

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ცისნამ კენკიშვილი

*წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო
მართვა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის
საფუძველზე*

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2014 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში სამშენებლო ფაკულტეტის წყალმომარაგების, წყალარინების, თბოაირმომარაგების და შენობათა საინჟინრო აღჭურვის დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი:

ზაურ ციხელაშვილი

სრ. პროფესორი, ტ.მ.დ.

რეცეზენტები:

გურამ სოსელია

სრ. პროფესორი, ტ.მ.კ.

ჯამლეთ ტომარაძე

შპს „ეკოპროექტის“

დირექტორი, ტ.მ.კ.

დაცვა შედგება 2014 წლის 30 ივნისს, 14⁰⁰ საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, ადმინისტრაციულ კორპუსში, ნ. ნიკოლაძის სახ. მცირე სააქტო დარბაზში.

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატისა -ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი:

დემურ ტაბატაძე

სრ. პროფესორი, ტ.მ.კ.

შესავალი

ნაშრომის საერთო დახასიათება

ნაშრომის აქტუალურობა. წყალმომარაგების სისტემის დანიშნულებაა მიაწოდოს მომხმარებელს სტანდარტი გათვალისწინებული სასმელ-სამეურნეო ხარისხის წყალი საჭირო რაოდენობითა და დაწნევებით. ამასთან, მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესში წყალმომარაგების სისტემა ფუნქციონირებს როგორც რთული საინჟინრო სისტემა, რომლისთვისაც დამახასიათებელია შემადგენელი ელემენტების სტრუქტურის არაერთგვაროვნება, მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრების (დაწნევები, სადაწნეო რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეები და სხვ.) მკვეთრი ცვალებადობა და შესაბამისად, მართვის გადაწყვეტილებების მიღების „არამკვეთრი“ ხასიათი.

აღნიშნულ კონტექსტში წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანის ეფექტური გადაწყვეტა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, როგორც რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანისა, მეტად აქტუალური და დროულია.

სამუშაოს მიზანი და კვლევის ამოცანა ემყარება ეფექტური ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანის გადაწყვეტას რეალური დროის მასშტაბში მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, კერძოდ:

- წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მეთოდოლოგიის შემუშავება სისტემური მიდგომის საფუძველზე, როგორც მართვის ჩაკეტილი სისტემისა;
- წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე;

- წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ალგორითმისა და კომპიუტერულ-პროგრამული უზრუნველყოფის შედგენა.

მეცნიერული სიახლე. შედგენილია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე მოქმედი წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანის გადაწყვეტის სისტემური მეთოდოლოგია, რომლის გამოყენება ზოგადად მისაღებია როგორც წყალმომარაგების ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისათვის, ასევე წყალმომარაგების სისტემებისთვის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში.

კვლევის მეთოდი. შემოთავაზებული მეთოდოლოგიის თანახმად, მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე ფიქსირებულ სიტუაციურ მდგომარეობათა (როდესაც სისტემა ვერ აკმაყოფილებს მოთხოვნილ მიზნებს, სისტემა ვერ უზრუნველყოფს საპროგნოზო შედეგებს, სისტემა ვერ ფუნქციონირებს ისე, როგორც ეს თავდაპირველად იყო დაგეგმილი) გამოსაკვლევად შემოთავაზებულია დაპროექტების სისტემური პარადიგმის მიდგომა, რომელიც ხორციელდება მოქმედი სისტემის ფუნქციონირების პირობებში ე.წ. ინტროსპექციის გზით. ეს ნიშნავს, რომ დროის მოცემულ მომენტში წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის დადგენისათვის ვსაზღვრავთ სისტემის ცალკეული შემადგენელი ელემენტის (ან ელემენტთა ერთობლიობის) მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრების სიდიდეს და ელემენტების მახასიათებელი წერტილების წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების შესაბამისად ვიდებთ ოპერატიული მართვის ეფექტურ გადაწყვეტილებებს განსახორციელებლად. აქვე აღსანიშნავია, რომ სიტუაციურ მდგომარეობათა დაპროექტების ინტროსპექციის მიდგომით შესაძლებელია დროის მოცემულ მომენტში განისაზღვროს

დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ნორმალური ან გადახრილი „მდგომარეობის ვექტორის“ შესაბამისად მოქმედ ელემენტთა ფუნქციონირების „აქტიური რეჟიმები“, რომლებიც უზრუნველყოფენ მომხმარებელთა წყლის მოხმარების მოთხოვნილ რეჟიმს. აღნიშნულის განსახორციელებლად მიზანშეწონილი იქნება ე.წ. აზრობრივი „აქტიური ექსპერიმენტების“ ჩატარება ჩვენ მიერ წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელების გამოყენებით. ეს საშუალებას მოგვცემს ხელოვნურად ჩავატაროთ აზრობრივი „აქტიური ექსპერიმენტები“ მანამ, სანამ არ მივადწევთ მანაწილებელ ქსელსა და სისტემის სხვა ელემენტებში ტექნოლოგიური პარამეტრების სასურველ მდგომარეობას. აქ უმთავრესი ისაა, რომ სისტემის სასურველი მდგომარეობა მიღწეული უნდა იქნას ე.წ. „დაბალანსების“ პრინციპის აუცილებელი დაცვით, კერძოდ, ოპერატიული მართვის პირობებში უზრუნველყოფილი უნდა იყოს წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციურ სქემებში ტექნოლოგიური პარამეტრების (დაწნევების, სადაწნეო რეზერვუარებში წყლის დგომის სიმაღლეების და სხვ.) შენარჩუნება ისეთი დიაპაზონის ფარგლებში, რომ დროის ნებისმიერ მომენტში არ დაირღვეს მომხმარებელთა ნორმალური (შეუფერხებელი) წყლით უზრუნველყოფა, ანუ პრაქტიკულად დროის მოცემულ მომენტში მიწოდებული წყლის ხარჯი ტოლი უნდა იყოს მომხმარებელთა მიერ დახარჯული წყლის მოცულობისა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მომხმარებელი თავად აყალიბებს მოთხოვნას წყალზე, ცხადი ხდება დროის მოცემული მომენტის შესაბამისად დასმული ამოცანის გადაწყვეტის როგორც მათემატიკური, ასევე პრაქტიკული გამოყენების მნიშვნელობა.

პრაქტიკული ღირებულება. სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით გადაწყვეტილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, კერძოდ:

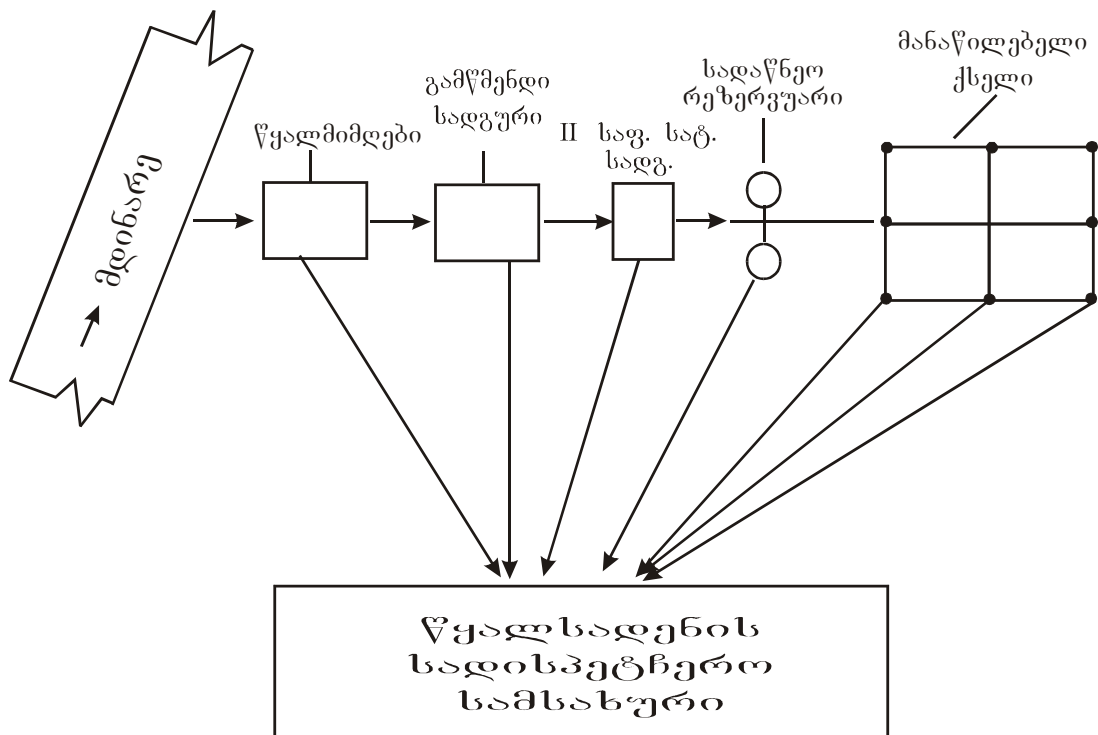
- შემუშავებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის

სიტუაციურ მდგომარეობათა კრიტერიული შეფასებისა და კორექცია-რეგულირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები, რომელთა მიხედვით დროის ნებისმიერ მომენტში შესაძლებელია გამოვლინდეს წყალმომარაგების შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი და სხვ.) ფუნქციონირების ეფექტურობის ხარისხი და შესაბამისად მოხდეს მათი კორექცია ნორმალური მდგომარეობიდან გადახრის შემთხვევაში;

- შედგენილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების სადისპეტჩერო სამსახურებში;
- შემოთავაზებული მეთოდოლოგიური მიდგომა შეიძლება გამოყენებულ იქნას წყალმომარაგების როგორც ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისთვის, ასევე მათი მართვის ავტომატიზებულ სისტემებზე გადაყვანის შემთხვევაში.

პირველ თავში განხილულია წყალმომარაგების სისტემების მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის პროცესის კვლევა და დახასიათება სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვაში, აგრეთვე წყალმომარაგების სისტემების წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მართვა პიეზომეტრული დაწნევების მონიტორინგის საფუძველზე.

