

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

---

ISSN 1512-410X

ჰიდროენიჟინიერია  
HYDROENGINEERING  
ГИДРОИНЖЕНЕРИЯ

№1-2(7-8)



03000– TBILISI – ТБИЛИСИ

2009

# სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „პიდროინჟინერია“

დაფუძნებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და საქართველოს საინჟინრო აკადემიის მეშვეობის მქრ.

## სარედაქციო კოლეგია:

**საქართველოდან:** პროფ. ლ. ღოღელიანი (მთ. რედაქტორი), პროფ. ლ. კლიმიაშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე), პროფესორები: ა. მოწონელიძე, ა. ფრანგიშვილი, ს. ესაძე, პ. კერვალიშვილი, ზ. დანელია, ი. ქადარია, თ. გველესიანი, ზ. მეგრელიშვილი, ხ. ჩხეიძე, ნ. კოდაძე, ზ. გაგოძე, ზ. ზედგენიძე, ასოც. პროფესორები: გ. სოსელია, ვ. ნაჭელიძე, ნ. ნაცვლიშვილი, ე. ჩიხლაზე, შ. გრძელიშვილი, შ. მესტრიშვილი, თ. ფურცელაძე, გ. ჯერენაშვილი, პ. გორგაძე, დ. გურგენიძე, ზ. ზალიაშვილი, ნ. გელაძე (პასუხისმგებელი მდივანი), მ. ნაცვლიშვილი, შპს „ჯორჯიან უორე ენდ ფაუერის“ ადმინისტრაციული დირექტორი ნ. ბახტაძე, ტექნიკური დეპარტამენტის უფროსი მ. კანდელაძი, გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტის“ დირექტორი ა. გრიგოლიშვილი,

**ამერიკის შეერთებული შტატებიდან:** აიოვას შტატის უნივერსიტეტის პროფესორები: არდიოთ მანი, რამეშ კანვარი, ემი კალეიტა, სტივენ ფრიმენი, როი გუ.

**რუსეთიდან:** მოსკოვის სახელმწიფო სამსახურებლო უნივერსიტეტის პროფესორები: ო. პრიმინი, პ. პალგუნოვი, მ. სომოვი, თ. ვინიჩ-სიანოვიცენკი.

## EDITORIAL BOARD:

**Prof. of GTU L. Gogeliani (Chief Editor), Prof. L. Klimiashvili (Deputy Chief Editor), Prof. A. Motsonelidze, A. Prangishvili, S. Esadze, P. Kervalishvili, Z. Danelia, I. Kadaria, T. Gvelesiani, Z. Megrelishvili, N. Chkhheidze, N. Kodua, Sh. Gagoshidze, Z. Gagoshidze, Z. Gedenidze, Associate prof. G. Soselia, V. Nachkebia, N. Natsvlishvili, V. Chikhladze, M. Grdzeliashvili, Sh. Mestvirishvili, O. Purtseladze, G. Jerenashvili, P. Giorgadze, D. Gurgenidze, Z. Zalikashvili, N. Geladze (Executive secretary), prof. M. Natsvlishvili, N. Bakhtadze, administrative director of LTD "Georgian Water and Power", M. Kandelaki, commander of technical department of LTD "Georgian Water and Power", Director Of Publishing House of GTU A. Grigolishvili.**

**USA:** Prof. Ardit Maney. Ramesh Kanwar, Amy Kaleita, Steven Freeman, Roy Gu, (Aiowa State University).

**Russia:** Prof. O. Primin, P. Palgunov, M. Somov, T. Voinich-Syanozhenski. (Moscow State Civil Engineering University).

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Грузия:** проф. ГТУ Л. Гогелиани (гл. редактор), проф. Л.Климиашвили (зам. гл. редактора), проф: А. Моцонелидзе, А. Прангишвили, С. Эсадзе, П. Кервалишвили, З. Данелия, И. Кадария, Т. Гвелесиани, З. Мегрелишвили, Н. Чхеидзе, Н. Кодуа, Ш. Гагошидзе, З. Геденидзе, ассоц. проф: Г. Соселия, В. Начкебия, Н. Нацвалишвили, В. Чихладзе, М. Гrdзелишвили, Ш. Мествирishвили, О. Пурцеладзе, Г. Джеренашвили, П. Гиоргадзе, Д. Гургенидзе, З. Заликашвили, Н. Геладзе (ответственный секретарь), проф. М. Нацвалишвили, административный директор ООО «Джорджиан уотер энд пауэр» Н. Бахтадзе, начальник технического департамента М. Канделаки, директор издательства «Технический университет» А. Григолишвили.

**США:** проф. Ардит Ман, Рамеш Канвар, Эми Калеита, Стивен Фримен, Рои Гу (Университет штата Айова).

**Россия:** проф. О. Примин, П. Пальгунов, М. Сомов (Московский государственный строительный университет), проф. Т. Войнич-Сяноженецкий.

მისამართი: საქართველო, თბილისი, 0175, კოსტავას ქ. 77, I კორპუსი, ტელ.: 33-06-87 ჟურნალის ვებგვერდი [www.ctel.gtu.ge](http://www.ctel.gtu.ge)

გამოქვეყნებული მასალის სიუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

Publishing House “Technical University”, 2009

Издательский дом “Технический Университет”, 2009

შინაარსი

ლ. კლიმიაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, მ. გუჯაბიძე. უყალმომარაბების სისტემის	
ელექტრონური შედგენილი ვარიაციულ-სტრუქტურული სქემების საიმპლოკის	
შევასება .....	6
გ. სოსელია, ი. მიხელაშვილი, რ. კიზივაძე. სასმელი წყლის გაუსნებოვნების	
თანამედროვე აღტერნატიული ხერხი .....	10
ნ. ლაფაჩი, ლ. კლიმიაშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი. უყალმომარაბების ოპტიმალური	
რჩევრვირების შევასებისათვის .....	18
ზ. მეგრელიშვილი, კ. ჩხაიძე, დ. ჩხაიძე, ნ. დონდოლაძე. ჩაძირული ტუმბოვები .....	23
გ. სიხარულიძე. ჰიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა	
კერვორიექულ მიღსაღენებში .....	27
მ. რამაზაშვილი, კ. რამაზაშვილი, ს. მიდელაშვილი, ლ. პერტაია. ინტერნეტ-რადიო .....	35
ნ. კოდუა, ა. ახვლედიანი, თ. მიქიაშვილი, გ. ახვლედიანი. რა უნდა გაითვალისწინო	
მეორებისა და ეკონომიკის სამინისტროებმა, როდესაც ინვესტორს ირჩევენ	
ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის დამუშავებლად .....	40
გ. ნაჭყებია, ხ. ხატიური, ე. გვარამაძე. მოჩარხულგორგლიანი ცენტრიდანული	
ტუმბოს სხვადასხვა რეჟიმით მუშაობის ანალიზი .....	51
ლ. კლიმიაშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი, მ. ნაცვლიშვილი. უყალმომარაბებისა და	
უყალარინების სისტემებში ნორმატიული დანაკარგების განსაზღვრის შესახებ .....	55
ნ. გელაძე, ლ. კლიმიაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი. უყლის გაუფერულებისათვის თიხური	
მასალების თვისებებისა და აღსრუბენტის დამზადების მირითადი კრიციკების	
შესახებ .....	63
დირექტორი ადამიანები .....	69
რეზერვაციები .....	72

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Л.Д. Климиашвили, З.И. Цихелашвили, М.Р. Гуджабидзе.</b> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СТРУКТУРНО-ВАРИАНТНЫХ СХЕМ, СОСТАВЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	6
<b>Г.А. Соселия, И.М. Михелашвили, Р.К. Кизивадзе.</b> СОВРЕМЕННЫЙ АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ .....	10
<b>Н.Р. Лафачи, Л.Д. Климиашвили, Н.В. Нацвлишвили.</b> К ОЦЕНКЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	18
<b>З.Н. Мегрелишвили, В.Г. Чхайдзе, Д.Т. Чхайдзе, Н.Г. Дондоладзе.</b> ПОГРУЖНОЙ НАСОС .....	23
<b>Г.И. Сихарулидзе.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ В ПЕРФОРИРОВАННЫХ ТРУБОПРОВОДАХ .....	27
<b>М.Т. Рамазашвили, К.Т. Рамазашвили, С.Дж. Миделашвили, Л.Д. Пертая.</b> ИНТЕРНЕТ-РАДИО .....	35
<b>Н.Д. Кодуа, А.В. Ахвледиани, Т.М. Микиашвили, Г.Ф. Ахвледиани.</b> ЧТО ДОЛЖНО УЧЕСТЬ МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОНОМИКИ ПРИ ВЫБОРЕ ИНВЕСТОРА, ФИНАНСИРУЮЩЕГО СТРОИТЕЛЬСТВО ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ .....	40
<b>В.П. Начкебия, Ж.Н. Хатиури, Е.Л. Гварамадзе.</b> АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ОБТОЧЕННЫМ КОЛЕСОМ .....	51
<b>Л.Д. Климиашвили, Н.В. Нацвлишвили, М.Н. Нацвлишвили.</b> К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	55
<b>Н.М. Геладзе, Л.Д. Климиашвили, М.Н. Нацвлишвили.</b> СВОИСТВА ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АДСОРБЕНТА ДЛЯ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ВОДЫ .....	63
<b>ПОЧЕТНЫЕ ЛЮДИ .....</b>	69
<b>РЕФЕРАТЫ .....</b>	72

# CONTENTS

<b>L. Klimiashvili, Z.Tsikhelashvili, M.Gujabidze.</b> ESTIMATION OF RELIABILITY OF STRUCTURALLY ALTERNATIVE SCHEMES MADE BY THE ELEMENTS OF WATER SUPPLY SYSTEM .....	6
<b>G. Soselia, I. Mikhelashvili, R. Kizivadze.</b> A MODERN ALTERNATIVE METHOD OF POTABLE WATER DECONTAMINATION .....	10
<b>N. Lapachi, L. Klimiashvili, N. Natsvlishvili.</b> ON EVALUATION OF WATER SUPPLY OPTIMUM RESERVING .....	18
<b>Z. Megrelishvili, V. Chkhaidze, D. Chkhaidze, N. Dondoladze.</b> IMMERSION PUMP .....	23
<b>G. Sikharulidze.</b> DETERMINATION OF HYDRAULIC FRICTION COEFFICIENT IN PERFORATED PIPELINES .....	27
<b>M. Ramazashvili, K. Ramazashvili, S. Midelashvili, L. Pertaia.</b> INTERNET-RADIO .....	35
<b>N. Kodua, A. Akhvlediani, T. Mikiashvili, G. Akhvlediani.</b> WHAT IS TO BE CONSIDERED BY THE MINISTRY OF POWER ENGINEERING AND ECONOMICS WHEN CHOOSING INVESTOR FINANCING HYDROPOWER STATION CONSTRUCTION .....	40
<b>V. Nachkebia, Kh. Khatiuri, E. Gvaramadze.</b> ANALYSIS OF DIFFERENT REGIME OPERATION OF TURNED WHEEL CENTRIFUGAL PUMPING EQUIPMENT .....	51
<b>L. Klimiashvili, N. Natsvlishvili, M. Natsvlishvili.</b> ON DETERMINATION OF STANDARD LOSSES IN WATER SUPPLY AND WATER DRAIN SYSTEMS .....	55
<b>N. Geladze, L. Klimiashvili, M. Nacvlishvili.</b> MATERIAL PROPERTIES OF CLAY AND THE BASIC PRINCIPLES OF ADSORBENT PREPARING FOR WATER BLANCH .....	63
<b>WORTHY PEOPLE .....</b>	69
<b>SUMMARIES .....</b>	72

## უაკ 628.1

# წყალმომარაგების სისტემის ელემენტებით შეღენილი ვარიანტულ-სტრუქტურული სქემების საიმედოობის შეფასება

ლ. კლიმიაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, მ. გუჯაბიძე  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** შემოთავაზებული მიდგომა ემყარება წყალმომარაგების საინჟინრო სისტემის ელემენტების მიმდევრობითი, პარალელური და შერეული შეერთების კომბინაციების დროს შედგენილი შესაძლო ვარიანტულ-სტრუქტურული სქემების საიმედოობის შეფასებას.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალმომარაგების საინჟინრო სისტემის ელემენტები; სტრუქტურული სქემები; სისტემის საიმედოობა – ბაიესის თეორემა.

