &= \bar{X} + \bar{W} \times A_{0,025}' \\ \text{ქვედა გამაფრთხილებელი საზღვარი} &= \bar{X} - \bar{W} \times A_{0,025}' \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

სარეგულაციო საზღვრები საშუალოსათვის აიგება იმავე [114]-ის მე-4 ცხრილის დახმარებით შემდეგი ფორმულით:

$$\left. \begin{aligned} \text{ზედა სარეგულაციო საზღვარი} &= \bar{X} + \bar{W} \times A_{0,001}' \\ \text{ქვედა სარეგულაციო საზღვარი} &= \bar{X} - \bar{W} \times A_{0,001}' \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

მოყვანილ ფორმულებში მამრავლები $A'_{0,025}$ და $A'_{0,001}$ აიღება [114]-ს მე-4 ცხრილის შესაბამისად, დაშვებული სტატისტიკური სარწმუნოების შესაბამისად (ამის შესახებ განმარტება მოყვანილია ქვემოთ).

დიდი ბრიტანეთის სტანდარტის შესაბამისად, დამატებით შეიძლება აგებულ იქნას აგრეთვე ზედა გამაფრთხილებელი და ზედა სარეგულაციო საზღვრები მოცემულ რეალიზაციაში დაკვირვებულ მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობათა სხვაობის გაბნევის სიდიდეთა მიხედვით. ამისათვის \bar{W} -ს მნიშვნელობები გამოიყენება ისევე, როგორც წინა შემთხვევაში. კერძოდ, ზედა გამაფრთხილებელი საზღვრის აგებისათვის ვსარგებლობთ ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} \text{ზედა გამაფრთხილებელი საზღვარი} &= \bar{W} \times D_{0,025}' \\ \text{ქვედა გამაფრთხილებელი საზღვარი} &= \bar{W} \times D_{0,015}' \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

სადაც მამრავლები $D'_{0,025}$ და $D'_{0,001}$ აიღება [114]-ის მე-5 ცხრილის მიხედვით.

აღსანიშნავია, რომ რეალიზაციის დაკვირვებულ მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობათა სხვაობის (გაბნევის) სიდიდებისათვის (W) აგებენ მხოლოდ ზედა გამაფრთხილებელ და ზედა სარეგულაციო საზღვრებს.

საჭიროდ მიგვაჩნია ზოგადად განვმარტოთ დიდი ბრიტანეთის სტანდარტის მიხედვით აღებული საზღვრების არსი [114]; გამაფრთხილებელი საზღვრები დგება იმ სტატისტიკური მოსაზრებით, რომ პროცესის მსვლელობაში შემთხვევით აღებული 40 წერტილიდან მხოლოდ ერთი მოხვდება საკონტროლო რუკის აღნიშნული საზღვრების გარეთ. ამ შემთხვევაში სტატისტიკური სარწმუნოება განისაზღვრება ალბათობით $1/40=0.025$; ხოლო სარეგულაციო საზღვრები კი დგება იმ სტატისტიკური მოსაზრებით, რომ პროცესის მსვლელობისას შემთხვევით აღებული 1000 წერტილიდან მხოლოდ ერთი მოხვდება აღნიშნული საზღვრების გარეთ, ე.ი. ამ შემთხვევაში სტატისტიკური სარწმუნოება შეფასდება სიდიდით $1/1000=0.001$.

ზემოთ მოყვანილი მეთოდის მიხედვით, ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის გამწმენდი სადგურისათვის შედგენილ იქნა საკონტროლო რუკები წყლის ხარისხის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის (გამჭვირვალობა, ქლორის დოზა, ჟანგვალობა, ბაქტერიების საერთო რაოდენობა და სხვ.). საკონტროლო რუკები აგებულ იქნა აღნიშნული პარამეტრების მიხედვით შედგენილი რეტროსპექტული საშუალო სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით. ამისათვის თითოეული პარამეტრისათვის წინასწარ ფორმირებულ იქნა ამონაკრებთა საწყისი რეალიზაციები (ცხრ. 1). მაგალითად: 1-ლი ამონაკრებისათვის (1.IV-2.IV რიცხვის შესაბამისად) გამჭვირვალობის მაჩვენებლის საშუალო სიდიდე მიღებულია როგორც რვა საწყისი მონაცემთა საშუალო არითმეტიკული:

$$X_I^{\text{გამჭ.}} = (30 + 30 + 30 + 30 + 30 + 28 + 30 + 30) / 8 = 29.75, \quad (2.4)$$

ხოლო ამ პერიოდისათვის შესაბამისი ამონაკრების ექსტრემალურ (მაქსიმალურ და მინიმალურ) მონაცემთა შორის სხვაობა $\bar{W}_I^{\text{გამჭ.}} = X_{\text{მაქს.}}^{\text{გამჭ.}} - X_{\text{მინ.}}^{\text{გამჭ.}} = 30 - 28 = 2$. ამრიგად, აიგება ამონაკრებთა მონაცემები თითოეული პარამეტრისათვის (გამჭვირვალობა, ნარჩენი ქლორის დოზა ჟანგვალობა, ბაქტერიების საერთო რაოდენობა და სხვ.), რომელთა რაოდენობა შეადგენს 31 მაჩვენებელს.

1-ლი ცხრილის ამონაკრებთა 31 მონაცემის საფუძველზე თითოეული პარამეტრისათვის ცალ-ცალკე იგება საკონტროლო რუკების თვალსაჩინო დიაგრამები როგორც განსახილველი პარამეტრების საშუალოსათვის (ზემოთ ფორმულებში \bar{X} -ით აღნიშნეთ ზოგადად საშუალოს მნიშვნელობა, ხოლო ინდივიდუალურ შემთხვევებში

ის იღებს პარამეტრის შესაბამის აღნიშვნას, მაგალითად, გამჭვირვალობისათვის მივიღეთ აღნიშვნა $\bar{X}_{60მ.}^{ბაშკ.}$ და ა.შ). საკონტროლო რუკების თვალსაჩინო დიაგრამები მოცემულია 5 ა), ბ), გ); 6 ა), ბ); 7 ა), ბ), გ); 8 ა), ბ); ნახაზებზე. როგორც პარამეტრთა საშუალოების, ასევე ექსტრემალურ მნიშვნელობათა სხვაობებისათვის წერტილ-წყვეტილოვანი ხაზით დატანილია მათი მნიშვნელობების საშუალო სიდიდეები (ნომინალები). მაგალითად: გამჭვირვალობის საშუალო ამონაკრებთა რეალიზაციისათვის (ნახ. 5ბ) მივიღებთ $\bar{X}_{60მ.}^{ბაშკ.} = (29,75 + 30 + \dots + 40) / 31 = 33.14$, ხოლო ექსტრემალურ მნიშვნელობათა სხვაობების საშუალო არითმეტიკული იმავე პარამეტრისათვის გვექნება: $\bar{W}_{60მ.}^{ბაშკ.} = (2 + 0 + 0 + 10 + \dots + 15) / 31 = 8.29$ (ნახ. 5. გ).

საკონტროლო რუკების თვალსაჩინო დიაგრამებზე წყვეტილი ხაზებით დაიტანება სარეგულაციო საზღვრების შესაბამისი დონეები, ხოლო სრული ხაზით კი – გამაფრთხილებელი საზღვრების შესაბამისი დონეები. მაგალითად, პარამეტრის გამჭვირვალობისათვის გამაფრთხილებელი საზღვრები გამოითვლება ფორმულებით (იხ. ნახ. 5. ბ.):

$$\left. \begin{aligned} X_{გამაფრთხილება} &= \bar{X}_{60მ.}^{ბაშკ.} + \bar{W}_{60მ.}^{ბაშკ.} \times A'_{0.025} = 33.14 + 8.29 \times 0.244 = 35.16; \\ X_{გამაფრთხილება} &= \bar{X}_{60მ.}^{ბაშკ.} - \bar{W}_{60მ.}^{ბაშკ.} \times A'_{0.025} = 33.14 - 8.29 \times 0.244 = 31.11. \end{aligned} \right\} (2.5)$$

ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა სხვაობის რეალიზაციისათვის კი, გამაფრთხილებელი საზღვრის დონე შეფასდება მნიშვნელობით $D'_{0.025} \times \bar{W} = 1.62 \times 8.29 = 13.43$ (იხ. ნახ. 5 გ).

$A'_{0.025}$, $D'_{0.025}$ მამრავლების ცხრილური მნიშვნელობები აღებულია შესაბამისი ცხრილებიდან ([114]-ის დანართი 2-დან $A'_{0.025} = 0.244$ და დანართი 3-დან $D'_{0.025} = 1.62$), როდესაც ამონაკრების მოცულობა $n=8$;

სამგორის გამწმენდი სადგურის წყლის გაწმენდის ხარისხობრივი მაჩვენებლებისათვის გამაფრთხილებელი და სარეგულაციო საზღვრების გაანგარიშების შედეგები ზემოთ მოცემული მეთოდის სესაბამისად ასახულია ცხრილში 2-ში, რომელთა მიხედვითაც შესაბამის დიაგრამებზე დატანილია საზღვრები ზემოთ მოყვანილი წესებით.

სამგორის წყალსადენის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის საკონტროლო რუკებით დადგენილი საზღვრის დონეები მოცემულია ცხრილში 3-ში. ანალიზიდან ჩანს რომ დიდი ბრიტანეთის სტანდარტით აგებული დონეები ეთანადებიან არსებული სტანდარტის მოთხოვნას.

ამრიგად, ზემოთ შედგენილი საკონტროლო რუკები საშუალებას იძლევიან წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიურ პროცესში შეფასებულ იქნას ის გარემოება თუ რამდენად სტაბილური რჩება მოცემული პარამეტრები ამა თუ იმ დროით მონაკვეთში (დინამიკაში). გარდა ამისა, აღნიშნული რუკებით შესაძლებელია განისაზღვროს პარამეტრების ცვალებადობის ნომინალების მოთხოვნილი დონეები (იხ. ცხრ. 3), რომლის მიღწევასაც უნდა ცდილობდეს ოპერატიულ-ინჟინერ-ტექნიკური პერსონალი რეალური მართვის პროცესში.

გარდა აღნიშნულისა, შედგენილი საკონტროლო რუკები გამოიყენება როგორც მაჩვენებელი განსხვავებისა (გადახრისა) ნომინალსა და ფაქტიურ მნიშვნელობებს შორის გაწმენდის დამყარებულ პროცესში.

იმ კონკრეტულ შემთხვევებში, როდესაც წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ხარისხის მახასიათებელი პარამეტრებიდან რომელიმე გაარღვევს საკონტროლო რუკების გამაფრთხილებელ საზღვრებს (რომ აღარაფერი ვთქვათ სარეგულაციო საზღვრების გარღვევაზე), მაშინ საჭირო ხდება “შემჩნეული” პარამეტრის ნომინალურობის საზღვრებში დაბრუნება. ამ შემთხვევაში გადახრის სიდიდე იანგარიშება მარტივი გამოსახულებით: $X_{\text{ფაქტ.}} - \bar{X} = \Delta X$, სადაც ΔX კორექციის სიღრმეა.

ქვემოთ მოგვყავს პრაქტიკული ღონისძიებების ის ნუსხა, რომელსაც მიმართავს სამგორის გამწმენდი სადგურის ოპერატიულ-ტექნიკური პერსონალი ე.წ. “შემჩნეული” პარამეტრების კორექციისათვის:

1. ნაკლები გამჭვირვალობის შემთხვევაში ოპერატიულად უნდა შედარდეს თბილისის ზღვის და ჟინვალის წყალსაცავის წყლების გამჭვირვალობა. უპირატესობა უნდა მიენიჭოს გამჭვირვალობის მაღალმაჩვენებლიან ნედლ წყალს, რომელიც სათანადოდ აუმჯობესებს მოქმედი ფილტრების საექსპლუატაციო პირობებს და ამცირებს საწარმოო ხარჯებს.

1. ქლორის და რეაგენტის დოზა დამოკიდებულია საწყისი წყლის ხარისხზე. ქიმიური ანალიზის საფუძველზე (სტანდარტის მოთხოვნით, იხ. ცხრ. 3) ხდება ქლორის და რეაგენტის საჭირო კორექტირება.

2. ჟანგვადობის ცვლილების დროსაც ხდება ქლორის და რეაგენტის დოზის რეგულირება.

ზაფხულის პერიოდში თბილისის ზღვიდან საწყისი წყლის აღება ხდება მცირე ინტენსივობით (ბაქტერიების საერთო რაოდენობისა და წყლის ბუნებრივი ტემპერატურის შედარებითი გაუარესების გამო).

ქ. თბილისის საგუბერნიის გამგეობის რეგისტრაციის საშუალო სტატისტიკური მონაცემების ამონაკრებთა საწყისი რეალიზაციები წლის გაშვების მიხედვით

| ცხრილი 1 | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
| ამონაკრების ნომერი ა), ბ) – სუფთა წყლისათვის | 1.IV–2.IV | 2.IV–3.IV | 3.IV–4.IV | 4.IV–5.IV | 5.IV–6.IV | 6.IV–7.IV |
| ბ) – ნედლი წყლისათვის | | | | | | |
| ამონაკრების აღების თარიღი (1992) | 1.IV–2.IV | 2.IV–3.IV | 3.IV–4.IV | 4.IV–5.IV | 5.IV–6.IV | 6.IV–7.IV |
| 1. გამჭორვლობა (მგ/ლ): | | | | | | |
| ა) ამონაკრების საშუალო - $\bar{X}_{\text{გამჭ}}$ | 29.75 | 30.00 | 30.50 | 32.25 | 30.00 | 30.00 |
| ბ) ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა ($X_{\text{მ.ე.}}$, $X_{\text{მ.ბ.}}$) შორის სხვაობა - $W_{\text{გამჭ}}$ | 30-28=2 | 30-30=0 | 32-30=2 | 40-30=10 | 30-30=0 | 30-30=0 |
| გ) ნედლი მასალის - $X_{\text{გამჭ}}^{\text{ნედლ}}$ | 12.00 | 7.00 | 12.00 | 10.00 | 8.00 | 10.00 |
| 2. ქლორის დოზა (მგ/ლ): | | | | | | |
| ა) ამონაკრების საშუალო - $\bar{X}_{\text{ქ}}$ | 0.61 | 0.62 | 0.60 | 0.61 | 0.64 | 0.60 |
| ბ) ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა ($X_{\text{მ.ე.}}$, $X_{\text{მ.ბ.}}$) შორის სხვაობა - $W_{\text{ქ}}$ | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.6=0.05 | 0.6-0.6=0 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.6=0.05 |
| 3. ჟანგვადობა: | | | | | | |
| ა) ამონაკრების საშუალო - $\bar{X}_{\text{ჟანგ}}$ | 1.06 | 1.06 | 1.17 | 0.99 | 1.11 | 1.09 |
| ბ) ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა ($X_{\text{მ.ე.}}$, $X_{\text{მ.ბ.}}$) შორის სხვაობა - $W_{\text{ჟანგ}}$ | 1.12-0.96=0.16 | 1.12-1.04=0.08 | 1.20-1.12=0.08 | 1.12-0.88=0.24 | 1.20-1.04=0.16 | 1.20-1.04=0.16 |
| გ) ნედლი მასალის - $X_{\text{ჟანგ}}^{\text{ნედლ}}$ | 1.44 | 1.52 | 1.44 | 1.52 | 1.52 | 1.52 |
| 4. ბაქტერიების სერთოო რაოდენობა: | | | | | | |
| ა) ამონაკრების საშუალო - $\bar{X}_{\text{ბაქ}}$ | 18.13 | 14.88 | 9.88 | 22.25 | 15.38 | 14.5 |
| ბ) ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა ($X_{\text{მ.ე.}}$, $X_{\text{მ.ბ.}}$) შორის სხვაობა - $W_{\text{ბაქ}}$ | 32-6=26.0 | 22-8=14.0 | 19-3=16.0 | 42-2=40.0 | 42-2=40.0 | 30-6=24.0 |
| გ) ნედლი მასალის - $X_{\text{ბაქ}}^{\text{ნედლ}}$ | - | - | 2500 | - | - | - |

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

| | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | 7.IV-8.IV | 8.IV-9.IV | 9.IV-10.IV | 10.IV-11.IV | 11.IV-12.IV | 12.IV-13.IV | 13.IV-14.IV | 14.IV-15.IV |
| ა) \bar{X}_{1-14} | 31.00 | 31.25 | 31.13 | 31.63 | 31.50 | 32.13 | 35.12 | 37.00 |
| ბ) W_{1-14} | 34-30=4 | 35-30=5 | 36-30=6 | 38-30=8 | 36-30=6 | 36-30=6 | 45-30=15 | 45-30=15 |
| გ) $X_{1-14}^{(2)}$ | 14.00 | 20.00 | 13.00 | 18.00 | 24.00 | 20.00 | 16.00 | 25.00 |
| 2. ა) \bar{X}_2 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.62 | 0.61 | 0.63 | 0.60 |
| ბ) W_2 | 0.6-0.6=0 | 0.65-0.5=1.15 | 0.65-0.55=0.1 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.55=0.1 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.55=0.1 | 0.6-0.6=0.0 |
| ა) \bar{X} | 1.11 | 1.03 | 1.11 | 1.00 | 1.03 | 1.04 | 1.00 | 0.94 |
| ბ) W_{1-14} | 1.20-1.04=0.16 | 1.12-0.96=0.16 | 1.20-1.04=0.16 | 1.12-0.8=0.32 | 1.12-0.96=0.16 | 1.12-0.96=0.16 | 1.12-0.88=0.24 | 1.04-0.8=0.24 |
| გ) $X_{1-14}^{(2)}$ | 1.44 | 1.44 | 1.52 | 1.28 | 1.44 | 1.44 | 1.44 | 1.36 |
| ა) \bar{X}_{1-14} | 10.75 | 15.38 | 14.75 | 8.00 | 13.13 | 9.13 | 9.13 | 12.75 |
| ბ) W_{1-14} | 20-5=15.0 | 42-3=39.0 | 41-2=39.0 | 13-4=9.0 | 24-3=21.0 | 19-3=16.0 | 19-3=16.0 | 41-1=40.0 |
| გ) $X_{1-14}^{(2)}$ | - | - | - | - | - | - | - | - |

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

| | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | 21. | 22. |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 3.VII-4.VII | 5.VII-6.VII | 7.VII-8.VII | 9.VII-10.VII | 11.VII-12.VII | 15.VII-16.VII | 20.VII-21.VII | 25.VII-26.VII |
| ა) \bar{X}_{1-22} | 31.88 | 33.13 | 33.38 | 32.71 | 35.5 | 29.75 | 34.80 | 31.75 |
| ბ) W_{1-22} | 40-30=10 | 38-30=8 | 40-30=10 | 38-30=8 | 45-30=15 | 45-30=15 | 40-30=10 | 37-30=7 |
| გ) $X_{1-22}^{(2)}$ | 10.00 | 16.00 | 18.00 | 14.00 | 20.00 | 22.00 | 18.00 | 15.00 |
| 2. ა) \bar{X}_2 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.60 | 0.62 | 0.61 |
| ბ) W_2 | 0.65-0.55=0.1 | 0.65-0.55=0.1 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.55=0.1 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.55=0.1 |
| ა) \bar{X}_{1-22} | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 1.06 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 1.06 |
| ბ) W_{1-22} | 1.12-0.96=0.16 | 1.12-0.96=0.16 | 1.12-0.96=0.16 | 1.12-0.96=0.16 | 1.12-0.88=0.24 | 1.04-0.96=0.08 | 1.12-0.88=0.24 | 1.12-0.96=0.16 |
| გ) $X_{1-22}^{(2)}$ | 1.52 | 1.36 | 1.44 | 1.52 | 1.44 | 1.28 | 1.36 | 1.52 |
| ა) \bar{X}_{1-22} | 12.50 | 10.00 | 10.63 | 16.25 | 12.88 | 11.71 | 11.38 | 15.00 |
| ბ) W_{1-22} | 25-5=20.0 | 19-1=18.0 | 28-5=23.0 | 38-5=33.0 | 19-5=14.0 | 21-3=18.0 | 27-2=25.0 | 38-5=33.0 |
| გ) $X_{1-22}^{(2)}$ | - | 25.00 | - | - | - | 24.00 | - | - |

ცხრილი 1-ის გაგრძელება

| | 23. | 24. | 25. | 26. | 27. | 28. | 29. | 30. | 31. |
|---------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 29.VII-30.VII | 1.X-2.X | 8.X-9.X | 10.X-11.X | 13.X-14.X | 16.X-17.X | 18.X-19.X | 23.X-24.X | 29.X |
| ა) $\bar{X}_{3,45}$ | 32.75 | 33.00 | 36.25 | 35.62 | 34.50 | 37.00 | 38.50 | 33.60 | 40.00 |
| ბ) $W_{3,45}$ | 38-30=8 | 40-30=10 | 45-30=15 | 45-30=15 | 40-30=10 | 40-30=10 | 40-36=4 | 38-30=8 | 45-30=15 |
| გ) $X_{3,45}^{ფულ}$ | 17.00 | 20.00 | 22.00 | 23.00 | 15.00 | 25.00 | 30.00 | 23.00 | 22.00 |
| ა) \bar{X}_j | 0.63 | 0.61 | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.63 | 0.61 | 0.61 | 0.60 |
| ბ) W_j | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.5=0.15 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.5=0.15 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.6=0.05 | 0.65-0.6=0.05 | 0.6-0.6=0 |
| ა) $\bar{X}_{3,45}$ | 1.04 | 1.00 | 0.99 | 0.95 | 1.00 | 0.92 | 0.86 | 1.03 | 0.86 |
| ბ) $W_{3,45}$ | 1.12-0.96=0.16 | 1.12-0.88=0.24 | 1.12-0.8=0.32 | 1.04-0.88=0.16 | 1.12-0.88=0.24 | 1.04-0.88=0.16 | 0.96-0.80=0.16 | 1.12-0.96=0.16 | 0.96-0.80=0.16 |
| გ) $X_{3,45}^{ფულ}$ | 1.44 | 1.44 | 1.36 | 1.44 | 1.44 | 1.20 | 1.20 | 1.36 | 1.36 |
| ა) $\bar{X}_{3,45}$ | 8.14 | 9.00 | 12.71 | 8.75 | 15.13 | 8.71 | 6.62 | 7.12 | 7.50 |
| ბ) $W_{3,45}$ | 16-4=12.0 | 16-3=13.0 | 28-4=24.0 | 14-6=8.0 | 20-8=12.0 | 16-4=12.0 | 13-1=12.0 | 12-4=8.0 | 18-2=16.0 |
| გ) $X_{3,45}^{ფულ}$ | 2400 | - | 1200 | - | - | 1700 | - | - | - |

სამგორის გამწმენდი სადგურის წყლის გაწმენდის მაჩვენებლების გამოფრთხილებელი და სარეგულაციო საზღვრების გაანგარიშების შედეგები

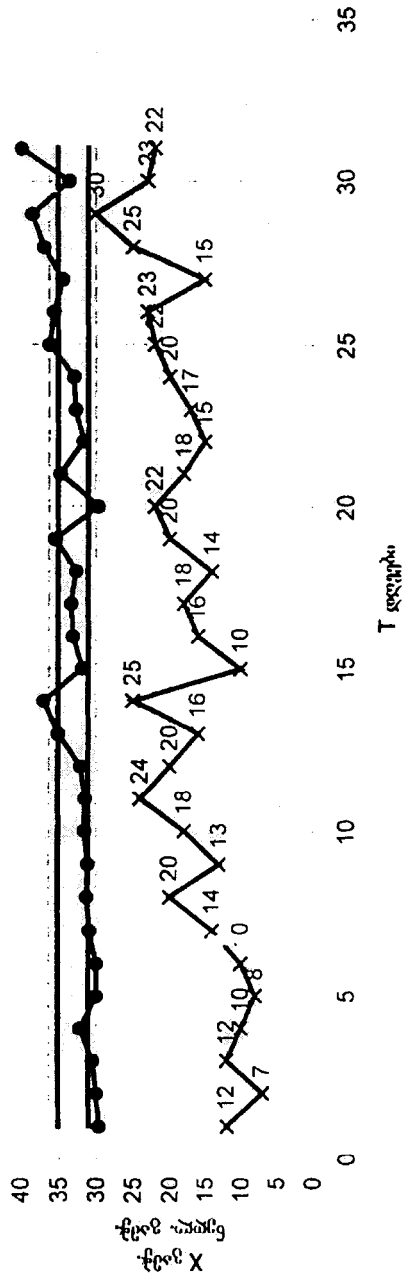
ცხრილი 2

| წყლის გაწმენდის ხარისხობრივი მაჩვენებლები | გამათრხილებელი ზედა და ქვედა საზღვრები | სარეგულაციო ზედა და ქვედა საზღვრები |
|--|--|--|
| <p>1. გამჭირვლობა: ა) ამონაკრების საშუალო რეალიზაციისთვის - $\bar{X}_{\text{გამჭ}}$ ბ) ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა ($X_{\text{გამჭ}}, X_{\text{გამჭ}}$) ორის სხვაობათა რეალიზაციისთვის - $W_{\text{გამჭ}}$</p> | $\bar{X}_{\text{გამჭ}} + \bar{W}_{\text{გამჭ}} \cdot A_{0.025}^1 = 33.14 + 8.29 \cdot 0.244 = 35.16$ $\bar{X}_{\text{გამჭ}} - \bar{W}_{\text{გამჭ}} \cdot A_{0.025}^1 = 33.14 - 8.29 \cdot 0.244 = 31.11$ $D_{0.025}^1 \cdot \bar{W} = 1.62 \cdot 8.29 = 13.43$ | $\bar{X}_{\text{გამჭ}} + \bar{W}_{\text{გამჭ}} \cdot A_{0.001}^1 = 33.14 + 8.29 \cdot 0.384 = 36.32$ $\bar{X}_{\text{გამჭ}} - \bar{W}_{\text{გამჭ}} \cdot A_{0.001}^1 = 33.14 - 8.29 \cdot 0.384 = 29.96$ $D_{0.001}^1 \cdot \bar{W} = 2.04 \cdot 8.29 = 16.29$ |
| <p>2. ქლორის დოზა: ა) ამონაკრების საშუალო რეალიზაციისთვის - \bar{X}_j ბ) ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა ($X_{\text{გამჭ}}, X_{\text{გამჭ}}$) ორის სხვაობათა რეალიზაციისთვის - W_j</p> | $\bar{X}_j + \bar{W}_{\text{გამჭ}} \cdot A_{0.025}^1 = 0.61 + 0.064 \cdot 0.244 = 0.625$ $\bar{X}_j - \bar{W}_{\text{გამჭ}} \cdot A_{0.025}^1 = 0.61 - 0.064 \cdot 0.244 = 0.594$ $D_{0.025}^1 \cdot \bar{W} = 1.62 \cdot 0.064 = 0.104$ | $\bar{X}_j + \bar{W}_{\text{გამჭ}} \cdot A_{0.001}^1 = 0.61 + 0.064 \cdot 0.384 = 0.634$ $\bar{X}_j - \bar{W}_{\text{გამჭ}} \cdot A_{0.001}^1 = 0.61 - 0.064 \cdot 0.384 = 0.585$ $D_{0.001}^1 \cdot \bar{W} = 2.04 \cdot 0.064 = 0.131$ |
| <p>3. ჟანგადობა: ა) ამონაკრების საშუალო რეალიზაციისთვის - $\bar{X}_{\text{ჟანგ}}$ ბ) ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა ($X_{\text{გამჭ}}, X_{\text{გამჭ}}$) ორის სხვაობათა რეალიზაციისთვის - $W_{\text{ჟანგ}}$</p> | $\bar{X}_{\text{ჟანგ}} + \bar{W}_{\text{ჟანგ}} \cdot A_{0.025}^1 = 1.0187 + 0.1806 \cdot 0.244 = 1.06$ $\bar{X}_{\text{ჟანგ}} - \bar{W}_{\text{ჟანგ}} \cdot A_{0.025}^1 = 1.0187 - 0.1806 \cdot 0.244 = 0.97$ $D_{0.025}^1 \cdot \bar{W} = 1.62 \cdot 0.1806 = 0.29$ | $\bar{X}_{\text{ჟანგ}} + \bar{W}_{\text{ჟანგ}} \cdot A_{0.001}^1 = 1.0187 + 0.1806 \cdot 0.384 = 1.09$ $\bar{X}_{\text{ჟანგ}} - \bar{W}_{\text{ჟანგ}} \cdot A_{0.001}^1 = 1.0187 - 0.1806 \cdot 0.384 = 0.95$ $D_{0.025}^1 \cdot \bar{W} = 2.04 \cdot 0.1806 = 0.37$ |
| <p>4. ბაქტერიების საერთო რაოდენობა: ა) ამონაკრების საშუალო რეალიზაციისთვის - $\bar{X}_{\text{ბაქტ}}$ ბ) ამონაკრების ექსტრემალურ მნიშვნელობათა ($X_{\text{გამჭ}}, X_{\text{გამჭ}}$) ორის სხვაობათა რეალიზაციისთვის - $W_{\text{ბაქტ}}$</p> | $\bar{X}_{\text{ბაქტ}} + \bar{W}_{\text{ბაქტ}} \cdot A_{0.025}^1 = 12 + 21.16 \cdot 0.244 = 17.16$ $\bar{X}_{\text{ბაქტ}} - \bar{W}_{\text{ბაქტ}} \cdot A_{0.025}^1 = 12 - 21.16 \cdot 0.244 = 6.84$ $D_{0.025}^1 \cdot \bar{W} = 1.62 \cdot 21.16 = 34.3$ | $\bar{X}_{\text{ბაქტ}} + \bar{W}_{\text{ბაქტ}} \cdot A_{0.001}^1 = 12 + 21.16 \cdot 0.384 = 20.13$ $\bar{X}_{\text{ბაქტ}} - \bar{W}_{\text{ბაქტ}} \cdot A_{0.001}^1 = 12 - 21.16 \cdot 0.384 = 3.87$ $D_{0.025}^1 \cdot \bar{W} = 2.04 \cdot 21.16 = 43.17$ |

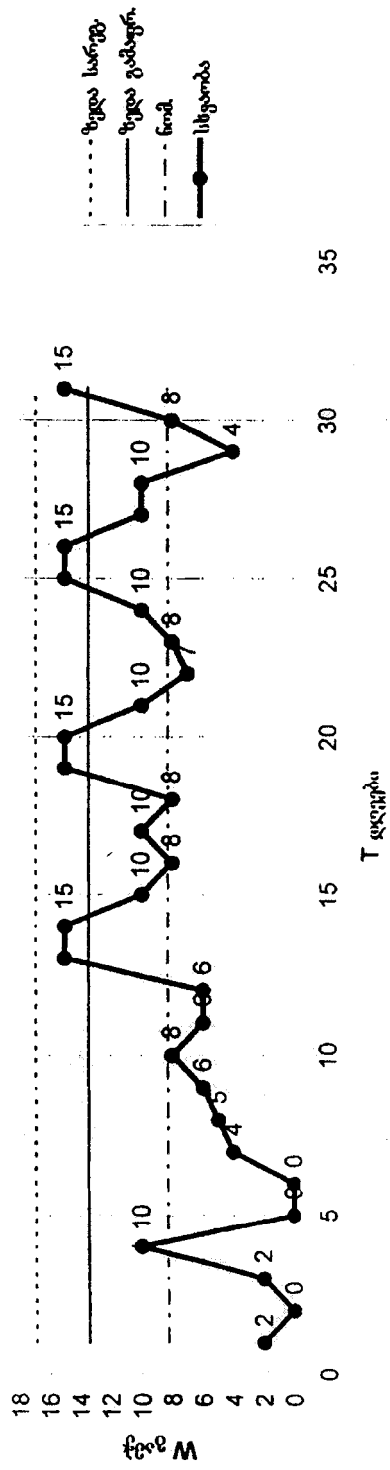
სამგორის წყალსადენის წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის საკონტროლო რუკებით დადგენილი საზღვრითი დონეები დიდი ბრიტანეთის სტანდარტის შესაბამისად

| № | წყლის გაწმენდის ხარისხის მახასიათებელი პარამეტრი | პარამეტრის ცვლილების ნომინალი | გამაფრთხილებელი საზღვრები | | სარეგულაციო საზღვრები | | მოთხოვნილი სტანდარტით გოსტ 2874-73 არანაკლები 30 სმ |
|----|--|-------------------------------|---------------------------|-------|-----------------------|-------|--|
| | | | ზედა | ქვედა | ზედა | ქვედა | |
| 1. | გამჭირვებლობა | 33.14 | 35.16 | 31.11 | 36.32 | 29.96 | არანაკლები 0.3 მგ/დმ ³ |
| 2. | ქლორის დოზა | 0.61 | 0.625 | 0.594 | 0.634 | 0.585 | არაუმეტეს 4 მგ/დმ ³ |
| 3. | ფანგვადობა | 1.019 | 1.06 | 0.97 | 1.09 | 0.95 | 1 მლ. გაუხსნელ წყალში არაუმეტეს 100 კოლონიის, როდესაც t=27°C |
| 4. | ბაქტერიების საერთო რაოდენობა | 12.0 | 17.16 | 6.84 | 20.13 | 3.87 | |