შესაბამისად, განხილულია წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ფუნქციონირების სქემა, ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში (ნახ.1).



ნახ.1

როგორც 1-ლი ნახ-დან ჩანს, ინფორმაცია სისტემის შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, გამწმენდი სადგური, რეზერვუარი, ქსელი) ფუნქციონირების ხარისხის შესახებ რეალური დროში (ვთქვათ, წუთებში-ავტომატიზებული სისტემის შემთხვევაში და ათეულობით წუთებში ჩვეულებრივ მოქმედი სისტემის შემთხვევაში) გადაეწოდება სადისპეტჩერო მართვის პულტს. ამის შემდეგ დისპეტჩერი (მოქმედი ოპერატორი-სპეციალისტი) აანალიზებს მიღებულ ინფორმაციას და იღებს მართვით გადაწყვეტილებას დამყარებული სიტუაციური მდგომარეობიდან გამომდინარე.

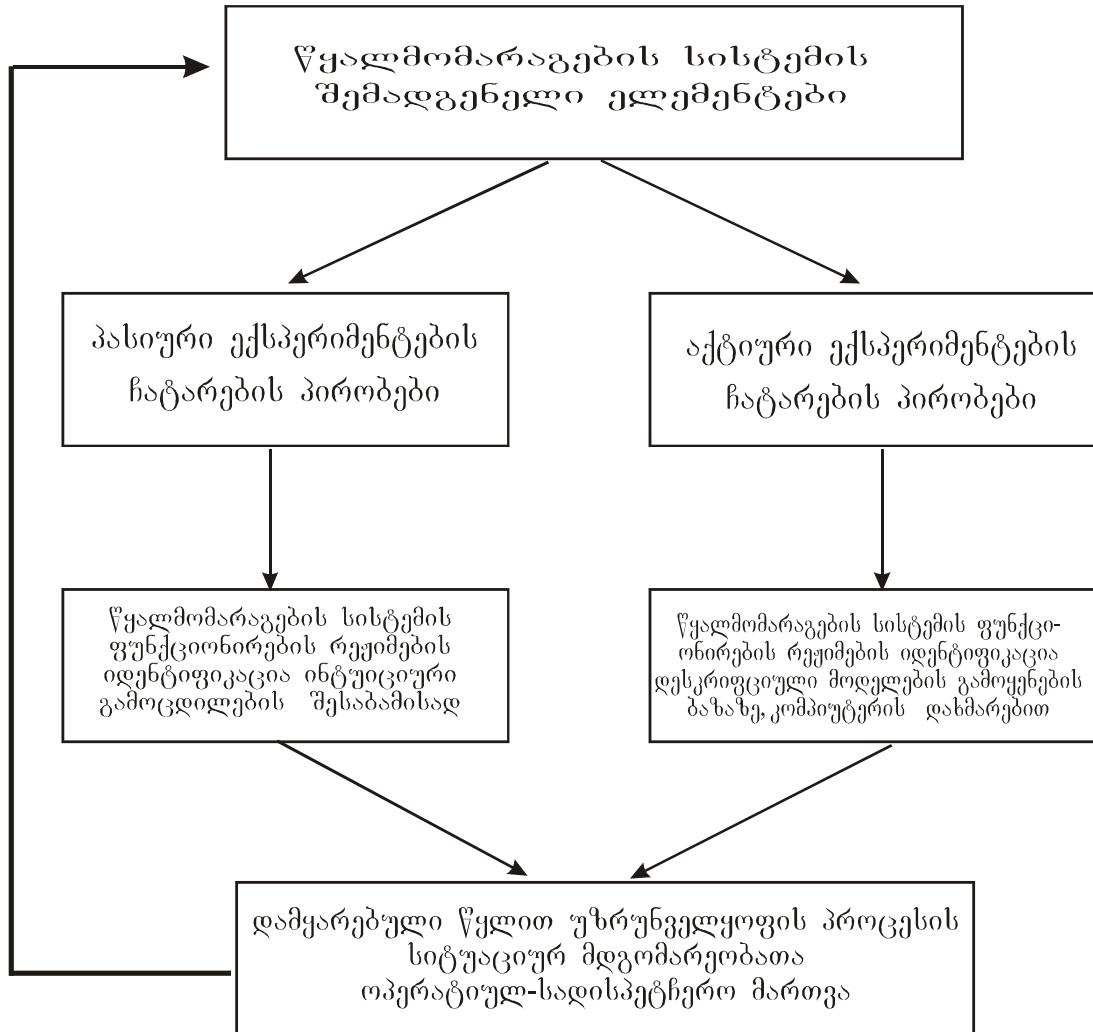
ცხადია, ჩვეულებრივ მოქმედ სისტემაში ინფორმაციის მიღება და გაანალიზება სრულდება ოპერატორ-დისპეტჩერის ინტუიციური გამოცდილების საფუძველზე, რაც არ გამორიცხავს ცდომილებას სისტემის მართვის პროცესში. აქედან გამომდინარე, ჩვეულებრივ მოქმედი წყალმომარაგების სისტემების მიზანი უნდა იყოს რაიმე სამომავლოდ პერსპექტივაში გადავიდეს მართვის ავტომატიზებული ფუნქციონირების პირობებში.

მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების შემთხვევაში საწყისი საანალიზო ინფორმაციის მიღება და შესაბამისი მართვის გადაწყვეტილების მიღება ხდება მცირე დროში. ამავე დროს, უზრუნველყოფილია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის სიტუაციური მდგომარეობის მიხედვით მომუშავე ელემენტების მუშაობის ეფექტური რეჟიმებიც.

წყალმომარაგების სისტემის ჩვეულებრივ პირობებში ფუნქციონირების დროს მისი შემადგენელი ელემენტები ფუნქციონირებენ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო პერსონალის ინტუიციისა და გამოცდილების საფუძველზე, ანუ „პასიური ექსპერიმენტის“ შესაბამისად. დისპეტჩერი ამ დროს მიმართავს ე.წ. პასიურ ექსპერიმენტს „მოსინჯვა-შეცდომის“ პრინციპის შესაბამისად. სულ სხვა მდგომარეობა იქმნება მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში, რომლის დროსაც წყალმომარაგების ელემენტებიდან ფიქსირებული ტექნოლოგიური ინფორმაცია (დაწნევები, წყლის დგომის სიმაღლეები სადაწნეო რეზერვუარებში და

სხვ.) გადაეწოდება სადისპეტჩერო პულტს. მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე დისპეტჩერი იღებს ეფექტური მართვის გადაწყვეტილებას კომპიუტერული პროგრამის დახმარებით.

ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში პასიური და აქტიური ექსპერიმენტების ჩატარების ბლოკ-სქემა მოცემულია ქვემოთ (ნახ. 2).



ნახ. 2

მეორე თავში განხილულია წყალმომარაგების სისტემების წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის მართვა პიეზომეტრული დაწნევების მონიტორინგის საფუძველზე; მათემატიკური მოდელების გამოყენების წინაპირობები; წყალმომარაგების სისტემებში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის კვლევის სისტემური მეთოდოლოგია, დამყარებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების დესკრიფციული მოდელირების საფუძველზე.

როგორც აღინიშნა, წყალმომარაგების სისტემებში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის რთული საინჟინრო ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით, პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების მონიტორინგის საფუძველზე ჩვენ მიერ შედგენილ იქნა სისტემური მეთოდოლოგია.

სისტემური მეთოდოლოგია ეფუძნება ტექნიკური დაპროექტების მიდგომას, რომლითაც ოპერატიულმა პერსონალმა შემოქმედებითად უნდა იხელმძღვანელოს რეალური დროის მასშტაბში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ეფექტური მართვის მიზნით.

ამ შემთხვევაში ოპერატიული პერსონალი მართვის გადაწყვეტილებების მიღებას აფუძნებს არა ინტუიციურ გამოცდილებაზე, არამედ წინასწარ შედგენილი დესკრიფციული მოდელირების დამხმარე ინსტრუმენტულ საშუალებებზე, კომპიუტერის გამოყენებით.

კერძოდ:

1. წყალმომარაგების სისტემის ელემენტების საკარნახო მახასიათებელი წერტილებიდან ტექნოლოგიური ინფორმაციის მისაღებად უნდა მოხდეს სისტემის შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, სატუმბი სადგური, წყალდენები, რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი და სხვ.) დაყოფა-დეკომპოზიცია;

2. საკარნახო-მახასიათებელი წერტილებიდან ფიქსირებული ინფორმაცია უნდა გადაეწოდოს სადისპეტჩეროს მართვის პულტს (მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში მანაწილებელი ქსელიდან ინფორმაცია მიიღება დაწნევის