## 1. შესავალი

წყალმომარაგების სისტემის საიმედოობის შეფასებას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყალმომარაგების საინჟინრო სისტემის ვარიანტულ-სტრუქტურული სქემების აგების დროს როგორც წინასაპროექტო და საპროექტო, ისე საექსპლუატაციო სტადიებზე [1,2,3].

მოყვანილია წყალმომარაგების სისტემის სტრუქტურული სქემების საიმედოობის შეფასების მიდგომა ბაიესის თეორემის გამოყენებით.

## 2. ძირითადი ნაწილი

წყალმომარაგების საინჟინრო სისტემის საიმედოობა არის კომპლექსური მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს სისტემის უმტყუნებო მუშაობის თვისებას, იყოს ხანგამელე, შეკეთებაუნარიანი და შეასრულოს მისდამი წაყენებული ფუნქცია ანუ მომხმარებლებს მიაწოდოს საჭირო რაოდენობის წყალი საჭირო დაწნევებითა და ხარისხით (სანიტარული ნორმების შესაბამისად).

სისტემის საექსპლუატაციო საიმედოობის ძირითადი მაჩვენებელია უმტყუნობა, მუშაუნარიანობისა და თვისებების შენარჩუნების ალბათობა ექსპლუატაციის

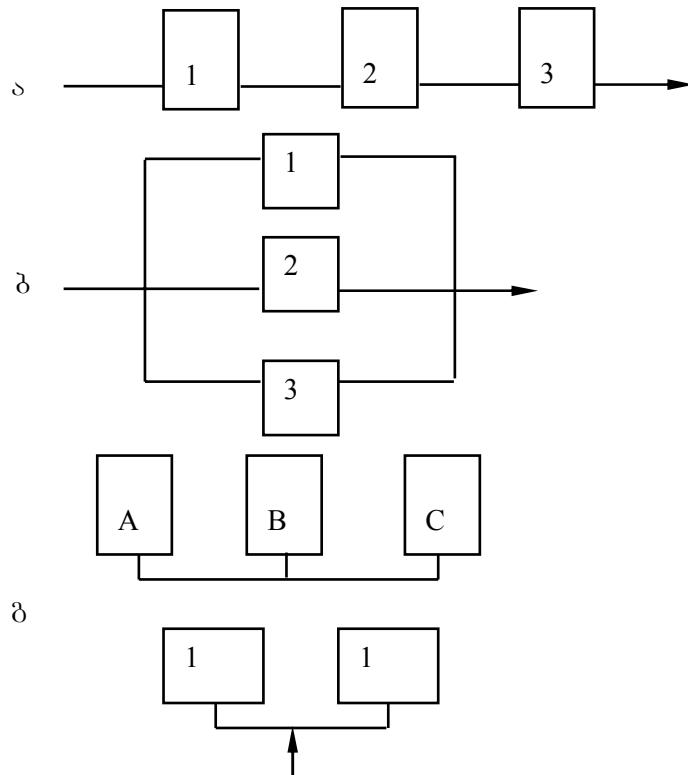
გარკვეულ პირობებში. წყალმომარაგების სისტემის მტკუნება უნდა გავიგოთ, როგორც მისი სრული ან ნაწილობრივი მუშაობის შეწყვეტა.

მტკუნების ალბათობა  $Q(t)$ -ის ალბათობაა, როდესაც ექსპლუატაციის გარკვეულ პირობებში,  $t$  პერიოდის განმავლობაში მოხდება ერთი მტკუნება მაინც; უმტკუნებო მუშაობის ალბათობა  $p(t)$  კი ის ალბათობაა, როდესაც  $t$  პერიოდის განმავლობაში სისტემაში საერთოდ არ მოხდება მტკუნება. ამრიგად, მტკუნება და უმტკუნობა შეადგენს მოვლენების სრულ ჯგუფს და ერთმანეთთან დაკავშირებულია შემდეგი დამოკიდებულებებით:

$$p(t) = 1 - Q(t), \text{ ამასთან } 1 > p(t) > 0.$$

წყალმომარაგების სისტემის ელემენტები (სატუმბი სადგურები, რეზერვუარები და სხვ) შეიძლება შეერთებული იყოს მიმდევრობით (ნახ. ა), პარალელურად (ნახ. ბ) და შერეულად (ნახ. გ) [1].

ჩამოთვლილი ა, ბ, გ ხერხებით შესაძლებელია ელემენტების მიერთების სხვა რთული სტრუქტურული სქემის აგებაც.



როდესაც სისტემის  $n$  ოდენობა მიერთებულია მიმდევრობით (იხ. ნახ. ა), მაშინ მისი ალბათობის საიმედოობა იქნება

$$p_c(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t),$$

სადაც  $\Pi$  აღნიშნავს ყველა ელემენტის საიმედოობის ნამრავლს, როდესაც  $i = 1, 2, \dots, n$ .

ელემენტების პარალელურად მიერთების შემთხვევაში (ნახ. ბ), სისტემის საიმედოობა იქნება

$$p_c(t) = -1 \prod_{i=1}^n [1 - p_i(t)].$$

ამავე დროს, პარალელური შეერთებისას სისტემის საერთო საიმედოობა მაღალია თვით სისტემის საუკეთესო ელემენტის საიმედოობაზე.

შერეული მიერთების შემთხვევაში (მიმდევრობითი და პარალელური შეერთების კომბინაციების დროს), ამოცანის გადასაწყვეტად იყენებენ ბაიესის თეორემას [2].

ამ თეორემის თანახმად, შერეული სისტემის მტყუნების ალბათობა ტოლია სისტემის მტყუნებათა ალბათობისა იმ პირობით, რომ, თუ რომელიმე გამოყოფილი ელემენტი წესივრულ მდგომარეობაშია, მაშინ ის მრავლდება ამ ელემენტის წესივრული მდგომარეობის ალბათობაზე. ასევე, თუ იგივე ელემენტი არაწესივრულ მდგომარეობაშია, მაშინ ის მრავლდება ამ ელემენტის არაწესივრული მდგომარეობის ალბათობაზე.

შემოვიდოთ აღნიშვნები:  $Q_c$  – სისტემის მტყუნების ალბათობა;  $P_x$  – სისტემის  $X$  ელემენტის არაწესივრული მდგომარეობის ალბათობა;  $P_c$  – სისტემის საიმედოობა. მაშინ ბაიესის თეორემა შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$Q_c = Q_c P_x + Q_c Q_x;$$

$$P_c = 1 - Q_c - (1 - P_c)P_x + (1 - P_c)(1 - P_x).$$

**მაგალითი.** გ სქემის მაგალითზე, სადაც  $A, B, C$  აღნიშნავს პარალელურად შეერთებულ წყალმიმდებ ჭებს, ხოლო 1, 2 – მათთან მიმდევრობით შეერთებულ მაღაზინფიცირებელ მოწყობილობებს, გამოვიყენოთ ბაიესის თეორემა. მაშინ ასეთი შერეული სისტემის საიმედოობა იქნება

$$P_c = [(1 - P_A)(1 - P_B)(1 - P_C)][1 - (1 - P_1)(1 - P_2)].$$

თუ მივიღებთ. რომ  $P_A = P_B = P_c = P_{\text{ჯობ}} , P_1 = P_2 = P_{\text{გადებ}} , \text{ მაშინ } n \text{ ჭისა და } m$  მადეზინფიცირებელი მოწყობილობების დროს, ერთიანი საიმედოობა იქნება

$$P_c = [1 - (1 - P_{\text{ჯობ}})^n] [1 - (1 - P_{\text{გადებ}})^m].$$

დავუშვათ, ჭების საიმედოობა  $P_{\text{ჯობ}} = 0,9$ , ხოლო მადეზინფიცირებელი მოწყობილობების საიმედოობა  $P_{\text{გადებ}} = 0,8$ . მაშინ, ბოლო ფორმულის თანახმად, ერთიანი სისტემის საიმედოობა იქნება

$$P_c = [1 - (1 - 0,9)^3] [1 - (1 - 0,8)^2] = 0,96.$$

### 3. დასპანა

შემოთავაზებული მიდგომა ემყარება წყალმომარაგების საინჟინრო სისტემის ელემენტების მიმდევრობითი, პარალელური და შერეული შეერთების კომბინაციების დროს შედგენილი შესაძლო ვარიანტულ-სტრუქტურული სქემების საიმედოობის შეფასებას ბაიესის თეორემის გამოყენებით.

წყალმომარაგების სისტემის საიმედოობის შეფასების მოყვანილ მიდგომას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყალმომარაგების სისტემის სტრუქტურული სქემების ვარიანტული აგების დროს როგორც წინასაპროექტო და საპროექტო, ისე საექსპლუატაციო სტადიებზე. განხილულია საიმედოობის შეფასების მაგალითი.

### ლიტერატურა

1. Белозоров Н.П., Луговской М.В. Расчет систем водоснабжения с применением вычислительной техники. М.: Колос, 1973. – 246 с.
2. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
3. Цихелашвили З.И., Прангишвили А.И., Чхенкели Б.Дж. Основы построения интеллектуальных систем управления пространственно-временными сетевыми потоками. Под ред. академика В.В. Чавчанидзе. Тбилиси: Мецниереба, 1997, с. 264.