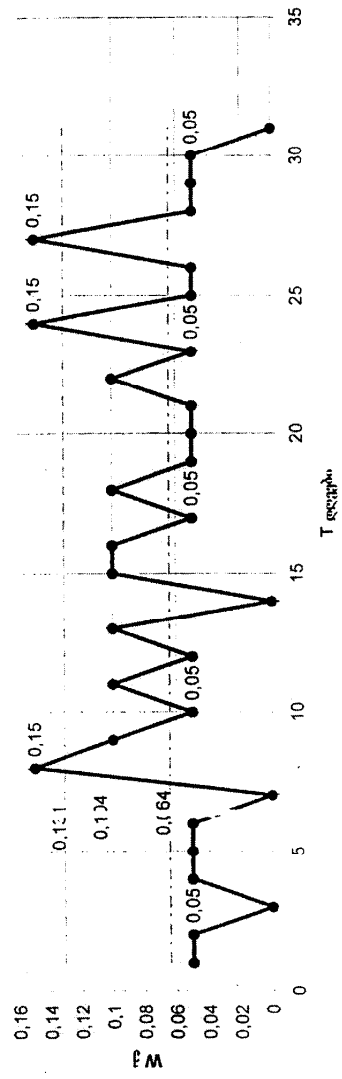
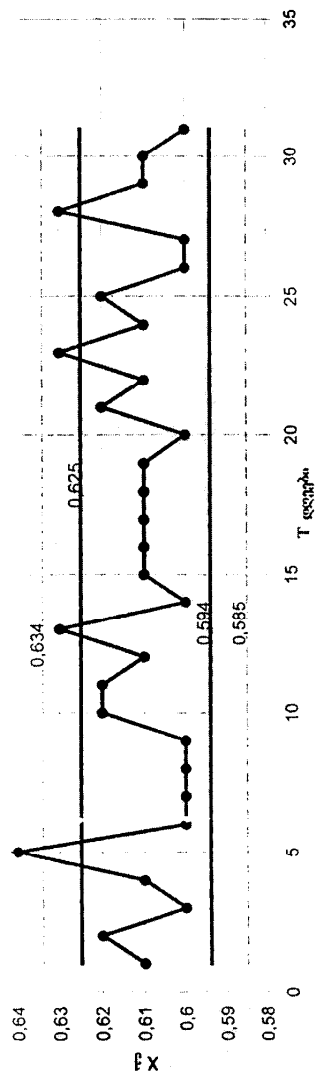
სამგორის გაშუქვნილი საღებურის წყლის გაშუქვნილი ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული კონტროლისა და მართვისთვის
 შედგენილი საკონტროლო რუკები თვალსაჩინო დიაგრამების სახით



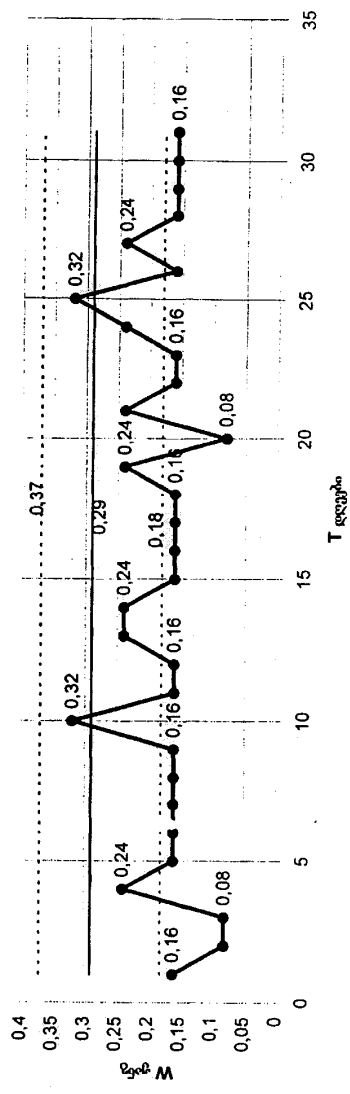
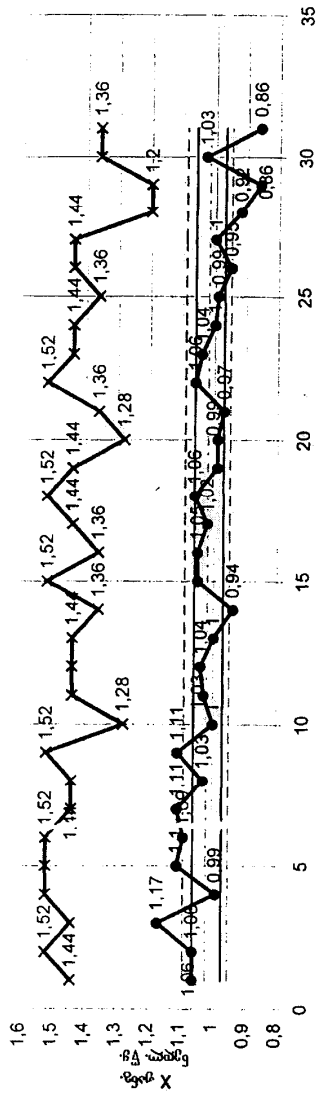
ნახ. 5 ა), ბ)



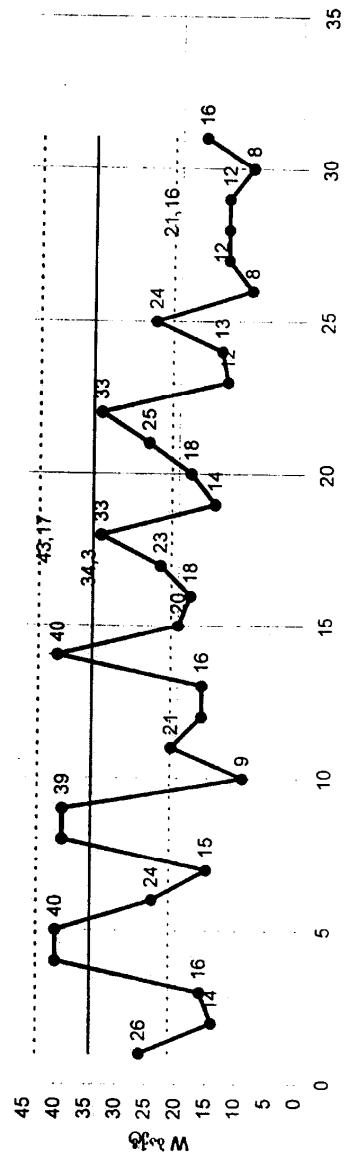
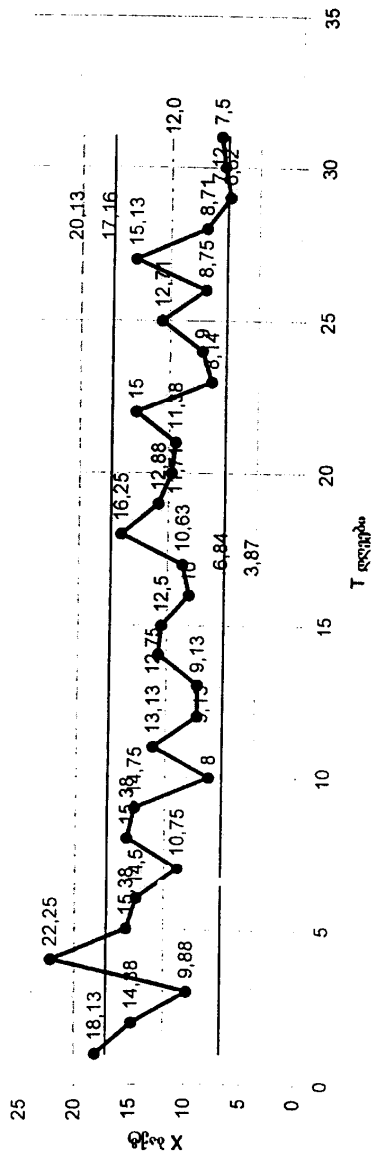
ნახ. 5 ბ



б) с) д)



Биб. 7 а), б), в)



б.б. 8 а), б)

**თავი 3. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის
მახასიათებელი პარამეტრების კონტროლის,
რეგულირების და ხარისხის მართვის სტატისტიკური
მოდელის შემდგენა ქ. თბილისის წყალსადენის
სამგორის და ღრმაღელის გამწმენდი
სადგურების მაგალითზე**

**3.1. ხარისხის მართვის სტატისტიკური მოდელების დანიშნულება წყლის
გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების
სუბიექტურ-კრიტერიულ შეფასებაში**

როგორც წინა პარაგრაფში აღვნიშნეთ, საკონტროლო რუკების გამოყენება თვალსაჩინო დიაგრამების სახით საშუალებას იძლევა წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიურ პროცესის მსვლელობაში (და არა მარტო მსვლელობაში) გაანალიზდეს და დაისახოს პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების სათანადო ცვლილებები მოთხოვნილი ნომინალების შესაბამისად. ეს ოპერატიულ-ტექნიკურ პერსონალს საშუალებას აძლევს მიმდინარე სადისპეტჩერო მართვის პირობებში შეინარჩუნოს წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის სტაბილურობა და მოახდინოს მისი სათანადო კორექცია ნომინალური რეჟიმების შესაბამისად.

მაგრამ, აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად საკონტროლო-სარეგულაციო რუკების გამოყენების დადებითი მხარეებისა, ისინი სრულად ვერ აკმაყოფილებენ ოპერატიულ-ტექნიკური პერსონალის მოთხოვნებს ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების მართვის გადაწყვეტილებათა შემუშავებაში. აქ გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრები, გარდა ოპერატიული შეფასებებისა, საჭიროებენ აგრეთვე მათი ცვლილებების ტენდენციების წინასწარ ჯვრეტას (პროგნოზირებას) როგორც თითოეული პარამეტრის, ასევე მათი კომპლექსური ცვალებადობის შემთხვევაში. აღნიშნული საკითხის განვითარება მოყვანილია სადისერტაციო ნაშრომის შესაბამის ქვეთავებში.

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ სუბიექტურ-ხარისხობრივ კრიტერიულ შეფასებათა მოდელების შედგენა საკონტროლო-სარეგულაციო რუკებთან ერთად ტექ-

ნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის წარმოადგენს მძლავრ ინსტრუმენტულ საშუალებას ოპერატიულ-ტექნიკური პერსონალის წინაშე დასმული „არამკაფიო“ სახის მრავალპარამეტრიანი მართვის სადისპეტჩერო ამოცანის ეფექტური გადაწყვეტის მიზნით.

3.2. სუბიექტურ-ხარისხობრივ კრიტერიულ შეფასებათა

ხარისხის მართვის სტატისტიკური მოდელების შედგენის მეთოდოლოგია

ხარისხობრივ-კრიტერიალურ შეფასებათა მოდელების შედგენის აუცილებლობა განპირობებულია მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების მიხედვით დამყარებული ერთიანი მდგომარეობის მართვის ეფექტურ გადაწყვეტილებათა შერჩევის მიზნით. ეფექტურ მართვაში იგულისხმება ისეთი რეჟიმების შედგენა, რომელთა პირობებშიც თითოეული პარამეტრის ცვალებადობის სიღრმე რაიმე მოთხოვნილი სტატისტიკური საიმედოობით მოქცეული იქნება საკონტროლო რუკების მაფრთხილებელ არეში. თითოეული პარამეტრისათვის ასეთი ცვალებადობის სიღრმეს ვსაზღვრავთ საკონტროლო რუკების მიხედვით, რომლებიც წინა ქვეთავში იყო განხილული. მართვის დასაშვები არის სიღრმე, ამ შემთხვევაში, უნდა შეესაბამებოდეს პროცესგანმაპირობებელი ფაქტორის (პარამეტრის) ცვალებადობის ნომინალს (ეტალონს), რომლის მიღწევასაც უნდა ცდილობდეს ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალი რეალური მართვის პროცესში.

ცხადია, ეფექტურ გადაწყვეტილებათა მოთხოვნილი დონე ტექნოლოგიური პროცესის თითოეული პარამეტრისათვის უნდა შემოისაზღვრებოდეს მისი მახასიათებელი ნომინალური სიდიდით, მაგრამ პრაქტიკაში ნომინალური დონეების ცალსახად უზრუნველყოფა შეუძლებელია მათზე მრავალრიცხოვანი გარეგანი და შინაგანი ფაქტორების ზეგავლენის გამო. ამიტომ, როგორც ზემოთაც აღინიშნა, ეფექტურ გადაწყვეტილებათა სიღრმეებად თითოეული პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრისათვის შესაბამისად შეიძლება ალებულ იქნას მაფრთხილებელი საზღვრების არეები საკონტროლო რუკების მიხედვით.

ამრიგად, კრიტერიალურ-სუბიექტურ შეფასებათა დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელები შედგენილ უნდა იქნას ნომინალური არის გამაფრთხილებელი საზ-

ღვრების შესაბამისად იმ მოსაზრებით, რომ თითოეული პარამეტრის ნომინალი უნდა წარმოადგენდეს მიზნის მიღწევის მაქსიმუმს ანუ ერთიანს, ხოლო თვითონ გამაფრთხილებელი არის საზღვრითი წერტილი კი ამ შემთხვევაში უნდა ასახავდეს პარამეტრის ცვალებადობის არასასურველ ფაქტს ანუ ნულს. ასეთი სახის ფსიქოფიზიკური ხასიათის სუბიექტური მიდგომების გამოყენება გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესის განვითარებაში საშუალებას მოგვცემს შედგენილ იქნას მართვის მოდელები [1].

მოდელების შედგენაში გათვალისწინებული უნდა იქნას “მიზნის მიღწევის” ფუნქციის - P ცვალებადობის ხარისხობრივი გრადაციები $0 \leq P_i \leq 1$ ფარგლებში. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ეტალონური პროცესის ინტეგრალური ხარისხობრივი მახასიათებელი ვერ აღწევს 1-ს, რადგან პროცესის მსვლელობაზე მოქმედებს როგორც ობიექტური (ტექნოლოგიური პროცესის ცვლილებები), ასევე სუბიექტური სახის ფაქტორები (გამოწვეული ოპერატიულ-ტექნიკური პერსონალის საქმიანობაში შეცდომების დაშვებით გადაწყვეტილებათა მიღების შერჩევისას). არსებულ პროცესში, პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების შესაფასებლად, რეკომენდებულია გამოყენებულ იქნას სუბიექტურ-კრიტერიული შეფასების ჰარინგტონის სკალა [1]:

| № | პარამეტრის სუბიექტურ-კრიტერიული შეფასების მაჩვენებელი | ხარისხობრივი შეფასების ინტერვალები (P_i -ცვალებადობის დიაპაზონში) |
|---|---|--|
| 1 | ძალიან ცუდი | 0,00 0,20 |
| 2 | ცუდი | 0,20 0,37 |
| 3 | დამაკმაყოფილებელი | 0,37 0,63 |
| 4 | კარგი | 0,63 0,80 |
| 5 | ძალიან კარგი | 0,80 1,00 |

სუბიექტურ-ხარისხობრივი შეფასებების წარმოდგენილი კრიტერიული ცხრილის დახმარებით შესაძლებელი ხდება ტექნოლოგიური პროცესის

მასხასიათებელი პარამეტრების სიტუაციურ მდგომარეობათა ცვალებადობის შეფასება პარამეტრების როგორც ცალკეული, ასევე ერთდროული (კომპლექსური) ცვალებადობის პირობებში. წარმოდგენილი ცხრილი, თავის მხრივ, საშუალებას იძლევა დახასიათდეს მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესის ერთიანი ეფექტური რეჟიმი სხვადასხვა სიტუაციურ მდგომარეობათა მიხედვით. აღნიშნული საკითხის წარმატებით გადაწყვეტა, ცხადია, შეუძლებელი იქნება მხოლოდ ოპერატიულ-ტექნიკური პერსონალის გამოცდილებასა და ინტუიციასზე დაყრდნობით.

“მიზნის მიღწევის” ფუნქციის აპროქსიმაციის საშუალებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ორმაგი ექსპონენციალური სახის მათემატიკური დამოკიდებულებები [1], რომლებსაც ექნებათ შემდეგი სახე:

$$P_i = \exp[-\exp(-b_0 - b_i X_i)]. \quad (3.1)$$

ამ დამოკიდებულების გარდაქმნა შეიძლება შემდეგი სახით: $b_0 + b_i X_i = \ln \ln(1/P_i)$. ამ გამოსახულებაში b_0 და b_i რეგრესიის კოეფიციენტებია, რომელთა გამოსათვლელად “მიზნის მიღწევის ფუნქციაში” სუბიექტურად შეირჩევენ პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრის ხარისხობრივი მდგომარეობის ორ უკიდურეს მაჩვენებელს - ცუდს და კარგს - (X_{i1}, X_{i2}) , რომელთაც მიმდევრობით ჩასვამენ სისტემის შესაბამის განტოლებებში:

$$\left. \begin{aligned} b_0 + b_i X_{i1} &= -\ln \ln(1/P_{i1}) \\ b_0 + b_i X_{i2} &= -\ln \ln(1/P_{i2}) \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

როგორც წესი, X_{i1} და X_{i2} მნიშვნელობების შესარჩევად იღებენ $X_{i \min}$ -ისა და $X_{i \max}$ -ის სიდიდეებს და მათ სუბიექტურად შეუსაბამებენ $P_{i1} = 0.2$ (პარამეტრის ცუდი მდგომარეობა) და $P_{i2} = 0.8$ (პარამეტრის კარგი მდგომარეობა) მნიშვნელობებს. ამ მოდელის აგებისას დაიშვება, რომ აღებულ იქნას: $P_i = 0.8$ - ნომინალური ღონის შესაბამისი სიდიდე (კარგი ხარისხობრივი შეფასება) და $P_i = 0.2$ (ცუდი ხარისხობრივი შეფასება), საკონტროლო რუკების გამაფრთხილებელი არეების შესაბამისად [1].

უნდა აღინიშნოს, რომ აქ წარმოდგენილი მოდელების შედგენის მეთოდოლოგია “მიზნის მიღწევის” ფუნქციების სახით, შეიძლება გავრცელდეს ნებისმიერი სახის პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების დასახასიათებლადაც, მიუხედავად იმისა, ისინი ერთმანეთის მიმართ ატარებენ ცვალებადობის უკუხასიათს, თუ არა.

ამის შემდეგ “მიზნის მიღწევის” ფუნქციების მიხედვით აიგება ე.წ. ჯამური “აზრობრივი შინაარსის” დამოკიდებულებები შემდეგი სახით:

$$C_{\Sigma} = \lg(P_{X_{\text{გამჭ.}}} P_{X_{\text{ქ.}}} P_{X_{\text{ქან.}}} P_{X_{\text{ბაქტ.}}}) = \lg P_{X_{\text{გამჭ.}}} + \lg P_{X_{\text{ქ.}}} + \lg P_{X_{\text{ქან.}}} + \lg P_{X_{\text{ბაქტ.}}} \quad (3.3)$$

თუ აღვნიშნავთ $\lg P_{X_{\text{გამჭ.}}} = C_{\text{გამჭ.}}$, $\lg P_{X_{\text{ქ.}}} = C_{\text{ქ.}}$, $\lg P_{X_{\text{ქან.}}} = C_{\text{ქან.}}$ და $\lg P_{X_{\text{ბაქტ.}}} = C_{\text{ბაქტ.}}$, მაშინ

$$C_{\Sigma} = C_{\text{გამჭ.}} + C_{\text{ქ.}} + C_{\text{ქან.}} + C_{\text{ბაქტ.}}, \quad (3.4)$$

ზოგადად “აზრობრივი შინაარსის” დამოკიდებულებები ასახავენ X პარამეტრის ამა თუ იმ მნიშვნელობის შერჩევის ფარდობით მიზანშეწონილობას. როდესაც $C_{\Sigma} \rightarrow 0$, მაშინ „აზრობრივი შინაარსის” დამოკიდებულებები ასახავენ ნომინალებთან ფიქსირებულ სიტუაციას (პარამეტრების ერთ-ერთ ხელსაყრელ ტექნოლოგიურ მდგომარეობას).

იმ შემთხვევაში, თუ სივრცეში ასაგებია ტექნოლოგიური პროცესის მისაღები ტრაექტორია მოცემულ პარამეტრთა ხარისხობრივი ცვალებადობის მიზანშეწონილობის გათვალისწინებით, მაშინ დამატებით უნდა განისაზღვროს აგრეთვე “აზრობრივი შინაარსის” გრადიენტიც $A = \text{grand}C$, იმ მოთხოვნით, რომ $A_{\Sigma} \rightarrow 0$.

აღნიშნული მიდგომა, პროცესის ცვალებადობის ოპტიმალური ტრაექტორიის აგებით წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვის ამოცანების გადაწყვეტის საფუძველს წარმოადგენს, ვიდრე ეს შეიძლება წარმატებით შესრულდეს ვექტორული ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენებით [1].

3.3. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელების შედგენა ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის გამწმენდი სადგურისათვის

წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმალური მართვის საერთო მოდელის შესადგენად თანმიმდევრობით უნდა შესრულდეს შემდეგი ოპერაციები:

1. განისაზღვროს “მიზნის მიღწევის” ფუნქცია მახასიათებელი პარამეტრებისათვის $P_{X_{\text{გამჭ.}}}, P_{X_{\text{ქ.}}}, P_{X_{\text{ქან.}}}, P_{X_{\text{ბაქტ.}}}$. წარმოდგენილი სახის ფუნქციები შედგენილია პროცესგანმაპირობებელი ფაქტორების მიხედვით აგებული საკონტროლო რუკების როგორც ზედა მაფროსკოპული საზღვრების, ასევე ქვედა მაფროსკოპული

საზღვრების შესაბამისად. ამ ფუნქციებში თუ შევიტანთ შესაბამისად პარამეტრების ნომინალურ მნიშვნელობებს, მაშინ ისინი ასახვენ სარგებლიანობის კარგ ხარისხს ($P_x = 0.8$), ხოლო მათში გამაფრთხილებელი საზღვრების შესაბამისი მნიშვნელობის ჩასმა კი იძლევა სარგებლიანობის არადამაკმაყოფილებელ (ცუდ) ხარისხს ($P_x = 0,2$). განსახილველი პარამეტრისათვის ორი შესადარებელი მნიშვნელობიდან უპირატესობა მიენიჭება იმას, რომლის სარგებლიანობის მაჩვენებელი (ხარისხი) მაღალია (ანუ შესაფასებელი ფიქსირებული მდგომარეობა მიახლოებულია პარამეტრის ნომინალურ სიდიდესთან). მაგალითად, შესადარებელია $X_{\text{ჟანგ.}} = 1.05$ და $X_{\text{ჟანგ.}} = 1.019$. ამისათვის ვიყენებთ შედგენილი მოდელის მიხედვით (იხ. მე-4 ცხრილის მე-3 გრაფა) მოცემულ მნიშვნელობებს $P_{X_{\text{ჟანგ.}}}(1.05) = 0.37$ და $P_{X_{\text{ჟანგ.}}}(1.019) = 0.8$, ცხადია, $0,37 < 0,8$, ამიტომაც უპირატესობა ენიჭება პარამეტრს $P_{X_{\text{ჟანგ.}}}(1.019)$.

2. მიღებული “მიზნის მიღწევის” ფუნქციების მიხედვით განისაზღვრება ჯამური “აზრობრივი შინაარსის” დამოკიდებულებები:

$$C_{\Sigma} = \lg(P_{X_{\text{გამჭ.}}} \cdot P_{X_{\text{ქ.}}} \cdot P_{X_{\text{ჟანგ.}}} \cdot P_{X_{\text{ბაქტ.}}}) = \lg P_{X_{\text{გამჭ.}}} + \lg P_{X_{\text{ქ.}}} + \lg P_{X_{\text{ჟანგ.}}} + \lg P_{X_{\text{ბაქტ.}}} \quad (3,5)$$

თუ აღვნიშნავთ $\lg P_{X_{\text{გამჭ.}}} = C_{\text{გამჭ.}}$, $\lg P_{X_{\text{ქ.}}} = C_{\text{ქ.}}$, $\lg P_{X_{\text{ჟანგ.}}} = C_{\text{ჟანგ.}}$ და $\lg P_{X_{\text{ბაქტ.}}} = C_{\text{ბაქტ.}}$, მაშინ მოცემული პარამეტრების ჯამური “აზრობრივი შინაარსი” მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{გამჭ.}} + C_{\text{ქ.}} + C_{\text{ჟანგ.}} + C_{\text{ბაქტ.}} \quad (3.6)$$

პარამეტრების ჯამური “აზრობრივი შინაარსის” გამომხატველი დამოკიდებულებები სამგორის სადგურის მოცემული ტექნოლოგიური პარამეტრებისათვის შეტანილია მე-4 ცხრილში. მოდელები შედგენილია, როგორც წინა შემთხვევაში, საკონტროლო რუკების ზედა და ქვედა მაფრთხილებელი საზღვრების შესაბამისად. ცალკე აღებული თითოეული მოდელი (როგორც წინა შემთხვევაში) საშუალებას იძლევა, ხარისხობრივი უპირატესობის მიხედვით შედარდეს პარამეტრის ორი სიდიდე. მაგალითად, ნარჩი ქლორის ქვედა გამაფრთხილებელი საზღვრის მიხედვით აგებული მოდელის თანახმად $C_{\text{ქ.}}(0.97) < C_{\text{ქ.}}(1.019)$, ვინაიდან $|0.097| < |0.7|$, ე.ი. უპირატესობა ენიჭება პარამეტრის იმ მნიშვნელობას, რომლის აბსოლუტური სიდიდეც

ახლოსაა ნულთან (ანუ ნომინალური პარამეტრის სიდიდესთან). მე-4 ცხრილის მე-4 გრაფიკის შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მოცემული პარამეტრების ჯამური აზრობრივი მახასიათებლის სიდიდე პარამეტრების ნომინალისათვის შეადგენს $C_X^{ნომ.} = C_{გამჭ.}^{ნომ.} + C_{ქ.}^{ნომ.} + C_{ჟანგ.}^{ნომ.} + C_{ბაქტ.}^{ნომ.} = 0.097 + 0.097 + 0.097 = 0.388$, მაშინ, როდესაც ქვედა მაფრთხილებელი საზღვრების შესაბამისად,

$$C_X^{ქმ.} = C_{გამჭ.}^{ქმ.} + C_{ქ.}^{ქმ.} + C_{ჟანგ.}^{ქმ.} + C_{ბაქტ.}^{ქმ.} = 0.698 + 0.699 + 0.7 = 2.8. \quad (3.7)$$

განხილული მაგალითის მიხედვით ადვილად დავასკვნით, რომ, ვინაიდან $0,388 < 2,8$, ჯამური აზრობრივი შინაარსის მიხედვით უპირატესობა ენიჭება პირველს (ნომინალის შესაბამის სიდიდეებს);

3. სივრცეში მახასიათებელი პარამეტრების წერტილის კოორდინატების მოსაძებნად საჭიროა თითოეული განსახილველი პარამეტრებისათვის აგებულ იქნას ე.წ. “ლოგიკური კავშირების” განმსაზღვრელი მოდელები საკონტროლო რუკების ზედა და ქვედა მაფრთხილებელი საზღვრების შესაბამისად. ამ მიზნით ვაღვანთ ლოგიკური კავშირების ბალანსის განტოლებებს ისეთი სახით, როგორც ესაა წარმოდგენილი მე-5 ცხრილში. შევადგინოთ ზედა მაფრთხილებელი საზღვრის შესაბამისი ლოგიკური კავშირების განტოლებები შემდეგი სახით: $\frac{dc}{dx_{გამჭ.}} = 0$;

$$\frac{dc}{dx_{ქ.}} = 0; \quad \frac{dc}{dx_{ჟანგ.}} = 0. \quad \frac{dc}{dx_{ბაქტ.}} = 0. \quad \text{მაშინ ლოგიკური კავშირების ბალანსის}$$

განტოლება ჩაიწერება ასე:

$$\frac{dc}{dx_{გამჭ.}} + \frac{dc}{dx_{ქ.}} + \frac{dc}{dx_{ჟანგ.}} + \frac{dc}{dx_{ბაქტ.}} = 0. \quad (3.8)$$

თუ ბალანსის განტოლებაში ჩავსვამთ პარამეტრების ნომინალის სიდიდეებს, მაშინ სივრცეში საძიებელი ოპტიმალური წერტილი იქნება ის, რომლის სიდიდესაც განაპირობებენ მოცემული ნომინალები. იმ შემთხვევაში, თუ ჩვენ გვინდა

ვიპოვოთ ოპტიმალური მოძრაობის ტრაექტორია $\frac{d\bar{r}}{dt} = \bar{\Lambda}_\Sigma$ სადაც $\bar{\Lambda}_\Sigma$ აღნიშნავს

$\frac{dc}{dx}$ -ს, ერთად აღებული ყველა პარამეტრისათვის, პარამეტრების რაიმე საწყისი

მნიშვნელობებიდან, მაშინ ტრაექტორიის საძებნ გამოსახულებას ექნება სახე:

$$\frac{d\bar{r}}{dt} = \bar{\Lambda}_\Sigma = \frac{dx}{dt} = \sum \Lambda_i. \quad (3.9)$$

მაგალითად, მე-6 ცხრილის მონაცემების მიხედვით ლოგიკური კავშირების განმსაზღვრელ მოდელებში თუ ჩავსვამთ პარამეტრების ნომინალურ სიდიდეებს, მაშინ მივიღებთ (იხ. გრაფა 6).

$$\Lambda_X^{\text{ნომ.}} = \Lambda_{\text{გამჭ.}}^{\text{ნომ.}} + \Lambda_{\text{ქ.}}^{\text{ნომ.}} + \Lambda_{\text{კანგ.}}^{\text{ნომ.}} + \Lambda_{\text{ბაქტ.}}^{\text{ნომ.}} = 0.094 + 11.97 + 3.907 + 0.037 = 16.008,$$

მაშინ, როდესაც

$$\Lambda_X^{\text{ქ.}} = \Lambda_{\text{გამჭ.}}^{\text{ქ.}} + \Lambda_{\text{ქ.}}^{\text{ქ.}} + \Lambda_{\text{კანგ.}}^{\text{ქ.}} + \Lambda_{\text{ბაქტ.}}^{\text{ქ.}} = 0.686 + 86.33 + 28.185 + 0.268 = 115.469.$$

როგორც ვხედავთ, ნომინალების შესაბამისი მნიშვნელობა შეადგენს $A_\Sigma^{\text{ნომ.}} = 16.008$, რაც მნიშვნელოვნად ნაკლებია ქვედა მაფროსილელი საზღვრის გაანგარიშებულ სიდიდეზე $A_\Sigma^{\text{ქ.}} = 115.469$. ეს მიგვანიშნებს, რომ ტექნოლოგიური პროცესის მართვის გაუმჯობესებისათვის არსებობს მნიშვნელოვანი რეზერვი.

როგორც თეორიულ წინამძღვრებში აღვნიშნეთ, და რაც დადასტურდა სამგორის გამწმენდი სადგურის სტატისტიკურ მონაცემთა პარამეტრების დამუშავების მიხედვით, წარმოდგენილი მიდგომით ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტური მართვის მიღწევა სრულიად რეალურია, ვიდრე ეს შეიძლება მიიღწეს ვექტორული ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენებით [1]. აქვე აღვნიშნავთ, რომ ვექტორული ოპტიმიზაციის მიხედვით ამოცანის გადაწყვეტა დაიყვანება კომპრომისული არის მოძებნაზე (პარეტოს სიმრავლე), წარმოდგენილ შემთხვევაში კი სივრცეში მოიძებნება არა მარტო ერთადერთი ოპტიმალური წერტილი (რომლისკენაც უნდა ვისწრაფოდეთ პარამეტრის რეალური მართვის დროს), არამედ მოიძებნება კიდევ ოპტიმალური წერტილისაკენ მოძრაობის ტრაექტორიის განტოლებაც. ოპტიმიზაციის ამოცანის წარმატებით გადაწყვეტა განაპირობა იმ გარემოებამ, რომ განსახილველი პარამეტრებისათვის ეფექტიანობის მაჩვენებელი შერჩეული იქნა სამართლიანი დათმობა-ფარდობითობის პრინციპზე დაყრდნობით, რაც ნიშნავს, რომ ყოველი პარამეტრის ეფექტურობის მაჩვენებელი ერთნაირად მნიშვნელოვანია, რაც აგრეთვე აკმაყოფილებს სკალური ოპტიმიზაციის პრინციპებსაც.