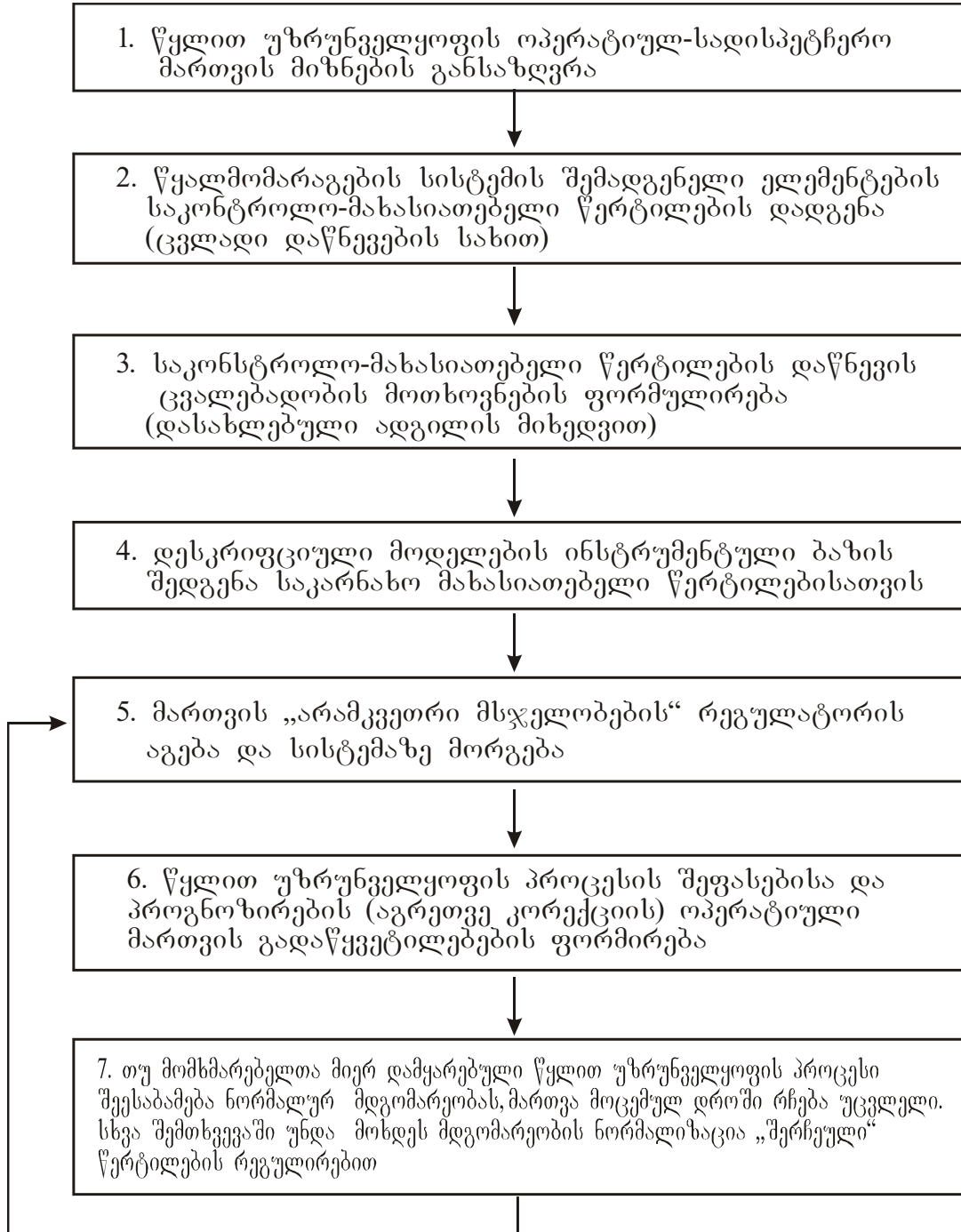
გადამწოდების საშუალებით, ხოლო ჩვეულებრივ პირობებში ეს პროცესი სრულდება შემომავალი ჯგუფის მიერ ქსელის მახასიათებელ წერტილებში მანომეტრული დაწნევის გაზომილი სიდიდეების მიხედვით, ინფორმაციის აღების ამ ორ ხერხს შორის განსხვავება ისაა, რომ პირველ შემთხვევაში სადისპეტჩეროს მართვის პულტში გადამწოდებიდან რამდენიმე წუთში ავტომატურად შემოდის დაწნევების მდგომარეობის (განაწილების) შესახებ ერთდროული ინფორმაცია, ხოლო ჩვეულებრივ პირობებში ინფორმაციის, აღების და გადმოცემის დრო შეიძლება ნახევარი საათი და მეტიც კი გაგრძელდეს.

3. ორივე შემთხვევაში დაწნევების განაწილების შესახებ ფიქსირებული ინფორმაცია (მდგომარეობის ვექტორი) ანალიზდება დესკრიფციული მოდელების გამოყენებით, რომელთა შესაბამისად განისაზღვრება წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის სიტუაციური მდგომარეობა;

4. დადგენილი სიტუაციური მდგომარეობის მიხედვით იგეგმება მომუშავე ელემენტ-ნაგებობის ფუნქციონირების ნორმალური რეჟიმები. იმ შემთხვევაში, თუ დაწნევის სიდიდე ამა თუ იმ საკარნახო-მაკონტროლებელ წერტილში გადააჭარბებებს ან ნაკლები იქნება მის ნომინალურ სიდიდეზე, მაშინ მიმართავენ მდგომარეობის კორექციას მომუშავე ელემენტების რეგულირებით.

წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ბლოკ-სქემა, დამყარებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე დესკრიფციული მოდელების გამოყენებით კომპიუტერული მართვის პირობებში მოყვანილია მე-3 ნახ-ზე:

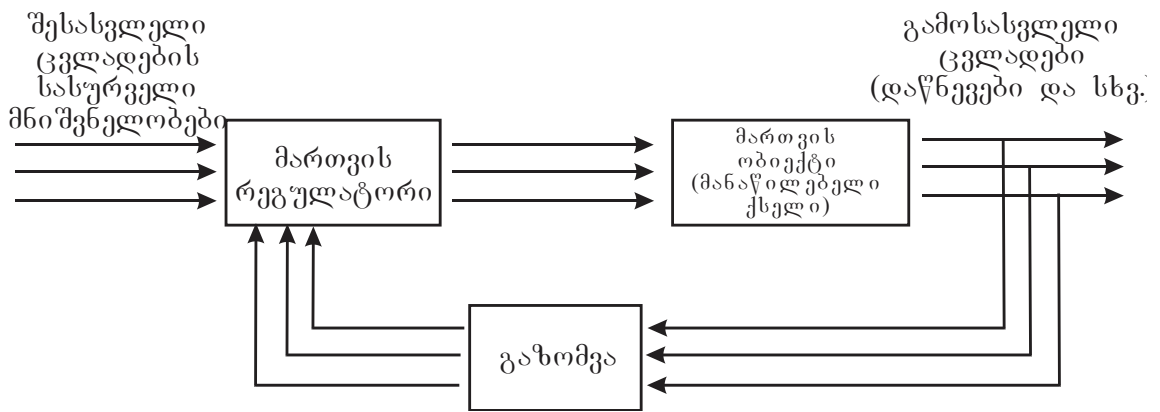
ნახ. 3. წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ბლოკ-სქემა პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე კომპიუტერის გამოყენებით