## უაკ 528

### სასმელი წყლის გაუსნებოვნების თანამედროვე ალტერნატიული ხერხი

გ. სოსელია, ი. მიხელაშვილი, რ. კიზიგაძე  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** წარმოდგენილია წყლის გაუსნებოვნების ერთ-ერთი თანამედროვე ხერხის გამოყენების, კერძოდ, აიროვანი ქლორის ოქსიდების ხსნარით შეცვლის შესაძლებლობა ქ. თბილისის სათავე ნაგებობებზე. მეთოდი დამუშავდა საინჟინრო აკადემიის სამეცნიერო ცენტრში. სახმელი წყლის გაუსნებოვნების ეფექტის მიხადებად ჩატარდა ექსპერიმენტი სამგორის გამწმენდნაგებობებზე. ასევე დადასტურდა ოქსიდების უპირატესობა აიროვან ქლორთან შედარებით, როგორც უსაფრთხო, საიმედო სითხის, რომლის გამოყენება მკვეთრად შეამცირებს საექსპლუატაციო დანახარჯებს.

**საკვანძო სიტყვები:** გაუსნებოვნება; ოქსიდების ხსნარი; აკვაქლორი; პლანქტონი; აქტივაცია; ოზონი; დეგაზაცია; სტაბილიზაცია.

#### 1. შესავალი

დღეისათვის მთელს მსოფლიოში 1 მილიარდ 200 მილიონი ადამიანი განიცდის უსაფრთხო სასმელი წყლის დეფიციტს. მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მიერ გამოქვეყნებული მონაცემებით, ყოველწლიურად 3,4 მილიონი ადამიანი, მირითადად ბაგშვები, იღუპებიან სასმელი წყლით გამოწვეული დაავადებებით.

წყალი, რომელსაც მოიხმარს თანამედროვე საზოგადოება, შეიცავს ასიათასობით დასახელების სხვადასხვა სახის დამბინძურებელს. ორგანიზმისათვის სულ ერთი არ არის, თუ რა ნივთიერებები, უმცირესი რაოდენობითაც კი, ხვდება მასში წყალთან ერთად. ისინი ყველა ერთად, მონაწილეობენ ბიოქიმიური მიმოცვლის რეაქციებში, ამახინჯებენ უკანასკნელთ, წიდებით ავსებენ უჯრედებსა და უჯრედთშორის სივრცეებს, რაც დროთა განმავლობაში უჯრედთა გენეტიკური

აპარატის დაზიანებას იწვევს. წყალმომზადების ეტაპზე ეს დამბინძურებლები არ ვლინდება.

ცხოვრების დონის შესადარებლად, სხვადასხვა ქვეყნებში გაერომ 2002 წლიდან შემოიღო შეფასების ახალი მაჩვენებლები. ეკონომიკური მახასიათებლების ნაცვლად, დღეს ეკოლოგიური მაჩვენებელი - მოსახლეობის სასმელი წყლით მომარაგების საკითხი პირველ ადგილზე დგას, რაც პრობლემის სიმძაფრეზე მეტყველებს. მედიკოსები ამტკიცებენ, რომ დაავადებათა 80%-ს, დაბალი სტანდარტების წყალთან ერთად, ჩვენ “ვსვამთ”. სასმელ წყალში იგულისხმება ისეთი წყალი, რომლის მოხმარება არ იწვევს მოსახლეობის ჯანმრთელობის ნეგატიურ ცვლილებებს. საერთაშორისო დონეზე ამ პრობლემისადმი ყურადღება წლითიწლობით იზრდება.

მოსახლეობისათვის საჭირო ჰიგიენა ძალიან მნიშვნელოვანი და აქტუალური პრობლემაა, რომლის გარეშე შეუძლებელია ჯანსაღი მომავალი თაობების ზრდა-განვითარება, ხოლო ეკოკანალიზაცია და მოსახლეობის სუფთა სასმელი წყლით უზრუნველყოფა ერთმანეთის შემავსებელი და შემადგენელი ნაწილებია.

სხვადასხვა ქვეყნის სპეციალისტების შეფასებით, ხარისხიანი წყლის მიღების პრობლემა ერთ-ერთ მწვავე საკითხად დადგება, რადგან ბუნებრივი წყლის ხარისხის გაუარესებასთან ერთად, წყლის აღების ადგილებში, ძალიან ნელა ინერგება წყალგაწმენდის თანამედროვე ტექნოლოგიები.

გამწმენდი ნაგებობები წყალმომარაგების სისტემის ერთ-ერთი შემადგენელი ელემენტია. წყლის დამუშავების ტრადიციული ტექნოლოგიები: გაუფერულება, დარბილება, დეგაზაცია, სტაბილიზაცია და სხვა მრავალი უმეტეს შემთხვევაში, გარემოს ბუნებრივი გაჭუჭყიანებისა და ანთროპოგენური ზემოქმედების გამო, ნაკლებად ეფექტური გახდა, ამიტომ აუცილებელია წყლის გაწმენდისა და გაუკებელყოფის მაღალეფების გამოყენება.

ერთ-ერთი ტრადიციული და ეფექტური მეთოდია წყლის ქლორინება. წყლის გაწმენდის მსოფლიო პრაქტიკაში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ოზონი. ევროპის წყალგაწმენდის 1000-ზე მეტი სადგური თხონირებას იყენებს, როგორც წყალმომარაგების ტექნოლოგიური პროცესის შემადგენელ ნაწილს. ოზონირების მეთოდი ფართოდ გამოიყენება რუსეთის სხვადასხვა ქალაქებშიც. ოზონი აუმჯობესებს კოაგულაციის პროცესის მიმდინარეობას, საშუალებას იძლევა შემცირდეს კოაგულანტისა და ქლორის დოზები, დაიწიოს აქროლადი, ტოქსიკური ჰალოგენ-

ნორგანული ნაერთების კონცენტრაცია, გაუმჯობესდეს წყლის ხარისხი ანუ მისი მიკრობიოლოგიური და ორგანოლეპტიკური მახასიათებლები. წყლის გაუვნებელ-ყოფის ყველაზე უსაფრთხო პერსპექტივული მეთოდია მისი ულტრაიისფერი სხივებით დამუშავება. გარდა ბაქტერიებზე მაღალეფებზე ზემოქმედებისა, ულტრაიისფერი გამოსხივება არ წარმოქმნის თანდართულ ნივთიერებებს, რომელიც ნეგატიურად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე; გარდა ამისა, ქლორინებისა და ოზონირებისაგან განსხვავებით, არ ითხოვს სპეციალური, ტექნიკური და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ღონისძიებების გატარებას. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში, რუსეთში ამ მეოდეზე მომუშავე 700-ზე მეტი სადგური დაინერგა.

თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით, გარკვეულწილად საინტერესოა სპილენძის იონის ბაქტერიციდული აქტივობა. გამოკვლევბით დადგინდა, რომ სპილენძის იონები წყალში, განსაკუთრებით მაღალი ტემპერატურის პერიოდში, ავითარებს მისი ბაქტერიოლოგიური გაჭუჭყიანებისადმი წინააღმდეგობის უნარს, რაც არ ახასიათებს არც ქლორს და არც ოზონს.

## 2. მიზითადი ნაწილი

საქართველოს ქალაქებში (თბილისი, ქუთაისი, სამტრედია) და დასახლებულ ადგილებში წყლის გაუსხებოვნობის მეთოდად ჯერ კიდევ გამოიყენება ქლორირება, რომლის უარყოფით მხარეებზე გვქონდა უკვე საუბარი. სხვადასხვა გაუსხებოვნების მეთოდების ანალიზის საფუძველზე დაგადგინეთ, რომ ყველაზე უფასო რად და ადამიანის ჯანმრთელობაზე ნაკლები უარყოფითი ზემოქმედებით გამოიჩევა ქლორის ოქსიდენტი ხსნარის სახით, რომელიც ელექტროქიმიური აქტივაციის ტექნოლოგიით მიიღო საქართველოს საინჟინრო აკადემიის “სამეცნიერო ტექნიკური ცენტრი”-ს დირექტორმა თენგიზ ცეცხლაძემ და ამასთან ერთად, წარმოგვიდგინა ტექნოლოგიური დანადგარის “აკვაქლორი”-ს ტექნიკური მახასიათებლები, კერძოდ “აკვაქლორ-500”, რომელსაც შეუძლია ერთ საათში გამოიმუშაოს 500გ (0,5კგ) აიროვანი ოქსიდენტი წყლის ხსნარის სახით ანუ 4000 ლ/სთ-ში. ხსნარი არის აიროვანი ქლორის ალტერნატიული საშუალება და იგი სასმელი წყლის გაუსხებოვნებისათვის გამოიყენება როგორც სათავე ნაგებობებზე, ისე წყალგამშებ სადგურებში ბუნებრივი წყლების დამუშავების შემდეგ, სუფთა წყლის დეზინფექტანტად.

მიღებული ხსნარი ერევა დასამუშავებელ წყალს იმ მოცულობით, რომელიც უზრუნველყოფს გაუსნებოვნების პროცესს. მოცულობა ეკვივალენტურია აქტიური ქლორის დოზის (მგ/ლ, გ/მ<sup>3</sup>-ზე).

ქლორის გამოყენების ნორმატიული დოკუმენტების შესაბამისად, დანადგარი “აკვაქლორ-500”-ის საგარანტიო სამუშაო ვადა შეადგენს 5 წელიწადს (ნორმალური საექსპლუატაციო პირობების შემთხვევაში, რეგულარულად რეაქტორების გაწმენ-და-გარეცხვისას ეს ვადა შეიძლება გახანგრძლივდეს). აღნიშნული ტექნოლოგია მაღალეფექტურია, მიღებული ოქსიდენტის ხსნარის შედარება წყლის დამუშავების შემთხვევაში მოლეკულურ ქლორთან (0,7 მგ/დმ<sup>3</sup>-ზე) და იმავე ხსნარის სახით 0,7 მგ/დმ<sup>3</sup>, გვაძლევს შემდეგ შედეგს: ნარჩი ქლორი წყალთან 30-წუთიანი კონტაქტის შემდეგ იქნება 0,4 მგ/დმ<sup>3</sup>-ზე, ხოლო ოქსიდენტის ხსნარის იმავე დოზით დამუშავებულ წყალში ნარჩი თავისუფალი ქლორი (30 წუთის კონც. შემდეგ) არის 0,35 მგ/დმ<sup>3</sup>.

მიღებული ხსნარი უსაფრთხოა, თვით პროცესიც ხსნარის მიღებისა, რომე-ლიც სუფრის მარილის ხსნარზეა დამოკიდებული. შემოთავაზებული ხსნარი, შესა-ნიშნავი დეზინფექტანტია, რასაც ადასტურებს სხვადასხვა თბიექტებზე წყლის გაუსნებოვნების ექსპერიმენტები და მათზე მიღებული დასკვნები.