„ზრობრივი შინაარსის“ გამოშვებულ მოდელზე შედგენილი სამეორის წესის გაზომვის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის

ცხრილი 4

| № | წესის გაშვების მახასიათებელი პარამეტრების დასახელება | შედგენილი მოდელები | | საილუსტრაციო მაგალითები | |
|----|---|--|--|---|---|
| | | ზედა გამფრთხილებელი საზღვრის შესაბამისად | ქვედა გამფრთხილებელი საზღვრის შესაბამისად | მე-3 გრაფის შესაბამისად | მე-4 გრაფის შესაბამისად |
| 1. | გამჭირვებლობა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $\bar{X}_{3,15}$ | — | $C_{3,15} = -0.4343 \exp(30.745 - 0.973 \cdot \bar{X}_{3,15})$ $\bar{X}_{3,15} \in [3111.3314]$ | — | $X = 31.11$, მაშინ $C_{3,15} = -0.698$; $X = 33.14$, მაშინ $C_{3,15} = -0.97$. $ 0.097 < 0.698 $ |
| 2. | ქოლოს დოზა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - \bar{X}_j | $C_{3,j} = -0.1343 \exp(-81.857 + 131.733 \cdot \bar{X}_j)$ $\bar{X}_j \in [0.610625]$ | $C_{3,j} = -0.4343 \exp(73.835 - 123.5 \cdot \bar{X}_j)$ $\bar{X}_j \in [0.594061]$ | $X = 0.61$, მაშინ $C_j = -0.097$; $X = 0.625$, მაშინ $C_j = -0.699$. $ 0.097 < 0.699 $ | $X = 0.594$, მაშინ $C_j = -0.699$; $X = 0.61$, მაშინ $C_j = -0.097$. $ 0.097 < 0.699 $ |
| 3. | უანგვადობა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $\bar{X}_{3,15}$ | $C_{3,15} = -1.4343 \exp(-50.61 + 48.195 \cdot \bar{X}_{3,15})$ $\bar{X}_{3,15} \in [1019.106]$ | $C_{3,15} = -0.4343 \exp(39.593 - 40.327 \cdot \bar{X}_{3,15})$ $\bar{X}_{3,15} \in [0.971019]$ | $X = 1.019$, მაშინ $C_{3,15} = -0.097$; $X = 1.06$, მაშინ $C_{3,15} = -0.7$. $ 0.097 < 0.7 $ | $X = 0.97$, მაშინ $C_{3,15} = -0.7$; $X = 1.019$, მაშინ $C_{3,15} = -0.097$. $ 0.097 < 0.7 $ |
| 4. | ბაქტერიების საერთო რაოდენობა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $\bar{X}_{3,15}$ | $C_{3,15} = -0.4343 \exp(-6.096 + 0.383 \cdot \bar{X}_{3,15})$ $\bar{X}_{3,15} \in [12.01716]$ | $C_{3,15} = -0.4343 \exp(3.096 - 0.383 \cdot \bar{X}_{3,15})$ $\bar{X}_{3,15} \in [684.120]$ | $X = 12.0$, მაშინ $C_{3,15} = -0.097$; $X = 17.16$, მაშინ $C_{3,15} = -0.7$. $ 0.097 < 0.7 $ | $X = 6.84$, მაშინ $C_{3,15} = -0.7$; $X = 12.0$, მაშინ $C_{3,15} = -0.097$. $ 0.097 < 0.7 $ |

„ლოგკური კვშირების“ განმსაზღვრელი მოდელები შედგენილი სამეორის წყლის გაზმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის

ცხრილი 5

| №2 | შედგენილი მოდელები | | საილუსტრაციო მაგალითები | |
|----|---|--|---|--|
| | ზედა გამა ურთილებელი საზღვრი, შესაბამისად | ქვედა გამაფრთხილებელი საზღვრის შესაბამისად | მე-3 გრაფის შესაბამისად | მე-4 გრაფის შესაბამისად |
| 1. | <p>გამჭირვალბა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $\bar{X}_{j,3}$</p> | <p>—</p> $\frac{dc}{dx_{გამჭ}} = 0.4343 \cdot 0.973 \cdot [\exp(30.745 - 0.973 \cdot \bar{X}_{გამჭ})]$ $\bar{X}_{j,3} \in [3111.3314]$ | — | <p>$X=31.11$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{გამჭ}} = 0.686$; $X=33.14$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{გამჭ}} = 0.094$ · 0. ი. 0.094<0.686</p> |
| 2. | <p>ქლორის დობა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - \bar{X}_j</p> | <p>$\frac{dc}{dx_j} = 0.4343 \cdot 1.1733 \cdot [\exp(-81.857 + 131.733 \cdot \bar{X}_j)]$ $\bar{X}_j \in [0.61, 0.625]$</p> | <p>$X=0.61$, მაშინ $\frac{dc}{dx_j} = 12.77$; $X=0.625$, მაშინ $\frac{dc}{dx_j} = 92.1$ · 0. ი. 12.77<92.1</p> | <p>$X=0.594$, მაშინ $\frac{dc}{dx_j} = 86.33$; $X=0.61$, მაშინ $\frac{dc}{dx_j} = 11.97$ · 0. ი. 11.97<86.33</p> |
| 3. | <p>ჟანგვალბა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $\bar{X}_{j,4}$</p> | <p>$\frac{dc}{dx_{j,4}} = 0.4343 \cdot 48.195 \cdot [\exp(-50.61 + 48.195 \cdot \bar{X}_{j,4})]$ $\bar{X}_{j,4} \in [1.019, 1.06]$</p> | <p>$X=1.019$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{j,4}} = 4.673$; $X=1.06$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{j,4}} = 33.714$ · 0. ი. 4.673<33.714</p> | <p>$X=0.97$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{j,4}} = 28.185$; $X=1.019$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{j,4}} = 3.907$ · 0. ი. 3.907<28.185</p> |
| 4. | <p>ბაქტერიების საერთო რაოდენობა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $\bar{X}_{j,5}$</p> | <p>$\frac{dc}{dx_{j,5}} = 0.4343 \cdot 0.383 \cdot [\exp(-6.096 + 0.383 \cdot \bar{X}_{j,5})]$ $\bar{X}_{j,5} \in [12.0, 17.16]$</p> | <p>$X=12.0$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{j,5}} = 0.037$; $X=17.16$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{j,5}} = 0.268$ · 0. ი. 0.037<0.268</p> | <p>$X=6.84$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{j,5}} = 0.268$; $X=12.0$, მაშინ $\frac{dc}{dx_{j,5}} = 0.037$ · 0. ი. 0.037<0.268</p> |

3.4. ქ. თბილისის წყალსადენის სამგორის გამწმენდი ნაგებობების ოპერატიული მართვის გადაწყვეტილებათა მიღების სტრატეგიების შერჩევა წყლის გაწმენდის პროცესის მართვის მიზნით

ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალი, რომელიც მართავს წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიურ პროცესს, არც თუ ყოველთვის არის ახლოს პროცესის მსვლელობის მიზანდასახულ პირობებთან, ამიტომ, გადაწყვეტილებათა მიღებაში ოპტიმალური სტრატეგიის შერჩევას, წყლის გაწმენდის დამყარებული პროცესის შესაბამისად, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

იმისათვის, რომ მივალწიოთ წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმალურ მართვას და შესაბამისად, გადაწყვეტილებათა მიღების ეფექტურ სტრატეგიას, მიმართავენ ოპერატიული მართვის ხარისხობრივი შეფასებისათვის საპროგნოზო მოდელების აგებას. თეორიული წინამძღვრები აღნიშნული ტიპის მოდელების აგების შესახებ მოცემული იყო ადრე განხილულ ქვეთავებში. აქ შეიძლება აღინიშნოს ის გარემოება, რომ ცალკეული საკონტროლო რუკები, ასევე აკუმულაციური ჯამის რუკები და სხვა სკალები არ იძლევიან პროცესის ხარისხობრივი შეფასების სრულ საშუალებას ოპერატიულ მართვაში (დინამიკაში). თავისი შინაარსით წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესი წარმოადგენს ოპერატიული ოპტიმიზაციის ამოცანას.

გამოვყოთ ორი შემთხვევა – პროცესის ოპტიმალური მართვის პრინციპების ჩამოყალიბება პარამეტრის ნომინალის შესაბამისად და ნომინალის არის ცვალებადობის საზღვრების შესაბამისად, ტექნოლოგიური პროცესისათვის საპროგნოზო მოდელების აგებით. ეს მოდელები ერთდროულად შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც დიაგნოსტიკური მდგომარეობის სუბიექტურ-ხარისხობრივი შეფასებისათვის („დამაკმაყოფილებელი“, „კარგი“, „ძალიან კარგი“ სკალური გრადაციებით), ასევე საპროგნოსტიკო მიზნებისათვის პარამეტრის შესაძლო მნიშვნელობის შერჩევის მიზნით. აღნიშნული ტიპის მოდელებს მართვის მოდელებს ვუწოდებთ იმ მოსაზრებით, რომ ისინი პროცესზე ზემოქმედების და ხარისხის მახასიათებელ პარამეტრებზე ვარიანტების საშუალებას იძლევიან. ასეთი ტიპის მოდელები ჯამში საშუალებას იძლევიან, შემუშავებულ იქნას გადაწყვეტილებათა მიღების წესები ნომინალურ არეებში მართვის მიზნით. გადაწყვეტილებათა მიღების ეს წესები

შემოიფარგლება ორი პუნქტით: 1. წყლის გაწმენდის საერთო ხარისხობრივი შეფასება ჩაითვლება „დადამაკმაყოფილებლად“, „კარგად“ ან „ძალიან კარგად“ მხოლოდ და მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ერთდროულად მოქმედი წყლის გაწმენდის მახასიათებელი პარამეტრის თითოეული შეფასება მიღებული მოდელების მიხედვით არანაკლებია $P \geq 0.37$ -ზე; 2. წყლის გაწმენდის საერთო ხარისხობრივი შეფასება ჩაითვლება არადამაკმაყოფილებლად მხოლოდ და მხოლოდ იმ შემთხვევაში როდესაც $P < 0.37$ -ზე. ამ შემთხვევაში გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობს არადამაკმაყოფილებლად (ერთი „შემჩნეული“ პარამეტრის ფიქსირებისასაც კი), რაც გამოიხატება იმაში, რომ თუ რომელიმე მახასიათებელი პარამეტრი (ან პარამეტრები) გამოსულია საკონტროლო რუკების გამაფრთხილებელი საზღვრებიდან, მაშინ პროცესის სტაბილურ მდგომარეობაზე გადასაყვანად საჭირო იქნება “შემჩნეული” პარამეტრების კორექცია ზემოთ მოყვანილი ღონისძიებების შესაბამისად.

სამგორის სადგურისათვის შედგენილი საპროგნოზო მოდელები მოცემული პარამეტრებისათვის მოყვანილია მე-6 ცხრილში, ხოლო საილუსტრაციო მაგალითები აღნიშნულ მოდელებზე ასახულია მე-3 და მე-4 გრაფებში. წარმოდგენილი მოდელების პრაქტიკული გამოყენება ოპერატიულ მართვაში არ წარმოადგენს რაიმე სირთულეს.

მრავალპარამეტრიანი ოპტიმიზაციის მეორე შემთხვევა წარმოადგენს შედგენილი მოდელების განვითარებას ოპტიმიზაციური მიზნების მისაღწევად. თეორიული წინამძღვრები აღნიშნული ტიპის მოდელების შესაღვენად ზემო ქვეთავში იყო მოცემული, ეს მოდელები წარმოდგენილი იყო ორ ქვეტიპად: “აზრობრივი შინაარსის” გამომხატველი მოდელები და “ლოგიკური კავშირების” განმსაზღვრელი მოდელები.

“აზრობრივი შინაარსის” გამომხატველი მოდელების დანიშნულებაა გადაწყვეტილებათა მიღების ფარდობით მიზანშეწონილობის შერჩევა მახასიათებელი პარამეტრის ნომინალების მიხედვით. პარამეტრის შეფასებაში “აზრობრივი შინაარსი” აღწევს თავის მაქსიმუმს, როდესაც $X_{შესარჩევი} = \bar{X}_{ნომ.}$ სიდიდეს თითოეული განსახილველი შემთხვევისათვის. აზრობრივი შინაარსის მოდელები სამართლიანია საკონტროლო რუკების გამაფრთხილებელი (ზედა და ქვედა) საზღვრების ფარგლებში. „აზრობრივი შინაარსის“ გამომხატველი მოდელები, შედგენილი სამგორის

წყლის გამწმენდი სადგურის ტექნოლოგიური პროცესის ხარისხის მახასიათებელი პარამეტრებისათვის მისთვის ეფექტურ გადაწყვეტილებათა მიღების მიზნით მოყვანილია მე-4 ცხრილში, ხოლო მათ მიხედვით გაანგარიშებული საილუსტრაციო მაგალითები დემონსტრირდება მე-3 და მე-4 გრაფებში. ისევე როგორც საპროგნოზო მოდელების გამოყენება, აგრეთვე „აზრობრივი შინაარსის“ გამომხატველი მოდელების გამოყენებაც არ არის დაკავშირებული რაიმე სიძნელესთან. განსახილველი დარჩა მხოლოდ „ლოგიკური კავშირების“ განმსაზღვრელი მოდელები. ამ ტიპის მოდელების აღნიშნულებათა ნაჩვენები იქნას გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში $X_{\text{შესარჩევო}}$ პარამეტრის ცვლილების მიზანშეწონილობა და ამ მიზანშეწონილობის ხარისხი. მე-5 ცხრილში მოყვანილია „ლოგიკური კავშირების“ განმსაზღვრელი მოდელები შედგენილი სამგორის გამწმენდი სადგურისათვის, ხოლო იქვე, მე-3 და მე-4 გრაფებში მოცემულია ამ მოდელებზე ჩატარებული ანგარიშის შედეგები პარამეტრების ნომინალური არის ცვალებადობის შესაბამისად.

ამრიგად, შედგენილი სახის მოდელები „აზრობრივი შინაარსის“ და „ლოგიკური კავშირების“ განმსაზღვრელი მოდელები, საკონტროლო რუკებთან ერთად წარმოადგენს მძლავრ ინსტრუმენტულ საშუალებას წყლის გამწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვისათვის. აღნიშნული რუკები და მოდელები პრაქტიკაში შეიძლება გამოყენებულ იქნას ოპერატიული მართვის პერსონალის მიერ გადაწყვეტილებათა მიღების სტრატეგიის შერჩევაში და თუ ჩვენ შევძლებთ ამ მოდელების გადატანას კომპიუტერში, მაშინ აღნიშნული ტიპის მოდელების გამოყენების ეფექტურობა კიდევ უფრო გაიზრდება. ამ შემთხვევაში ოპერატიული მართვის პერსონალისათვის კომპიუტერი იქნება ე.წ. „კეთილი მრჩეველი“ ნებისმიერი არაორდინარული სიტუაციის წარმოსახვისა და გადაწყვეტისათვის. ასეთ პირობებში რეკომენდებულია „ადამიანი-მანქანა“ პრინციპით სისტემის ოპერატიული მართვის ორგანიზაცია.

სამგორის გამწევი საღვურის წყლის გაწევის მახასიათებელი პარამეტრების გამოფრთხილებელი საზღვრების შესაბამისად, ოპერატიული მართვის ხარისხობრივი შეფასებისათვის აგებული სადიაგნოსტიკო-სპაროგნოსტიკო მოდელები

ცხრილი 6

| № | წყლის გაწევის ხარისხის მახასიათებელი პარამეტრების დასახელება | შეღებნილი მოდელები | | საილუსტრაციო მაგალითები გაანგარიშებული მოდელებზე |
|----|--|---|--|---|
| | | ზედა გამ. ფრთხილებელი საზღვრის შესაბამისად | ქვედა გამაფრთხილებელი საზღვრის შესაბამისად | |
| 1. | გამჭირვლობა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $X_{1,3}$ | — | $P_{X_{1,3}}^{ქვედა} = \exp[-\exp(30.745 - 0.973 \cdot \bar{X}_{1,3})]$ $\bar{X}_{1,3} \in [311.3314]$ | <p>მე-4 გრაფის შესაბამისად</p> <p>მოც. $\bar{X}_{1,3} = 32.0$, მაშინ $P_{X_{1,3}}^{ქვედა} = 0.508$. ვინაიდან $0.508 \in [0.37, 0.63]$, ამიტომ გვექნება დამაკმაყოფ. შეფასება</p> |
| 2. | ქლორის დოზა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - X_j | $P_{X_j}^{ზედა} = \exp[-\exp(-81.857 + 131.733 \cdot \bar{X}_j)]$ $\bar{X}_j \in [0.61, 0.625]$ | $P_{X_j}^{ქვედა} = \exp[-\exp(73.835 - 123.5 \cdot \bar{X}_j)]$ $\bar{X}_j \in [0.594, 0.61]$ | <p>მოც. $\bar{X}_j = 0.615$, მაშინ $P_{X_j}^{ზედა} = 0.649$. ვინაიდან $0.649 \in [0.63, 0.8]$, ამიტომ გვექნება კარგი შეფასება</p> <p>მოც. $\bar{X}_j = 0.6$, მაშინ $P_{X_j}^{ქვედა} = 0.464$. ვინაიდან $0.464 \in [0.37, 0.63]$, ამიტომ გვექნება დამაკმაყოფ. შეფასება</p> |
| 3. | ფანგვადობა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $X_{1,5}$ | $P_{X_{1,5}}^{ზედა} = \exp[-\exp(-50.61 + 48.195 \cdot \bar{X}_{1,5})]$ $\bar{X}_{1,5} \in [1.019, 1.06]$ | $P_{X_{1,5}}^{ქვედა} = \exp[-\exp(39.593 - 40.327 \cdot \bar{X}_{1,5})]$ $\bar{X}_{1,5} \in [0.97, 1.019]$ | <p>მოც. $\bar{X}_{1,5} = 1.05$, მაშინ $P_{X_{1,5}}^{ზედა} = 0.37$. ვინაიდან $0.37 \in [0.37, 0.63]$, ამიტომ გვექნება დამაკმაყოფ. შეფასება</p> <p>მოც. $\bar{X}_{1,5} = 1.0$, მაშინ $P_{X_{1,5}}^{ქვედა} = 0.619$. ვინაიდან $0.619 \in [0.37, 0.63]$, ამიტომ გვექნება დამაკმაყოფ. შეფასება</p> |
| 4. | ბაქტერიების საერთო რაოდენობა: ა) ამონაკრების საშუალოთა რეალიზაციისათვის - $X_{1,1}$ | $P_{X_{1,1}}^{ზედა} = \exp[-\exp(-6.096 + 0.383 \cdot \bar{X}_{1,1})]$ $\bar{X}_{1,1} \in [12.0, 17.16]$ | $P_{X_{1,1}}^{ქვედა} = \exp[-\exp(3.096 - 0.383 \cdot \bar{X}_{1,1})]$ $\bar{X}_{1,1} \in [6.84, 12.0]$ | <p>მოც. $\bar{X}_{1,1} = 10.0$, მაშინ $P_{X_{1,1}}^{ზედა} = 0.619$. ვინაიდან $0.619 \in [0.37, 0.63]$, ამიტომ გვექნება დამაკმაყოფ. შეფასება</p> |

3.5. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მართვის დესკრიფციული (აღწერითი) მოდელების შედგენა ქ. თბილისის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურისათვის

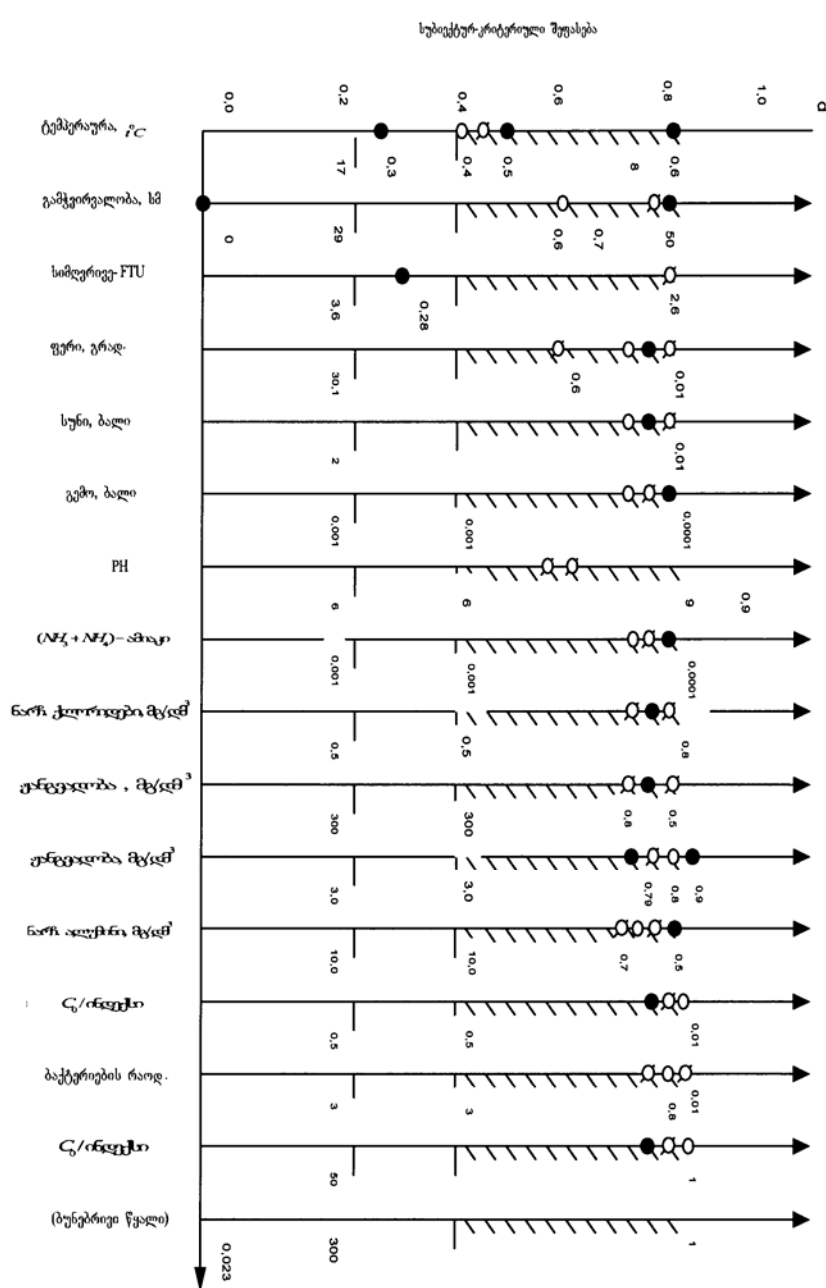
ქვეთავში განხილულია წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პარამეტრების რეგულირებისა და ხარისხის მართვის დესკრიფციული ტიპის მოდელების შედგენა ქ. თბილისის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურის მაგალითზე.

პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების შესაბამისად, წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის სტრატეგიის შემუშავების მიზნით შემოთავაზებულია ამ პარამეტრების ნომინალისა და მისი ცვლილების არეების (ზედა და ქვედა მაფრთხილებელი და სარეგულაციო საზღვრები) დადგენის შესაძლებლობა წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების გამოყენებით. გადაწყვეტილებათა მიღების წესი ასეთ შემთხვევაში შემოიფარგლება ორი პუნქტით: 1. წყლის გაწმენდის საერთო ხარისხობრივი შეფასება ჩაითვლება “დამაკმაყოფილებლად”, “კარგად” ან “ძალიან კარგად” მხოლოდ და მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ერთდროულად მოქმედი წყლის გაწმენდის მახასიათებელი პარამეტრის თითოეული შეფასება მიღებული მოდელების მიხედვით, სულ მცირე, $P \geq 0.37$ -ია. 2. წყლის გაწმენდის საერთო ხარისხობრივი შეფასება ჩაითვლება “არადამაკმაყოფილებლად” მხოლოდ და მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც $P < 0.37$. ამ შემთხვევაში გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობს არადამაკმაყოფილებლად (ერთი “შემჩნეული” პარამეტრის შემთხვევაშიც კი), რაც გამოიხატება იმაში, რომ მახასიათებელი პარამეტრი გამოსულია საკონტროლო რუკების მაფრთხილებელი საზღვრებიდან.

პროცესის სტაბილურ მდგომარეობაზე მისაყვანად საჭირო იქნება მოცემული წესის შესაბამისად “შემჩნეული” პარამეტრების კორექცია განსაზღვრული ნომინალის ფარგლებში. აქ P არის ე.წ. “მიზნის მიღწევის” ფუნქცია, რომელიც ასახავს პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრების მიხედვით აგებული საკონტროლო რუკების ზედა და ქვედა მაფრთხილებელი საზღვრების შესაბამის ხარისხობრივ მდგომარეობას.

მე-7 ცხრილში მოყვანილია ქ. თბილისის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვისთვის შედგენილი სუბიექტურ-ხარისხობრივი შეფა-

სების და პროგნოზირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები. ამ მოდელების დახმარებით მე-8 ცხრილში წარმოდგენილია ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურის ბუნებრივი და სასმელი წყლის ხარისხის სეზონური ცვალებადობის სუბიექტურ-კრიტერიული შეფასების შედეგები პროცესგანმაპირობებელი პარამეტრის შესაბამისად, რომელთა გრაფიკული ინტერპრეტაცია მოცემულია მე-5 ნახ-ზე.



ნახ. 9. ქ. თბილისის ღრმაღელის გამწმენდი სადგურის ბუნებრივი და სასმელი წყლის ხარისხის სეზონური ცვალებადობის სუბიექტურ-კრიტერიული შეფასება მახასიათებელი პარამეტრების მიხედვით

მე-7 ცხრილში წარმოდგენილი დესკრიფციული მოდელები საშუალებას იძლევა, მოცემული პროცესგანპირობებელი პარამეტრების მიხედვით განისაზღვროს სასმელი წყლის შესაბამისი ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებები.

ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებები ზოგადად განისაზღვრება $0 \leq d_i \leq 1$ დიაპაზონში (როდესაც $d_i = 0$, აღინიშნება პარამეტრის ხარისხობრივი შეფასების აბსოლუტურად “ცუდი” მნიშვნელობა, ხოლო როდესაც $d_i = 1$, მაშინ აღინიშნება პარამეტრის “ძალიან კარგი” მნიშვნელობა). შესაბამისად, ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების სხვა გრადაციები d_i -სათვის იქნება: $0 \leq d_i \leq 0,33$ – “ცუდი მდგომარეობა” (i -აღნიშნავს i -ურ პროცესგანპირობებელ პარამეტრს); $0,33 \leq d_i < 0,67$ – „შუალედური მდგომარეობა”; $0,67 \leq d_i \leq 1$ – „კარგი და ძალიან კარგი” მდგომარეობა. ამის გათვალისწინებით ერთობლივი კრიტერიული შეფასებები განისაზღვრება ფორმულით: $D = \sqrt[n]{d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n}$, რომლის ცვლილების არე განისაზღვრება $0 \leq D \leq 1$ ფარგლებში. აქვე აღსანიშნავია, რომ D სკალური მნიშვნელობები შეფასდება იმავე ზემოთ წარმოდგენილ ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების გრადაციებში, რაც ამ მიდგომის დადებით მაჩვენებლად ითვლება. როდესაც რომელიმე პროცესგანპირობებელი პარამეტრის ხარისხობრივი შეფასება “ცუდი” აღმოჩნდება (ანუ 0-ის ტოლია), მაშინ ერთობლივი შეფასებაც მიიღებს “ცუდ” ხარისხობრივ შეფასებას (ანუ პროცესი საჭიროებს გარკვეულ კორექციას).

ქ. თბილისის ღრმადელის გამწვანების საღებურისათვის შედგენილი სასმელი ხარისხის შეფასების
დესკრიფციული ტიპის მოდელები

| № | წყლის ხარისხის მახასიათებელი პარამეტრი | პარამეტრის ცვალებადობის არე სუბიექტურ-კრიტერიული მანქანების მიხედვით | მოცემული პარამეტრისათვის შედგენილი წყლის ხარისხის შეფასების მოდელი |
|---|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | ტემპერატურა, $t^{\circ}C$ | $17^{\circ} - d = 0,2 \rightarrow$ ცუდი $8^{\circ} - d = 0,8 \rightarrow$ კარგი | $d_{\theta} = \exp[-\exp(-3,256 + 0,22\theta)]$ |
| 2 | გამჭვირვალობა, C^a | $29\text{სმ} - d = 0,2 \rightarrow$ ცუდი $50\text{სმ} - d = 0,8 \rightarrow$ კარგი | $d_{\text{გამჭ.}} = \exp[-\exp(3,205 - 0,094_{\text{გამჭ.}})]$ |
| 3 | FTU მანქანკემელი | $3,6 - d = 0,2 \rightarrow$ ცუდი $2,6 - d = 0,8 \rightarrow$ კარგი | $d_{FTU} = \exp[-\exp(-6,638 + 1,976_{FTU})]$ |
| 4 | ფერი, გრად. | $30,1 - d = 0,2 \rightarrow$ ცუდი $0,01 - d = 0,8 \rightarrow$ კარგი | $d_{\text{ფერ.}} = \exp[-\exp(-1,5006 + 0,0656_{\text{ფერ.}})]$ |
| 5 | სუნი, ბალი | $5 - d = 0,2 \rightarrow$ ცუდი $0,01 - d = 0,8 \rightarrow$ კარგი | $d_{\text{სუნი}} = \exp[-\exp(-1,5036 + 0,396_{\text{სუნი}})]$ |
| 6 | გემო, ბალი | $0,001 - d = 0,2 \rightarrow$ ცუდი $0,0001 - d = 0,8 \rightarrow$ კარგი | $d_{\text{გემო}} = \exp[-\exp(-1,72 + 2195,5_{\text{გემო}})]$ |
| 7 | PH | $6 - d = 0,2 \rightarrow$ ცუდი $9 - d = 0,8 \rightarrow$ კარგი | $d_{PH} = \exp[-\exp(4,431 - 0,659PH)]$ |
| 8 | $(NH_3 + NH_4)$, მგ/ლმ³ | $0,01 - d = 0,2 \rightarrow$ ცუდი $0,001 - d = 0,8 \rightarrow$ კარგი | $d_{NH_3 + NH_4} = \exp[-\exp(-1,72 + 2195,5_{NH_3 + NH_4})]$ |

ცხრილი 7-ის გავრცელება

| | | | |
|----|--|--|---|
| 9 | ნარჩ. ქლორი, მგ/დმ ³ | 0,5-d=0,2 → ცუდი 0,8-d=0,8 → კარგი | $d_{ნ.ქ} = \exp \left[-\exp(-3,77 + 6,587_{ნ.ქლ.}) \right]$ |
| 10 | ქლორიდები, მგ/დმ ³ | 300-d=0,2 → ცუდი 0,5-d=0,8 → კარგი | $d_{ქლ.} = \exp \left[-\exp(-1,503 + 0,00666_{ქლ.}) \right]$ |
| 11 | ჟანგბადობა, მგ/დმ ³ | 3,0-d=0,2 → ცუდი 0,8-d=0,8 → კარგი | $d_{ჟანგ.} = \exp \left[-\exp(-2,218 + 0,898_{ჟანგ.}) \right]$ |
| 12 | საერთო სისხისტე, მგ/დმ ³ | 10-d=0,2 → ცუდი 0,5-d=0,8 → კარგი | $d_{ს.სხ.} = \exp \left[-\exp(-1,604 + 0,208_{ს.სხ.}) \right]$ |
| 13 | ნარჩ. ალუმინი, მგ/დმ ³ | 0,5 → d=0,2 → ცუდი 0,01 → d=0,8 → კარგი | $d_{ნ.ალ.} = \exp \left[-\exp(-1,54 + 4,033_{ნ.ალ.}) \right]$ |
| 14 | C ₀ ინდექსი (სუფთა წყლის) | 3-d=0,2 → ცუდი 0,01-d=0,8 → კარგი | $d_{C_0} = \exp \left[-\exp(-1,507 + 0,666C_0) \right]$ |
| 15 | ბაქტერიების რაობა | 50-d=0,2 → ცუდი 1-d=0,8 → კარგი | $d_{ბაქტ.} = \exp \left[-\exp(-1,54 + 0,04_{ბაქტ.}) \right]$ |
| 16 | C ₀ ინდექსი (ბუნებრივი წყლის) | 300-d=0,2 → ცუდი 1-d=0,8 → კარგი | $d_{C_{0n}} = \exp \left[-\exp(-1,5066 + 0,00666C_{0n}) \right]$ |

შენიშვნა: $0 \leq d_i \leq 0,33$ — შეესაბამება “ცუდი” მდგომარეობას;

$0,33 \leq d_i \leq 0,67$ — შეესაბამება “სუალედურ” მდგომარეობას;

$0,67 \leq d_i \leq 1$ — შეესაბამება “კარგი ან ძალიან კარგი” მდგომარეობას;

ქ. თბილისის წყალსადენის დრამაჯექლის გამწმენდი სადგურისათვის შედგენილი დესკრიფციული მოდელების მიხედვით ბუნებრივი და სახმელი წყლის სეზონური ცვალებადობის სუბიექტურ-კრიტიკული შეფასების შედეგები მახასიათებელი პარამეტრების მიხედვით

| № | მახასიათებელი პარამეტრი | წყლის ხარისხის სუბიექტურ-პარიტიკრიული შეფასება | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| | | $d_{\text{პარ}}$ ხარ. შეფ. | $d_{\text{ტაიფ}}$ ხარ. შეფ. | $d_{\text{იფლ}}$ ხარ. შეფ. | $d_{\text{სექტ}}$ ხარ. შეფ. | $D_{\text{საერთო}}$ ხარ. შეფ. | d ხარ. შეფ. | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| 1 | ტემპერატურა, $t^{\circ}C$ | $\frac{0,86(6)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,43(14)}{\text{შუალედ.}}$ | $\frac{0,27(18)}{\text{ცუდი}}$ | $\frac{0,43(14)}{\text{შუალედ.}}$ | $\frac{0,45}{\text{შუალედ.}}$ | $\frac{0,51(13)}{\text{შუალედ.}}$ | | |
| 2 | გამჭვირვალობა, სმ | $\frac{0,8(50)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,7(45)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,56(40)}{\text{შუალედ.}}$ | $\frac{0,7(45)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,68}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,0(13)}{\text{ცუდი}}$ | | |
| 3 | FT_U -მაჩვენებელი | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,28(3,5)}{\text{ცუდი}}$ | | |
| 4 | ფერი, გრად. | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | | |
| 5 | სუნი, ბალი | $\frac{0,8(0,001)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,61(2)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0,001)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0,001)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,75}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | | |

ცხრილი 8-ის გაგრძელება

| | | | | | | | |
|----|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 6 | გემო, ბალი | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ |
| 7 | PH | $\frac{0,23(7,8)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,64(8)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,55(7,5)}{\text{შუალედ.}}$ | $\frac{0,57(7,6)}{\text{შუალედ.}}$ | $\frac{0,66}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,64(8)}{\text{კარგი}}$ |
| 8 | $(NH_3 + NH_4)$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0)}{\text{კარგი}}$ |
| 9 | ნარჩ.ქლორი, მგ/დმ ³ | $\frac{0,67(0,7)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,67(0,7)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,67(0,7)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0,8)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,7}{\text{კარგი}}$ | — |
| 10 | ქლორიდები, მგ/დმ ³ | $\frac{0,8(7,5)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(7,5)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(7,5)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,79(6,5)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8}{\text{კარგი}}$ | — |
| 11 | ჟანგბადობა, მგ/დმ ³ | $\frac{0,97(0,88)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,84(0,56)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,78(0,88)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,83(0,56)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,85}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,79(0,8)}{\text{კარგი}}$ |
| 12 | საერთო სიხისტე, მგ/დმ ³ | $\frac{0,71(2,6)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,71(2,6)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,71(2,6)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,71(2,6)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,71}{\text{კარგი}}$ | — |

ცხრილი 8-ის გაგრძელება

| | | | | | | | |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|
| 13 | ნარჩ. აღუმინი, მგ/დმ ³ | $\frac{0,74(0,08)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,74(0,08)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,74(0,08)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,74(0,08)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,74}{\text{კარგი}}$ | — |
| 14 | C_0 ინდექსი | $\frac{0,8(0,01)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0,01)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0,01)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(0,01)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8}{\text{კარგი}}$ | — |
| 15 | ბაქტერიების რაოდენობა | $\frac{0,8(1)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(1)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(1)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8(1)}{\text{კარგი}}$ | $\frac{0,8}{\text{კარგი}}$ | — |
| 16 | C_0 / ინდექსი (ბუნებრივი წყალი) | — | — | — | — | — | — |

შენიშვნა: $\frac{0,86(6)}{\text{კარგი}}$ – გამოსახულების მრიცხველში 0,86 აღნიშნავს ხარისხობრივ უფასეების სიდიდეს, როდესაც $t = 6^{\circ}C$, ხოლო მნიშვნელში “კარგი”

“კარგი” მიუთითებს ამ პარამეტრის შესაბამის ხარისხობრივ-კრიტიკულ მაჩვენებელს.