მესამე თავში განხილულია წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული პროცესის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ამოცანები, სისტემური მეთოდოლოგიის ასპექტები; წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის მეთოდოლოგიის შემუშავება სისტემური მიდგომის საფუძველზე, როგორც მართვის ჩაკეტილი სისტემისა.

ცნობილია, რომ წყალმომარაგების სისტემა ხასიათდება რთულ საინჟინრო სქემათა ერთობლიობით (სისტემის შემადგენელი ელემენტები და ნაგებობები), რომლებიც დასახლებულ ტერიტორიაზე არაერთგვაროვნადაა განთავსებული (მოსახლეობის ინტენსიური დასახლების შესაბამისად) და განიცდიან ცვალებადობას დროსა და სივრცეში. აღნიშნულ პირობებში ერთიანი სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა უნდა დაემყაროს მახასიათებელი პარამეტრების უკუკავშირებით ქმედების პრინციპს, როგორც ჩაკეტილი მართვის სისტემა. კერძოდ, სისტემის ყველა საკონტროლო-მახასიათებელი წერტილიდან მიღებული უნდა იქნას განაზომ ტექნოლოგიურ პარამეტრთა შესახებ ინფორმაცია, აღებული დროის ერთ მომენტში (ვთქვათ, ხუთ წუთიან ინტერვალში), გააანალიზდეს დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მდგომარეობა და შესაბამისად, მიღებულ იქნას ოპერატიული მართვის მისაღები ეფექტური გადაწყვეტილება. ეს პროცესი დროის სხვა მომენტისათვის კვლავაც უნდა განმეორდეს იმავე პრინციპით, სანამ მოხდებოდეს სისტემის შემადგენელი მოწყობილობის (არმატურა და სხვ.) ან სატუმბო სადგურის მუშა აგრეგატების რეჟიმის კომბინაციის სათანადო ცვლილება.

მრავალი გამოსასვლელის (პარამეტრის) შემთხვევაში წყალმომარაგების სისტემის ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ფუნქციონირების სქემა, როგორც ჩაკეტილი სისტემისა მიიღებს მე-4 ნახ-ზე ნაჩვენებ სახეს:



ნახ. 4.

წყალმომარაგების მოქმედი სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის გაუმჯობესების სისტემური მიდგომა დამყარებულია ექსპერიმენტების შედეგების შეფასებისა და წინასწარი დაგეგმვის აუცილებლობაზე. სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასებისას, ამასთან, ეფექტურობის გაზრდის მიზნით შეიძლება განვითარდეს ორი ძირითადი მიდგომა, რომლებიც აისახება შემდეგი პრინციპებით: „გაუმჯობესება“ მოცემულ სისტემაში ხდება გარდაქმნა ან ცვლადობა, რომელიც აუცილებლად დადებითი უნდა იყოს. შედარებისათვის დავახასიათოთ სისტემის გარდაქმნა, რომელიც ასახავს „გაუმჯობესების“ პროცესებს. ამ პროცესს სამეცნიერო პარადიგმას უწოდებენ.

წყალმომარაგების სისტემა შეიძლება შეესაბამებოდეს ფუნქციონირების სამ თვისობრივ ხარისხს: 1. სისტემა არ შეესაბამება მოთხოვნილ მიზნებს; 2. სისტემა ვერ უზრუნველყოფს საპროგნოზო შედეგებს; 3. სისტემა არ ფუნქციონირებს ისე, როგორც ის თავდაპირველად იყო დაგეგმილი.

ამ შემთხვევაში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის მდგომარეობის სისტემური გაუმჯობესების მისაღწევად უზრუნველყოფილი უნდა იყოს სისტემის შემადგენელი მოქმედი ელემენტების სათანადო კავშირები, ქმედებები, ძირითადი რიტმი და მდგრადობა, შესაძლო მდგომარეობათა სიმრავლის ანალიზიდან გამომდინარე.

აღნიშნული ანალიზის პროცედურა გამიზნულია წყალმომარაგების ნებისმიერი სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის გასაუმჯობესებლად, რომელიც უნდა განხორციელდეს ე.წ. „ინტროსპექციის“ გზით, რაც იმას ნიშნავს რომ სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის შესწავლისათვის შევდივართ სისტემის სიღრმეში და ვასკვნით, რომ პრობლემა მოქცეულია თვით სისტემის ცვალებადობის შესაძლო ნორმალურ საზღვრებში.