ამა წლის 27 მარტს “სამგორის” წყალგამწმენდ ნაგებობაზე ჩავატარეთ წინასაექსპერიმენტო სამუშაოები, შპს “თბილისის წყალი”-ს ტექნიკური სამსახუ-რის წარმომადგენლებმა – გ. სოსელიამ, ი. მიხელაშვილმა, ი. გოგრიჭიანმა. ექსპ-რიმენტი ჩატარდა ნედლ დასამუშავებელ წყალზე და იმ მცენარეულ (პლანქტონის) წარმონაქმნებზე, რომელსაც იჭერს პირველადი უხეში თევზ დამჭერი ბადეები.

შედეგად, ნედლი წყლის გაფილტვრის შემდეგ და ოქსიდენტით დამუშავე-ბული იმავე მასალის ფილტრებზე გაფილტვრისას შეუიარაღებელი თვალითაც ნათლად ჩანდა ოქსიდენტის მოქმედება, ფაქტიურად მან მოსპო ორგანული ნაერ-თები, ნაწილაკები და თითქმის “კოაგულანტის” როლიც შეასრულა. ნედლი წყლის ფილტრი ხასიათდებოდა მუქი ფერით და შეწონილი მცირე ნაწილაკების არსე-ბობით ფილტრების ზედაპირზე (ქაღალდის ფილტრი დიამეტრით 30 მმ), ხოლო ოქსიდენტის შემდეგ ფილტრმა ფერი არ შეიცვალა; მაშასადამე, ფილტრზე არავი-თარი ნარჩენები არ ჩანდა (ეს არის შეუიარაღებელი თვალით ოქსიდენტის ხსნა-რის ეფექტის პირველადი შეფასება).

სპეციალურ ჭურჭელში ჩავფინეთ პლანქტონის მასა (დაახლოებით 5-8 გ) და დავასხით (0,7 მგ/დმ<sup>3</sup>) ოქსიდენტის ხსნარი. დაახლოებით 3 წუთის შემდეგ, წყალმცენარემ ფერის შეცვლა დაიწყო, ხოლო 5 წუთის შემდეგ მწვანე ფერი საერთოდ დაიკარგა და დაიწყო დაშლა. წინასწარი მოსაზრებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ხსნარს შეუძლია “სუნის” წინააღმდეგ ბრძოლა, რადგან იგი წყალმცენარეებს თუ მოსპობს, “სუნიც” თავისთავად მოისპობა. ხსნარი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სათავე ნაგებობებთან წყალმცენარეების წინააღმდეგ საბრძოლველად. ხსნარის მიღებას, ბუნებრივი წყლების გაუსნებოვნების ტექნოლოგიების დანერგვას, ექსპლუატაციის ჩატარებისათვის კადრების მომზადება-ტრეინინგებს და სხვა ტექნიკური საკითხების გადაწყვეტას ითვალისწინებს საქართველოს საინჟინრო აკადემიის “სამუცნიერო ტექნიკური ცენტრი”, შპს “თბილისის წყალთან” თანამშრომლობის შემთხვევაში.

“ანტიქლორის” გამოყენების რენტაბელურობის შესახებ ჩატარებულმა ტექნიკურ-ეკონომიკურმა გაანგარიშებებმა, სადაც ძირითადად ვიყენებოთ ოქსიდენტის ხსნარს, მის ზემოქმედებას დასამუშავებელ წყალთან, შევადარებოთ აიროვანი ქლორის თვისებებს ერთსა და იმავე დოზის შემთხვევაში.

განვიხილოთ ქ. თბილისის წყალმომარაგების ერთ-ერთი წყაროს, ნატახტარის ბუნებრივი წყლების ოქსიდენტით დამუშავების შესაძლებლობა.

ნატახტარის მწარმოებლობა შეადგენს

$$3,5 \text{ მ}^3/\text{წ} - 12\ 600 \text{ მ}^3/\text{სთ} - 302\ 400 \text{ მ}^3/\text{დღ.ღ} - 110\ 376\ 000 \text{ მ}^3/\text{წლ.}$$

აიროვანი ქლორის საათური რაოდენობა (თუ ქლორის დოზაა 0,7 გ/მ<sup>3</sup>) განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$G_{b\omega} = D_{\text{ქლ}} \times Q_{b\omega} / 1000, \text{ კგ/სთ}$$

სადაც  $D_{\text{ქლ}}$  ქლორის საანგარიშო დოზაა გ/მ<sup>3</sup> (მგ/ლ);

$Q_{b\omega}$  – წყლის საათური ხარჯი.

ამ მონაცემებიდან გამომდინარე, ქლორის საათური რაოდენობა შეადგენს

$$G_{b\omega} = 0,7 \times 12\ 600 / 1000 = 8,82 \text{ კგ/სთ.}$$

ქლორის დღედამური მოხმარება გამოიხატება შემდეგი გამოსახულებით:

$$G_{\text{დღ.ღ}} = G_{b\omega} \times T, \text{ კგ/დღ.ღ},$$

სადაც  $T$  დღე-ღამეში ქლორის მოწოდების საათებია. ჩვენ შემთხვევაში,  $T=24$  სთ.

მოყვანილიდან გამომდინარე, ქლორის დღედამური მოხმარება შეადგენს

$$G_{\text{დღ.ღ}} = 8,82 \times 24 = 211,68 \text{ კგ/დღ.ღ.}$$

ქლორის წლიური მოხმარება შეადგენს

$$211,68 \times 365 = 77\ 263,20 \text{ კგ/წლ.}$$

აიროვანი ქლორის შესასყიდი ღირებულებაა 2 256,16 ლ (1 350 აშშ დოლ. ეკვ.)

### 1 ო ქლორზე.

წელიწადის განმავლობაში ქლორზე დახარჯული თანხა შეადგენს

$$77\ 263,20 \times 2\ 256,16 / 1000 = 174\ 318,14 \text{ ლარი.}$$

იმავე მწარმოებლობის წყლის გაუსნებოვნებისათვის თუ გამოვიყენებოთ ოქსიდენტის ხსნარს და დაგუშვებთ, რომ მისი დოზაც იქნება 0,7 გ/მ<sup>3</sup>, მაშინ დაგვჭირდება დანადგართა მოდული, რომელიც შედგება (თუ განვიხილავთ “აგვა-ქლორ-500”-ის ანალოგს) 16 ერთეულისაგან, კერძოდ, ერთი მოდული (8 ცალი) მოგვცემს 4 000 ლიტრ თქსიდენტს ანუ 4 კგ ქლორს. მაშასადამე, საჭიროა ორი მოდული  $2 \times 4\ 000$  – აღნიშნული მწარმოებლობისათვის 8 000 ლიტრი თქსიდენტი.

თუ გავითვალისწინებოთ, რომ შეგვიძლია გამოვიყენოთ საანგარიშო დოზაზე დაახლოებით 5-10%-ით ნაკლები დოზა, მაშინ მიღებული რაოდენობა საკმარისი იქნება, ანუ 8კგ საათში – 8 000 ლიტრი თქსიდენტი. ასეთი რაოდენობის ოქსიდენტის ხსნარის მისაღებად საჭიროა 16 ერთეული დანადგარი.

ერთი ერთეულის ღირებულება 650 000 რუსული მანეთია, რაც შეადგენს 20 136 აშშ დოლარს (15.05.2009 წ. ვალუტის კურსით), ე.ი მთლიანი ღირებულება დანადგარებისა  $16 \times 20\ 136 = 322\ 176$  დოლარს (538 033,90 ლარი). სამონტაჟო ღირებულება, დამხმარე ელემენტებთან ერთად ავზები, მილდენები, ელექტრონები, ფარები და სხვ., დაახლოებით საერთო ღირებულების 40 %-ს შეადგენს.

მთლიანი ერთდროული დანახარჯები თქსიდენტის მომზადება-მიწოდებაზე იქნება 927 565,60 ლარი.

აღნიშნული რაოდენობის ხსნარის მისაღებად საჭიროა სუფრის მარილი NaCl – (1 კგ თქსიდენტის მისაღებად 1,8-2,0 კგ მარილი), ე.ი 16 კგ მარილი ერთ საათში.

მარილის დღედამური რაოდენობა შეადგენს:  $16 \times 24 = 384$  კგ-ს; წელიწადში კი – 140 160 კგ (140,16 ო).

წელიწადში დახარჯული ელექტროენერგიის ღირებულება განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$N_{\text{წლ}} = N_I \times q \times T \times \delta, \text{ ლარი}$$

სადაც  $N_I$  ელექტროენერგიის ხარჯია 1 კგ აქტიურ ქლორზე,  $N_I = 2 \div 2,5$  კვტ/სთ;

$q$  – ოქსიდენტის ხსნარის დოზა,  $q = 8$  კგ;

$T$  – საათების რაოდენობა წელიწადში,  $T = 8760$  სთ;

$\delta$  – ერთი კვტ-ის დირებულება ლარებით,  $\delta = 0,058$  ლარი.

ამ მონაცემების გათვალისწინებით, წლიური ელექტროენერგიის ხარჯი შეადგენს 8129.00 ლარს.

წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები:

დასახელება	ერთეული	რაოდენობა		დირებულება, ლარი	
		დღე-დამეში	წელიწადში	დღე-დამეში	წელიწადში
სოდა - $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (10%)	კგ	8064.00	2943.36	0.17	62.00
მარილმჟავა - $\text{HCl}$ (3%)	ლ	0.10	18.00	0.02	3.60
სუფრის მარილი - $\text{NaCl}$	კგ	384.00	140160.00	73.15	26699.70
ელექტროენერგია (1 კვტ - 0,16 ლარი)	კვტ	384.00	140160.00	22.27	8129.00
მომსახურე პერსონალის ხელფასი 3 კაცი (24 სთ-იანი სამუშაო დღე, 3 ცვლა, თვ. ხელფასი 700 ლ)					25200.00
$\Sigma$					60094.30
გაუთვალისწინებელი ხარჯები – 5% 3004,70					
სულ			169.86		<b>63099,00</b>

- ოქსიდენტის ხსნარის გამოყენების შემთხვევაში, 1 მ³ წყლის გაუსნებოვნებისათვის საექსპლუატაციო ხარჯები იქნება (დაყვანილი):

$$63\ 099 : 110\ 376\ 000 = 0,00057 \text{ ლარი};$$

- 1 მ³ წყალზე მოსული დანადგარების სამონტაჟო სამუშაოებთან ერთად, დირებულება

$$927\ 565,60 : 110\ 376\ 000 = 0,0084 \text{ ლარი};$$

- ქლორის გამოყენების შემთხვევაში, 1 მ³ წყლის გაუსნებოვნებისათვის საექსპლუატაციო ხარჯები (აქ არ არის ელექტროენერგიის და მომსახურების ხარჯები) მხოლოდ ქლორის დირებულებაა.

$$77\ 263,20 : 110\ 376\ 000 = 0,0007 \text{ ლარი}.$$

ოქსიდენტის ხსნარის გამოყენება 1.23-ჯერ უფრო იაფი ჯდება ქლორთან შედარებით. ამავე დროს ყურადსაღებია ოქსიდენტის ხსნარის უსაფრთხოება ექსპლუატაციის დროს და მისი მოქმედება სუნისა და გემოს მოსპობის თვალსაზრისით.