თავი 4. ბაზმენდი საღვურის წყლის ბაზმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზაციულ-სისტემური გამოკვლევა

4.1. ორგანიზაციულ-სისტემური გამოკვლევის ზოგადი მეთოდოლოგიური ასპექტები

ისევე როგორც სხვა საგნობრივ დარგებში, წყალმომარაგების სისტემებშიც აქტიურად გამოიყენება სისტემური კვლევის თეორია. აღსანიშნავია, რომ სისტემური კვლევის მეთოდოლოგია პირველად გამოყენებულ იქნა ზუსტ მეცნიერებათა სფეროში და ტექნიკაში [52-55]. აღსანიშნავია ისიც, რომ ზოგადად სისტემების თეორიის გამოყენება ტექნიკური სისტემების მართვაში აღინიშნა გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან. სისტემური მიდგომა არ არის მხოლოდ რაიმე პრინციპისა და მართვის სახელმძღვანელოების ერთობლიობა, არამედ ის სისტემის მართვის ორგანიზაციისადმი დამოკიდებულების გარკვეული ხერხია.

ტექნიკური სისტემა, რომელიც შედგება ურთიერთდაკავშირებული ელემენტების (შემადგენელი ნაწილების) განსაზღვრული ერთობლიობისგან, ზოგადად ხასიათდება შემდეგი თვისებებით (რომლებიც უცილობლად ვრცელდება წყლის გამწმენდი საღვურის სისტემის შემთხვევაშიც):

- სისტემა მიზანმიმართულია განსაზღვრული მიზნების მისაღწევად, ამავე დროს, ელემენტთა შემადგენლობას ცალკეული შემდგენების მიხედვით, აქვს საკუთარი მიზნები, რომლებმაც უნდა დააკმაყოფილოს სისტემის ერთიანი მიზანი;

- სისტემას აქვს სტრუქტურა, რომელიც განისაზღვრება ელემენტთა შორის კავშირების ქსელით;

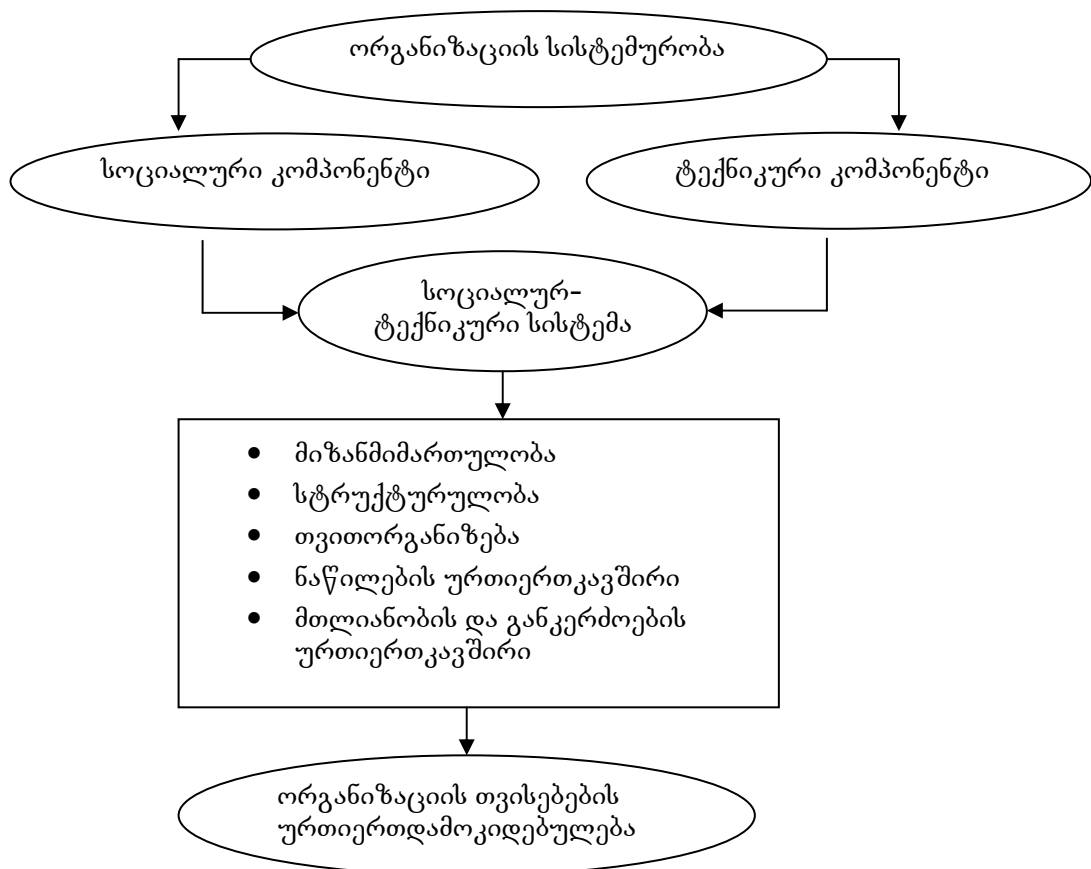
- სისტემას აქვს თვითორგანიზაციის უნარი;

- სისტემა ხასიათდება ისეთი თვისებებით, რომელსაც არ ფლობს არც ერთი ცალკე აღებული შემადგენელი ელემენტი (მაგალითად, სისტემის მუშაუნარიანობა, რომელიც შედგება ორგანიზაციის ორი ნაწილისგან – ესაა ტექნოლოგიური და სოცი-ალური ქვესისტემები. არც ერთ ამ ქვესისტემას ცალკე ეს თვისება არ გააჩნია);

- სისტემა ფლობს ერთიანობის – ურთიერთდაკავშირებულობის თვისებას.

ამრიგად, ყოველი წარმოდგენილი ორგანიზაცია შეადგენს სისტემას, რომელიც ხასიათდება ურთიერთდაკავშირებული ნაწილების მთლიანობით. ამავე დროს, თითოეულ ელემენტს გააჩნია თავისი წილი ერთიანში. რადგანაც ადამიანები წარმოდგენენ წყლის გამწმენდი სადგურის (როგორც ორგანიზაციის) აუცილებელ სოციალურ კომპონენტებს (რომლებიც განაგებენ და მართავენ ტექნიკურ საშუალებებს), ამიტომ ისინი ერთად შეადგენენ ე.წ. სოციალურ-ტექნიკურ სისტემებს. წყლის გამწმენდი სადგურის ტექნოლოგიური პროცესიც შეიძლება წარმოდგენილი იქნას, როგორც ერთიანი სოციალურ-ტექნიკური სისტემა. ადამიანი-ოპერატორი ამ შემთხვევაში ანალიზებს არა მარტო საწყის ინფორმაციას და პროცესგანმაპირობებელ ფაქტორებს, არამედ იღებს შესაბამის გადაწყვეტილებებს წყლის გაწმენდის ერთიან ტექნოლოგიურ პროცესში საწყისი წყლის ხარისხის შესაბამისად.

ორგანიზაციის სისტემურობა, რომელიც შეიძლება ახასიათებდეს წყლის გამწმენდი სადგურის ფუნქციონირებას, მოყვანილია მე-10 ნახ-ზე.



ნახ. 10. ორგანიზაციის სისტემურობის მახასიათებელი ბლოკ-სქემა

წყლის გამწმენდი სადგური შეადგენს ერთ მთლიან სისტემას, რომელიც შექმნილია ნაწილებისა და ელემენტებისაგან მიზანმიმართული საქმიანობისთვის. ამ სისტემის ნიშნები ზოგადად ასე ხასიათდება:

- ელემენტებისა და ნაწილების სიმრავლე;
- ძირითადი მიზნის ერთიანობა ყველა ელემენტისა და ნაწილებისთვის;
- კავშირების არსებობა ელემენტებს ან ნაწილებს შორის;
- ელემენტების ან ნაწილების მთლიანობა და ერთიანობა;
- სტრუქტურა და იერარქიულობა;
- შედარებითი დამოუკიდებლობა;
- მკვეთრად გამოხატული მართვადობა.

სისტემა შეიძლება დაიყოს რიგ ქვესისტემებად. ქვესისტემა ელემენტების კრებულია, რომელიც წარმოადგენს ავტონომიურ ნაწილს სისტემის შიგნით (მაგალითად, ეკონომიკური, სოციალური, ორგანიზაციული, ტექნიკური ქვესისტემები).

ასეთი რთული სისტემის მსხვილი შემდგენები, როგორცაა ორგანიზაცია, ადამიანი ან მოწყობილობა, ხშირად თვითონაც სისტემებს წარმოადგენს. ამ ნაწილებს ქვესისტემები ეწოდება. ქვესისტემის ცნება მნიშვნელოვანი ცნებაა ორგანიზაციის მართვაში. ორგანიზაციის მართვის მიზნით აყალიბებენ გარკვეულ ქვესისტემებს თავად ორგანიზაციის შიგნით. ისეთი სისტემები, როგორცაა მართვა და მართვის სხვადასხვა დონეები, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მთლიანად ორგანიზაციაში. თავის მხრივ, ქვესისტემა შეიძლება შედგებოდეს უფრო მცირე ქვესისტემებისგან. რადგან ისინი ყველა ურთიერთდამოკიდებულია, ყველაზე მცირე ქვესისტემის არასწორმა ფუნქციონირებამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს მთლიანად სისტემაზე. იმის გაცნობიერება, რომ ორგანიზაცია არის რთული და, ამავე დროს, ღია სისტემა, რომელიც შედგება რამდენიმე ურთიერთდაკავშირებული ქვესისტემისაგან, გვეხმარება ნებისმიერი სისტემის მეცნიერული კვლევის ჩატარებაში.

გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ სისტემური თეორია არის ორგანიზაციის მუშაობის დახასიათების საკმაოდ მნიშვნელოვანი ასპექტი. ამჟამად ფართოდ არის გავრცელებული შეხედულება, რომ გარეგანი ძალები შეიძლება იყოს ორგანიზაციის წარმატებულობის ძირითადი დეტერმინანტები, რომლებიც განსაზღვრავენ, თუ მართვის არსენალის რომელი საშუალება შეიძლება აღმოჩნდეს შესაფერისი და, სავარაუდოდ, ყველაზე წარმატებულიც.

სისტემის თვისებებია ის, რომ:

- სისტემა ცდილობს შეინარჩუნოს თავისი სტრუქტურა (ეს თვისება დაფუძნებულია ორგანიზაციის ობიექტურ კანონზე – თვითშენარჩუნების კანონზე);

- სისტემას აქვს მართვის მოთხოვნილება;

- სისტემაში ყალიბდება რთული დამოკიდებულება მასში შემავალი ელემენტების და ქვესისტემების თვისებებზე.

ზოგადად, ნებისმიერი სისტემა (მათ შორის წყლის გამწმენდი სადგურებიც) შეიძლება კლასიფიცირებულ იქნას შემდეგი მახასიათებლებით:

- ტექნიკური ქვესისტემა, რომელშიც გადაწყვეტილებათა ნაკრები შეზღუდულია და, ამავე დროს, გადაწყვეტილებათა შედეგები, ჩვეულებრივ, წინასწარ არის განსაზღვრული;

- ბიოლოგიური ქვესისტემა, რომელშიც გადაწყვეტილებათა ნაკრები ასევე შეზღუდულია შედარებით ნელი ევოლუციური განვითარების გამო. მიუხედავად ამისა, გადაწყვეტილებათა შედეგები ამ ქვესისტემაში ხშირად წინასწარ არ არის განსაზღვრული;

- სოციალური ქვესისტემა ხასიათდება ადამიანის არსებობით ურთიერთდაკავშირებული ელემენტების ერთობლიობაში. გადაწყვეტილებათა ნაკრები ამ ქვესისტემაში ხასიათდება უფრო დიდი დიაპაზონით, როგორც რაოდენობით, ასევე საშუალებებით და რალიზაციის მეთოდებით;

- ხელოვნური სისტემები იქმნება ადამიანის მიერ მოცემული პროგრამის ან მიზნის რეალიზებისთვის;

- ღია სისტემები ხასიათდება გარემოსთან კავშირის ღია ხასიათით და მასზე ძლიერი დამოკიდებულებით;

- დახურული სისტემები ხასიათდება უპირატესად შიგა კავშირებით და იქმნება თავისივე პერსონალის მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიზნით;

- დეტერმინირებული (ნაწინასწარმეტყველები) სისტემები ფუნქციონირებს წინასწარ მოცემული წესების მიხედვით, წინასწარ განსაზღვრული შედეგით;

- სტოქასტიკური (ალბათური) სისტემები ხასიათდება ძნელად ნაწინასწარმეტყველები გარეგანი და (ან) შინაგანი გარემოს შემავალი შემოქმედებით და გამოძავალი შედეგებით;

- რბილი სისტემები გარე შემოქმედების მიმართ გამოირჩევა მაღალი მგრძობიარობით და ამის შედეგად – სუსტი მდგრადობით;

- ხისტი სისტემები – ჩვეულებრივ, ავტორიტარული, ხელმძღვანელების მცირე ჯგუფის მაღალ პროფესიონალიზმზე დაფუძნებული ორგანიზაციებია. ასეთ სისტემებს აქვს მაღალი მდგრადობა გარე ზემოქმედების მიმართ და სუსტად რეაგირებენ მცირე ზემოქმედებაზე;

- ზემოთ ჩამოთვლილის გარდა, სისტემა შეიძლება იყოს რთული ან მარტივი, აქტიური ან პასიური.

უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნიკურ, ბიოლოგიურ და სოციალურ ქვესისტემებს გადაწყვეტილების რეალიზების შედეგებში აქვთ განუზღვრელობის სხვადასხვა დონე. ამავე დროს, ყოველ ორგანიზაციას უნდა გააჩნდეს აგრეთვე სისტემის ყველა მახასიათებელი ნიშანი. ერთ-ერთი ნიშან-თვისების ამოვარდნაც კი ორგანიზაციას აუცილებლად მიიყვანს მისი ფუნქციონირების დაქვეითებასთან. ამრიგად, ორგანიზაციის სისტემური ხასიათი მისი საქმიანობის აუცილებელი პირობაა. სისტემური მიდგომა მოითხოვს ყველა იმ საკვანძო ელემენტის (გარეგანი და შინაგანი) გათვალისწინებას, რომელიც გავლენას ახდენს გადაწყვეტილების მიღებაზე და აგრეთვე რესურსების და დროის დანახარჯებზე.

მთლიანად აღიარებულია, რომ სისტემა, რომელშიც თითოეული ელემენტი (პარამეტრი) დაკავშირებულია ყველა სხვა ელემენტთან (პარამეტრთან) და ერთ-ერთ ელემენტში (პარამეტრში) შეტანილი ცვლილება იწვევს ყველა დანარჩენ ელემენტში (პარამეტრში) ცვლილების შეტანის აუცილებლობას. განკერძოებულად ითვლება სისტემა, რომელშიც ელემენტები (პარამეტრები) ერთმანეთთან დაკავშირებული არ არის (ზოგადად ეს სისტემა არ არის) და ნებისმიერი ელემენტის ცვლილება არ მოითხოვს სხვა ელემენტების შეცვლას.

მთლიანობის და განკერძოების თვისებების შეხამება განსაზღვრავს ნებისმიერი სისტემის განვითარების შესაძლებლობას ცალკეული ელემენტების შეცვლის გზით და აგრეთვე განვითარებადი სისტემების დაპროექტების ორგანიზებას. მთლიანობის და განკერძოების თვისებების რაციონალური შეხამება იძლევა სისტემის განვითარების შესაძლებლობას მისი მოდერნიზაციის გზით. მთლიანობის დონის მიხედვით შესაძლებელია განვითარების სხვადასხვა დონის განხორციელება. პრაქტიკაში ხშირად მოქმედ სისტემაში ახალი ელემენტების ჩართვა ან მათი მოდერნიზაცია ხორციელდება სისტემის მთლიანობის ხარისხისგან დამოუკიდებლად, მისი სხვა ელემენტების შეცვლის გარეშე.

სისტემის მთლიანობის ხარისხის გაზრდა ხელს უწყობს მისი ეფექტურობის მიღწევას, მაგრამ იწვევს სისტემის სირთულის მატებას და, თავის მხრივ, სისტემის

შექმნის და ექსპლუატაციისთვის საჭირო რესურსების მოთხოვნების გადიდებას. რაც უფრო განკერძოებულია სისტემა, მით უფრო მოქნილია იგი და ნაკლებად რთულია. მაგრამ, განკერძოების ხარისხის გაზრდა, როგორც წესი, ამცირებს სისტემის ეფექტურობას. მთლიანობისა და განკერძოების თვისებების რაციონალური შეხამება მიზნად ისახავს სისტემის ეფექტურობის და მოქნილობის შეხამებას, მისი სირთულის და რესურსების მოთხოვნების შეზღუდვას. გარემოს ცვალებადობაზე რეაქციის მოქნილობის გაზრდა თანამედროვე პირობებში წარმოადგენს სტრატეგიული ხასიათის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს პრობლემას.

უნდა აღინიშნოს, რომ ორგანიზაციის საქმიანობის ანალიზისას ყურადღების ცენტრში შეიძლება აღმოჩნდეს ან ფუნქციური ასპექტი, თუ გამოკვლევა ორიენტირებულია ურთიერთობის დინამიკურობაზე, ან მთლიანობის ასპექტი, თუ სისტემა განიხილება სხვა ობიექტებთან ურთიერთობის თვალსაზრისით, ანუ უფრო დიდი მთლიანობის ჩარჩოებში. სტრუქტურის დინამიკური გაგება გულისხმობს წარმოდგენას ხისტად ფიქსირებული, მდგრადი მახასიათებლების შესახებ. კავშირების მკაცრი განმეორებადობა და ძირითადი მოცემული პროცესების აღწარმოება განაპირობებს სისტემის სტაბილურობას. სტატიკისა და დინამიკის ურთიერთკავშირი ისეთია, რომ მთლიანს აქვს მკაცრად ფიქსირებული და დროის ყოველ მომენტში მდგრადი სიდიდეები მაშინ, როდესაც შიგნით პროცესებისთვის დამახასიათებელია გარკვეული მოუწესრიგებლობა. თვით პროცესების ცვალებადობა ქაოსური არ არის, არამედ აქვს ერთი და იმავე მოვლენების გარკვეული დროითი თანამიმდევრობა, ანუ ცვლილებებისთვის დამახასიათებელია რიტმი, რომელიც წარმოადგენს მოვლენათა კავშირების ტიპს, რაც განვითარების პროცესის ცალკეულ ნაწილებს ერთ მთლიანობაში აერთიანებს.

ორგანიზაციის კვლევასთან სისტემური მიდგომა, მისი თანამედროვე გაგებით, მჭიდროდ არის დაკავშირებული სისტემის თვითმართვად პროცესებთან. სოციალურ-ტექნიკური სისტემები ჩვენს შემთხვევაში უწონასწოროა, რაც უზრუნველყოფს ადამიანის ფაქტორის თვითორგანიზაციის ეფექტის განვითარებას და, შესაბამისად, თვითმართვას (ანუ ტექნოლოგიური მართვის მენეჯმენტს), რაც მიმართულია მართვის სუბიექტის – მენეჯერისკენ. ამ შემთხვევაში ძირითად ცნებებს წარმოადგენს თვითმართვა (საკუთარი თავის მართვა), თვითორგანიზება (საკუთარი საქმიანობის ორგანიზება), თვითრეგულირება (საკუთარი საქმიანობის რეგულირება).

ორგანიზების მეცნიერება, რომელიც იყენებს სისტემურ მეთოდოლოგიას, გულისხმობს ორგანიზაციული საქმიანობის გამოცდილების შესწავლას და გათვალისწინებას

სხვადასხვა ტიპის ორგანიზაციებში, წარმოების და, ზოგადად, ნებისმიერი საქმიანობის მართვის ორგანიზების მრავალფეროვანი პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად.

ორგანიზაციული პრობლემების ანალიზის წამყვანი მეთოდია სისტემური მეთოდი, რომელიც მკვლევრის ორიენტაციას მიმართავს ორგანიზაციის მთლიანობის და მისი უზრუნველყოფის ფაქტორების გამოვლენისკენ, ორგანიზაციის გარე და შიგა გარემოსთან კავშირის მრავალნაირი ტიპის გარკვევისა და მათი ერთ სტრუქტურად გაერთიანებისკენ. გარკვეული თვალსაზრისით, სისტემური მიდგომა – ინტეგრირებული ორგანიზაციული ობიექტების და ინტეგრალური ურთიერთქმედებისა და დამოკიდებულების შესწავლის მეთოდოლოგიური საშუალებაა. „სისტემის“ ცნება მეტწილად აფიქსირებს მთლიანის ობიექტურ ფორმას, ხოლო „ინტეგრაციის“ ცნება ხაზს უსვამს ნაწილების გაერთიანების პროცესს და მექანიზმს, მთლიანის ან კომპლექსის მიერ ინტეგრალური ერთობლივი თვისებების შექმნას (ამის დადასტურებაა გამწმენდ სადგურებში მიმდინარე წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზაცია). სისტემური მიდგომა შეიცავს გნოსეოლოგიურ ასპექტს: მთელის შემადგენელი ელემენტები შეიძლება განვიხილოთ როგორც მთლიანობა (სისტემა) და შესწავლილ იქნეს მთლიანის (როგორც ინტეგრირებული ობიექტის) სქემის მიხედვით. ამრიგად, „ელემენტის“ ცნებას სისტემურ მეთოდში აქვს ფარდობითი არსი და განისაზღვრება როგორც მთლიანობის (სისტემის) ნაწილი. ამიტომ სისტემური გამკვლევების ცენტრში იმყოფება ინტეგრირებული ორგანიზაციული ობიექტები, შედგენილი სხვადასხვა ელემენტებისგან, რომელთა ურთიერთქმედება სხვადასხვა სისტემის და ქვესისტემის დაქვემდებარებით განისაზღვრება.

სისტემის გამოკვლევის მეთოდოლოგია მოითხოვს ორგანიზაციის თეორიასთან დაკავშირებული მრავალი ცნების განსაზღვრას (რომელთა გამოკვლევა – ადამიანის საქმიანობის სახეობაა) და იგი მდგომარეობს:

- პრობლემის და სიტუაციის ამოცნობაში;
- პრობლემის და სიტუაციის წარმოშობის განსაზღვრაში;
- პრობლემის და სიტუაციის თვისებების, შინაარსის, ქცევისა და განვითარების გამოვლენაში;
- პრობლემისა და დაგროვილი ცოდნის სისტემაში სიტუაციის ადგილის დადგენაში;
- მოცემული პრობლემის შესახებ ახალი წარმოდგენების და ცოდნის გამოყენების გზების, საშუალებებისა და შესაძლებლობების პოვნაში, მისი გადაჭრის პრაქტიკული თვალსაზრისით.

წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის გამოკვლევას (როგორც სხვა ნებისმიერი სისტემის გამოკვლევას) აქვს მახასიათებლების კომპლექსი, რომელიც საჭიროა გავითვალისწინოთ მისი ორგანიზებისა და ჩატარებისას. ჩამოვთვალოთ ზოგი მათგანი:

გამოკვლევის მეთოდოლოგია – გამოკვლევის მიზნების, მიდგომების, ორიენტირების, პრიორიტეტების, საშუალებების და მეთოდების ერთობლიობა.

გამოკვლევის ორგანიზება – ჩატარების წესი, დაფუძნებული რეგლამენტებში, ნორმატივებსა და ინსტრუქციებში დაფიქსირებული ფუნქციებისა და პასუხისმგებლობის განაწილებაზე.

გამოკვლევის რესურსები – საშუალებების და შესაძლებლობების კომპლექსი (მაგალითად, ინფორმაციული, ეკონომიკური, ადამიანური და სხვ.), რომელიც უზრუნველყოფს გამოკვლევის წარმატებით ჩატარებას და მისი შედეგების მიღწევას.

გამოკვლევის ობიექტი და საგანი. ობიექტი არის მართვის სისტემა, რომელიც მიეკუთვნება სოციალურ-ეკონომიკური, ტექნიკური და ორგანიზაციული სისტემების კლასს, საგანი – კონკრეტული პრობლემა, რომლის გადაწყვეტა მოითხოვს გამოკვლევის ჩატარებას.

გამოკვლევის ტიპი – მისი გარკვეული ტიპისადმი კუთვნილება, რაც ასახავს ყველა მახასიათებლის თავისებურებებს.

გამოკვლევის მოთხოვნილება – პრობლემის აქტუალურობის ხარისხი, მისი გადაწყვეტისადმი პროფესიული მიდგომა, მართვის სტილი.

გამოკვლევის შედეგები – რეკომენდაციები, მოდელი, ფორმულა, მეთოდიკა, რაც ხელს უწყობს პრობლემის წარმატებით გადაჭრას, მისი შინაარსის, წყაროებისა და შედეგების გაგებას.

გამოკვლევის ეფექტურობა – გამოკვლევის ჩასატარებლად გამოყენებული რესურსების და მისგან მიღებული შედეგების თანაზომადობა.

მეთოდოლოგია – ადამიანის საქმიანობის ლოგიკური ორგანიზება, რომელიც მოიცავს გამოკვლევის მიზნების და საგნის, მისი ჩატარებისადმი მიდგომებისა და ორიენტირების განსაზღვრისა და საუკეთესო შედეგის განმსაზღვრელი საშუალებებისა და მეთოდების შერჩევას.

ადამიანის ნებისმიერი საქმიანობა ხასიათდება მეთოდოლოგიით, მაგრამ კვლევითი საქმიანობის წარმატებაში მეთოდოლოგია გადამწყვეტ და განმსაზღვრელ როლს ასრულებს. გამოკვლევის მიზანია მისი ფუნქციონირებისა და განვითარების მართვის და ორგანიზების სისტემის აგების ყველაზე ეფექტური ვარიანტების ძიება. გამოკვლევის მიზნები შეიძლება იყოს მიმდინარე და პერსპექტული, ზოგადი და

ლოკალური, მუდმივი და ეპიზოდური. ნებისმიერი გამოკვლევის მეთოდოლოგია იწყება მისი მიზნის არჩევის, დასმისა და ფორმულირებისგან.

გამოკვლევის ობიექტი არის ორგანიზაციის მართვის სისტემა. მაგრამ, მეთოდოლოგიური თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია ამ სისტემის კლასის გაგება და გათვალისწინება. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მოკვლევისას გამწმენდი სადგურის სისტემა შეიძლება მიეკუთვნოს სოციალურ-ტექნიკური და ორგანიზაციული სისტემების კლასს. ეს ნიშნავს, რომ მისი ძირითადი ელემენტია ადამიანი, ადამიანის საქმიანობა განსაზღვრავს ამ სისტემის ფუნქციონირების და განვითარების ყველა პროცესის თავისებურებას. კავშირები, რომელთა საშუალებითაც არსებობს ეს სისტემა, ასახავს რთულ და წინაღმდეგობრივ ურთიერთობას ადამიანებს შორის, რაც დამყარებულია მათ ინტერესებზე, მოტივებსა და დებულებებზე.

გამოკვლევის მიზანია პრობლემა, მოვლენა, სიტუცია და ა.შ. პრობლემა რეალური წინააღმდეგობაა, რომელიც მოითხოვს გადაწყვეტას. მიზანი არის გამოკვლევის პრობლემის ამოცნობის და არჩევის საფუძველი. სისტემის გამოკვლევის მეთოდოლოგიის შინაარსის მომდევნო შემდგენია მიდგომა. მიდგომა არის გამოკვლევის რაკურსი. ეს არის საწყისი პოზიცია, ამოსავალი წერტილი, საიდანაც იწყება გამოკვლევა და რომელიც განსაზღვრავს მის მიმდინარეობას მიზანთან მიმართებით. სისტემების კვლევის კონტექსტში სისტემური მიდგომა, კვლევის სხვა მიდგომებისგან განსხვავებით, ასახავს გამოკვლევის მეთოდოლოგიის უფრო მაღალ დონეს. იგი მოითხოვს პრობლემის ყველა ასპექტის მაქსიმალურად შესაძლებელ გათვალისწინებას მათ ურთიერთკავშირსა და მთლიანობაში მთავრის და არსებითის გამოყოფას, თვისებებსა და მახასიათებლებს შორის კავშირების ხასიათის განსაზღვრის ასპექტებს.

გამოკვლევის მეთოდოლოგია აგრეთვე უნდა შეიცავდეს ორიენტირებისა და შეზღუდვების განსაზღვრას და ფორმულირებას. ეს საშუალებას იძლევა, უფრო თანამიმდევრულად და მიზანმიმართულად ჩატარდეს გამოკვლევა. ორიენტირები შეიძლება იყოს რბილი და ხისტი, ხოლო შეზღუდვები – აშკარა და ფარული.

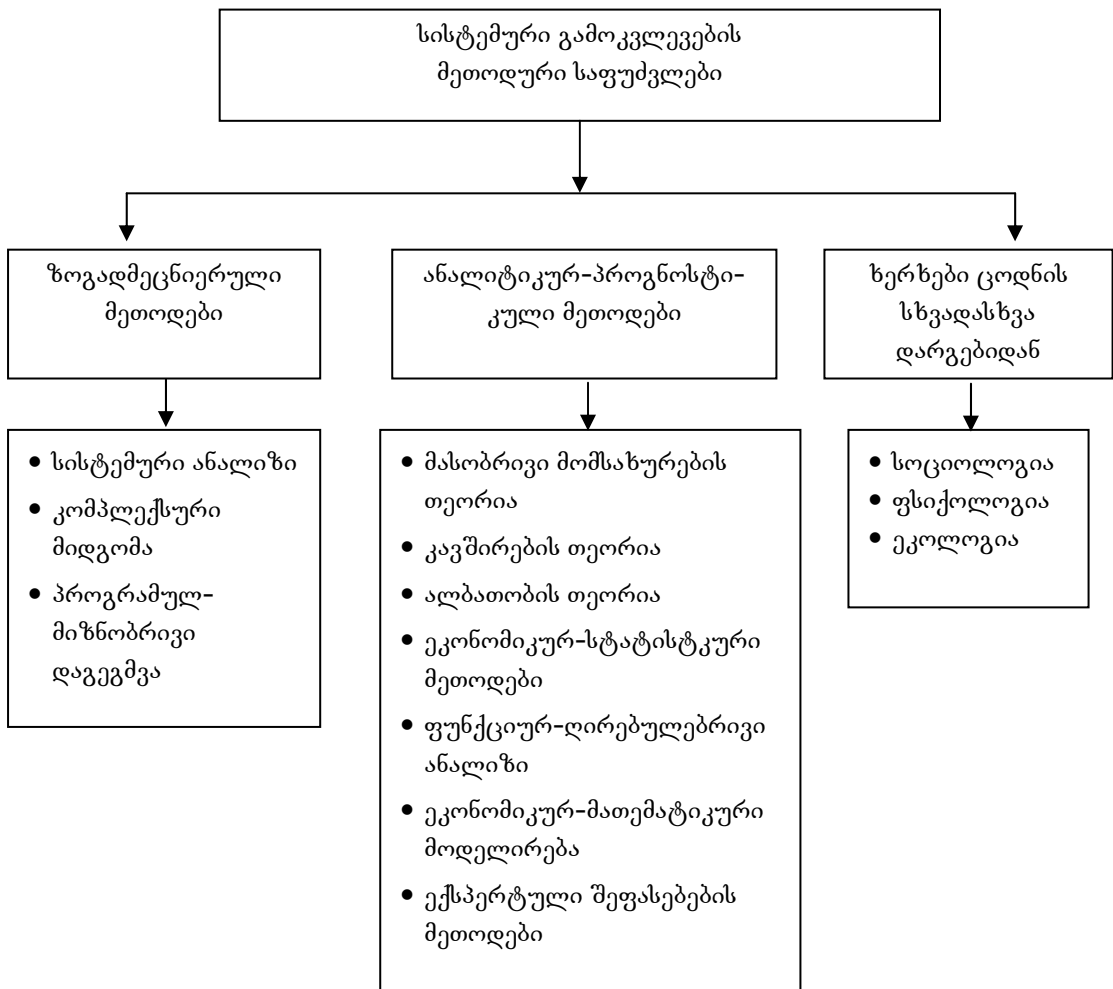
მეთოდოლოგიაში მთავარ როლს ასრულებს გამოკვლევის საშუალებები და მეთოდები, რომლებიც შეიძლება დავყოთ სამ ჯგუფად:

- ფორმალურ-ლოგიკური – ადამიანის ინტელექტუალური საქმიანობის მეთოდები, რაც სისტემის გამოკვლევის საფუძველს შეადგენს;
- ზოგადმეცნიერული მეთოდები – ასახავს გამოკვლევის მეცნიერულ აპარატს, რაც განსაზღვრავს ნებისმიერი ტიპის ეფექტურობას;

- სპეციფიკურია მეთოდები, რომლებიც იქმნება სისტემის სპეციფიკით და ასახავს ნებისმიერი სისტემის თავისებურებებს.

4.2. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის გამოკვლევის სისტემური მეთოდური საფუძვლები

სისტემური თეორია არის სამეცნიერო დისციპლინების თანამედროვე ხერხებისა და მეთოდების თავისებური არსენალი. სისტემური გამოკვლევების მეთოდურ საფუძველს შეადგენს ზოგადმეცნიერული, ანალიტიკურ-პროგნოსტიკული მეთოდები, ალბუბული ცოდნის სხვადასხვა დარგებიდან. სისტემური გამოკვლევების მეთოდური საფუძვლები მოცემულია მე-11 ნახ-ზე.



ნახ. 11. სისტემური გამოკვლევის მეთოდური საფუძვლები

- სისტემური ანალიზი ფართო გამოყენებას პოულობს წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის გამოკვლევებში, რომელიც საშუალებას იძლევა განვიხილოთ ნებისმიერი პრობლემური სიტუაცია როგორც შესწავლის გარკვეული ობიექტი, დიდი დიაპაზონის შიგა და გარე მიზეზ-შედეგობრივი კავშირებით.