მეოთხე თავში განხილულია წყალმომარაგების სისტემების პროცესების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის ალგორითმი კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფით, ფიქსირებული დაწნევების ოპერატიული შეფასებისა და პროგნოზირების ზოგადი დესკრიფციული ტიპის მოდელის შედგენა სადემონსტრაციო მაგალითით.

მიზნის მისაღწევად წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერატიულ მართვაში სადისპეტჩერო პერსონალის მიერ აქტიურად უნდა იქნას გამოყენებული ლოგიკური „არამკვეთრი მსჯელობები“, რომლებიც ფორმალურად წარმოადგენენ სპეციალისტ-ექსპერტთა გადაწყვეტილებებს-ასახულს ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების ვერბალურ კატეგორიებში. ეს კატეგორიები შეიძლება განისაზღვროს სპეციალური სკალების თანახმად (0 – შეესაბამება წყლით უზრუნველყოფის პროცესის აბსოლუტურად მიუღებელ სიტუაციურ მდგომარეობას, ხოლო 1 – პროცესის ძალიან კარგ სიტუაციურ მდგომარეობას).

ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების აღნიშნული სკალა ხასიათდება გარკვეული შუალედური მნიშვნელობებითაც, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია აიგოს საკვლევი წყლით უზრუნველყოფის პროცესის დიაგნოსტიკური შეფასების დესკრიფციული (აღწერითი) ტიპის მოდელები შემდგომი სკალური გრადაციების მიხედვით:

d 1,00 –პარამეტრის მაქსიმალური შესაძლო (დასაშვები) დონე, რომელიც ყოველთვის არ შეიძლება იქნას მიღწეული;

$d = 1,00 \div 0,80$ – პარამეტრის დასაშვები და მაღალი დონე, რომელიც აგრეთვე არ შეიძლება ყოველთვის იქნას მიღწეული;

$d = 0,80 \div 0,60$ – პარამეტრის დასაშვები და კარგი დონე, რომელის მიღწევასაც ცდილობენ;

$d = 0,37$ – პარამეტრის მოცემული დონე (შეესაბამება პარამეტრის იმ მდგომარეობას, რომელიც ყოველთვის უნდა მიიღწეს);

$d \in 0,37 \div 0,0$ – პარამეტრის არა დასაშვები (ცუდი) დონე.

ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების დესკრიფციულ მოდელს ვწერთ შემდეგი სახით:

$$d_i = \exp[-\exp(-b_0 - b_1 H_i^{\text{ფაქტ}})] \quad i = \overline{1, m}$$

სადაც b_0 და b_1 კოეფიციენტები განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$b_0 = \left(H_1^{\text{კარგი}} \ln \ln \frac{1}{d_1^{\text{ცუდი}}} - H_2^{\text{ცუდი}} \ln \ln \frac{1}{d_2^{\text{კარგი}}} \right) / (H_1^{\text{კარგი}} - H_2^{\text{ცუდი}}),$$

$$b_1 = \left(\ln \ln \frac{1}{d_2^{\text{კარგი}}} - \ln \ln \frac{1}{d_1^{\text{ცუდი}}} \right) / (H_1^{\text{კარგი}} - H_2^{\text{ცუდი}}).$$

აქ $H_2^{\text{ცუდი}}$ არის, პარამეტრის შესაბამისად, საკონტროლო წერტილში პიეზომეტრული დაწნევის სასაზღვრო არასასურველი ანუ ”ცუდი” სიდიდე (როდესაც $d_1^{\text{ცუდი}} = 0,2$); $H_1^{\text{კარგი}}$ დაწნევის–სასაზღვრო სასურველი ანუ „კარგი” მდგომარეობის ამსახველი სიდიდეა (როდესაც $d_2^{\text{კარგი}} = 0,8$); H_i არის ფაქტიური დაწნევის სიდიდეა.

დაწნევების შესაბამისი დიფერენციული ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებები ხასიათდება შემდეგ სკალარულ

გრადაციებში: როდესაც $d \in [0,0-0,37]$, აღინიშნება დაწნევის „ცუდი“ სიტუაციური მდგომარეობა; როდესაც $d \in [0,37-0,63]$, აღინიშნება დაწნევის „დამაკმაყოფილებელი“ სიტუაციური მდგომარეობა, როდესაც $d \in [0,63-1]$, აღინიშნება დაწნევის „კარგი ” და „ძალიან კარგი“ სიტუაციური მდგომარეობა.

რეალურ სიტუაციაში საკონტროლო წერტილების მიხედვით (სასურველობის დიფერენციული ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების მიხედვით) განისაზღვრება ხარისხობრივი შეფასების ინტეგრირებული მაჩვენებელი D_i , როგორც დიფერენციული შეფასების საშუალო გეომეტრიული შეწონილი სიდიდე, ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების იმავე სკალური გრადაციებით და რომელიც დროის მოცემულ მომენტში დაწნევების მოცემული განაწილების შემთხვევაში მაქსიმუმისაკენ უნდა მიისწრაფოდეს:

$$D(H) \rightarrow \max_{H \in \Omega}$$

სადაც $H \in \Omega$ დაწნევების განაწილების არამკაფიო სახის უნივერსალური სიმრავლეა.