### 3. დასტვა

ოქსიდებების ხსნარის გამოყენება შ.კ.ს “თბილისის წყალი”-ს ყველა ობიექტზე მოგვცემს ეკონომიკურ ეფექტს აიროვანი ქლორის გამოყენებასთან შედარებით, დაახლოებით 57%-ის ოდენობით, საერთო გაუსნებოვნების არსებულ ხერხთან მიმართებით. ფულად გამოსახულებაში იგი წარმოადგენს დაახლოებით 170 ათას ლარს წელიწადში.

#### ლიტერატურა

1. Водные ресурсы в Европе и Центральной Азии. Том 1. Работа в стадии открытого обсуждения. Тбилиси, 2003.
2. წიგწივაძე ნოდარ. წყალი ჩვენი არსობისა // საინფარმაციო ბიულეტენი. თბილისი, 2006.
3. ვეცხლაძე თენგიზ. ქლორის ალტერნატიული რეაქტივები და მათი ეფექტიანობა. საინჟინრო აკადემიის კრებული, თბილისი. 2004.
4. Мадриш Г.Л., Тейшева А.А. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролиза. Стройиздат, 1982.
5. David Stephenson. “Water services management”. London. 2005 y.

## უაკ 628.1

### ტყალღომარაბების ოპტიმალური რეზერვირების შეფასებისათვის

**6. ლაფაჩი, ლ. კლიმიაშვილი, 6. ნაცვლიშვილი**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია წყალმომარაგების სისტემების გუნჯიონირების ოპტიმალური რეზერვირების შეფახების საკითხები, მტკუნებათა ინტენსივობის მონაცემების სტატისტიკური დამუშავებით. წყლის მიწოდების სისტემის დაპროექტებისას ოპტიმალური რეზერვირების გარიანტების ანალიზი, მიღებული კ და ა პარამეტრების პირობებში, უნდა განხორციელდეს კონტროლი მაჩვენებლების შედარებით.

**საკვანძო სიტყვები:** წყალდენები; გადართვები; საიმედოობა; ოპტიმალური რეზერვირება.

#### 1. შესავალი

წყალმომარაგების სისტემებში დაზიანებების დროს მომხმარებლებთან წყლის მიწოდების შემცირების დასაშვებ სიდიდეებს ადგენს ქვეყანაში მოქმედი სამშენებლო ნორმები და წესები. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემის ცალკეული ელემენტების მტკუნებები სისტემაში, თავიანთი ადგილდებარეობის განსხვავებულობის გამო სხვადასხვაგვარად ახდენს გავლენას მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ხასიათზე. მომხმარებლები, რომლებიც დაშორებული არიან სისტემის მკვებავი წყაროდან, ავარიების დროს უფრო მეტად ზარალდებიან (ხარჯებით და წნევებით), ვიდრე ის მომხმარებლები, რომლებიც წყალდენების ქსელთან შეერთების უფრო ახლო რაიონებში არიან. ამ მდგომარეობის აღსაკვეთად ნორმატიულ დოკუმენტაციაში დადგენილია არა მხოლოდ მიწოდებული წყლის რაოდენობის შემცირების დასაშვები სიდიდე, არამედ, ამასთან ერთად, სისტემის კრიტიკულ წერტილებში დაწნევების შემცირების ზღვრულად დასაშვები სიდიდეებიც.

დღეისათვის, წყალმომარაგების სისტემების საიმედოობისადმი ნორმატიული მოთხოვნები ატარებს წმინდა ფუნქციურ ხასიათს, არ იძლევა საფუძველს შეფასდეს სისტემის მტკუნებათა წარმოქმნის ალბათობები. სისტემის საიმედოობის უზრუნველ-

ყოფის ოპტიმალური ვარიანტის პოვნა კი შესაძლებელია ეკონომიკური და საიმედო-ობის მაჩვენებლების სხვადასხვა ვარიანტების შედარებითი ანალიზით. ასეთ მაჩვენებლებად შეიძლება მიღებულ იქნეს: წყლის მიწოდების დასაშვები შემცირების სიდიდე, უმტკუნო მუშაობის ალბათობა დროის ერთეულში, ხარჯის სიდიდე ავარიებისას და სხვ. ცხადია, ოპტიმალურად უნდა ჩაითვალოს ყველაზე ეკონომიკური ვარიანტი საიმედოობის მოთხოვნილი მაჩვენებლების დაცვისას.

საიმედოობის მაჩვენებლების ანგარიშის მეთოდიკის საფუძვლად უნდა ჩაითვალოს სისტემის სხვადასხვა ელემენტების დაზიანების ინტენსივობის მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების შედეგები.

## 2. მირითადი ნაწილი

ოპტიმალური რეზერვირების პროცესში ფასდება:

ა) მოსამარაგებელი ობიექტისათვის წყლის მიწოდების დასაშვები შემცირების სიდიდე მოცემული სისტემის წყალდენებზე შესაძლო დარღვევებისას, რომელიც

$$\text{ხასიათდება } \text{ფარდობით } a = \frac{q_s}{q}.$$

აქ  $q$  და  $q_s$  შესაბამისად, წყლის ხარჯია, გამართული სისტემისას და ავარიის შემთხვევაში;

ბ) რეზერვირების მეთოდი;

გ) სისტემის ელემენტების საიმედოობის გამოყენებული მაჩვენებლები.

მითითებული ფაქტორების ერთობლივი ქმედებები სხვადასხვა ხარისხით ახდენს გავლენას სისტემის სამშენებლო ღირებულების სიდიდის ცვლილებასა და საიმედოობაზე.

სისტემის ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტისას აუცილებლად მიგვაჩნია – მოცემული პარამეტრებისას  $q$ ,  $d$ ,  $l$  და  $P_{\text{ნორ}}$ , ვიპოვოთ ვარიანტი, რომელიც უზუნველყოფს დაყვანილი ღირებულებების სიდიდის უმცირეს შესაძლო მნიშვნელობას, განსაზღვრულს შემდეგი ფორმულით:

$$\min W = \left( \frac{1}{t} + K \right) C_{\text{ფ}} + C_{\text{ექსპ}}, \quad (1.1)$$

სადაც  $t$  გამოსყიდვის საანგარიშო ვადაა;

$C_{\text{ფ}}$  – სამშენებლო დანახარჯები;

$C_{\text{ექსპ}}$  – საექსპლუატაციო დანახარჯები;

$K$  – სამორტიზაციო ანარიცხების კოეფიციენტი.

როდესაც გვაქვს შეზღუდვები:

ა) წყალდენების სისტემის უმტყუნო მუშაობის ალბათობა  $t$  დროის ინტერვალში

$$P \geq P_{\text{ნორმ}}; \quad (1.2)$$

ბ) დაზიანებებისას ხარჯის შემცირების კოეფიციენტის სიდიდე

$$\alpha = \frac{q_s}{q} \geq \alpha_{\text{ნორმ}}. \quad (1.3)$$

იგულისხმება, რომ ცნობილია შემდეგი პარამეტრები:

$H$  – მომხმარებელთან დაწევის სიდიდე;

$l$  – წყლის ტრანსპორტირების საანგარიშო სიგრძე;

$\lambda$  – ელემენტების მტყუნებების ნაკადის პარამეტრი;

$\mu$  – სისტემაში ელემენტების აღდგენის ფუნქციის პარამეტრი.

განვიხილოთ სქემა, რომელშიც  $m$  წყალდენია  $n$  უბნებით, რომლებიც ხასიათდება წინაღობის  $S_i$  სიდიდით. წყალდენების სისტემაში ავარიების არარსებობის დროს საანგარიშო ხარჯი  $q$ -ს ტოლია. ერთი წყალდენის უბანზე დაწევის სრული დანაკარგი შეადგენს

$$h_i = S_i \left( \frac{q}{m} \right)^2. \quad (1.4)$$

ყველა წყალდენზე სრული დანაკარგი შეადგენს

$$h = S_i \left( \frac{q}{m} \right)^2 \cdot n. \quad (1.5)$$

დაწევის დანაკარგი მთლიან სისტემაში სრული  $q$  ხარჯის გატარებისას იქნება  $h$ . თუ მივიღებთ  $S_{\overline{v}}$  წყალდენების სისტემის წინაღობის მნიშვნელობებს ტოლად, გვექნება:

$$S_{\overline{v}} = S_i \frac{n}{m^2}. \quad (1.6)$$

წყალდენის ერთ უბანზე ავარიისას, იმის გამო, რომ შეიცვალა წყალდენების სისტემის წინაღობის სიდიდე, სატუმბი სადგური მიაწოდებს ავარიულ ხარჯს  $q_s$ .

დაწევის დანაკარგი წყალდენების სისტემის დაუზიანებელ ნაწილში განისაზღვრება სიდიდით

$$h_{\text{დაუზღვრება}} = S_i \left( \frac{q_s}{m} \right)^2 (n - 1). \quad (1.7)$$

სისტემის დაზიანებულ ნაწილში ეს სიდიდე ტოლი იქნება:

$$h_{\text{კა}} = S_i \left( \frac{q_s}{m-1} \right)^2, \quad (1.8)$$

ხოლო წყალდენების მთლიან სისტემაში

$$h_a = S_i \frac{(n-1)(m-1)^2 + m^2}{m^2 \cdot (m-1)^2} \cdot q_s^2. \quad (1.9)$$

სისტემის კუთრი ეპვიგალენტური წინადობის ახალი მნიშვნელობა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$S_{\text{კა}} = \frac{(n-1)(m-1)^2 + m^2}{m^2(m-1)^2} \cdot S_v. \quad (1.10)$$

თუ ჩავთვლით, რომ წყალდენების მახასიათებელი განტოლება აგარის არარსებობის დროს ასეთი სახისაა:

$$H_v = H_d + S_v \cdot q^2, \quad (1.11)$$

ხოლო სატუმბი სადგურის აგრეგატების ერთობლივი მუშაობის მახასიათებელი განტოლება

$$H_d = A + C \cdot q^2, \quad (1.12)$$

მაშინ შეიძლება მივიღოთ:

$$q^2 = \frac{A - H_d}{S_v + C}. \quad (1.13)$$

ერთი წყალდენის ერთ უბანზე აგარისას, საავარიო ხარჯის სიდიდე განისაზღვრება ანალოგიური გარდაქმნების გზით, ამრიგად:

$$\text{თუ } \text{ჩავთვლით, } \text{რომ } \text{შემცირების } \text{კოეფიციენტი } \alpha = \frac{q_s}{q}, \text{ შესაძლებლად}$$

მიგვაჩნია მივიღოთ მისი სიდიდე შემდეგი განტოლებიდან:

$$\alpha = \sqrt{\frac{q_s}{q}} = \sqrt{\frac{S_v + C}{S_{\text{კა}} + C}}. \quad (1.14)$$