- კომპლექსური მიდგომა საშუალებას იძლევა გამოვიკვლიოთ გამწმენდი სადგურის სისტემა, განვიხილოთ იგი როგორც ობიექტი, რომელსაც აქვს სხვადასხვა გამოვლინება. ამ შემთხვევაში გამწმენდ სადგურში მიმდინარე წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესი უნდა დახასიათდეს ისეთი ასპექტებით, რომელთა საშუალებით შეიძლება განვსაზღვროთ და მივიღოთ შექმნილი სიტუაციიდან გამოსვლის სტრატეგიული და ტაქტიკური გადაწყვეტილებები.

სისტემური ანალიზი და კომპლექსური მიდგომა მჭიდროდ არის დაკავშირებული ერთმანეთთან და ფაქტობრივად არ შეიძლება რეალიზებული იყოს ერთმანეთის გარეშე. თუმცა კონკრეტულ სიტუაციაში აუცილებელია გამოვიკვლიოთ ჯერ ერთი, მისი ყველა ურთიერთკავშირი (შიგა და გარე) და მეორე, მისი გამოვლენის ყველა მხარე და ასპექტი (სტრუქტურა, მოცულობა).

- პროგრამულ-მიზნობრივი დაგეგმვა ფართოდ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის სისტემური სტრატეგიის და ტაქტიკის არჩევის და რეალიზებისას.

- მასობრივი მომსახურების თეორიის მეთოდები გამოიყენება დამკვეთების მომსახურების თანამიმდევრობის არჩევის პრობლემის, საქონლის მიწოდების გრაფიკების შედგენის და სხვა ანალოგიური ამოცანების გადასაწყვეტად, რც საშუალებას იძლევა, ჯერ ერთი, შევისწავლოთ შექმნილი კანონზომიერებები, დაკავშირებული მომსახურებაზე განაცხადების ნაკადის არსებობასთან და, მეორე, დავიცვათ მათი მომსახურების საჭირო თანამიმდევრობა.

- ალბათობის თეორიის მეთოდები გვეხმარება მივიღოთ გადაწყვეტილებები, რომლებიც განსაზღვრავს გარკვეული მოვლენების განვითარების ალბათობას და შესაძლო მოქმედებებიდან ავირჩიოთ ყველაზე ხელსაყრელი, მაგალითად, წარმოების რეორგანიზაცია მოვანდინოთ თუ გაფართოება, შევიდეთ ბაზარზე თუ არა და სხვ.

- პროდუქციის ხარისხის გაზრდასთან დაკავშირებული ამოცანების კომპლექსური ამოხსნისა და მატერიალური და შრომითი რესურსების ერთდროული ეკონომიისთვის გამოიყენება ფუნქციურ-ღირებულებრივი ანალიზის მეთოდი. მაგალითად, რატომ უნდა შევქმნათ საქონლის ზედმეტი სიმტკიცე, თუ იგი სწრაფად ძველდება მორალურად და

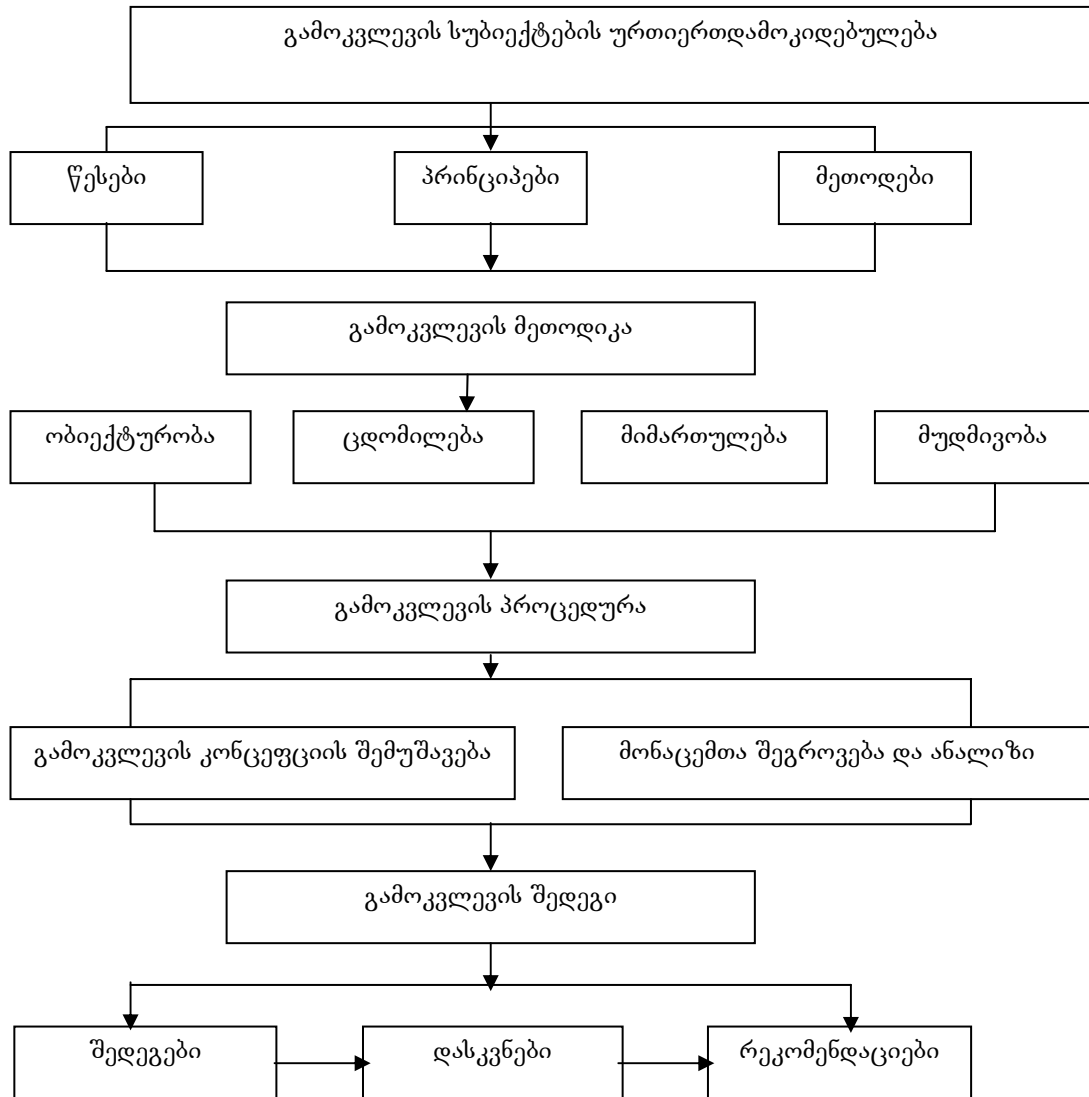
გამოდის ხმარებიდან? წარმოების პროდუქტი, როგორც პოტენციური სახმარი ღირებულება მხოლოდ მაშინ ვლინდება, როდესაც მოხმარების ობიექტად გადაიქცევა. მაშასადამე, ფუნქციურ-ღირებულებრივი ანალიზის კვლევის საგანი უნდა იყოს არა მარტო წარმოების პროცესი, არამედ ბაზრის მოხმარებისაც, თანაც, წარმოების და ბაზრის შესწავლის პროცესები თანაბარ გავლენას შეიძლება ახდენდეს ერთმანეთზე. ფუნქციურ-ღირებულებრივი ანალიზის გამოყენება წყალმომარაგების სისტემის საწარმობებს საშუალებას აძლევს აწარმოონ ისეთი რაციონალური გადაწყვეტილებების ძიება კონსტრუირების, ტექნოლოგიის, პროდუქციის წარმოების და მომსახურების დარგში, რომელიც უზრუნველყოფს მის გაზრდილ კონკურენტუნარიანობას.

- მოვლენებს, ქმედებებს და პროცესებს შორის ცნობილი ან სავარუდო კავშირების სისტემა შეიძლება აღვწეროთ **მოდელირების მეთოდების საშუალებით**. უფრო ეფექტურია ეკონომიკური (ეკონომიკურ-მათემატიკური) მოდელები, რომლებიც საშუალებას იძლევა, განვსაზღვროთ ოპერატიული მართვის ყველაზე რაციონალური სტრატეგია.

- სისტემურ-მეთოდურ ასორტიმენტში განსაკუთრებული ადგილი უკავია **ექსპერიმენტული შეფასებების მეთოდს** („დელოფი“, „გონებრივი შეტევა“ და სხვ.), რომელიც საშუალებას იძლევა, საკმაოდ სწრაფად მივიღოთ პასუხი ბაზარზე ამა თუ იმ მოვლენის განვითარების შესაძლო პროცესების შესახებ, გამოვაკლინოთ საწარმოს სუსტი და ძლიერი მხარეები, შევაფასოთ ამა თუ იმ სისტემური ღონისძიების ეფექტურობა. ექსპერტიზის ჩატარების სიხშირე დამოკიდებულია რიგი საკითხების გადაწყვეტასთან, რაც დაკავშირებულია ექსპერტული ჯგუფის ფორმირებასთან, ექსპერტიზის პროცედურასთან, ექსპერტული შეფასების შედეგების დამუშავების მეთოდების არჩევასთან. ექსპერტებისადმი წარდგენილი ძირითადი მოთხოვნებია: კომპეტენტურობა, პროფესიონალიზმი, ავტორიტეტულობა, მიუკერძოებლობა. ექსპერტიზის ჩატარების პროცედურა გულისხმობს იდეების გენერირებას დისკუსიების ან გამოკითხვების (ჩვეულებრივის ან მრავალსაფეხურიანის) საფუძველზე ანკეტების გამოყენებით, ხოლო კომპიუტერების გამოყენება არა მარტო მიღებული მონაცემების დამუშავებაში გვეხმარება, არამედ ანალიტიკური და იმიტაციური მოდელების აგებაშიც.

- სისტემურ გამოკვლევასა და დამუშავებაში აქტიურად გამოიყენება ცოდნის სხვა დარგებიდან აღებული მეთოდური ხერხები. მაგალითად, ყველაზე ფართო კავშირია ისეთ მეცნიერებებთან, როგორც სოციოლოგია და ფსიქოლოგია (ფსიქოლოგიური ტესტები,

მოტივაციური ანალიზი). გამოკვლევის სუბიექტების ურთიერთდამოკიდებულება სისტემური წესებისა და პროცედურების შესაბამისად მოყვანილია მე-12 ნახ-ზე.



ნახ. 12. გამოკვლევის სუბიექტების ურთიერთდამოკიდებულება სისტემური წესებისა და პროცედურების შესაბამისად

ეფუძნება რა თავის საქმიანობაში ზოგადმეცნიერულ პრინციპებს და მეთოდებს, მკვლევარი ვალდებულია:

- იყოს ობიექტური, მიიღოს სიფრთხილის ყველა ზომა, რათა გავლენა არ მოახდინოს დაფიქსირებული ფაქტის ინტერპრეტაციაზე;

- მიუთითოს თავისი მონაცემების ცდომილების ხარისხი, მხედველობაში იქონიოს ნებისმიერი გამოყენებული მეთოდის არასრულყოფილება;

- იყოს შემოქმედებითი პიროვნება, განსაზღვროს ძიების ახალი მიმართულებები, გამოიყენოს თანამედროვე მეთოდები;

- მუდმივად იყოს დაკავებული გამოკვლევებით, რათა იყოს მომხდარი ცვლილებების კურსში.

სისტემური კვლევის პროცედურა, რომელიც შედგება კერძო მოქმედების თანამიმდევრობათა კომპლექსისგან, შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი ეტაპების სახით:

გამოკვლევის კონცეფციის შემუშავება:

- მიზნის განსაზღვრა;
- პრობლემის დასმა;
- სამუშაო ჰიპოთეზის ფორმირება;
- მაჩვენებელთა სისტემის განსაზღვრა.

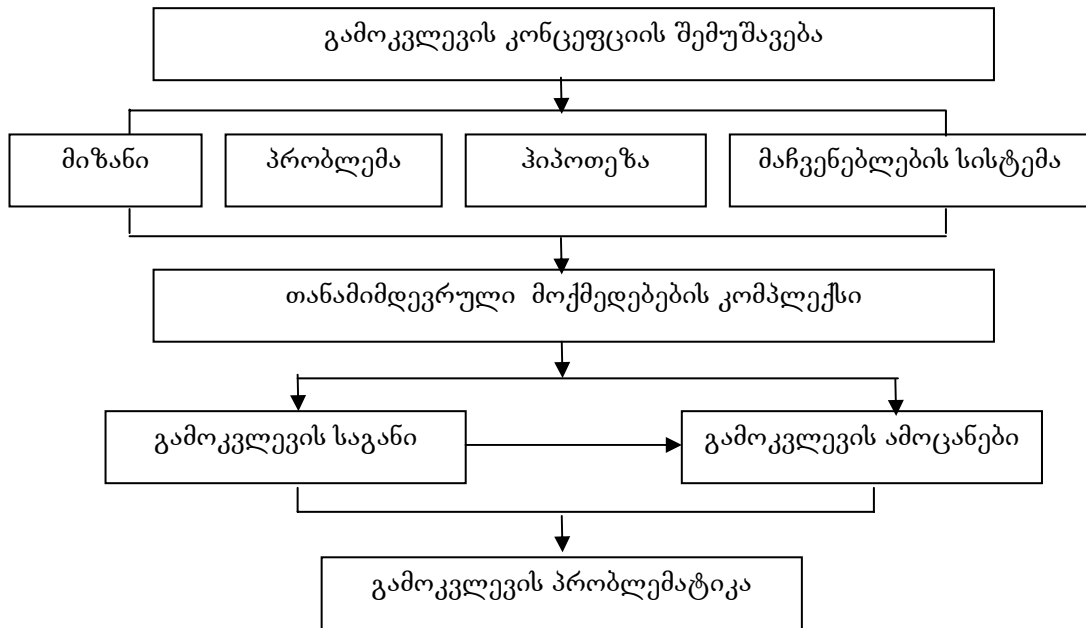
კომპიუტერული მონაცემების მიღება და ანალიზი:

- სამუშაო ინსტრუმენტების შემუშავება;
- მონაცემთა მიღების პროცესი;
- მონაცემთა დამუშავება და ანალიზი.

გამოკვლევის შედეგები და ძირითადი დასკვნები:

- გამოკვლევის შედეგების გაფორმება;
- დასკვნების და რეკომენდაციების ფორმირება.

სისტემური გამოკვლევის კონცეფცია მდგომარეობს კვლევის საგნის შინაარსის დაწვრილებით განსაზღვრასა და ამოცანის ზოგად დასმაში მოცემული კვლევითი ჩანაფიქრის ფარგლებში. აქ აქცენტი გადატანილია საწყისი წარმოდგენის გამომუშავებაზე გამოკვლევის მიზნებისა და პრობლემატიკის შესახებ, სამუშაო ჰიპოთეზის ფორმირებაზე (ნახ. 13).



ნახ. 13. გამოკვლევის კონცეფციის შემუშავება

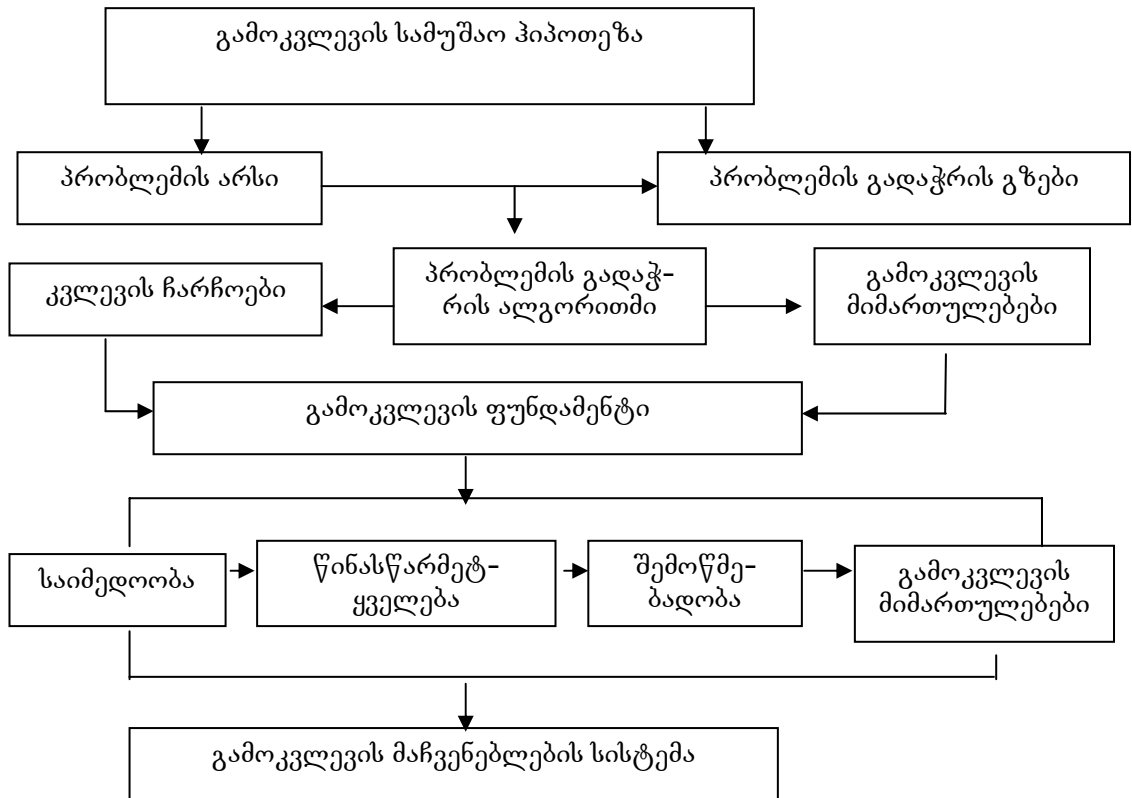
გამოკვლევის მიზანი დამოკიდებულია ფაქტობრივად ჩამოყალიბებულ სავსელ სიტუაციაზე. ეს არის ამოცანის ზოგადი დასმა, რომელიც გამომდინარეობს საწარმოს სისტემური საქმიანობის სტრატეგიული დებულებებიდან და მიმართულია მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღებისას განუსაზღვრელობის დონის შემცირებისკენ.

სამუშაო ჰიპოთეზა (ნახ. 14) არის ალბათური ვარაუდი განსახილველი მოვლენების არსისა და გადაჭრის გზების შესახებ, გამოსაკვლევად გამოვლენილი პრობლემების გადაჭრის თავისებური ალგორითმი. სამუშაო ჰიპოთეზის შემუშავება, ანუ, შეიძლება ითქვას, შემდგომი გამოკვლევის ფუნდამენტი – რთული შემოქმედებითი პროცესია, რომლის შედეგად დგინდება მთელი მუშაობის ჩარჩოები და განისაზღვრება მისი ძირითადი მიმართულებები. მან უნდა უზრუნველყოს:

- საიმედოობა (ჰიპოთეზა უშუალოდ უნდა იყოს დაკავშირებული პრობლემასთან, გამომდინარეობდეს მისი არსიდან);
- წინასწარმეტყველება (არა მარტო ხსნიდეს, არამედ იყოს პრობლემის გადაჭრის საფუძველი);
- შემოწმებადობა (შესაძლებელი რომ იყოს მისი დებულებების შემოწმება ემპირიული მასალით);
- ფორმალიზაციის შესაძლებლობა (ძირითადი ვარაუდის არა მარტო ლოგიკურად გამოსატყვის შესაძლებლობა, არამედ ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდების საშუალებითაც).

ემპირული მონაცემების მიღება და გაანალიზება, რომელიც დაკავშირებულია სამუშაო ინსტრუმენტების შემუშავებასთან, რაც წარმოადგენს ინფორმაციის შეგროვების, დამუშავებისა და ანალიზის მეთოდების და საშუალებების ერთობლიობას

გამოკვლევის სამუშაო ჰიპოთეზის შემოწმების მიზნით. გამოკვლევის სამუშაო ინსტრუმენტების არჩევის მიზანი და წესი მოყვანილია მე-15 ნახ-ზე.



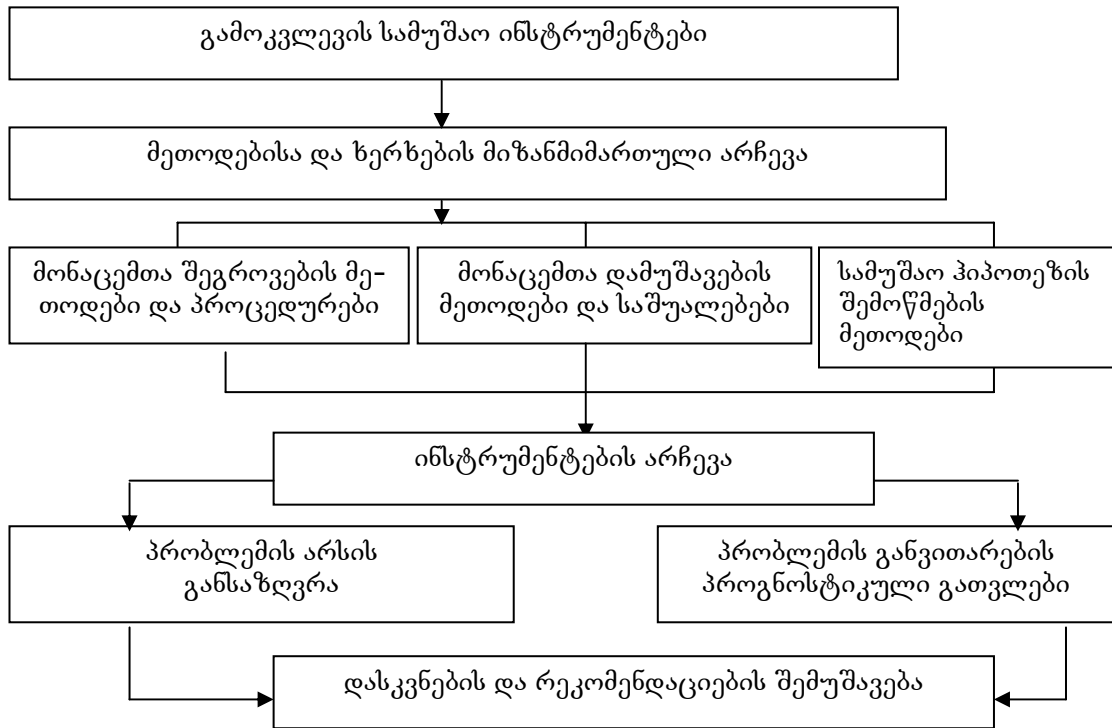
ნახ. 14. გამოკვლევის სამუშაო ჰიპოთეზა

სამუშაო ინსტრუმენტები არის მეთოდების და ხერხების არა მექანიკური ერთობლიობა, არამედ მათი მიზანმიმართული არჩევა კონკრეტული, სპეციფიკური ამოცანების გადასაჭრელად. მისი შემუშავება შედგება რიგი ეტაპებისგან, რომლებიც შეიცავს განსაზღვრას:

- პირველადი მონაცემების შეგროვების მეთოდები და პროცედურები (გამოქვეყნებული სტატისტიკური მონაცემები, საწარმოს შიგა ინფორმაცია, შერჩევითი გამოკვლევები);

- მიღებული მონაცემების დამუშავების მეთოდები და საშუალებები (ეკონომიკურ-სტატისტიკური და ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდები);

- სამუშაო ჰიპოთეზების შემოწმების მასალის ანალიზის და განზოგადების მეთოდები (მოდელირება, ოპერაციების გამოკვლევა, ექსპერტიზა).



ნახ. 15. გამოკვლევის სამუშაო ინსტრუმენტები

ემპირიული მონაცემების მიღების პროცესში, რომელიც ხორციელდება არჩეული სამუშაო ინსტრუმენტების შესაბამისად, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სპეციალურ შერჩევით გამოკვლევებს, მოსახლეობისა და სპეციალისტების გამოკითხვას, ექსპერტიზას, რაც საშუალებას იძლევა უფრო ღრმად გავერკვეთ საწარმოს სისტემურ-ორგანიზაციული საქმიანობის კონკრეტულ პრობლემატიკაში.

მასალის დამუშავებისა და ანალიზისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გამოკვლევი პრობლემების განვითარების პროგნოსტიკულ გათვლებს. ამ დროს ფართოდ გამოიყენება ექსტრაპოლაციის, მოდელირების და ექსპერტული შეფასებების მეთოდები.

ჩატარებული გამოკვლევის შედეგი არის **დასკვნებისა და რეკომენდაციების შემუშავება**, რაც უშუალოდ უნდა გამომდინარეობდეს დამუშავების შედეგებიდან, იყოს არგუმენტირებული და საიმედო, მიმართული გამოსაკვლევი პრობლემის გადაჭრისკენ.

გამოკვლევის შედეგები შეიძლება წარმოვადგინოთ პრობლემის არსის მოკლე, ყველასთვის გასაგები გადმოცემის ან სრული მეცნიერული ანგარიშის შედგენით, რომელშიც სისტემური თვალსაზრისით ფორმით არის წარმოდგენილი გამოკვლევის სქემა და მოცემულია დეტალურად **დასაბუთებული დასკვნები და რეკომენდაციები**. მეცნიერულ ანგარიშში (მოსხენებაში) ასახული უნდა იყოს შემდეგი ინფორმაცია:

- გამოკვლევის მიზანი;
- გამოკვლევის ობიექტი და ხერხები;
- გამოკვლევის შერჩევის დახასიათება, ჩატარების დრო, ინფორმაციის შეგროვების მეთოდი (ანკეტირება და ა.შ.);
- კითხვარი (ანკეტა);
- მონაცემები შემსრულებლების და კონსულტანტების შესახებ;
- ინფორმაციის მიღების წყაროები, მათი საიმედოობა კაბინეტური გამოკვლევების ჩატარებისას.

წარმოადგენს რა სისტემურ-ორგანიზაციული მიდგომის უმნიშვნელოვანეს ფუნქციას, გამოკვლევა ვარაუდობს მის ზუსტ ორგანიზებას. გამოკვლევების დამოუკიდებელი ქვეგანყოფილების ჩამოყალიბების გადაწყვეტილება მნიშვნელოვანწილად არის დამოკიდებული საწარმოს მდგომარეობასა და სურვილებზე, მისი საბაზრო საქმიანობის სტრატეგიასა და ტაქტიკაზე, აგრეთვე, მის შესაძლებლობებზე და მუშაკთა პროფესიულ პოტენციალზე.

ამრიგად, ორგანიზაციის სისტემოლოგია, როგორც სამეცნიერო და სასწავლო დისციპლინა, მჭიდროდ არის დაკავშირებული საზოგადოების ეკონომიკურ, პოლიტიკურ და სოციალურ ცხოვრებასთან. ისევე, როგორც ნებისმიერი სხვა მეცნიერება, იგი ასრულებს რიგ ფუნქციებს, რომლისგანაც ყველაზე მნიშვნელოვანია შემეცნებითი, მეთოდოლოგიური, რაციონალურ-ორგანიზაციული და პროგნოსტიკული.

• **შემეცნებითი ფუნქცია** ვლინდება სოციალური სისტემების ორგანიზებისა და თვითორგანიზების პროცესების გახსნაში, ორგანიზაციული განვითარების კანონზომიერ ტენდენციებში, სხვადასხვა სოციალური მოვლენების დინამიკაში.

• **მეთოდოლოგიური ფუნქცია** მჭიდროდ არის დაკავშირებული ორგანიზაციის სისტემოლოგიის შემეცნებით ფუნქციასთან. კერძო თეორიებისგან განსხვავებით, ორგანიზაციის სისტემოლოგია არის კომპლექსური, ინტეგრირებული მეცნიერება. იგი იკვლევს ორგანიზაციულ ურთიერთობებს მაკრო- და მიკროდონეზე, როგორც მთლიან სისტემურ წარმონაქმნებს, რომლებიც ორგანულად არის დაკავშირებული ერთმანეთთან. ორგანიზაციის თეორიის კანონ-ტენდენციები განიხილავს ორგანიზაციული სისტემის ჩამოყალიბების, განვითარებისა და ფუნქციონირების უფრო მასშტაბურ პროცესებს. მისი ცოდნა აუცილებელი პირობაა საზოგადოებრივი სისტემების უფრო კერძო, შედარებით ვიწრო კანონ-ტენდენციების სწორად შესწავლისათვის. ორგანიზაციის სისტემოლოგია არის მეთოდოლოგიური ბაზა კერძო თეორიებისთვის, რომელიც შეისწავლის ორგანიზაციული საქმიანობის ცალკეულ ასპექტებს;

- **რაციონალურ-მარგანიზებული** ფუნქცია ორგანიზაციის სისტემოლოგიაში კლინ-დება ორგანიზაციული საქმიანობის გამოცდილების განზოგადებაში როგორც წარსულში, ასევე აწმყოშიც, ორგანიზაციის და მისი სტრუქტურების ოპტიმალური მოდელების შემუშავებაში, სოციალური ტექნოლოგიების განსაზღვრაში სოციალური და პოლიტიკური კონფლიქტების შედარებით უმტკივნეულოდ გადაჭრასთან დაკავშირებით;

- **პროგნოსტიკული ფუნქციის** რეალიზება საშუალებას იძლევა, დავინახოთ „საწარმოს ხვალისდელი დღე“, ვიწინასწარმეტყველოთ ორგანიზაციული მოვლენები.

ორგანიზაციის სისტემოლოგია არ არის იზოლირებული სხვა მეცნიერებებისგან – იგი მჭიდროდაა დაკავშირებული სოციოლოგიასთან, სისტემათა ზოგად თეორიასთან, ეკონომიკურ თეორიასთან, მენეჯმენტთან, ანტიკრიზისული მართვის თეორიასთან, რადგან ორგანიზაცია და მართვა არის ადამიანების ერთობლივი საწარმოო საქმიანობის ეფექტურობის აუცილებელი პირობა.

4.3. წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაცია, როგორც სისტემა

წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაციის, როგორც სისტემის ფუნქციონირება ნებისმიერი ორგანიზაციის (მათ შორის, წყლის გამწმენდი სადგურის) ქმედითუნარიანობა პირველ რიგში დამოკიდებულია მის უნარზე არა მარტო შეეგუოს ფუნქციონირების გარე პირობების ცვლილებებს, არამედ ზემოქმედება მოახდინოს ამ პირობებზე, რადგან მხოლოდ პერმანენტული ადაპტაციის აუცილებლობა ემუქრება **ორგანიზაციის, როგორც სისტემის მთლიანობას.**

ბერძნულად სიტყვა „ორგანიზაცია“ ნიშნავს მოწყობას, შეხამებას, გაერთიანებას ერთ მთლიანობაში, ან მოწყობს სისტემაში მოყვანას. ამრიგად, მთლიანობა არის ნებისმიერი სისტემის განმსაზღვრელი თვისება და მთლიანობის პირველ-საწყისობა – სისტემის ძირითადი პოსტულატი. სისტემა – ურთიერთდამოკიდებული, ურთიერთდაკავშირებული და ურთიერთმოქმედი ელემენტების მიზანშეწონილი ერთობლიობაა. მათი ნაწილები, კავშირები, ურთიერთობები და ფუნქციები ერთ მთლიანობას ქმნის.

იმყოფებიან რა ურთიერთდამოკიდებულებაში, ურთიერთკავშირსა და ურთიერთქმედებაში, ანუ ერთობლივად ფუნქციონირებენ, სისტემის შემადგენელი კომპონენტები უზრუნველყოფენ სისტემის, როგორც მთლიანობის ფუნქციონირებას. ამასთან, პრინციპულად მნიშვნელოვანია არა უბრალო ფუნქციონირება, არამედ ფუნ-

ქციონირება ინტეგრალური ანუ კომპლექსური ეფექტის მისაღებად მიზნის მიღწევისთვის, რისთვისაც სიმრავლის შემადგენელი ნაწილები სისტემად ორგანიზდება და ამავე დროს, საკუთარ თავს ინარჩუნებენ, როგორც მთლიან წარმონაქმნს (ნახ. 16).