წყალმომარაგების ქსელში ფიქსირებული დაწნევების შეფასებისა და პროგნოზირების ზოგადი მოდელის ნიმუშად მოყვანილია სადემონსტრაციო მაგალითი:

$$H1=41, d_{\text{კარგი}}=0.8$$

$$H2=35, d_{\text{ცუდი}}=0.2$$

$$A=\{\{1, H1\}, \{1, H2\}\}; b=\{1.5, -0.476\}$$

$$s=\text{LinearSolve}[A, b]$$

$$\{1.5, -0.476\}$$

$$\{-12.0027, 0.329333\}$$

```
d[H_]:=Exp[-Exp[-s[[1]]-s[[2]]*H]]
```

```
d[H1]=0.800011
```

```
d[H2]=0.199963
```

```
b1=-Log[Log[1/d[H1]]]
```

```
b2=-Log[Log[1/d[H2]]]
```

```
b1=1.5
```

```
b2=-0.476
```

```
A={{1, H1},{1, H2}};b={b1,b2}
```

```
s=LinearSolve[A,b]
```

```
{1.5,-0.476}
```

```
{-12.0027,0.329333}
```

```
Plot[d[H], {H,10,70}]
```

დასკვნა

სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით გადაწყვეტილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის რთული საინჟინრო და ძნელად ფორმალიზებადი ამოცანა მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მონიტორინგის საფუძველზე, კერძოდ:

- შემუშავებულია მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის სიტუაციურ მდგომარეობათა კრიტერიული შეფასებისა და კორექცია-რეგულირების დესკრიფციული ტიპის მოდელები, რომელთა მიხედვით დროის ნებისმიერ მომენტში შესაძლებელია გამოვლინდეს წყალმომარაგების შემადგენელი ელემენტების (წყალმიმღები, რეზერვუარი, მანაწილებელი ქსელი და სხვ.) ფუნქციონირებით ეფექტურობით ხარისხი და შესაბამისად, მოხდეს მათი კორექცია ნორმალური მდგომარეობიდან გადახრების შემთხვევაში;
- შედგენილია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის კომპიუტერული პროგრამა, რომელიც შეიძლება დაინერგოს საქართველოს ქალაქების წყალმომარაგების სადისპეტჩერო სამსახურებში;
- შემოთავაზებული მეთოდოლოგიური მიდგომის გამოყენება ზოგადად შესაძლებელია წყალმომარაგების, როგორც ჩვეულებრივ პირობებში მოქმედი სისტემებისთვის, ასევე წყალმომარაგების სისტემებისთვის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების პირობებში.

სამუშაოს აპრობაცია. მოხსენება 82-ე საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე (3 ივნისი, 2014 წ.)

სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა; ნაშრომი შედგება შესავლის, ოთხი თავის, დასკვნის, 32 დასახელების ლიტერატურული წყაროსაგან. ძირითადი ტექსტი მოიცავს 100 კომპიუტერულ ნაბეჭდ გვერდსა და 9 ილუსტრაციას.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ სამეცნიერო პუბლიკაციებში:

1. ზ. ციხელაშვილი, გ. ჩიტიაშვილი, ც. კენკიშვილი. წყალმომარაგების ტექნიკური სისტემებში გადაწყვეტილებათა მიღების არამკაფიო მოდელები. სტუ-ს სამეცნიერო ჟურნალი „მშენებლობა“, №3(22), თბილისი. 2012 წ. 5 გვ.

2. ქ. მახაშვილი, ც. კენკიშვილი, ი. მარგალიტაძე. ეკოლოგიური რისკის საშიშროების დონის ალბათური განსაზღვრის მეთოდისა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, №2, თბილისი, 2013 წ. 5 გვ.

3. ც. კენკიშვილი, ხ. ხატიაური, ბ. ჭურჭელაური. ზღვისპირა ქალაქების სანიაღვრე წყალარინების სისტემების ეფექტური ორგანიზაცია შტორმული ტალღების ზემოქმედების პირობებში. სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებელი“, №3 (30), თბილისი, 2013 წ. 4 გვ.

4 ც. კენკიშვილი. ხ. სოსელია, მ. ონეზაშვილი, წყალმომარაგების სისტემებში პიეზომეტრული დაწნევების შეფასებისა და პროგნოზირების ზოგადი მოდელის დამუშავება. სტუ-ს სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“, №1-2(15–16), თბილისი, 2013 წ. 4გვ.

CONCLUSION

By the using of the system methodology is decided task about hard formalized operative dispatcher control of water-supply system established by the consumer on the basis of the monitoring of the process of the water-supply, particularly:

- was worked out evaluation and correction of situational conditional criteria of monitoring of the technological process of the water-supply established by the consumer – models of regulation description type, by which in any moment of the time is possible to display quality of functional effective constitutive element of the water-supply (water receiver, reservoir, distributive networks and others) and accordingly to make its correction from normal conditions in case of inclination;
- is made computer program for operative-dispatcher control of water-supply system which may introduction in the services of dispatcher of water-supply in the cities of Georgia;
- using of the offered method of approach methodology in general is possible for water-supply, how as active systems in usual conditions, and in the conditions of functions of automatic systems of control of water-supply system.