მიღებული განტოლების შემადგენლობის დაჯგუფებით და გარდაქმნებით, მივიღებთ:

$$n = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \cdot \frac{m^2 - (m-1)^2}{(m-1)^2} \cdot \frac{S_v}{S_{\text{კა}} + C}, \quad (1.15)$$

ავარიების  $K$  რიცხვისათვის, რომელსაც ადგილი აქვს ერთდროულად სხვადასხვა წყალდენების ურთიერთსაწინააღმდეგო უბნებზე, განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$n_K = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \cdot \frac{m^2 - (m-1)^2}{(m-1)^2} \cdot \frac{S_v}{S_v + C} \cdot K. \quad (1.16)$$

წყალდენების  $R$  უბნებზე ავარიების რიცხვისათვის გვაქვს ავარიული ხარჯის სიდიდე  $q_s$ , დაწნევის დანაკარგი ავარიული ხარჯისას შეადგენს

$$h_{s_v} = S_i (n-1) \left( \frac{q_s}{m} \right)^2 + S_i \left( \frac{q_s}{m-R} \right)^2 = S_i \cdot \frac{(m-R)^2 (n-R) + m^2}{m^2 (m-R)^2} \cdot q_s^2. \quad (1.17)$$

ზოგად შემთხვევაში, წყალდენების სისტემაში მტკუნებათა მოცემული კომბინაციისას, უბნების საანგარიშო რიცხვი განისაზღვრება შემდეგი განტოლებით:

$$n_{KR} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \cdot \frac{m^2 - (m-R-1)^2}{(m-R-1)^2} \cdot \frac{S_v}{S_v + C} \cdot K. \quad (1.18)$$

გვახსოვთ, რომ როდესაც  $K \geq 1$ , სიდიდე  $R = 0$  და როდესაც  $K \geq 2$ , მაშინ  $R = 1$ .

### 3. დასტვა

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ვასკვნით, რომ წყლის მიწოდების სისტემის დაპროექტებისას უნდა შეფასდეს წყალმომარაგების სისტემებში წყლის მიწოდების ოპტიმალური რეზერვირების საკითხები. ამასთან, რეზერვირების ვარიაციების ანალიზი, მათი ფუნქციონირების  $q$  და  $\alpha$  მოცემული პარამეტრების პირობებში, უნდა განხორციელდეს ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებით.

### ლიტერატურა

- ნაცვლიშვილი მ. წყალსადენის ქსელის ფუნქციონირების ხარისხის პვლევის მეთოდოლოგიური საფუძვლები. სადისერტაციო ნაშრომი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2004.
- Климиашвили Л.Д. Методологические основы анализа, оценки и прогнозирования надежности систем водоснабжения. Монография, Тбилиси: Технический университет, 2004.

UDC 628.12.002

## IMMERSION PUMP

**Z. Megrelishvili, V. Chkhaidze, D. Chkhaidze, N. Dondoladze**

(Shota Rustaveli State University)

**Abstract:** A new construction of the immersion pump with a hand and power drive is proposed. The pump allows to remove together with the liquid, the slumped sediment of any consistency. The relations are presented for calculation of technological parameters of the pump.

**Key words:** pump; construction; liquid; sediment.

### 1. INTRODUCTION

The sediments of waste and natural waters (chalk paste, coal hydromass, mortars, etc.) belong to structural or plastic bodies. They hold the interval position between sticky and extensible bodies. The removal of such sediments from huge plants is carried out by various devices (hydrowashing system, water-jet pumps). But for average and small capacities, particularly in half industrial and pilot installations, the use of these devices is technically not suitable and economically not profitable. Besides, the existing devices are not very effective in removing the slumped sediment.

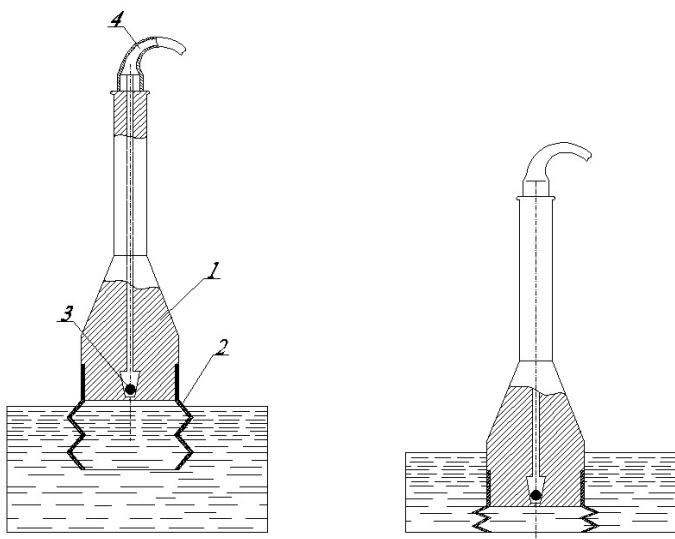
### 2. GENERAL

The proposed immersion pump which has neither a body nor a piston can be used for pumping natural water, polluted, chemically active or highly inflammable liquids, as well as, slumped sediments of any consistency, i.e. in all cases when ingress or leakage of pumped liquid between cylinder clearance and piston is not desirable.

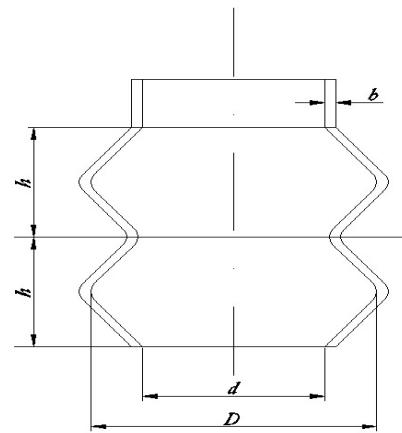
In Fig. 1 the construction of the immersion pump with the hand drive is shown. The pump consists of the main trunk 1 with the through longitudinal hole at the low face of which there is a suction valve 3. Besides, the working part of the pump representing a corrugated pipe 2 made of elastic material is fixed to the lower part of the trunk. For directing the pumped liquid to the place of its accumulation, the hose 4 is fixed on the upper part of the trunk.

The immersion pump works in the following way: The trunk of the pump is immersed into the liquid which is in the installation or in the water reservoir. When the corrugation face touches the bottom, the pressure-tight space is formed inside the corrugation. By holding and pressing the trunk with the hand, the capacity of the corrugation is reduced causing the increase of the pressure inside it. Thanks to this activity the sucking pump opens and the liquid flows into the through hole of the trunk and into the hose connected to it. The productivity of such immersion pump with a hand drive is in the direct dependency to the intensity of trunk rising and lowering process. It's natural that while using the hand drive the pump will have small productivity because of a man's limited possibility.

Liquid volume which is pumped with the immersion pump per one stroke can be defined according to the following dependence (Fig. 2).



**Fig. 1. Immersion pump with hand drive.**  
1- trunk, 2- corrugation, 3 - valve, 4 - hose



**Fig. 2. Corrugation**

$$V = 0,523 \cdot z \cdot [(D^2 - 0,5 \cdot d^2) \cdot h - 3 \cdot d^2 \cdot \delta] \quad (1)$$

where

$D$  is the largest inside diameter of the corrugation;

$d$  is the smallest inside diameter of the corrugation;

$\delta$  is the thickness of the corrugation wall;

$h$  is the height of corrugation's one section;

$z$  is the number of sections.

The immersion pump with corrugations (Fig.1) with hand drive is the simplest type of the existing pumps. At the same time it is universal by its mobility and can be moved to any direction with the simultaneous pressing and forcing out. It removes slumped sediments together with liquid.

In case of the necessity to have the pump with higher productivity, the immersion pump should be equipped with an electrical drive and a device transforming the rotary motion into reciprocating one. Such kind of the simplest mechanism is the crank mechanism. The mechanized immersion pump (Fig.3) includes all those mechanical elements which are in above described pump with hand drive. It differs by its additionally equipped frame 10 in the guide hole of which pipe 7 is sleeping by electric motor 2, by crank 3 and connecting rod 4. The connecting rod is connected with a pipe with hinges. Except drive there is also balanced ballast load 9 fixed on the frame which supports vertical position of pipe 7 and simultaneously provides necessary pressure of the pump. All this system with the help of cord 8 is suspended on hook 5 of the crane or another supporting device.

The principle of this pump's activity with mechanical drive is absolutely the same as with hand drive. If the amount of the pressure inside the corrugation and the appropriate height of the liquids lift (pressure) in the pump with the mechanical drive is provided with the effort developed by the man, then the pressure and appropriately the head in mechanical drive pump is provided with the total weight of the pump and the power of the engine.

The productivity of the immersion pump with power drive will be equal to:

$$Q = \frac{Vn}{60}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

and power will be:

$$P = \frac{\gamma \cdot H \cdot V \cdot n}{102 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (3)$$

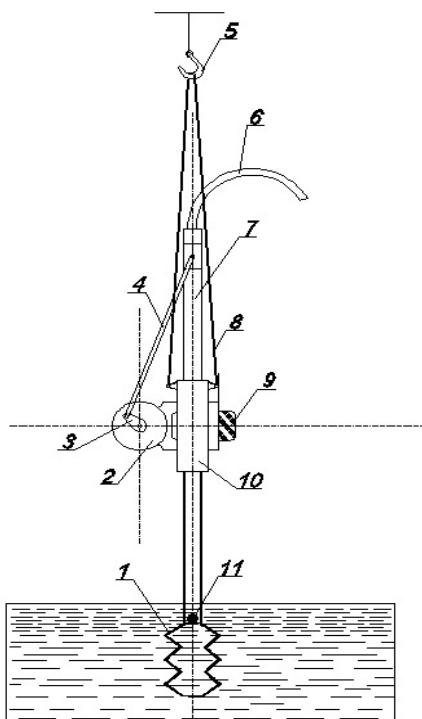
where

$V$  is liquid volume transferred per revolution of the crank,  $\text{м}^3$  (its quantity is defined with the dependence which is used for the pump with the hand drive);

$n$  is the number of revolutions of the crank per minute;

$\gamma$  is the density of the liquid transferred,  $\text{kг}/\text{м}^3$ ;

$H$  is the height of the liquid's increase (pressure), m.



**Fig3.** 1 – corrugation, 2 – electric motor with reduction gear, 3 – crank, 4 – connecting rod, 5 – hook, 6 – flexible hose, 7 – pipe, 8 – sling, 9 – ballast load, 10 – frame, 11 – sucking valve.

### 3. CONCLUSION

The construction of the immersion pump allowing to remove different consistency slumped sediment is developed. According to the given dependences, the pump of necessary power can be produced in place by enterprise itself. The test sample was used during the implementation of the project ISTC G-725. The application on the construction of the pump was filed for getting national patent of Georgia, priority on 22.04.2008., # AP 2008010592.