მთლიანობის შემადგენელი ნაწილები ურთიერთკავშირში უნდა იყოს, ხოლო მთლიანის განვითარება დამოკიდებულია მის ყველაზე სუსტ ნაწილზე. სისტემის, როგორც ერთი მთლიანობის ქვედითუნარიანობის პირობა სწორედ მისი შემადგენელი ნაწილების პოტენციალების ურთიერთშეთანხმებაში მდგომარეობს. ურთიერთშეთანხმების ჩარჩოპირობები არის სისტემის მიზანი. უფრო მტკიცე რგოლების შენახვაზე სისტემის ხარჯები აწვება სისტემის ჯამურ ხარჯებს, რითაც აქვეითებს მის ქვედითუნარიანობას. მაშასადამე, სისტემის ქვედითუნარიანობა უპირველესად დამოკიდებულია მისი ორგანიზებულობის ხარისხზე. „ორგანიზაციის“ ცნება, ფართო გაგებით, ნიშნავს გარკვეულ წესრიგს, ხოლო ორგანიზების გაზრდა – მოწესრიგებას, რომელიც შეიძლება მიღწეულ იქნეს სამი აუცილებელი პირობის დაცვით:

- თუ განსაზღვრულია სისტემის საზღვრები ანუ დადგენილია, თუ რამდენ და როგორ წარმოქმნელ ერთეულს შეიცავს იგი;

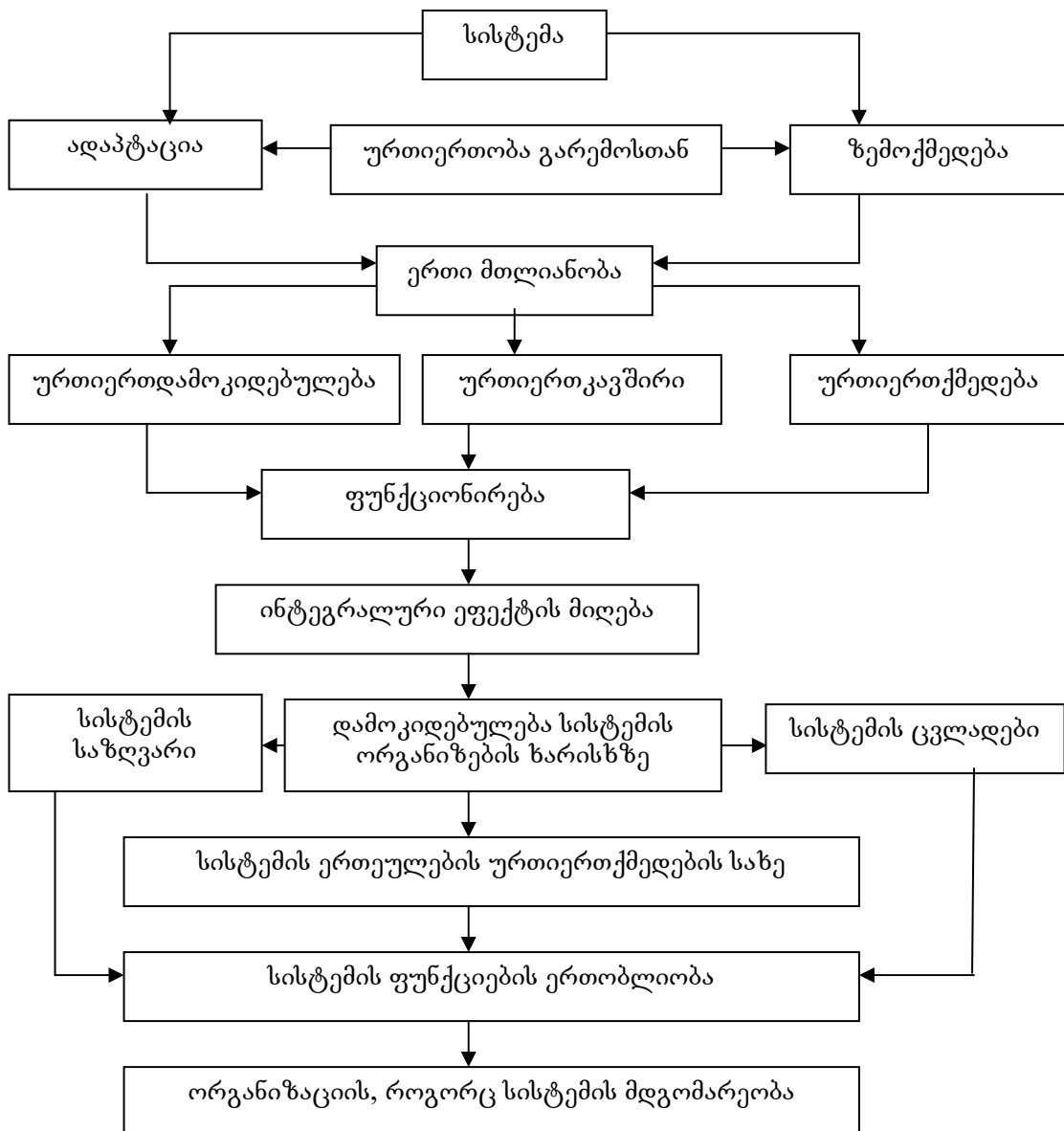
- თუ განსაზღვრულია ცვლადები, რომლებიც ახასიათებს სისტემის წარმოქმნელ ერთეულებს და დადგენილია დასაშვები ურთიერთობები მათ შესაძლო რაოდენობრივ მნიშვნელობებს შორის;

- თუ განსაზღვრულია თითოეული ერთეულის მოქმედების სახე და მათი ურთიერთქმედების სქემები.

ამასთან, ნებისმიერი სისტემის ორგანიზება მოითხოვს ელემენტების ისეთ შერჩევას და შეთავსებას, რომლებიც არა მარტო უზრუნველყოფს მის ჰარმონიულ ფუნქციონირებას და განვითარებას როგორც ერთი მთლიანობისა, არამედ უფრო მსხვილ სისტემასთან თავსებადობასაც, რომლის ელემენტსაც წარმოადგენს იგი.

თვითონ ელემენტებს კი (სისტემის შემდგენების კომპონენტები), მოქმედებენ რა მიზანშეწონილად, მთელი ორგანიზაციის მიმართ აქვთ გარკვეული ფუნქცია, რაც ახასიათებს ამა თუ იმ ელემენტის როლს და დანიშნულებას მიზნის განხორციელებაში. ფუნქციების ერთობლიობის დანიშნულებაა, უზრუნველყოს ყველა ქვესისტემის (ელემენტის) ყველაზე ეფექტური ფუნქციონირება სისტემის მიზნების შესაბამისად. ამრიგად, ორგანიზაციის, როგორც სისტემის მდგომარეობა ხასიათდება ელემენტების რაოდენობრივი შემადგენლობით, მათი ურთიერთდამოკიდებულებით, ურთიერთკავშირით და ურთიერთქმედებით, მთლიანად სისტემის და მისი ელემენტების ფუნქციური სპეციფიკით.

ორგანიზაციისა და ორგანიზაციული ურთიერთობების კვლევა თანამედროვე მდგომარეობის აქტუალური ამოცანაა. XX საუკუნეში ჩამოყალიბდა ორგანიზაციის ორი ძირითადი მოდელი (დახურული და ღია). თითოეული ბაზირებულია მისი, როგორც სისტემის წარმოდგენაზე. ამას ხელი შეუწყო სისტემის ზოგადი თეორიის განვითარებამ, რამაც წამოჭრა ორგანიზაციის განხილვის ამოცანა მისი ყველა შემადგენელი ელემენტის და ქვესისტემის ერთობლიობაში.



ნახ. 16. სისტემად ორგანიზების პროცესი

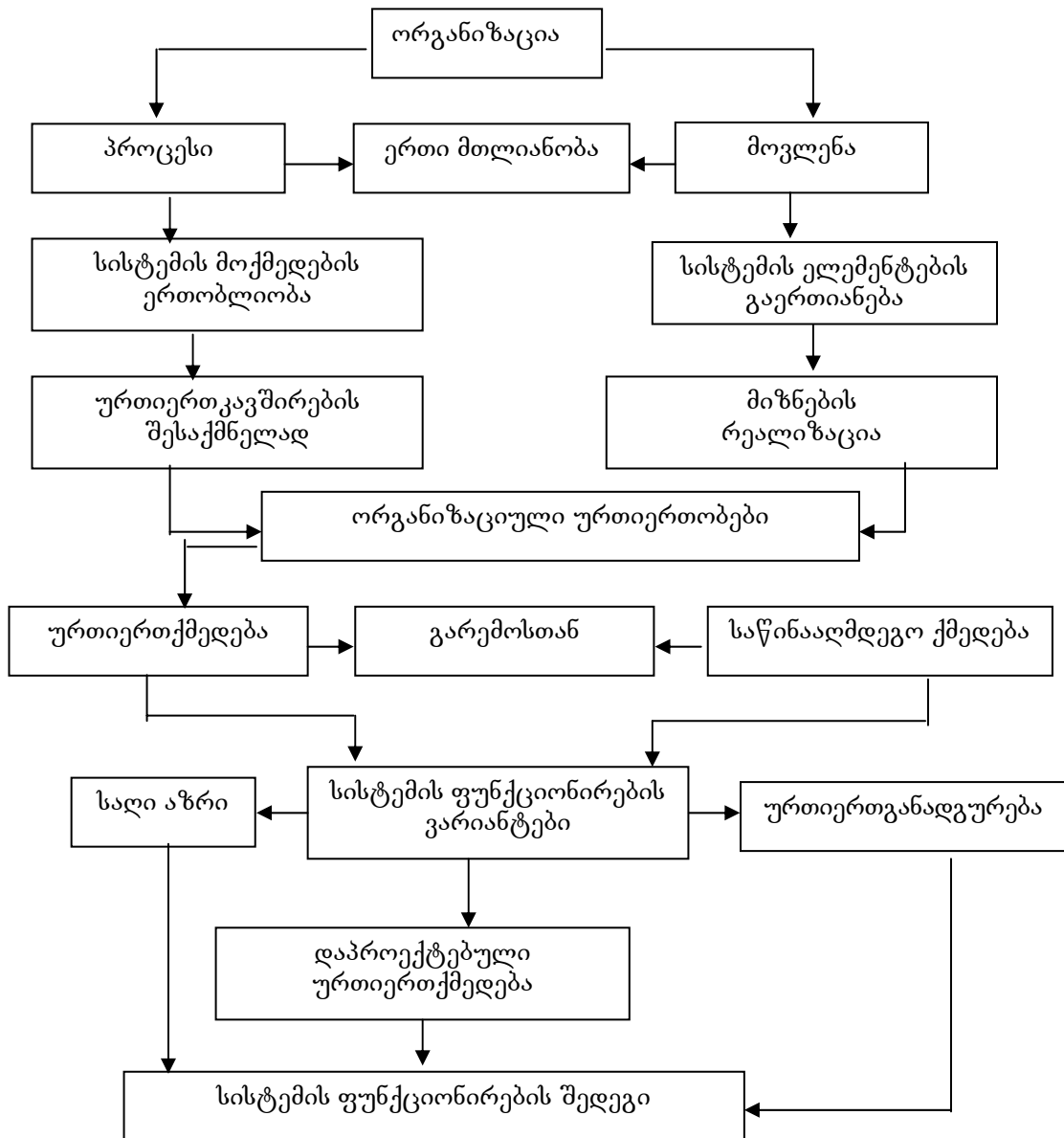
არსებობს სისტემის ცნების მრავალი მისაღები განმარტება. განმარტებათა სისტემა რეალური ობიექტის ან მოვლენის აბსტრაქტული (ენობრივი) ანალოგია (მოდელი), მაგრამ, ამავე დროს, იგი არ არის ობიექტი. სისტემა არის ის, რაც უნდა ვიცოდეთ მოცემული ობიექტის შესახებ, რათა გადავწყვიტოთ გამოკვლევის, დაგეგმვის და მართვის რაიმე კონკრეტული ამოცანა. სისტემის ზოგადი თეორიის შესახებ პირველ შრომებში ძირითადი ყურადღება ეთმობოდა შიგა ელემენტების და მათ შორის, კავშირების განხილვას, სტრუქტურებს და პროცესებს, რომლებიც უზრუნველყოფდნენ მიზნის მიღწევას და შედეგის მიღებას. სისტემური მიდგომის პოზიციიდან გამომდინარე, ორგანიზაცია განიხილება როგორც ნებისმიერი სოციალურ-ეკონომიკური წარმონაქმნი, რომელსაც აქვს საქმიანობის ფორმის არჩევის გარკვეული თავისუფლება და წარმოადგენს ერთიან ორგანიზაციულ სტრუქტურას, რომლის ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია და ერთობლივად მოქმედებენ საერთო მიზნების მისაღწევად, ხოლო მართვა განიხილება როგორც სისტემის თვისება, შეინარჩუნოს თავისი სტრუქტურა, განამტკიცოს თავისი შიგა კავშირები ორგანიზაციას და გარე სამყაროს შორის კავშირების გართულებასთან ერთად. ამავე დროს, აქცენტი ორგანიზაციის სისტემური წარმოდგენის შესახებ არსებულ შრომებში გადავიდა გარე სამყაროსთან მისი განუყოფელი კავშირის გამოვლენასა და აღწერაზე. შედეგად ჩამოყალიბდა ორგანიზაციის, როგორც ღია სისტემის ოთხი მოდელი.

ორგანიზაცია შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც პროცესი და როგორც მოვლენა. როგორც პროცესი, ორგანიზაცია არის მოქმედებათა ერთობლიობა, რომელსაც მივყავართ მთლიანის ნაწილებს შორის ურთიერთკავშირის წარმოქმნასა და სრულყოფასთან. როგორც მოვლენა, ორგანიზაცია არის ელემენტების გაერთიანება პროგრამის ან მიზნის რეალიზებისთვის, მოქმედი გარკვეული წესების და პროცედურების საფუძველზე. ორგანიზაციული ურთიერთობები არის ორგანიზაციის ელემენტებს შორის ურთიერთქმედება ან საწინააღმდეგო ქმედება მისი ფუნქციონირების პროცესში. ორგანიზაციულ ურთიერთობებს შეიძლება ჰქონდეს სამი დონე (ნახ. 17):

- საღი აზრის;
- ურთიერთგანადგურების;
- წინასწარ დაპროექტებული ურთიერთქმედების.

სისტემურ თეორიაში ორგანიზაცია არის მოწესრიგების პროცესისკენ მიზანსწრაფულობა, როგორც ამ პროცესის შედეგის სინონიმი. ორგანიზაციის სოციოლოგიასა და ორგანიზაციის ზოგად თეორიაში მოცემული ცნება ერთდროულად გამოიყენება სოციალური პროცესის, კერძო მმართველობითი ფუნქციის და

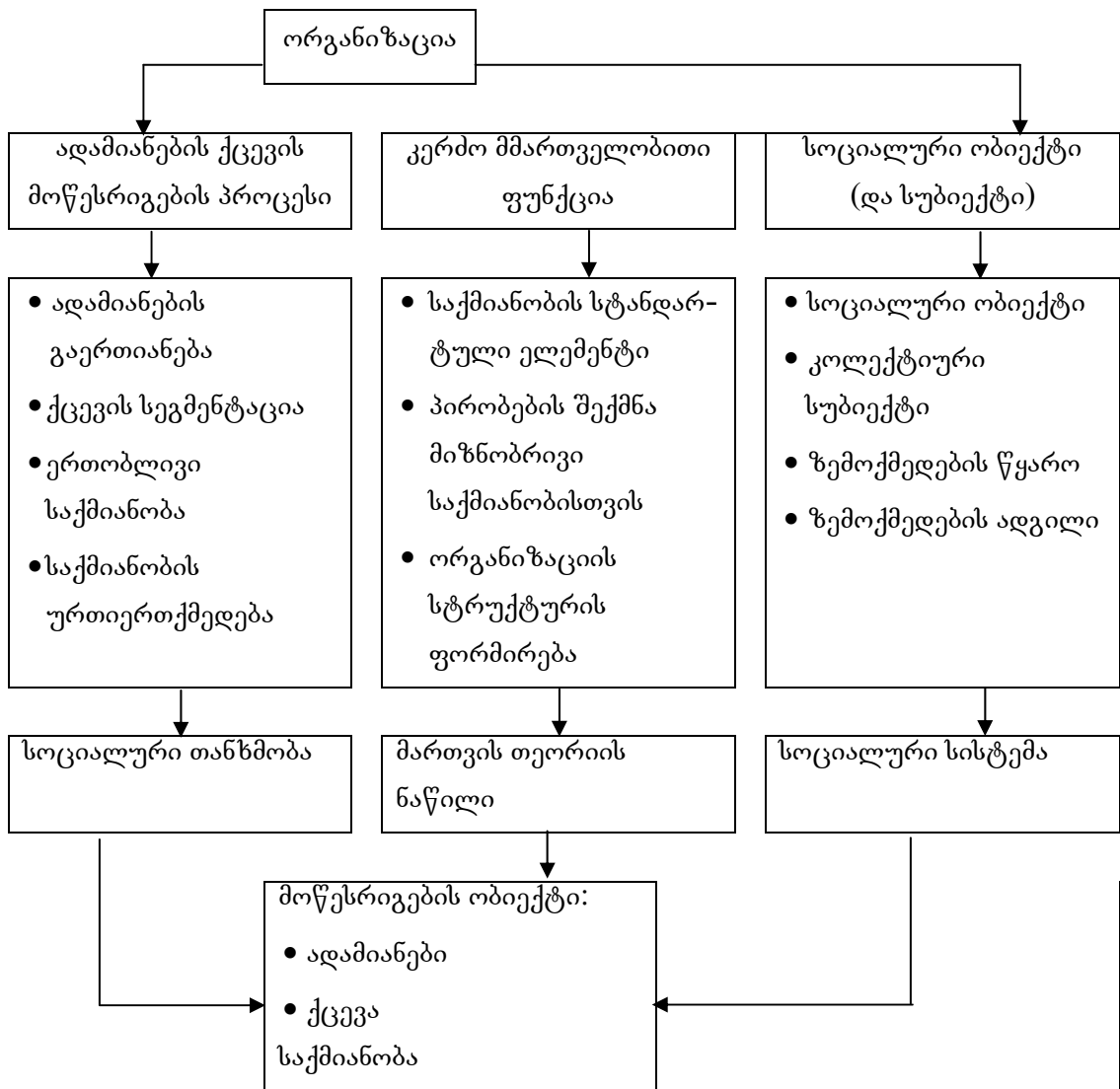
კოლექტიური საქმიანობის სპეციფიკური მრავალეფემენტიანი სუბიექტის (ერთდროულად ობიექტის) აღსანიშნავად, ამასთან, მართვის ობიექტის როლში გამოდიან ადამიანები, მათი ქცევა ან საქმიანობა (ნახ. 18).



ნახ. 17. ორგანიზაციული ურთიერთობების ღონეები

- ორგანიზაციის, როგორც ადამიანების ქცევის მოწესრიგების პროცესის გაგება ტიპურია სოციალურ-მმართველობითი დისციპლინების უმრავლესობისთვის. პროცესის შინაარსს წარმოადგენს ადამიანების გაერთიანება (ჯგუფი) და მათი ქცევის

რეგლამენტაცია მიზნის მისაღწევად ერთობლივი საქმიანობის განხორციელებისა და ურთიერთქმედებისას, ხოლო მისი შედეგია სოციალური წესრიგის ან თანხმობის გარკვეული დონის უზრუნველყოფა. ორგანიზაციის, როგორც კერძო მმართველობითი ფუნქციის განსაზღვრა მიუთითებს მასზე, როგორც მმართველობითი საქმიანობის სტანდარტულ ელემენტზე, ისეთზე, როგორცაა მიზანმიმართულობა, დაგეგმვა (ზოგჯერ მოტივაცია), კოორდინაცია და კონტროლი. ორგანიზაციის ცნებაში იგულისხმება საწყისი პირობების შექმნის პროცესი მიზნობრივი საქმიანობისთვის: სამუშაო ადგილების სისტემის ფორმირება – ორგანიზაციის სტრუქტურის, პერსონალის შერჩევა, განაწილება და სწავლება. ამ თვალსაზრისით, მოცემული ცნება ხშირად გამოიყენება ოპერატიული მართვის თეორიაში.



ნახ. 18. ორგანიზაციული ურთიერთობების მოწესრიგების ობიექტები

4.4. წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაციის ფუნქციონირების სისტემური ანალიზი

ორგანიზაცია წარმოადგენს მთლიან ღია სისტემას. მრავალრიცხოვანი ძაფით იგი დაკავშირებულია შიგა და გარე გარემოსთან, რომლის ცვალებადობა ორგანიზაციის საქმიანობაზე პოზიტიურ და ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს. რაც უფრო რთული და მასშტაბურია ორგანიზაცია, მით მეტი ყურადღების დათმობა უხდებათ მეწარმეებს და მენეჯერებს გარემოს ანალიზსა და მართვის ეფექტურობაზე მისი გავლენის გათვალისწინებაზე.

სისტემური მოდელი არის ორგანიზაცია, რომელშიც მისი ფუნქციონირება, თვისებები, სტრუქტურა, მოქმედების თავისებურებები და განვითარების ლოგიკა დამოკიდებულია გარემოს მდგომარეობასა და დინამიკაზე. მოცემული მოდელი აღწერს ორგანიზაციას, როგორც დინამიკურ სისტემას, რომელიც მჭიდროდ ურთიერთქმედებს გარემოსთან და რეაგირებს მისი ცვლილების დინამიკაზე. **დინამიკური სისტემა** – ეს ტერმინი ნასესხებია სისტემების საერთო თეორიიდან და ამიტომ საწყის ვარიანტში მისი არსი გულისხმობდა, რომ ნებისმიერი ორგანიზაცია შეიძლება მივაკუთვნოთ **ღია სისტემებს**, თუ იგი ცვლის გარემოსთან ენერჯიას, ინფორმაციას, სისტემურ პროდუქტს და **დახურულს** – თუ ასეთი გაცვლა არ ხდება. ორგანიზაციაზე ასეთი შეხედულების ჩამოყალიბებაში მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა სისტემის ზოგადი თეორიის წარმომადგენლების შრომებმა.

ორგანიზაციასთან მიმართებით ეს ნიშნავდა, რომ ღია სისტემის მოდელით მომუშავე ორგანიზაცია მოიხმარს მასალებს და სოციალურ რესურსებს, ინფორმაციას და გარემოს აწვდის გარკვეულ სისტემურ პროდუქტს, დახურული სისტემისგან განსხვავებით. რადგან სისტემის გახსნილობა განისაზღვრებოდა მისი კავშირით გარემოსთან, რომელიც რეალიზებული იყო გარემოსთან ადაპტაციის სოციალური ფუნქციის საშუალებით, ორგანიზაციის მოდელის, როგორც ღია სისტემის ასეთი გაგება პრაქტიკულად ემთხვეოდა ორგანიზაციის ბუნებრივი მოდელის განმარტებას.

ორგანიზაციის ბუნებრივი მოდელი ზოგადად არის განსაკუთრებული შეხედულება ორგანიზაციის ფუნქციონირებისა და განვითარების კანონზომიერებათა ბუნებაზე. ორგანიზაცია განიხილება, როგორც სოციალური ორგანიზმი (კვაზი-ბუნებრივი ობიექტი), რომელიც თელეოლოგიურად, ევოლუციურად და ეტაპობრივად ვითარდება და ფუნქციონირებს თავისი კანონების მიხედვით, რომლის ცენტრალური პრობლემა, ისევე როგორც ბიოლოგიურ ორგანიზმებში, არის მისი გადარჩენა. ამ

მოდელში ფორმალური სტრუქტურის ფორმირების ლოგიკა (მაგ., ორგანიზაციის ქვემოდან დაპროექტება) მდგომარეობს ორგანიზაციაში უკვე რეალურად ჩამოყალიბებული ურთიერთობების გააზრებაში, დაკანონებასა და ინსტიტუციონალიზაციაში. ბუნებრივი მოდელის სპეციფიკა ორგანიზაციის თეორიაში ვლინდება ორგანიზაციული სტრუქტურის ჩამოყალიბების ბუნების და მექანიზმების გაგებაში, რომელიც განიხილება როგორც თავისთავად შექმნილი და სტიქიურად მოქმედი სოციალური ინსტიტუტი. ამ ინსტიტუტის ბუნება და ფუნქცია შეიძლება გავიაზროთ მხოლოდ ორგანიზაციული სისტემის სხვადასხვაგვარ მოთხოვნებთან – სოციალურ ფუნქციებთან დაკავშირებით. ორგანიზაციის თეორიის ბუნებრივი მოდელის სხვა მომხრეების თვალსაზრისით, ორგანიზაციის მსგავსება ბუნებრივ სისტემებთან იმაში მდგომარეობს, რომ ერთსაც და მეორესაც აქვს განვითარების გარკვეული სასიცოცხლო ციკლი: დაბადება, განვითარება, ზრდა, მომწიფება და სიკვდილი.

ასეთი შეხედულება ორგანიზაციაზე, როგორც ბუნებრივ სისტემაზე, ღომინირებდა ორგანიზაციის თეორიაში დაახლოებით გასული საუკუნის 60-იანი წლების ბოლომდე. მაგრამ ასეთი შეხედულების ბანალურობა დროთა განმავლობაში აშკარა გახდა, რადგან ორგანიზაციის არცერთ მოდელში, კლასიკურის ჩათვლით, არ უარყოფენ გარკვეულ ურთიერთობას ორგანიზაციასა და გარემოს შორის. სწორედ ამიტომ ორგანიზაციის თანამედროვე თეორიაში ორგანიზაციის, როგორც ღია სისტემის მოდელის სახით, ჩვეულებრივ, განიხილება მხოლოდ ისეთი მოდელი, რომელშიც დინამიკურ გარემოსთან ურთიერთქმედი სისტემა მუდმივად იცვლის შესასვლელს (მოხმარებული ინფორმაციის, ენერჯის და რესურსების ტიპს) და გამოსასვლელს (სისტემური პროდუქტის ტიპს). ასეთი სიტუაცია იქმნება დინამიკური გავჯერებული და გადაჯერებული ობიექტის პირობებში. ამრიგად, ლაპარაკია მოდელებზე, რომლებშიც სისტემის „შესასვლელი“ და „გამოსასვლელი“ მახასიათებლები მუდმივად იცვლება. ასეთი მოდელები საშუალებას იძლევა გავაანალიზოთ ორგანიზაციის მიმდინარე მდგომარეობა და განვითარება როგორც გარემოს ცვალებადობის შედეგი, როდესაც იგი ფუნქციონირებს გადაჯერებული ბაზრის პირობებში, რაც გამოირჩევა დინამიკით და განუსაზღვრელობის მაღალი დონით. მაშასადამე, ორგანიზაციის, როგორც ჩაკეტილი სისტემის მოდელი არის ისეთი მოდელი, სადაც „შესასვლელი“ და „გამოსასვლელი“ სტაბილურია, რაც შეესაბამება მაღალი განსაზღვრულობის მქონე სიტუაციას (გაუჯერებელი ობიექტის პირობები).

• **სისტემის კომპონენტები** – სისტემა შედგება გარკვეული რაოდენობის ნაწილებისგან, რომლებსაც ეწოდება კომპონენტები ან ელემენტები. ისინი აუცილებელია სისტემის მიზნების მისაღწევად;

• **სისტემის კავშირება** – სისტემის კომპონენტები დაკავშირებულია ერთმანეთთან, რაც უზრუნველყოფს სისტემაში მიმდინარე პროცესების უწყვეტობას;

• **სისტემის სტრუქტურა** – კავშირის ფორმა ორგანიზაციულად არის გამაგრებული სტრუქტურაში, რაც უზრუნველყოფს მდგრადობას და სისტემას სტაბილურობას ანიჭებს; სისტემებისთვის დამახასიათებელია სტრუქტურის აგებულების იერარქია ანუ მასში ქვესისტემების არსებობა;

• **სისტემის ურთიერთქმედება** – კომპონენტები მოქმედებს ერთმანეთზე მათი სისტემაში ყოფნით და სისტემიდან გამოსვლით და მხოლოდ ყველა ელემენტის ურთიერთქმედებასა და კავშირში არის შესაძლებელი პროცესები, რომელთა საშუალებითაც იქმნება შედეგი;

• **სისტემის პროცესი** სისტემაში ერთდროულად ხორციელდება რამდენიმე პროცესი, რომელთაგანაც თითოეული დაკავშირებულია რაიმე სახის ცვლილებასთან. პროცესები ცვლიან სისტემაში შემავალ რესურსებს და გადააქცევენ მას პროდუქტად და მომსახურებად;

• **სისტემის მთლიანობა და ემერჯენტული (გამოვლინება) თვისებები** – სისტემა – მთლიანობა გამოავლენს თვისებებს, რომლებიც წარმოიქმნება მხოლოდ მისი კომპონენტების ურთიერთქმედების შედეგად;

• **სისტემის იდენტიფიკაცია** – სისტემის თვისებები, რომლის საფუძველზე შეიძლება მისი იდენტიფიცირება ანუ განვასხვაოთ სხვა მოვლენებისგან, რომლებიც არ შედის ამ სისტემაში; ამისათვის უნდა განვსაზღვროთ გარემოსგან სისტემის გამყოფი საზღვრები;

• **სისტემის გარემოცვა** – მოვლენები და ფუნქციები, რომლებიც არ არის სისტემის ნაწილები, მაგრამ მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მასზე. ისინი ქმნიან სისტემის გარემოს და თავიანთი ზემოქმედებით შეიძლება შეიცვალოს მისი მიმდინარეობა;

• **სისტემის კონცეფცია** – სისტემა არის კონცეფცია. მისი განსაკუთრებული ელემენტებია და ახორციელებენ საკუთარ იდეებს იმის შესახებ, თუ როგორი უნდა იყოს მართვის სისტემა.

ორგანიზაციის, როგორც სისტემის განხილვისას საჭიროა გავითვალისწინოთ მისი ყველა შემადგენელი ქვესისტემა, მათი ურთიერთობა ერთმანეთთან და ურთიერთდამოკიდებულება გარე და შიგა გარემოცვასთან.

ორგანიზაციის, როგორც სისტემის გარემო ხასიათდება ცვლადების (ელემენტების) ერთობლიობით, რომელიც ორგანიზაციის ფარგლებს გარეთაა და არ არის მისი მენეჯმენტის უშუალო ზემოქმედების სფეროში, მოიცავს მას და შესამჩნევ გავლენას ახდენს მის საქმიანობაზე. გარემოს ფაქტორების ანალიზის გასამარტივებლად მათ ყოფენ პირდაპირ და ირიბ ზემოქმედების ფაქტორებად.

გარემოს პირდაპირი ზემოქმედების ფაქტორები უშუალო გავლენას ახდენს ორგანიზაციის მოქმედებაზე და თვითონაც განიცდის ორგანიზაციის საქმიანობის უშუალო ზემოქმედებას. ამ ფაქტორებს მიეკუთვნება მომწოდებლები, შრომითი რესურსები, კანონები, სახელმწიფო რეგულირების დაწესებულებები, მომხმარებლები და კონკურენტები. საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ბაზრის ზეწოლა ყველაზე მნიშვნელოვან გარე გარე ფაქტორს წარმოადგენს, ამიტომ საჭიროა მუდმივად ვადევნოთ თვალყური პირდაპირი ზემოქმედების ფაქტორების შემდეგ პარამეტრებს:

- **ბაზრის სირთულე.** განსაზღვრავს თუ არა ბაზარი სამუშაოების შესრულების ხარისხს, ტემპსა და ტექნოლოგიას ორგანიზაციის შიგნით, აგრეთვე იოლად შეიძლება თუ არა შევამციროთ საპასუხო მოქმედების სირთულე, ამ სირთულის გადალახვის მიზნით;

- **ღივერსიფიკაციის ხარისხი** ახასიათებს პროდუქტის, კლიენტებისა და მომსახურების სპექტრს, რომელიც შემოთავაზებულია ბაზარზე და საპასუხო მოქმედებას მოითხოვს საწარმოს (ორგანიზაციის) მხრიდან;

- **სიცხადე და სტაბილურობა,** რაც ეხმარება ან პირიქით, ხელს უშლის საწარმოს, იწინასწარმეტყველოს მოცემულ ბაზარზე ცვლილებების მიმდინარეობა და ტემპი;

- **შესაძლებლობებისა და საფრთხეების თანაფარდობა** მოცემულ ბაზარზე, რაც განსაზღვრავს მის ჯამურ შეფასებას საწარმოსათვის;

- **სხვა ორგანიზაციებთან ურთიერთობის ხასიათი,** რაც გულისხმობს მათი მხრიდან მოთხოვნებისა და შეკითხვების წინასწარგანჭვრეტას, პირდაპირი ან არაპირდაპირი კავშირების არსებობას, მათზე დამოკიდებულების ხარისხს და ა. შ.

- **გარემოს ირიბი ზემოქმედების ფაქტორებმა** შეიძლება არ მოახდინოს პირდაპირი დაუყოვნებელი ზემოქმედება ორგანიზაციის მოქმედებაზე, მაგრამ მიუხედავად ამისა, აისახოს მასზე. ეს არის ეკონომიკის მდგომარეობა, სამეცნიერო და ტექნიკური პროგრამის დონე, სოციალურ-კულტურული და პოლიტიკური ცვლილებები, ეროვნული ან ჯგუფური ინტერესების გავლენა და ორგანიზაციისთვის მნიშვნელოვანი მოვლენები (ომები, კრიზისი) სხვა ქვეყნებში. ეს ფაქტორები განსაზღვრავს ორგა-

ნიზაციის მენეჯერების მიერ მიღებულ სტრატეგიულ მნიშვნელოვან გადაწყვეტილებებს;

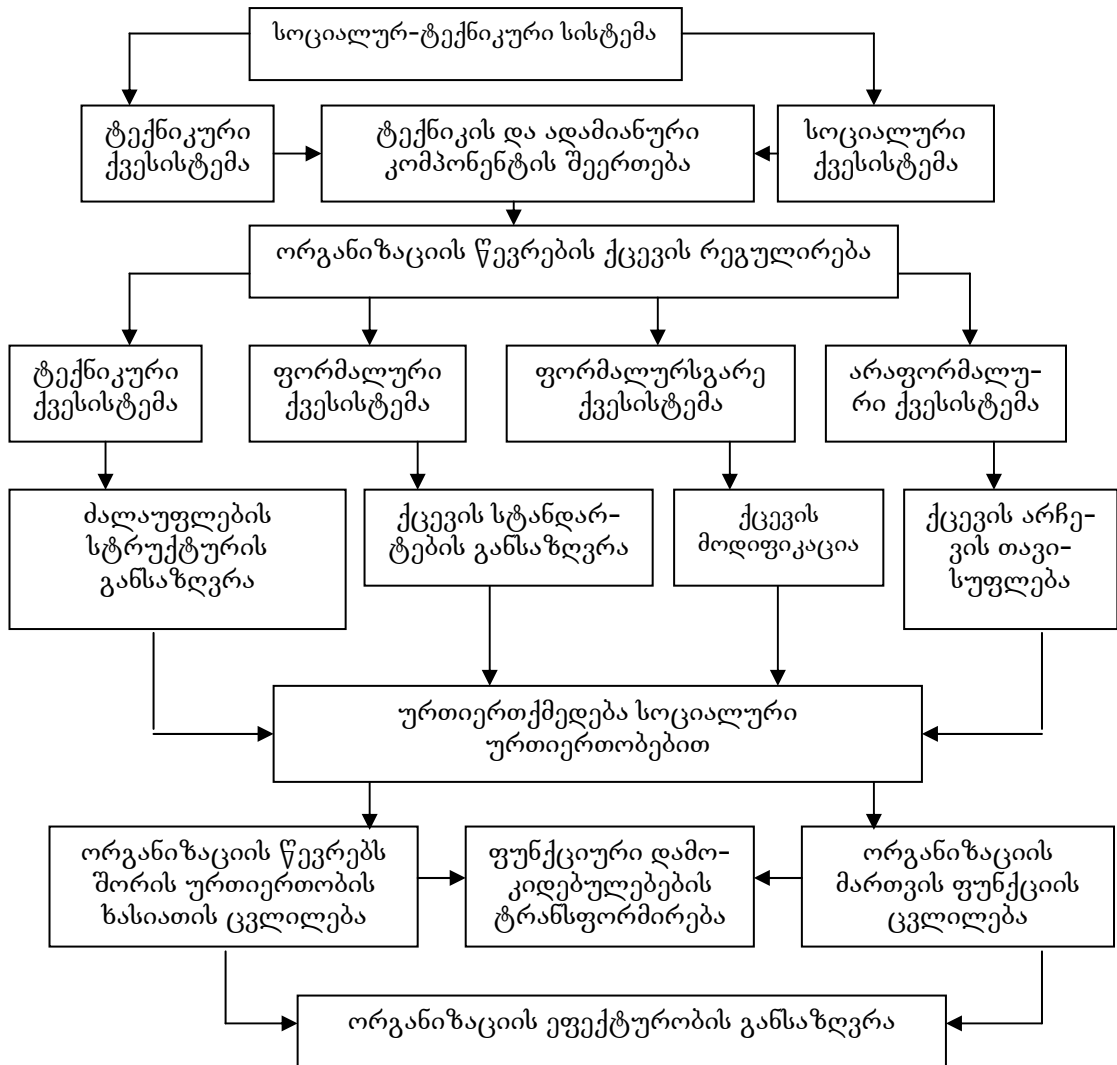
• **ორგანიზაციული სისტემის შიგა გარემო** ყალიბდება იმ ცვლილების ზემოქმედებით, რომლებიც უშუალო გავლენას ახდენს მასში მიმდინარე პროცესებზე. სწორედ ისინი განაპირობებენ ორგანიზაციის სტრუქტურას, რაც ასახავს შიგა გარემოს მდგომარეობას და ძირითად ნიშნებს. ორგანიზაციის შიგა გარემოს ძირითადი ცვლადები, რომელიც მოითხოვს ყურადღებას, ანალიზს და შეფასებას მენეჯმენტის მხრიდან, არის მიზნები, ამოცანის სტრუქტურა, ტექნოლოგია, ადამიანები, რესურსები და ქცევის კულტურა.