უაკ 627.841

## პიდრაგლიპური ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა პერვორიოდულ მილსადენებში

**გ. სიხარულიძე**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** მიღებული კრიტერიალური განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ მიღებული ხახუნის ცვლადი ხარჯით მოძრაობისას პიდრაგლიპური ხახუნის კოეფიციენტი რეინოლდსის რიცხვისა და ხარჯის ფარდობითი მიერთების ან გამოყოფის ფუნქციაა.

მიღებულია პოლიეთილენის მიღხადებული პიდრაგლიპური ხახუნის კოეფიციენტის გამოსათვლელი ემპირიული დამოკიდებულებები. მოყვანილია პერფორირებული მიღხადებული და მიღხადებული ხახუნის თანაბარი მოძრაობისას პიდრაგლიპური ხახუნის კოეფიციენტების რიცხვითი ხიდიდების შედარება.

დადგენილია რეინოლდსის რიცხვის ცვლადების ხაზღვრები, როცა  $\lambda > \lambda_c$  და როცა  $g_b$  ხიდიდები თითქმის ურთმანეთის ტოლია.

**საკვანძო სიტყვები:** პერფორირებული მიღხადები; ხახუნის კოეფიციენტი; რეინოლდსის რიცხვი.

### 1. შესაბალი

სითხის თანაბარი მოძრაობისათვის მიღებული პიდრაგლიპური ხახუნის კოეფიციენტის გამოსათვლელი დამოკიდებულებების [1] გამოყენება საგზაო განაწილების მიღსადენების გაანგარიშებისათვის შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც სითხის გამოყოფის ფარდობითი ხიდიდე მცირეა. ამ დროს სატრანზიტო ხარჯი  $Q_{\delta}$  ბევრად აჭარბებს საგზაო (დინების გასწვრივ) ხარჯის  $Q_b$  სიდიდეს და ეს უკანასკნელი არსებით გავლენას არ ახდენს ნაკადის ძირითად პარამეტრებზე. სითხის დინების გასწვრივ გამყოფის გაზრდა იწვევს ნაკადის

დამატებითი ტურბულენტურობის წარმოქმნას, რაც პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის λ<sub>3</sub> სიდიდის გაზრდასაც იწვევს.

პ. გრაბოვსკი [2] აღნიშნავს, რომ არაკვადრატული ზონისთვის სითხის გამოყოფისას λ<sub>3</sub> სიდიდე იცვლება მილის სიგრძის მიხედვით. იგი გვირჩევს პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი λ<sub>3</sub> გაგამრავლოთ შესწორების K კოეფიციენტზე, რომელიც ნახვრეტების რაოდენობაზეა დამოკიდებული.

ამრიგად უნდა ვივარაუდოთ, რომ სითხის გამოყოფის ან მიერთებისას მილსადენებში პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი λ<sub>3</sub> განსხვავდება სითხის თანაბარი მოძრაობის პირობებში მიღებული ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობებისაგან [1]. ნაკადის გადაკვეთისას მასში შემავალი ან მისგან გამომავალი ჭავლებით ჩნდება დამატებითი წინაღობები, რომლებიც აღნიშნული ჭავლების m მოძრაობის რაოდენობით არის განპირობებული.

ლიტერატურაში λ<sub>3</sub> სიდიდის განსაზღვრა რეკომენდებულია ა. ალტშულის მიხედვით. მას საანგარიშო დამოკიდებულებაში შემოჰყავს დამატებითი შესაკრები, რომელიც ითვალისწინებს ნაკადის მომატებულ ტურბულენტურობას [3].

ბევრი მკვლევარი თვლის, რომ მილსადენის სიგრძეზე სითხის გამოყოფის ან მიერთების შემთხვევაში, პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის λ<sub>3</sub> რიცხვითი მნიშვნელობებიც ასევე მილის სიგრძის მიხედვით იცვლება. მაგრამ სხვადასხვა ავტორების მიერ შემოთავაზებული საანგარიშო დამოკიდებულებები λ<sub>3</sub>-ის განსაზღვრისას განსხვავებულ შედეგებს იძლევა.

## 2. ძირითადი ნაწილი

პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის λ<sub>3</sub> სიდიდეზე მოქმედ პარამეტრებს შორის თანაფარდობების ფიზიკური დასაბუთება განისაზღვრება ბუკინგემის (პო-თეორემა) თეორემიდან.

მილსადენში სითხის ცვლადი ხარჯით მოძრაობისას დაწნევის დანაკარგები  $\Delta H[L]$  დამოკიდებულია სიჩქარეზე  $v\left[\frac{L}{T}\right]$ , ცოცხალი კვეთის ფართობზე  $\omega[L^2]$ , სითხის სიმკვრივეზე  $\rho\left[\frac{ET^2}{L^4}\right]$ , სითხის სიბლანტის კოეფიციენტზე  $\mu\left[\frac{ET}{L^2}\right]$ , სითხის

გამოყოფის ინტენსიურობაზე  $Q_b \left[ \frac{L^3}{T} \right]$ , მიღსადენის სიგრძეზე  $L[L]$ . ე.ო. ფუნქციონალური დამოკიდებულება ზოგადი სახით შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$\Delta H = f_0(v, \omega, \rho, \mu, Q_b, l), \quad (1)$$

ან ბუკინგემის თეორემის თანახმად:

$$f_0(v, \omega, \rho, \mu, Q_b, l, \Delta H) = 0. \quad (2)$$

(2) განტოლებაში შემავალი შვიდი განზომილებიანი სიდიდე განისაზღვრება სამი ძირითადი სიდიდით (ძალა, სიგრძე, დრო). ამიტომ  $\pi$  უგანზომილებო კომპლექსების რაოდენობა  $n-m=4$ -ის ტოლია:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= v^{x_1} \omega^{y_1} \rho^{z_1} \mu, \\ \pi_2 &= v^{x_2} \omega^{y_2} \rho^{z_{21}} Q_b, \\ \pi_3 &= v^{x_3} \omega^{y_3} \rho^{z_3} l, \\ \pi_4 &= v^{x_4} \omega^{y_4} \rho^{x_4} \Delta H. \end{aligned} \quad (3)$$

ყოველი  $\pi_i$ -თვის გამოვთვალოთ  $x_i, y_i, z_i$  სარისხის მაჩვენებლების მნიშვნელობები. ამისათვის (3)-ში სიდიდეები მათი განზომილებებით შევცვალოთ. გავითვალისწინოთ, რომ ყველა თანაფარდობა უნდა იყოს უგანზომილებო. გარდაქმნის შემდეგ, მივიღებთ:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= v^{-1} \omega^{-\frac{1}{2}} \rho^{-1} \mu = \frac{\mu}{v \rho \sqrt{\omega}} = \frac{v}{v l} = \frac{1}{Re}, \\ \pi_2 &= v^{-1} \omega^{-1} \rho^0 Q_b = \frac{Q_b}{v \omega} = \frac{Q_b}{Q_\delta}, \\ \pi_3 &= v^0 \omega^{-\frac{1}{2}} \rho^0 l = \frac{l}{\sqrt{\omega}} = \frac{l}{d}, \\ \pi_4 &= v^0 \omega^{-\frac{1}{2}} \rho^0 \Delta H = \frac{\Delta H}{\sqrt{\omega}} = \frac{\Delta H}{H}. \end{aligned}$$

მაშასადამე, კრიტერიალური განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$F \left( \frac{1}{Re}, \frac{Q_b}{Q_\delta}, \frac{l}{d}, \frac{\Delta H}{H} \right) = 0, \quad (4)$$

ან

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{l}{d} \varphi \left( Re, \frac{Q_\delta}{Q_b} \right). \quad (5)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ  $H = \frac{v^2}{2g}$ , მივიღებთ

$$\Delta H = \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \varphi \left( \text{Re}, \frac{Q_{\delta}}{Q_b} \right). \quad (6)$$

აღვნიშნოთ

$$\lambda_3 = \varphi \left( \text{Re}, \frac{Q_{\delta}}{Q_b} \right) = \varphi(\text{Re}, \tilde{q}), \quad (7)$$

სადაც  $\tilde{q} = \frac{Q_{\delta}}{Q_b}$ ;  $Q_{\delta}$  – სატრანზიტო ხარჯი;  $Q_b$  – საგზაო ხარჯი (მოძრაობის გასწვრივ გამოყოფილი ხარჯი).

(6)-დან მიგიღებთ დარსი-ვეისბახის ცნობილ განტოლებას.

ამგვარად, (4) კრიტერიალური განტოლებიდან გამოდის, რომ მილსადენში სითხის ცვლადი ხარჯით მოძრაობისას პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი რეინოლდსის რიცხვისა და ხარჯის ფარდობითი მიერთების ან გამოყოფის ფუნქციაა.

(7) ფუნქციონალური დამოკიდებულების გასახსნელად ვისარგებლეთ პროფ. ტ. კვიციანის მიერ პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის  $\lambda_3$  განსაზღვრის მიზნით ჩატარებული ცდების მონაცემებით მილსადენის სიგრძეზე სითხის გამოყოფის შემთხვევისთვის. ამ დროს დავამუშავეთ გამოკვლევების ჩატარების მეთოდიკა და ექსპერიმენტული მონაცემები [1,2].

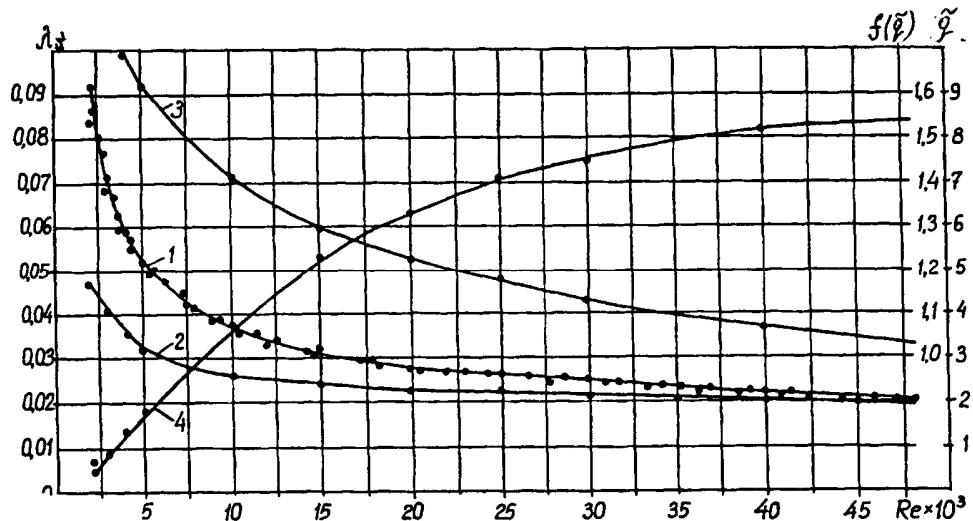
ვიკვლევდით 16,20 და 25 მმ დიამეტრის პერფორირებულ მილსადენებში სითხის მოძრაობას. მილსადენების სიგრძე იცვლებოდა 2-დან 20 მ-მდე, ნახვრეტებს შორის მანძილი 0,0625; 0,125; 0,5; 1,0 და 2,0 მ; ნახვრეტის დიამეტრები 1,2 და 3 მმ. მილსადენებში სითხის დაწნევა იცვლება 0,06-0,3 მპა შუალედში. ამგვარად, ჩატარებული ცდებით უზრუნველყოფილ იქნა სითხის გამოყოფის სხვადასხვა ინტენსიურობა. ამ დროს რეინოლდსის რიცხვი იცვლებოდა 1000-100000 ფარგლებში.