ორგანიზაციის შიგა გარემო დამოკიდებულია მიმდებარე გარემოზე, მისგან იღებს ყველაფერ აუცილებელს, რათა განახორციელოს თავისი დანიშნულება და მას სთავაზობს თავისი ძალისხმევის შედეგებს რესურსების პროდუქციად და მომსახურებად გარდაქმნისათვის. არსებითად ეს ახასიათებს საზოგადოებრივი ცხოვრების იერარქიულ აგებულებას და ორგანიზაცია არის მხოლოდ ქვესისტემა, რომელიც უფრო მაღალი დონის სისტემის შემადგენლობაში შედის. მასში მიმდინარე გარდაქმნები დაკავშირებულია სხვადასხვა ურთიერთდაკავშირებული პროცესის შესრულებასთან.

4.5. წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაცია, როგორც სოციალურ-ტექნიკური სისტემა

როგორც ადრე უკვე აღინიშნა, ორგანიზაცია როგორც სოციალურ-ტექნიკური სისტემა – ორგანიზაციის სისტემური მოდელების ერთ-ერთი ნაირსახეობაა (სამრეწველო საწარმოსი), რომელიც აღწერს **ორგანიზაციას როგორც ხელოვნურ, ძირითადად დახურულ სისტემას**. ორგანიზაცია ხასიათდება როგორც რთული ჰეტეროგენული სისტემა და შედგება მინიმუმ ორი ურთიერთდამოკიდებული ქვესისტემისგან – ტექნიკურ-ტექნოლოგიურისა (**ტექნიკური ორგანიზაცია**) და სოციალურ-ფსიქოლოგიურისაგან (**სოციალური ორგანიზაცია**), რომელიც არეგულირებს მისი წევრების ქცევას და ასრულებს ტექნიკისა და ადამიანური კომპონენტის შეერთების ფუნქციას. საწარმოს ტექნიკურ-ტექნოლოგიური ქვესისტემა ბაზისურია სოციალურ-ფსიქოლოგიურ ქვესისტემასთან მიმართებით, რომელიც ბევრ რამეში იმეორებს მის კონტურებს. ტრანსფორმაციის შედეგად ტექნიკურ ორგანიზაციაში (ტექნიკური სიახლეების დანერგვა) აუცილებლად შეიცვლება მომუშავეთა შორის ურთიერთობის ხასიათი და, აგრეთვე, მართვის ფუნქციაც. ორგანიზაციის მოცემული მოდელის

მომხრებმა წამოსწიეს ადეკვატური შესაბამისობის პრინციპი ორგანიზაციის საქმიანობის ფორმასა და მის ტექნიკურ ბაზისს შორის, როგორც ორგანიზაციის ეფექტურობის გაზრდის პირობა (ნახ. 19).



ნახ. 19. შესაბამისობის პრინციპის ასახვა ორგანიზაციული საქმიანობის ფორმასა და მის ტექნიკურ ბაზისს შორის

ორგანიზაციის აგებულების და ფუნქციონირების შესახებ ყველაზე ვრცელი წარმოდგენა განიხილავდა ორგანიზაციას როგორც სისტემას, რომელიც უზრუნველყოფს ტექნიკის შეერთებას ადამიანურ კომპონენტთან. მან გამოყო ორგანიზაციის ოთხი ქვესისტემა, რაც განსაზღვრავს ორგანიზაციის წევრების ქცევას: ტექნიკურ-ტექნოლოგიური, ფორმალური, ფორმალურსგარე, არაფორმალური.

- **ტექნიკურ ორგანიზაციაში** მომუშავეთა ქცევის რეგულირებისთვის იგი აფიქსირებს მათი სტატუსის დიფერენცირებას გონებრივი და ფიზიკური, კვალიფიცირებული და არაკვალიფიცირებული, შემოქმედებითი და საშემსრულებლო შრომის, ინდივიდუალური პასუხისმგებლობის და სტანდარტული საქმიანობის, რთული და მარტივი მუშაობის, ხანგრძლივ და ხარმოკლე პროფესიულ მომზადებას შორის განსხვავების საფუძველზე. ამავე დროს, ტექნიკური ქვესისტემა განსაზღვრავს ძალაუფლების ურთიერთობის სტრუქტურასაც;

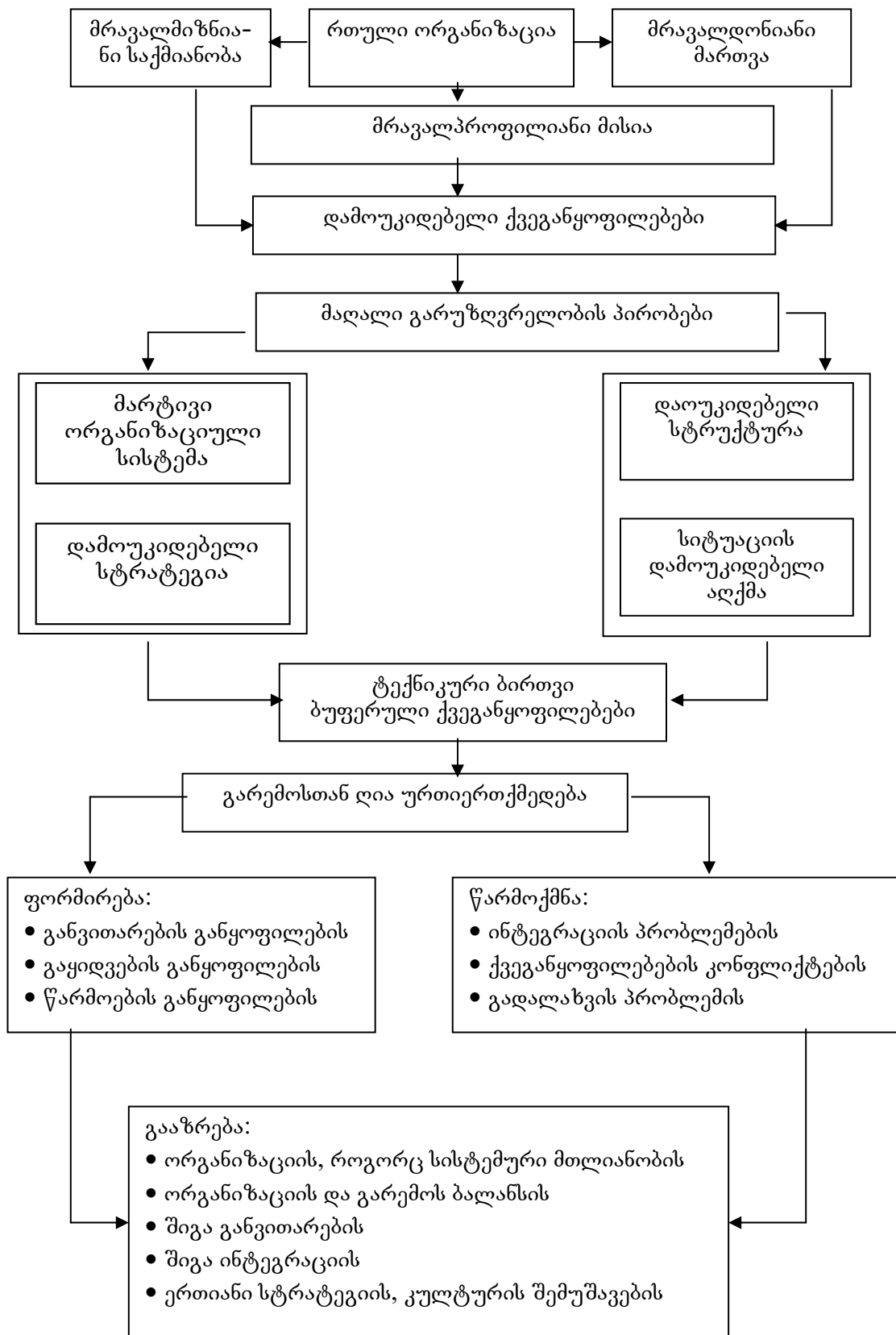
- **ფორმალური ორგანიზაცია** ასრულებს ტექნიკური და სოციალური კომპონენტების გაერთიანების ფუნქციას, იძლევა მომუშავეთა ქცევის ზოგად მიზნებს და სტანდარტებს;

- **ფორმალურსგარე ორგანიზაცია** ნებადართული ფორმების ფარგლებში მომუშავეებს შესაძლებლობას აძლევს მოახდინონ ქცევის მოდიფიცირება სპეციფიკური მიზნების შესაბამისად და გადაწყვიტონ შემოქმედებითი ამოცანები;

- **არაფორმალური ორგანიზაცია** მოიცავს პიროვნებათა შორის ურთიერთობის სფეროს და აგებულია მხოლოდ თავისუფალი არჩევანის პრინციპზე, პირადი სიმპათიის საფუძველზე ჩამოყალიბებული მცირე ჯგუფების დონეზე.

ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ ორგანიზაციის, როგორც სოციალურ-ტექნიკური სისტემის ცნება დაკავშირებულია სხვა ცნებასთან – რთული ორგანიზაცია. რთული ორგანიზაცია არის მსხვილი მრავალმიზნობრივი, მრავალდონიანი და მრავალპროფილიანი საქმიანი (კომერციული და საწარმო) ორგანიზაციის მოდელი, რომელიც შედგება რამდენიმე შედარებითი ავტონომიური ქვეგანყოფილებისგან, რომელთაგან თითოეული შეიძლება განვიხილოთ როგორც დამოუკიდებელი ორგანიზაცია, მოქმედი განუსაზღვრელობის პირობებში (ნახ. 20).

ყველაზე სრული წარმოდგენა რთული ორგანიზაციის ბუნების შესახებ ჩამოყალიბდა სიტუაციური მიდგომის წარმომადგენლობის მიერ. ასეთ ორგანიზაციადად ისინი თვლიან თანამედროვე მსხვილ მრავალელებმენტთან კომერციულ, საწარმოო და სერვისულ ორგანიზაციებს, რომლებიც მოქმედებენ მაღალი განუსაზღვრელობის სიტუაციაში და გამოირჩევიან სტრუქტურის სირთულით. ამ კონცეფციებში თანამედროვე ორგანიზაციების აგებულების სირთულე უკავშირდება გარემოს გარკვეულ თვისებას, რომელიც ერთდროულად არის სხვადასხვაგვარი რესურსების და ორგანიზაციების წყარო, რომლებიც აკონტროლებენ მათ განაწილებას, და რომლებთანაც ორგანიზაცია თანამშრომლობს ან კონკურენციას უწევს.



ნახ. 20. ორგანიზაციის რთული ბუნების სქემური აღწერა

რთული ორგანიზაციები გამოდიან როგორც ღია მრავალეშემენტიანი სისტემები, რომლებიც მოქმედებენ მაღალი განუსაზღვრელობის სიტუაციაში. თანამედროვე საქმიანი ორგანიზაციების გაგება როგორც რთული სისტემებისა, ეფუძნება მათში ორი პროფესიული ჯგუფის და იმ ორი ტიპის ქვეგანყოფილების გამოყოფას, პირობების ხასიათის, ტექნოლოგიებისა და ფუნქციონირების პრინციპების მიხედვით: ტექნიკური ბირთვი და ბუფერული ქვეგანყოფილებები. ისინი პირველ რიგში, განსხვავდებიან გარემოს ზემოქმედების მიმართ გახსნილობის ხარისხით.

არსებობს რთული ორგანიზაციების სხვა მოდელი, რომელმაც „კომპლექსური ორგანიზაციის“ სახელწოდება მიიღო. კომპლექსური ორგანიზაციების აგებულების სირთულე და ფუნქციონირების ლოგიკა აღიწერება გარემოს ჰეტეროგენულობის (არაერთგვაროვნების) მახასიათებლების საშუალებით. ამ კონცეფციის ძირითადი იდეა იმაში მდგომარეობს, რომ თითოეული ქვეგანყოფილება ურთიერთქმედებს გარემოს საკუთარ სეგმენტთან და ამისათვის გამოიმუშავებს საკუთარ მეთოდებს, ტექნოლოგიებსა და სტრუქტურას. საბოლოოდ, ამას მივყავართ სამი მსხვილი და შედარებით ავტონომიური წარმონაქმნის ფორმირებამდე ერთიანი ორგანიზაციის ფარგლებში:

- განვითარების განყოფილება;
- წარმოების განყოფილება;
- რეალიზაციის განყოფილება.

ქვეგანყოფილების დიფერენციაციის ხარისხი მოცემული წარმოქმნების შიგნით გარემოს განუსაზღვრელობის დონის პროპორციულია. ასეთი ორგანიზაციების დამახასიათებელი ნიშანია სხვადასხვა ქვეგანყოფილებებს შორის ინტეგრაციის უზრუნველყოფისა და კონფლიტების გადაჭრის პრობლემა. ამ დროს, რაც უფრო მაღალია ორგანიზაციის სტრუქტურული დიფერენციაციის დონე, მით მეტი დამატებითი სახსრებია საჭირო მისი ინტეგრაციისთვის. რთული ორგანიზაციების ტიპური მაგალითია ორგანიზაცია, რომელიც ითვისებს საქმიანობის სამ განცალკევებულ ტიპს:

- ექსპერიმენტულ-საცდელი დამუშავება;
- საწარმოო ოპერაციები;
- პროდუქციის გასაღება.

საქმიანობის თითოეული სახეობა დაკავშირებულია შედარებით დამოუკიდებელი და განცალკევებული ქვეგანყოფილებების ფუნქციონირებასთან, რომელსაც სათავეში უდგას ტექნოლოგ-სპეციალისტი და თითოეული ქვეგანყოფილება იყენებს

საკუთარ ტექნოლოგიებს და პროფესიონალთა ტიპებს.

დაბოლოს, რთულ ორგანიზაციაზე წარმოდგენების ჩამოყალიბების შედეგად გადახედული იყო დებულება ორგანიზაციაზე როგორც სისტემურ მთლიანობაზე, ორგანიზაციის და გარემოს ბალანსის მაღალი დონის მიღწევას, შიგა წონასწორობის და ინტეგრაციის, მიღწევის შესახებ, და აგრეთვე ეჭვის ქვეშ არის დაყენებული ორგანიზაციის ერთიანი სტრატეგიის, ერთიანი ორგანიზაციული კულტურის და მორალის შემუშავების შესაძლებლობა, და დასაბუთებულია ნაწილობრივი ორგანიზაციული ბალანსის და არამდგრადი ორგანიზაციული წონასწორობის ცნება, რთული ორგანიზაციის სხვადასხვა ნაწილებს შორის.

4.6. წყლის გამწმენდი სადგურის ორგანიზაცია,

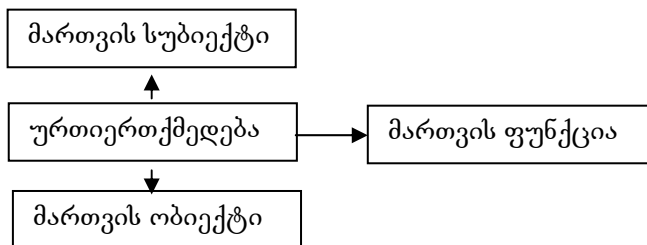
როგორც მართვის ფუნქციის სისტემა

სიტყვა **ფუნქცია** (ლათ. *functio* – შესრულება, საქმიანობა) რიგი განსხვავებული მნიშვნელობები აქვს: საქმიანობა, ვალდებულება, მუშაობა, დანიშნულება. მათემატიკაში – დამოკიდებული ცვლადი სიდიდე ანუ სიდიდე, რომელიც იცვლება სხვა სიდიდის, არგუმენტის ცვლილებების მიხედვით; ბიოლოგიაში – ორგანოს სპეციფიკური მუშაობა და ზოგადად ორგანიზმის მოქმედება. რაც შეეხება მართვას, არ არსებობს ერთიანი შეხედულება სპეციალისტთა შორის იმ საკითხზე, თუ რა მმართველობითი სახისაა ეს ფუნქცია.

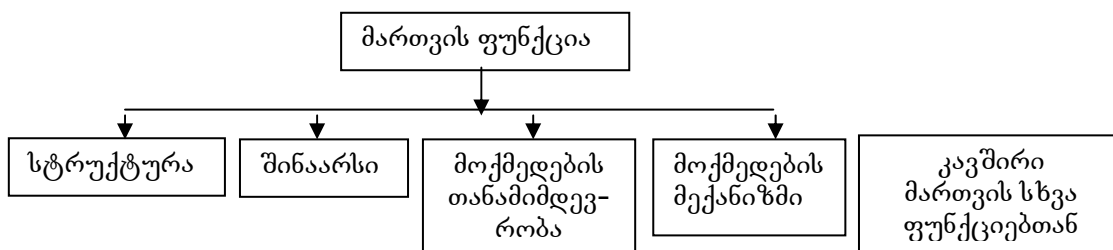
მართვის ფუნქციებად ითვლება სპეციალიზებული მმართველობითი საქმიანობის განსაკუთრებული სახეობები, რომლებიც გამოიყო მმართველობითი მუშაობის დაყოფის პროცესში. მართვის ფუნქციები ახასიათებს მართვის ობიექტის და სუბიექტის ურთიერთქმედების ამა თუ იმ აქტივობას (უპირატესად სუბიექტის ზემოქმედებას ობიექტზე). ეფექტური და სრულყოფილი მართვისთვის მათ უნდა შექმნან ერთიანი კომპლექსი, რომელიც ახასიათებს მართვის სუბიექტის და ობიექტის ურთიერთქმედების მთელ სპექტრს (ნახ. 21).

ამ ქვეთავის დასაწყისში უკვე აღინიშნა, რომ მართვის ფუნქციები – მმართველობითი საქმიანობის შედარებით დამოუკიდებელი, სპეციალიზებული და განკერძოებული სახეობებია. ასეთად რომ ჩაითვალოს, მართვის ფუნქციას უნდა ჰქონდეს მკაფიოდ გამოხატული შინაარსი, მისი განხორციელების დამუშავებული მექანიზმი, მოქმედებების თანამიმდევრობა, გარკვეული სტრუქტურა, რომლის

ფარგლებში სრულდება მისი ორგანიზაციული განკერძოება და სხვა ფუნქციებთან კავშირის გარკვეული რგოლი (ნახ. 22).

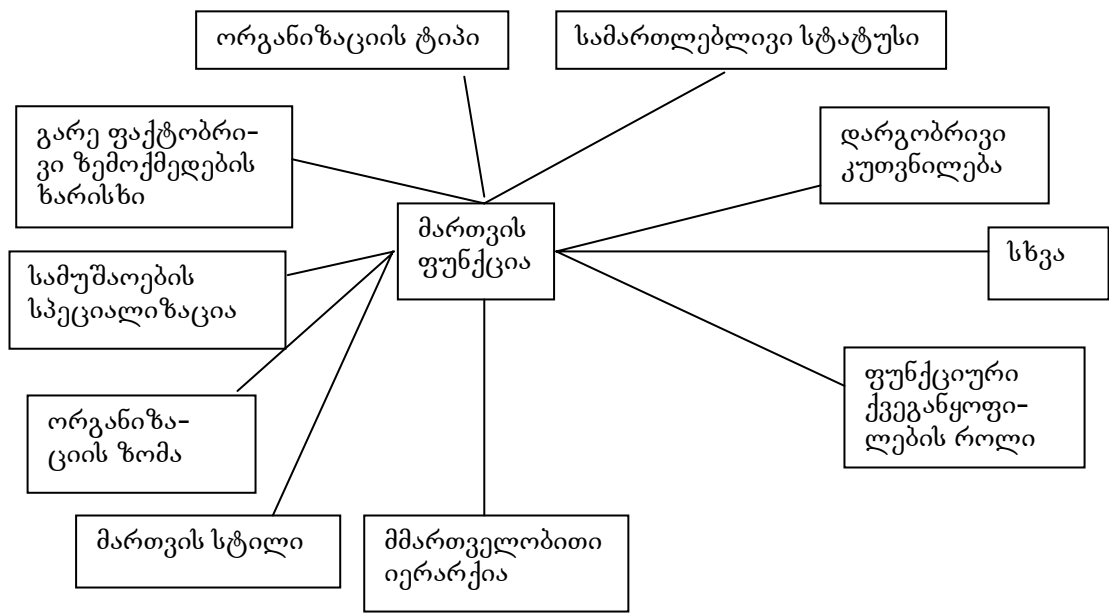


ნახ. 21. ურთიერთქმედების ერთიანი კომპლექსი



ნახ. 22. მართვის ფუნქციების სტრუქტურა

მართვის ფუნქციებს ერთ-ერთი ცენტრალური ადგილი უკავია მმართველობით საქმიანობაში, ქმნიან მართვის მთელ პროცესს და განსაზღვრავენ მმართველობითი საქმიანობის სპეციფიკური სახეობების მდგრად შემადგენლობას, რაც ხასიათდება მიზნების, მოქმედებების ან მათი ზემოქმედების ობიექტების ერთგვაროვნებით. ისინი ახასიათებენ მმართველობითი მუშაობის ზოგად ამოცანებს და მიმართულებებს, რომელთა შემადგენლობა და შინაარსი ყველაზე ნაკლებად არის დამოკიდებული კონკრეტული ორგანიზაციის სპეციფიკაზე (მის დარგობრივ კუთვნილებაზე, ზომებზე, ორგანიზაციულ-სამართლებრივ ფორმაზე და ა.შ.), დონეზე მმართველობითი იერარქიაში (ხელმძღვანელობის უმაღლესი, საშუალო ან დაბალი დონე), ორგანიზაციის ფუნქციური ქვეგანყოფილებების როლზე (წარმოება, მარკეტინგი, ფინანსები, კადრები), ორგანიზაციის ტიპზე (კომერციული, ადმინისტრაციული, საზოგადოებრივი, საგანმანათლებლო და ა. შ.) და მთელ რიგ სხვა ფაქტორებზე (ნახ. 23).



ნახ. 23. მართვის ფუნქციის დიფერენციაცია ორგანიზაციული ქვეგანყოფილებების სახით

მართვის ფუნქციის დიფერენციაცია საშუალებას იძლევა გამოვეყნოთ მმართველობითი საქმიანობის ცალკეული ამოცანები და სახეობები, მოვახდინოთ მათ განხორციელების რაციონალური წესებისა და პროცედურების რეგლამენტირება.

მართვის განხილვა, როგორც ურთიერთდაკავშირებული ფუნქციების ერთობლიობის და პროცესისა, უზრუნველყოფს მართვის სხვადასხვა სკოლების სინთეზს და სხვადასხვა მიდგომების რეალიზების შესაძლებლობას მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღებისას.

ადმინისტრაციული მართვის სკოლის წარმომადგენლებმა აღწერეს მენეჯერის ფუნქციები, მაგრამ მათ ისინი განიხილეს როგორც ერთმანეთისგან დამოუკიდებელი. მაგრამ პროცესული მიდგომის ავტორები, პირიქით, თვლიან მათ ურთიერთდაკავშირებულად. მათი აზრით, მართვა პროცესია, რადგან მუშაობა მიზნის მისაღწევად სხვა საშუალებებით არ შეიძლება იყოს ერთდროული მოქმედება. ეს, როგორც წესი, არის უწყვეტი, ურთიერთდაკავშირებული მოქმედების ერთობლიობა. ამ მოქმედებებს, რომელთაგანაც თითოეული თავისთავად არის პროცესიც, უწოდებენ მმართველობით ფუნქციებს.

მართვის სხვადასხვა კონცეფციები ითვალისწინებს მართვის ფუნქციის შემადგენლობის და შინაარსის დიდ მრავალფეროვნებას. ეს ფუნქციები, თავის არსით, ისე-

თივე ხნოვანია, როგორც თვით საზოგადოება, რომელმაც თავისი ისტორიის განმავლობაში გაიარა გზა საზოგადოების არსებობის პირობების ინტუიციური, ნახევრად გაცნობიერებული უზრუნველყოფიდან მეცნიერულად დასაბუთებულ მართვამდე.

მართვის ფუნქციებს უნივერსალური ხასიათი აქვს ანუ გამოყენებადია მართვის ნებისმიერი ობიექტის მიმართ (ნახ. 24).



ნახ. 24. მართვის ფუნქციების გამოყენების უნივერსალური ხასიათი

მართვის ფუნქციის გამოყენების უნივერსალობა ვლინდება ნებისმიერი სოციალურ-ტექნიკური პროცესების და სისტემების მიმართ. ასე, მაგალითად, სრულიად დასაშვებია ვილაპარაკოთ ორგანიზაციის შიგნით ოპერატიული მართვის კონტროლზე, მატერიალური მარაგის მოძრაობის აღრიცხვაზე და ა.შ.

მეორე, მართვის ფუნქციები თავად გამოყენებადია მართვის ფუნქციების მიმართაც როგორც საქმიანობის სპეციალიზებულ სახესთან. მაგალითად, ღრმა შინაარსი აქვს საწარმოო საქმიანობის კონტროლის ორგანიზების ცნებას, საქონლის მარაგის აღრიცხვის დაგაგმვას და ა.შ. ამ შემთხვევაში პირველი ცნება ახასიათებს მიზნის ვარაუდს, სისტემის წარმოქმნას, მეორე – საქმიანობის შინაარსობრივ ხასიათს. კონტროლის ორგანიზება პირველ რიგში გულისხმობს იმას, რომ კონტროლს უნდა ჰქონდეს გარკვეული ორგანიზაციული ფორმები, ხასიათდებოდეს გარკვეული სტრუქტურული ფორმებით.

მესამე, მართვის ფუნქციები გამოიყენება თვითონ მართვის პროცესისა და მართვის სისტემის მიმართაც, რითაც ხაზგასმით აღინიშნება მათი მიზნობრივი მიმართულება. მაგალითად, მართვის ორგანიზება გულისხმობს მართვის სრულიად

განსაზღვრული ორგანიზაციული ფორმების ჩამოყალიბებას როგორც პროცესის, ასევე სისტემისთვისაც, სტრუქტურული ელემენტების შემუშავებას, მთლიანობის, ორგანულობის, ურთიერთკავშირის და სხვა თვისებების მართვის, კვლევისა და უზრუნველყოფის ოგანოებისთვის დასაბუთებული უფლებებით და პასუხისმგებლობით.

მართვის ფუნქციები ყოველთვის კომპლექსურად გამოიყენება მმართველობითი საქმიანობის მთელ სპექტრში . ამასთან დაკავშირებით არასწორია ის აზრი, რომ მართვის ესა თუ ის ფუნქცია მეტ-ნაკლები მნიშვნელობისაა, რომელმაც ღროის ამა თუ იმ მომენტში, ამა თუ იმ გარემოებაში მართვის სხვადასხვა ფუნქცია შეიძლება შეიძინოს. მართვის ფუნქციებს შორის არ არის ხისტი და ერთმნიშვნელოვანი საზღვრები. მმართველობითი საქმიანობის ერთმა და იმავე სახემ შეიძლება გამოავლინოს მართვის ორი ან მეტი ფუნქციის ნიშნები და მათი მჭიდრო ურთიერთგადაკვეთა. ამასთან ერთად, ბევრ პრაქტიკულ შემთხვევაში მართვის ფუნქციის გაგება, როგორც მმართველობითი საქმიანობის ზოგიერთი „ტექნოლოგიური ზღვრისა“, საკმაოდ მნიშვნელოვანია, რადგან თითოეული ფუნქციის ფლობა მოითხოვს ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალის საკმაოდ განსაზღვრულ პროფესიულ თვისებებს. ასე მაგალითად, ოპერატიული მართვის და კონტროლის ფუნქციის პროფესიული ფლობა ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალისაგან მოითხოვს ორგანიზატორული საქმიანობისგან განსხვავებულ თვისებებს.

4.7. ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმაღელის გამწმენდ სადგურში რეაგენტის დოზის მიცემის (გახარჯვის) სიხშირის განსაზღვრა ნედლი წყლის ხარისხის (გამჭვირვალობის) შესაბამისად წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის საიმედოობის ამაღლების მიზნით

წყალმომარაგების თანამედროვე სისტემების ეფექტური ფუნქციონირება შეუძლებელია ავტომატიზებული სისტემების დანერგვის გარეშე. ეს კი, თავის მხრივ, მოითხოვს ამ დარგში როგორც ინჟინერ-ტექნიკური მუშაკების, ასევე ტექნოლოგიური პროცესების და მოქმედი ნაგებობების ფუნქციონირების რეჟიმების საიმედოობის ამაღლებას.

ბუნებრივი წყლის გამწმენდი ნაგებობების ეფექტური ფუნქციონირება დამოკიდებულია არა მარტო ამ განხრით მომუშავე ინჟინერ-ტექნიკური პერსონალის გამოცდილებაზე და ნაგებობა-მოწყობილობების გამართულ მუშაობაზე, არამედ

წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის სრულყოფასა და საიმედოობის ამაღლებაზე.

ამ მიმართულებით მიღწეულია მნიშვნელოვანი შედეგები [1, 15 ÷ 37], მაგრამ მათი დანერგვა და სრულყოფა წყლის გამწმენდი ნაგებობების პრაქტიკაში მოითხოვს არა მარტო წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიურ პროცესებზე კონტროლსა და ზედამხედველობას, არამედ ოპერატიული მართვის თანამედროვე მეთოდების შემუშავებას და მათ გამოყენებას ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებათა მომზადებასა და მიღებაში.

წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესი (და არა მარტო ეს პროცესი) შეიძლება სრულყოფილ იქნას სამი ძირითადი სტადიის შესაბამისად [21] ესაა: წყლის გაწმენდის პროცესის მაქსიმალური მექანიზაცია, რომელიც მდგომარეობს ძველი მოდერნიზებული ელემენტ-ნაგებობების და მოწყობილობების ახლით შეცვლაში; პროცესის მართვაში ნაკადური მეთოდის შემოღება; ცალკეული შემდგენი პროცესების ავტომატიზაცია.

ამრიგად, აქ მოყვანილი საშუალებების დანერგვა ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიული მართვის მიზნით და თავად საწარმოო პროცესების სწორი ორგანიზაცია მართვის ობიექტთან ერთად შეადგენს ერთიან მართვის სისტემას. აღსანიშნავია, რომ მართვის სისტემის ამოცანები მდგომარეობს სათანადო ინფორმაციის მიღებასა და გადამუშავებაში ეფექტური ტექნოლოგიური პროცესის უზრუნველყოფის მიზნით. ოპერატიული მართვის პროცესში ტექნიკური საშუალებების გარდა (კონტროლის და ზედამხედველობის ხელსწყოები და მოწყობილობები) ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობის რეგლამენტის განსაზღვრა შეუძლებელია თანამედროვე მათემატიკური მეთოდებისა და მოდელირების საშუალებების გამოყენების გარეშე, რაც შემოთავაზებულია წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომში. ამ მიზნით ნელლი წყლის ხარისხთან დამოკიდებულებას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ორგანიზაციულ სრულყოფას. ამ საკითხის პრაქტიკულად გადაწყვეტა რთული საინჟინრო ამოცანაა, ვინაიდან ნელლი წყალი წყლის სეზონების მიხედვით განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებებს, რომელთა გათვალისწინება აუცილებელია წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობისას. აქ იგულისხმება ელემენტ-ნაგებობების და სხვა მოწყობილობების სამუშაო რეჟიმების (რეგლამენტის) განსაზღვრა.

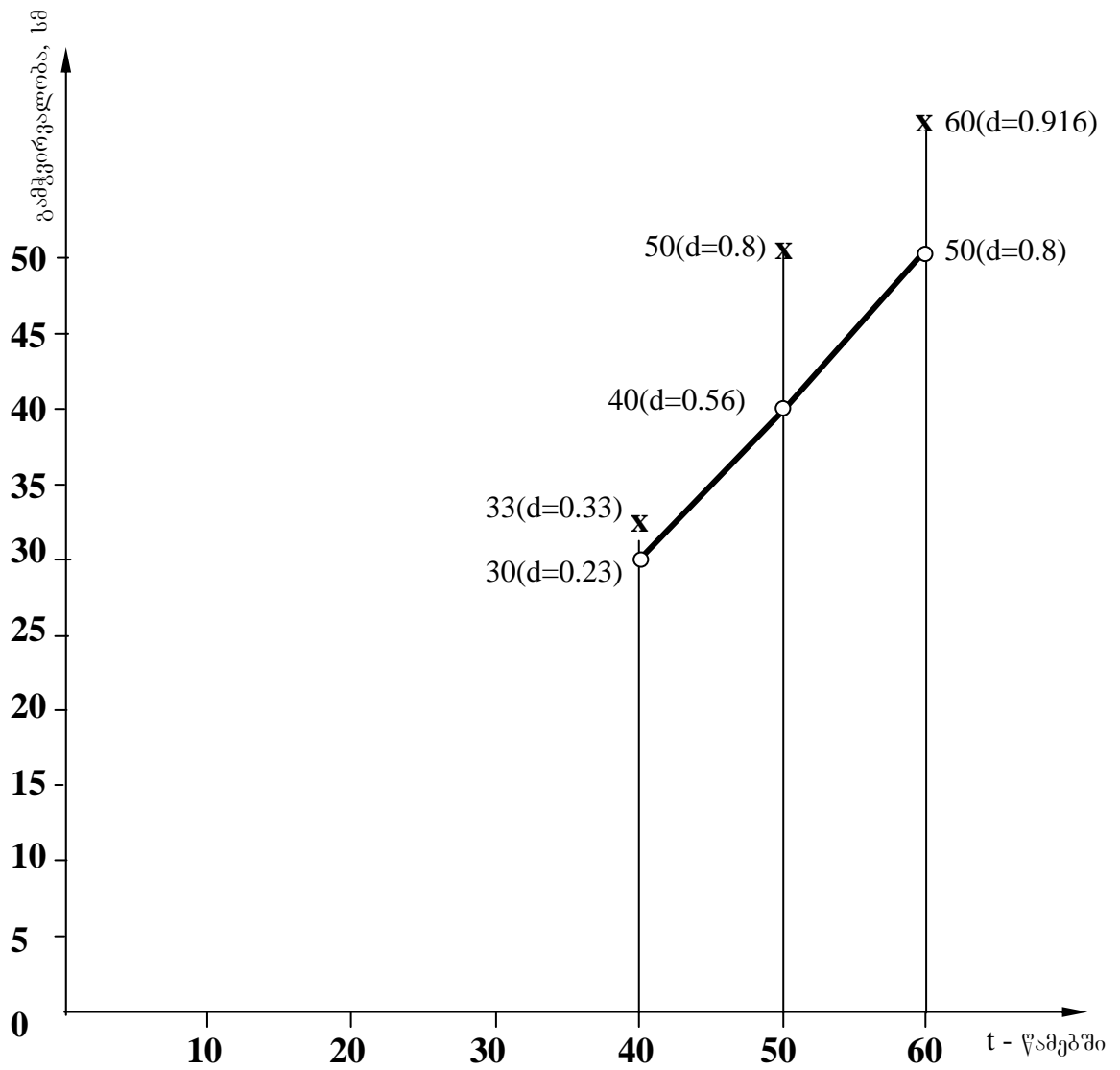
ამ მიმართულებით მეცნიერულ ინტერესს შეადგენს გამწმენდ სადგურში 1 ლ რეაგენტს ღოზის გახარჯვის სიხშირის განსაზღვრა ნედლი წყლის ხარისხის (გამჭვირვალობის) შესაბამისად. რეალურ პირობებში ღრმადელის გამწმენდი სადგურის ოპერატორ-სადისპეტჩერო პერსონალი ამ საკითხს წყვეტს ინტუიციურად, გამოცდილების საფუძველზე, რაც თავისთავად დაკავშირებულია გარკვეულ სუბიექტურ ცდომილებებთან.

ღრმადელის გამწმენდ სადგურში ნედლი წყლის ხარისხის (გამჭვირვალობის) ცვალებადობასთან დამოკიდებულებით ჩვენ მიერ განისაზღვრა რეაგენტის ($Al_2(SO_4)_3$) გახარჯვის სიხშირე, რომლის მიხედვით ოპერატიულ პერსონალს საშუალება ეძლევა გადაწყვეტილება მიიღოს არა მარტო გამოცდილების საფუძველზე, არამედ შედგენილი დესკრიფციული მოდელის გამოყენებით. შედგენილ მოდელს ექნება შემდეგი სახე:

$$d_{\text{ნ.გამჭ}} = \exp\left[-\exp\left(3,205 - 0,094_{\text{ნ.გამჭ}}\right)\right].$$

ეს მოდელი შეიძლება რეკომენდებულ იქნას ოპერატიული პერსონალისთვის გადაწყვეტილებათა მიღების მიზნით 1 ლ რეაგენტის ($Al_2(SO_4)_3$) ერთ წუთში გახარჯვის ინტენსივობის განსაზღვრის მიზნით. ნედლი წყლის ხარისხის (გამჭვირვალობის) შესაბამისად წლის ნებისმიერი სეზონის მიხედვით (მათ შორის, როდესაც აღინიშნება ნედლი წყლის გამჭვირვალობის ხარისხის დაქვეითება).

25-ე ნახ-ზე მოყვანილია 1 ლ რეაგენტის $Al_2(SO_4)_3$ ერთ წუთში გახარჯვის ინტენსივობის დიაგრამა ნედლი წყლის ხარისხის (გამჭვირვალობის) ცვალებადობასთან დამოკიდებულებით. შესაბამისად, მოყვანილია ოპერატიულ-სადისპეტჩერო გადაწყვეტილებათა მიღების ხარისხობრივ-სიტუაციურ მდგომარეობათა შეფასებები ნედლი წყლის ნებისმიერ ხარისხთან დამოკიდებულებით:



ნახ. 25. 1 ლ რეაგენტის $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ერთ წუთში გახარჯვის სიხშირის ცვალებადობის გრაფიკი ნედლი წყლის (გამჭვირვალობის) ხარისხთან დამოკიდებულებით

დასკვნა – თეორიული და პრაქტიკული შედეგები

სადისერტაციო ნაშრომში შემუშავებულია წყალმომარაგების სისტემის გამწვანების სადგურებში (როგორც სოციალურ-ტექნიკურ და ორგანიზაციულ სისტემებში) წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისა და ნორმალური ფუნქციონირების შენარჩუნების სისტემური მიდგომა, კერძოდ:

1. წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მათემატიკური აღწერის მიზნით გამოყენებული იქნა “არამკაფიო ლოგიკური რეგულატორის” პრინციპი, რომლის საფუძველზეც გადაწყდა წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ძნელად ფორმალიზებადი საინჟინრო ამოცანა;

2. დამუშავდა წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი პროცესგანმაპირობებელი ფაქტორების (პარამეტრების) ცვალებადობის საკონტროლო რუკების აგების მეთოდოლოგია, რომლის საფუძველზეც შედგენილ იქნა (სამგორის გამწვანდი სადგურის მაგალითზე) წყლის ხარისხის მახასიათებელ პარამეტრების საშუალოთა და გაბნევის ცვალებადობის საკონტროლო რუკები, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტური ზედამხედველობის და კორექციის განხორციელების მიზნით;

3. შედგენილ იქნა წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვისათვის წყლის ხარისხის დიფერენციული და ინტეგრირებული შეფასება-პროგნოზირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები ქ. თბილისის წყალსადენის ღრმაღელისა და სამგორის გამწვანდი სადგურების მაგალითზე;

4. ქ. თბილისის ღრმაღელის გამწვანდი სადგურისათვის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის გადაწყვეტილებების მისაღებად შემუშავდა 1 ლ რეაგენტის გახარჯვის სიხშირის წუთში ხარისხობრივი შეფასების დესკრიფციული მოდელი, რომელიც ნედლი წყლის ხარისხთან (გამჭვირვალობასთან) დამოკიდებულებით განსაზღვრავს რეაგენტის დოზირების სათანადო სიხშირის მიზანშეწონილობას;

5. შემუშავებული მეთოდოლოგია შეიძლება გამოყენებულ იქნას საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების სისტემების გამწვანების სადგურებში წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ეფექტურობის გაზრდის მიზნით.

ლიტერატურა

1. Цихелашვილი З.И., Прангишвили А.И., Чхенкели Б.Дж. Основы построения интеллектуальных систем управления пространственно-временными сетевыми потоками. Мецниереба, под редакцией академика В.В. Чавчанидзе, Тбилиси, 1997, 261 с.
2. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. М.: Строиздат, 1982, 432 с.
3. გ. ჯერენაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ა. გრიგოლიშვილი. წყლის მიწოდების სისტემებში ნაკადგანაწილების მართვის და სცენარების სიტუაციური ანალიზის მათემატიკური მოდელები. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტის, ა. ფრანგიშვილის რედაქციით. თბილისი, მეცნიერება. 225 გვ.
4. ზ. ციხელაშვილი, ბ. ჩხენკელი, ა. გრიგოლიშვილი. წყალმომარაგების მართვის ავტომატიზებული სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის განსაზღვრა ევოლუციური დაგეგმვის მეთოდით // საერთაშორისო კონფერენციის „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“ სამეცნიერო შრომები, თბ., 1996, გვ. 73-74.
5. ლ. კლიმაშვილი, ი. ციხელაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი. წყალმომარაგების მართვის ავტომატიზებული სისტემის საპროექტო აგების მეთოდოლოგიური მიდგომის ზოგიერთი ასპექტი // საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები №4(443). თბილისი 2002, გვ. 77-79.
6. Кикачеишвили Г.Е., Суворов А.А., Климиашвили Л.Д. Методологические основы анализ оценки и прогнозирования надежности систем водоснабжения. Тбилиси: Техинформ, 1991. 195 с.
7. Прангишвили А.И., Чхенкели Б.Дж., Цихелашვილი З.И. Нечеткие модели в управлении технологическим процессом водообеспечения систем водоснабжения // Georgian engineering news, №1 март, 1999, с. 47-50.
8. Прангишвили А.И., Чхенкели Б.Дж., Цихелашვილი З.И. Компьютерная поддержка принятия решений в системах водоснабжения // Georgian engineering news, №1 март, 1999, с. 43-46.
9. ზ. ციხელაშვილი. წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ეფექტური კონტროლისა და რეგულირების პრინციპების დამუშავება ინტელექტუალური სისტემების ბაზაზე. ავტორეფერატი ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად სპეციალობით: 05.23.04 – წყალმომარაგება, კანალიზაცია, წყლის რესურსების დაცვის სისტემების მშენებლობა, თბილისი, 1995.
10. გ. ჯერენაშვილი. წყლის მიწოდების სისტემებში ნაკადგანაწილების მართვის ეფექტური მეთოდების დამუშავება. ავტორეფერატი ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად სპეციალობით: 05.23.04 – წყალმომარაგება, კანალიზაცია, წყლის რესურსების დაცვის სისტემების მშენებლობა, თბილისი, 1999.

11. ბ. ჩხენკელი. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ხარისხის შეფასებისა და პროგნოზირების მეთოდის დამუშავება. ავტორეფერატი ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად სპეციალობით: 05.23.04 – წყალმომარაგება, კანალიზაცია, წყლის რესურსების დაცვის სისტემების მშენებლობა. თბილისი, 1999.

12. შ. ციხელშვილი. წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ოპერატიული რეჟიმების დადგენა პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე. ავტორეფერატი ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად სპეციალობით: 05.23.04 – წყალმომარაგება, კანალიზაცია, წყლის რესურსების დაცვის სისტემების მშენებლობა. თბილისი, 2005.

13. გ. ვერულავა. წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის საიმედოობის ამაღლების ეფექტური ორგანიზაციულ-ტექნიკური და მართვითი სქემების დამუშავება. ავტორეფერატი ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად სპეციალობით: 05.23.04 – წყალმომარაგება, კანალიზაცია, წყლის რესურსების დაცვის სისტემების მშენებლობა. თბილისი, 2006.

14. Автоматизированные системы управления предприятия /Под. ред. В.Н. Четвенникова. М., 1979.

15. Боронихин А.С., Гризак Ю.С. Основы автоматизации производства и контрольно-измерительные приборы на предприятиях промышленности строительных материалов, М., 1974.

16. Бородин Н.Ф., Кириллин Е.И. Тиристорные устройства в системах управления процессами обработки воды. Киев, 1982.

17. Бочкарев Я.В., Овчаров Е.Е. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов в гидромеханизации. М., 1981.

18. Беляев Г.Б., Кузищин В.Д., Смирнов Н.Н. Технические средства автоматизации в теплоэнергетике. М., 1982.

19. Вихман Е.И. Автоматическое управление фильтрами с использованием бесконтактных магнитных элементов. - Водоснабжение и санитарная техника, 1966, №6.

20. Гаврилов И.В., О.Т., Иванюшин Г.И. Элементы автоматического дистанционного контроля и управления на Люблинской станции аэрации. - М.: Из-во МКХ РСФСР, 1959.

21. Емельянов А.И., Капник О.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М., 1983.

22. Ивашенко Н.Н. Автоматическое регулирование. М., 1978.

23. Карпов Ф.Ф., Козлов В.Н., Лоодус О.Г. Автоматизация насосных установок. М., 1961.

24. Киблицкий В.А. Системы управления с бесконтактными логическими элементами. М., 1976.
25. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М., 1960.
26. Лобачев П.В., Шевелев Ф.А. Расходомеры для систем водоснабжения и канализации. М., 1976.
27. Меклер В.Я., Раввин Л.С. Основа автоматизации санитарно-технических устройств. М., 1974.
28. Мясковский Н.Г. Тепловой котнрль и автоматизация тепловых процессов. М., 1978.
29. Пантаев Н.Ф., Дианов В.Г. Основы теории автоматического регулирования и авторегуляторы. М., 1970.
30. Патеюк В.М. Автоматическое управление процессами биологической очистки стчных вод. - Водоснабжение и санитарная техника, 1983, №3.
31. Попкович Г.С., Кузьмин А.А. Автоматизация систем водоснабжения и канализации. М., 1986.
32. Попкович Г.С. Основы автоматики и автоматизации водопроводно-канализационных сооружений. М., 1975.
33. Попкович Г.С. Автоматизация и диспетчеризация систем водоснабжения и канализации. М., 1978.
34. Попкович Г.С., Репин Б.Н. Системы аэрации сточных вод. М., 1986.
35. Полоцкий Л.М., Лапшенков Г.Н. Автоматизация химических производств. М., 1982.
36. Смирнов Д.Н. Автоматическое регулирование процессов очистки сточных и природных вод. М., 1974.
37. Стефани Е.П. Основы построения АСУТП. М., 1982.
38. Чхеидзе Н.В. Массообменные процессы в ламинарном потоке в ячейках электродиализного аппарата. „Georgian Engineering News“, Тбилиси, №1, 2000.
39. Чхеидзе Н.В. Разработка процесса и создание судовой установки для минерализации дистилата электродиализа. „Georgian Engineering News“, Тбилиси, №1, 2000.
40. Чхеидзе Н.В. Гидродинамические исследования турбулизаторов электродиализных аппаратов. Тбилиси, Интеллект 1(7), 2000.

41. Чхеидзе Н.В. Создание типо-ряда обессоливающих и опреснительных электродиализных установок. Тбилиси, Интеллект 1(7), 2000.

42. Chkheidze N.V. Investigation of Flow Turbulation effect on mass exchange process in electrodialysis apparatus cells. „Georgian Engineering News”, Tbilisi, №3, 2000.

43. Chkheidze N., Kurtshalia Ts., Enukidze N. Development of technological process for obtaining drinking water from mineralized waters by means of membrane technology. IWM Pecalty Conference; Water Environment membrane technology. 2004, Vol. 4. p 1239-1244. Seul Korea.

44. Чхеидзе Н.В., Бурджанадзе Д.Г., Енукидзе Н.Е., Курцхалия Ц.С. Применение кавитационных процессов в электродиализе жестких вод. „Georgian Engineering News”, Тбилиси, №4, 2004.

45. Чхеидзе Н.В., Курцхалия Ц.С. К определению допустимой величины кальциевой жесткости при электродиализе минерализованных вод с одновременным концентрированием. „Georgian Engineering News”, Тбилиси, №4, 2004.

46. Чхеидзе Н.В., Енукидзе Н.Е., Курцхалия Ц.С., Парцвания Д.А., Симония З.Ш. Автоматизированная система для исследования динамики процесса электродиализа. „Georgian Engineering News”, Тбилиси, №4, 2004.

47. Методы анализа и очистки природных и сточных вод. (Сб. статей). Институт химии, Респ. межотраслевой научно-технический совет по проблемам "Бессточные технологии", под. ред. А.Г. Мадин, Кишинев, Штиница, 1985.

48. Журба М.Г. и др. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений, т. 1, 2003 (288 с.), т. 2, 2004 (256 с.).

49. Дмитриев В.Д., Коровин Д.А. и др. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. Справочник. Ленинград, Строиздат, 1988, 283 с.

50. ი. ციხელაშვილი. წყალმომარაგების ზედაპირული წყაროების დაბინძურების ინგრედიენტული მონიტორინგის მეთოდოლოგიური საფუძვლები. ავტორეფერატი ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად სპეციალობით: 05.23.04 - წყალმომარაგება, კანალიზაცია, წყლის რესურსების დაცვის სისტემების მშენებლობა. თბილისი, 2005.

51. ი. ციხელაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, მ. მჭედლიძე. წყალმომარაგების ზედაპირული წყაროების დაბინძურების ხარისხობრივი შეფასება-პროგნოზირების დესკრიფციული მოდელების შედგენა. ეკოლოგიის პრობლემები. სტუ-ს UNESCO-ს გარემოსდცვითი კათედრა, საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია, რ. ხუროძის და მ. ციციშვილის რედაქტორობით. ISSN 1512-1976. თბილისი, 2006, გვ. 173-200.

52. Дж. Ван Гиг. Прикладная общая теория систем., т. 2, Пер. с англ. Б.Г. Сушкова, В.С. Тпехкина, изд. "Мир", М., 1981, 730 с.

54. Дж. Клир. Системология. Автоматизация решения системных задач. Пер. с англ. М.А. Зуева. Под. ред. А.Н. Горлина. М., "Радио и связь", 1990, 536 с.
55. Грузер М., Зимморе Э. САПР и автоматизация производства. Пер. с англ. О.О. Белоусова и др. Под ред. Е.К. Масловского, М., "Мир", 1987, 518 с.
56. Гнусн Н.П. и др. Электроионитное опреснение и концентрирование водных растворов. Ж. Прикладная Химия, 1968, т. 41, №11.
57. Гребенюк В.Д. Электродиализ. Киев, "Техника", 1976.
58. Гребенюк В.Д. Электрдиализное опреснение природных вод. Ж. Всесоюзного химического обществ им. Д.И. Менделеева, т. XXXII, №6, 1987.
59. Гребенюк В.Д. и др. Ж. Прикладная химия. Т. 52, №6. 1979, с. 1262-1266.
60. Гребенюк В.Д. и др. Деминерализция шахтой воды электродиализом. Ж. Химия и технология воды 7, №1, 1985, с. 39-42.
61. Гребенюк В.Д. Опреснение холодных шахтных вод с избирательным концентрированием хлорида натрия. Ж. Химия и технология воды 1, №1, 1979, с. 60-62.
62. Деминерализация методом электродиализа. Под ред. Уилсона Дж. "Атомиздат", М., 1963.
63. Дитнерский Ю.Д., Кочарев Р.Г. Некоторые проблемы теории и практики использования баромембранных процессов. Ж. Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева, т. XXXII, 6, 1987, с. 607.
64. Жуков И.И. и др. Электрокинетические свойства капиллярных систем. М., 1956.
65. Колодин М.В., Дыхно А.В. и др. Современные методы опреснения воды. "Блмы", Ашхабад, 1967.
66. Колодин М.В., Мент-Курбанов С., Милонов В.В. Исследование опреснения соленых вод замораживанием бутанов. Ж. "Водоснабжение и санитарная техника", 1969, №11, с. 1-4.
67. Коркин А.М. "Выбор перспективных технических решений в облсти обессоливания минерализованных шахтных вод". Труды НИОСГОЛЬ, Пермь, 1990.
68. Корченский Я.С., Рывлина М.С. и др. Системы бытовой пресной воды для малых и средних рыбопромысловных судов. Ж. "Судостроение", Л., 5, 1977.

69. Кульский Л.А., Дль В.В. Чистая води и перспективы ее сохранения. "Наукова думка", Киев, 1978.
70. Кульский Л., Гребенюк В.Д., Савчук С.С. Электрохимия в процессах очистки воды, Киев, "Техника", 1987.
71. Ласкорин Б.Н., Смирнова Н.М., Гантман М.Н. Ионообменные мембраны и их применение. "Госатомиздат", М., 1961.
72. Лебедь Н.Г. О распределении продольных скоростей в турбулентном програничном слое. "Труды НКИ", Николаев, 102, 1975.
73. Правил охраны поверхности вод от загрязнения сточными водами. М., из-во Минводхоза СССР, 1975, с. 38.
74. Салдадзе К.М., Балвадзе Э.М., Чхеидзе Л.Л. Сборник "Ионообменные мембраны в электродиализе", Химия, Л., 101, 1970.
75. Салдадзе К.М., Балвадзе Э.М., Сборник "Ионообменные мембраны в электродиализе", Химия, Л., 213, 1970.
76. Салдадзе К.М., Балвадзе Э.М., Сборник "Ионообменные мембраны в электродиализе", Химия, Л., 104, 1970.
77. Салдадзе К.М. Мембранно-сорбционная технология разделения веществ - достижение века. Тезисы докладов Всесоюзной конференции в Батуми "Мембранно-сорбционные процессы разделения веществ и их применение в народном хозяйстве. Из-во ОНИИТЭХИМ, г. Черкассы, 1988.
78. Сирикбаева С.М., Шостак Ф.Т., Ласкорин Б.Н. Сборник "Ионообменные мембраны в электродиализе", Химия, Л., 1970.
79. Чхеидзе Н.В., Рындя Н.В. Профилирование подводящих и отводящих коллекторов для равномерного рспределения потока в электродиализных опреснительных аппаратов. Труды НКИ, вып. 142, г. Николаев, 1978, с. 13-17.
80. Балавадзе Э.М., Чхеидзе Н.В., Шаповалов С.В., Салдадзе К.М., Лебедь Н.Г. Пути совершенствования конструктории электроионитовых аппаратов. "Вопросы судостроения", сер. "Промышленная энергетика, охрана окружающей среды и энергоснабжение судов", вып. 5. Л. 1980, с. 28-35.
81. Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В., Антадзе А.И., Кахадзе А.А., Каджаия Т.А., Степанов В.Г. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №714690. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №5, 1980, приоритет 19.03. 1976.
82. Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В., Антадзе А.И., Степанов В.Г., Кахадзе А.А., Каджаия Т.А., Лебедев Н.Г. Электродиализатор. Авторское свидетельство

СССР №714691. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №5, 1980, приоритет 19.03.1976.

83. Салдадзе К.М., Антадзе А.И., Чхеидзе Н.В., Горадзе Н.П., Пантелеев Е.Ф., Коршунов А.М., Алябьев В.А. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №714692. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №5, 1980, приоритет 27.10.1977.

84. Чхеидзе Н.В., Лебедев Н.Г. Турбулизатор электродиализатора. Авторское свидетельство СССР №808094. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №8, 1981, приоритет 31.08.1978.

85. Лебедь Н.Г., Шаповалов С.В., Чхеидзе Н.В., Антадзе А.И. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №478090. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №39, 1981, приоритет 15.06.1976.

86. Лебедь Н.Г., Чхеидзе Н.В. Анализ условий повышения эффективности электродиализных опреснителей воды. "Вопросы судостроения", сер. "Промышленная энергетика, охрана окружающей среды и энергоснабжение судов", вып. 9. Л. 1982, с. 39-44.

87. Худоян П.А., Салдадзе К.М., Балавадзе Э.М., Чхеидзе Н.В., Шаповалов С.В. Впередние электродиализного аппарата "Родник-21 К" для подготовки питательной воды для котлов и опреснения морской воды. "Вопросы судостроения", сер. "Промышленная энергетика, охрана окружающей среды и энергоснабжение судов", вып. 10. Л. 1982. с. 7-12.

88. Лебедь Н.Г., Чхеидзе Н.В. К вопросу о влиянии турбулизации потока на массоперенос в аппаратах с жидкими мембранами. Тезисы докладов свесоюзной конференции "Экстракция и экстрагирования", т. 3, г. Рига, изд-во "Зинатне", 1982, с. 73-74.

89. Антадзе А.И., Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В., Пантелеев Е.Ф. и др. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №1020151. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №20, 1983, приоритет 06.04.1978.

90. Чхеидзе Н.В., Четвериков С.А., Шаповалов С.В. Определение концентрации ионов солей в ячейке электродиализного аппарата при помощи голографической интерферометрии. Тезисы доклады Всесоюзного совещания в г. Батуми "Применение электродиализа в мембрано-сорбционной технологии очистки и разделения веществ". Изд-во ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1984, с. 87-88.

91. Салдадзе К.М., Балавадзе Э.М., Чхеидзе Н.В. Исследование процесса глубокого обессоливания солоноватых вод. Тезисы докладов Всесобзного совещания в г. Батуми "Применение электродиализа в мембрано-сорбционной технологии очистки и разделения веществ". Изд-во ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1984, с.128.

92. Чхеидзе Н.В., Антдзе А.И., Салдадзе К.М. Концентрирование черноморской воды на макетном электроионитовом аппарате "Родник-21 К". Тезисы докладов Всесоюзного совещания в г. Батуми "Применение электродиализа в мембрано-сорбционной технологии очистки и разделения веществ". Изд-во ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1984, с.158.

93. Лория Л.И., Испирян А.Г., Чхеидзе Н.В. Испытание узла электродной промывки электроионитового аппарата. Тезисы докладов Всесоюзного совещания в г. Батуми "Применение электродиализа в мембрано-сорбционной технологии очистки и разделения веществ". Изд-во ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1984, с.201.

94. Чхеидзе Н.В., Антдзе А.И., Салдадзе К.М. К вопросу осадкообразования в электродных камерах электродиализатора. Тезисы докладов Всесоюзного совещания в г. Батуми "Применение электродиализа в мембрано-сорбционной технологии очистки и разделения веществ". Изд-во ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1984, с.201.

95. Балавадзе Э.М., Цейтлин И.М., Салмнов В.В., Лебедь Н.Г., Чхеидзе Н.В. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №1118389. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №38, 1984, приоритет 05.10. 1982.

96. Антдзе А.И., Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В., Е.В. Пантелеев и др. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №1066078. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений 1983, приоритет 21.10. 1981.

97. Чхеидзе Н.В., Салдадзе К.М., Антдзе А.И. и др. Электродиализатор для обработки минерализованных вод. Авторской свидетельство СССР №1154762. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №17, 1985, приоритет 10.11. 1981.

98. Салдадзе К.М., Антадзе А.И., Чхеидзе Н.В. и др. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №120711. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №47, 1985, приоритет 21.10. 1981.

99. Антадзе А.И., Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В., Горадзе Я.М. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №120448. Кл В 01Д13/02. Бюллетень изобретений №17, 1985, приоритет 10.11. 1981.

100. Каргман В.В., Лукьянова Н.Л., Бочкова Л.П., Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В. Способ очистки воды от бромидов. Авторское свидетельство СССР №1086687. Кл В 01Р1/42, В 01 Z 41/04. 1983, приоритет 14.07.

101. Бруцкс Т.К., Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В., Гуткина Е.М. Исследование основы низкоосновных полуфункциональных анионитов типа АН-22. Ж. Прикладной химии №4. 1985. 770-775 с.

102. Харебава Т.Ш., Нефедова Г.З., Чхеидзе Н.В., Балавадзе Э.М. Исследование селективности "профилированных мембран". Тезисы докладов

Всесоюзной конференции "Применение ионообменных материалов в промышленности и аналитической химии", часть 11, г. Воронеж, 1986, с. 25.

103. Гуткина Е.М., Бруцкус Т.К., Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В. Исследование емкости и основности низкоосновных анионитов типа АН-18. Журнал прикладной химии. М., №8, 1986, с. 1715-1720.

104. Кутафин С.П., Климова З.В., Салдадзе К.М., Чхеидзе Н.В., Лория Л.И. Ресурс работы гетерогенных мембран марок МК-40 и МА-40 до и после воздействия на них низких температур. Тезисы докладов Всесоюзного совещания в г. Батуми "Применение электродиализа в мембранно-сорбционной технологии очистки и разделения веществ". Изд-во ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1988, с.60-61.

105. Харебава Т.Ш., Цагарели М.Ш., Лория Л.И., Джикидзе М.Г. и др. Ресурсные испытания ионообменных мембран МК-40 и МА-40 в запредельном режиме работы аппарата. Тезисы докладов Всесоюзной конференции в г. Батуми "Мембранно-сорбционные процессы разделения веществ и их применение в народном хозяйстве". Издательство ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1988, с. 61-62.

106. Лория Л.И., Антадзе А.И., Каджаия Т.А., Чхеидзе Н.В., Балавадзе Э.М. Получение воды с удельной электрической проводимостью, соответствующей дистилляту на электродиализном аппарате. Тезисы докладов Всесоюзной конференции в г. Батуми "Мембранно-сорбционные процессы разделения веществ и их применение в народном хозяйстве". Издательство ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1988, с. 84-85.

107. Антадзе А.И., Балавадзе Э.М., Чхеидзе Н.В., Каджая Т.А., Кутафин К.М. Рекуперация кислот и оснований из рассолов на двухтрактных электродиализаторах с биполярными мембранами. Тезисы докладов Всесоюзной конференции в г. Батуми "Мембранно-сорбционные процессы разделения веществ и их применение в народном хозяйстве". Издательство ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1988, с. 129-130.

108. Салдадзе К.М., Балавадзе Э.М., Улбабянц В.А., Антадзе А.И. и др. Новые высокопроизводительные обессоливающие электродиализные установки серии ЭОЦ-Р21К. Тезисы докладов Всесоюзной конференции в г. Батуми "Мембранно-сорбционные процессы разделения веществ и их применение в народном хозяйстве". Издательство ОНИИТЭХИМ г. Черкассы, 1988, с. 156-157.

109. Антадзе А.И., Чхеидзе Н.В., Каджаия Т.А., Горазде Н.М. Электродиализатор. Авторское свидетельство СССР №1407499. Кл. В 01Д13/02. 1988, приоритет 26.12. 1986.

110. Харебава Т.Ш., Таварткиладзе И.Н., Джикидзе М.Г., Чхеидзе Н.В., Балавадзе Э.М. Оценка свойств мембран МК-40-4 и МА-41И при опреснении черноморской воды. Журнал "Цимия и технология воды" Ан. Укр. ССР, т. 11, №4, Киев, 1989, с. 360-362.

111. Бочкова Л.П., Лукьянова Н.Л., Чхеидзе Н.В., Салдадзе К.М., Балавадзе Э.М. Способ очистки воды от ионов брома. Авторское свидетельство СССР №1515613. Кл. 4С 02 F1/42. 1989, приоритет 14.12. 1987.

112. Замбровская Е.В., Мепаришвили Н.А., Салдадзе Г.К., Чхеидзе Н.В., Торгашова Э.Г., Филипенко Н.А. Определение механической и осмотической стабильности ионитов. Журнал "Химия и технология воды" АН. Укр. ССР, т. 12, №1, Киев, 1990, с. 81-83.

113. Каландия А.Г., Сарджвеладзе Г.П., Цанава В.П., Салдадзе К.М., Гоциридзе Р.С. и др. Способ получения природного заменителя сахара. Авторское свидетельство СССР №1741737. Кл А 231 1/22. Бюллетень изобретений №23, 1992, приоритет 11.06. 1990.

114. Медрок Дж. Контрольные карты. Пер. с англ. С.А. Фатеевой. М., "Финансы и статистика", 1986, 146 с.

115. ზ. ციხელაშვილი, ლ. კლიმაშვილი, თ. გველესიანი. წყლის, როგორც სასურსათო ნედლეულის, დაბინძურების ხარისხის დესკრიფციული მოდელირება. „სურსათის უვნებლობის პრობლემები“ საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის შრომათა კრებული. 28-29 მაისი, თბილისი, საქართველო 2009. გვ. 182-188.

116. Цихелашვილი Ш.З., Гуджабидзе М.Р., Цихелашვილი З.И. и др. – Комплексная оценка качества функционирования сложных иерархических схем систем подачи и распределения воды в процессе диспетчерско-координированного управления. “Georgian Engineering News”. GFID, N2, 2005, 89-91 [4].

117. Цихелашვილი Ш.З., Цихелашვილი И.З., Гиоргадзе П.Ш., Гуджабидзе М.Р., Цихелашვილი З.И. и др. – Построение контрольных карт средних давлений для эффективного управления установившихся процессов водоснабжения. “Georgian Engineering News”. GFID, N2, 2005, 92-95 [4].

118. Цихелашვილი Ш.З., Цихелашვილი И.З., Цихелашვილი З.И., Гиоргадзе П.Ш., Гуджабидзе М.Р. и др. – Диагностическое решающее правило оценки качественного поведения системы водоснабжения функционирующей по принципу «насосная станция – потребитель». “Georgian Engineering News”. GFID, N2, 2005, 96-99 [4].

119. Цихелашვილი Ш.З., Гуджабидзе М.Р., Цихелашვილი З.И. и др. – Разработка решающего правила коррекции оперативных режимов функционирования схем системы подачи и распределения воды в процессе диспетчерского управления. “Georgian Engineering News”. GFID, N3, 2005, 124-127 [4].

120. Гуджабидзе М.Р., Хатиური Х.Н. и др. Методологические вопросы построения системы поддержки принятия решений при оперативном управлении технологического процесса водоочистки на основе нечеткого ситуационного подхода. “Georgian Engineering News”. GFID, N3, 2005, 128-130 [4].

121. Цихелашвили Ш.З., Цихелашвили И.З., Сохадзе А.П., Гиоргадзе П.Ш., Хатиური Х.И., Гуджабидзе М.Р. и др. - Установление экстремально-экологических состояний качества загрязнения воды в инженерных задачах восстановления-реконструкции очистных сооружений. სამშენებლო კონსტრუქციების კატეგორიის 75 წლისთავისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის „მშენებლობა და XXI საუკუნე“ მოხსენებითი შრომები, თბილისი, 2005, გვ. 258-267 [9].

122. Салия Т.С., Ткешеладзе Г.А., Гуджабидзе М.Р. и др. – Применение контрольных карт количественных признаков в ходе технологических процессов водоочистки систем водоснабжения. “Georgian Engineering News”. GFID, N1, 2006, 186-187 [4].

123. Гуджабидзе М.Р. – О систематическом управлении качеством воды в процессе водоочистки. “Georgian Engineering News”. GFID, N2, 2006, 163-164 [4].

124. ლ. კლიმაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, მ. გუჯაბიძე. წყალმომარაგების სისტემის ელემენტებით შედგენილი ვარიანტის სტრუქტურული სქემების საიმედოობის შეფასება. ჰიდროინჟინერია, №10(1), თბილისი, 2010.