ზოგიერთი ცდის შედეგი ცხრილშია მოყვანილი.

ცდის მონაცემები  $\lambda_3$ -ს განსაზღვრისათვის ნახაზეა წარმოდგენილი  $\lambda_3=f(\text{Re})$  და  $\lambda=f_1(\text{Re})$  გრაფიკებით. მათი შედარება გვიჩვენებს, რომ სითხის მოძრაობისას პერფორირებულ მილსადენებში პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის სიდიდე მეტია, ვიდრე სითხის თანაბარი მოძრაობისას. მილსადენის სიგრძეზე სითხის გამოყოფის ინტენსიურობის გაზრდასთან ერთად, ეს სხვაობა იზრდება.

### ცდების მონაცემები $\lambda_3$ -ს განსაზღვრისთვის

$Re$	$\lambda_3$	$\tilde{q} = \frac{Q_{\phi}}{Q_b}$	$f(\tilde{q}) = \frac{\lambda_3}{\lambda_0}$
2172	0,087	0,48	1,93
2745	0,072	0,71	1,82
3633	0,059	1,14	1,73
5580	0,052	1,92	1,59
7687	0,045	2,75	1,56
10794	0,0386	3,88	1,41
12748	0,0353	4,55	1,34
15509	0,0334	5,34	1,30
16463	0,0269	5,60	1,28
19848	0,0259	6,31	1,22
23096	0,0252	6,82	1,28
30513	0,0246	7,91	1,10
44434	0,0229	8,30	1,03



$\lambda_3$ -ის განსაზღვრისათვის ცდების დამოკიდებულებები:

1.  $\lambda_3=f(Re)$  ფუნქციის გრაფიკი;
2.  $\lambda=f_1(Re)$  ფუნქციის გრაფიკი;
3.  $f(\tilde{q})=\varphi_2(Re)$  ფუნქციის გრაფიკი,
4.  $\tilde{q}=\varphi_1(Re)$  ფუნქციის გრაფიკი

თუ გავითვალისწინებთ (7) ფუნქციონალურ დამოკიდებულებას და ცდების შედეგებს, შეიძლება ჩავწეროთ:

$$\lambda_3 = \lambda \cdot f(\tilde{q}), \quad (8)$$

სადაც  $\lambda=f_1(\text{Re})$  არის პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი სითხის თანაბარი

$$f(\tilde{q}) = f\left(\frac{Q_{\phi}}{Q_b}\right) - \text{სითხის } \text{ინტენსიური \text{გამოყოფის} \text{ ფუნქცია};$$

$\lambda_3$  – პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი პერფორირებულ მიღსადენებში ცვლადი ხარჯისას;

$Q_{\phi}$  – ტრანზიტული ხარჯი მიღსადენის კვეთაში;

$Q_b$  – სითხის საგზაო ხარჯი (დონეების გასწვრივ გამოყოფილი ხარჯი).

გავაანალიზოთ  $\frac{Q_{\phi}}{Q_b}$  გამოსახულება.  $Q_{\phi}=v \cdot \omega$ , სადაც  $v$  განხილულ კვეთაში

ტრანზიტული ნაკადის საშუალო სიჩქარეა,  $\omega=\text{const}$  – მიღსადენის კვეთის ფართობი. ამიტომ შეიძლება ჩავწეროთ  $Q_{\phi}=f(v)$ .

$Q_b = Q_0 - Q_{\phi}$ , სადაც  $Q_0$  ხარჯია მიღსადენის დასაწყისში, რომელიც არ არის დამოკიდებული მიღსადენის პერფორაციის ხარისხზე და მოცემული კონკრეტული ცდისთვის მუდმივი სიდიდეა. იმის გათვალისწინებით, რომ  $Q_{\phi}=f(v)$ , სითხის გამოყოფის ფარდობითი ინტენსიურობა შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$\tilde{q} = \frac{Q_{\phi}}{Q_b} = \varphi(v) = \varphi_1(\text{Re}). \quad (9)$$

მაშასადამე, სითხის გამოყოფის ფარდობითი ინტენსიურობის სიდიდე შეიძლება გამოვხატოთ, როგორც განსახილველ კვეთაში რეინოლდსის რიცხვის ფუნქცია. ამიტომ  $f(\tilde{q}) = f\left(\frac{Q_{\phi}}{Q_b}\right)$  შეიძლება გამოვსახოთ, როგორც  $\text{Re}$ -ს ფუნქცია, ე.ი.

შეიძლება ჩავწეროთ:

$$f(\tilde{q}) = \varphi_2(\text{Re}). \quad (10)$$

ეს მეტად მნიშვნელოვანი დასკვნა საშუალებას გვაძლევს პერფორირებულ მიღსადენებში სითხის პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი წარმოვადგინოთ, როგორც ერთი ცვლადის – რეინოლდსის რიცხვის ფუნქცია. ცდის მონაცემების დამუშავებამ საშუალება მოგვცა (10) დამოკიდებულება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$f(\tilde{q}) = \frac{9,0}{\text{Re}^{0,20}}. \quad (11)$$

(9) და (11) დამოკიდებულებები წარმოდგენილია ნახაზზე.

(11)-ის გათვალისწინებით, (8) დამოკიდებულება შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$\lambda_3 = \lambda \cdot \frac{9,0}{Re^{0,20}}, \quad (12)$$

სადაც პოლიეთოლენის მილსადენებისათვის  $\lambda$  გამოითვლება შესაბამისად შემდეგი ფორმულებით:

$d_3=25$  მმ მილსადენისთვის

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,31 \lg Re + 0,1, \quad (13)$$

$d_3=20$  მმ მილსადენისთვის

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,20 \lg Re + 0,3, \quad (14)$$

$d_3=16$  მმ მილსადენისთვის

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,26 \lg Re + 0,5. \quad (15)$$

ცდის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ  $f(\tilde{q}) = \frac{\lambda_3}{\lambda}$  სიდიდე იცვლება 1,95-

დან, როცა  $Re=2300$ , 1,02-მდე – როცა  $Re=50000$ . ამიტომ რეინოლდსის რიცხვის 50000-ზე მეტი მნიშვნელობისთვის  $\lambda_3 \approx \lambda$  და გზაზე სითხის გამოყოფა გავლენას არ ახდენს დაწნევის დანაკარგების სიდიდეზე, ე.ო. (11) და (12) დამოკიდებულებები უნდა გამოვიყენოთ, როცა  $Re \leq 50000$ .

(12)-დან გამომდინარე და იმის გათვალისწინებით, რომ  $\lambda=f_l(Re)$ , პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი პერფორირებულ მილსადენებში ცვლადი ხარჯისას შეიძლება გამოვსახოთ ერთი ცვლადით  $Re$ .

ცდის მონაცემების დამუშავებისას მიღებულია დამოკიდებულება, რომლითაც შეიძლება განვსაზღვროთ პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი მილსადენის სიგრძეზე საგზაო გამოყოფისას (სითხის ცვლადი ხარჯით მოძრაობის შემთხვევისას). იგი გამოისახება შემდეგი სახით:

$$\lambda_3 = \frac{0,16 Re^{0,8} + 115}{Re}, \quad (16)$$

სადაც  $Re = \frac{v_0 d}{\nu}$  არის მილსადენის სიგრძეზე ცვლადი რეინოლდსის რიცხვი;

$v_0$  – მილსადენის კვეთებში სიგრძეზე ცვლადი სიჩქარე;

$d$  – მილსადენის შიგა დიამეტრი;

$\nu$  – სითხის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი.

### 3. დასტვა

ცდების შედეგებმა დაადასტურა ვარაუდი, რომ პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი λ<sub>3</sub> იცვლება მიღსადენის სიგრძის მიხედვით. აქედან გამომდინარეობს დასკვნა, რომ მიღსადენის სიგრძის მიხედვით იცვლება შეზის კოეფიციენტიც და, მაშასადამე, ხარჯის მახასიათებელიც. ამგვარად, დაწნევის დანაკარგების განსაზღვრისას აუცილებელია სითხის მოძრაობის ხასიათზე მოქმედი ამ ფიზიკური თავისებურებების გათვალისწინება.

(7) ფუნქციონალური დამოკიდებულების გახსნისას გამოვდიოდით ფიზიკური წარმოდგენებიდან სითხის საგზაო გამოყოფისას მოძრაობის ხასიათის შესახებ. ცდებით დადგინდა, რომ ყველა რეინოლდსის რიცხვის  $2000 < Re < 50000$   $\lambda_3 > \lambda$  (სადაც  $\lambda_3$  და  $\lambda$  შესაბამისად არის პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტები სიგრძეზე სითხის უწყვეტი განაწილების და თანაბარი მოძრაობის შემთხვევებში). სითხის გამოყოფის ინტენსიურობა ასევე გავლენას ახდენს პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის  $\lambda_3$  სიდიდეზე.

რეინოლდსის რიცხვებისთვის, რომლებიც აღემატება მითითებულ ზღვრულ მნიშვნელობებს, თანაბარი მოძრაობის პირობებისათვის გამოთვლილი პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტების სიდიდეები პრაქტიკულად ემთხვევა (12) და (16) დამოკიდებულებებიდან განსაზღვრულ  $\lambda_3$  სიდიდეს.

### ლიტერატურა

1. კვიციანი ტ., სიხარულიძე გ. პოლიეთილენის მიღსადენებისათვის პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა სითხის თანაბარი მოძრაობის პირობებში. სტუს შრომები. თბილისი, 2009, გვ.14-18.
2. Курганов А.М., Федоров М.А. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Л.: Стройиздат, 1983. - 408 с.
3. Альтшуль А.Д. Примеры расчета по гидравлике. М.: Стройиздат, 1987. - 254 с.
4. Грабовский П.А. Уравнение движения жидкости в трубопроводе постоянного сечения при раздаче по пути // Гидравлика и гидротехника. Киев, 1984. Вып.19, с.89-94.

უაკ 621.396

## 06ტერნეტ-რადიო

მ. რამაზაშვილი, პ. რამაზაშვილი, ს. მიდელაშვილი, ლ. პერტაია  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** როგორც კი შესაძლებელი გახდა აუდიონაკადის გადაცემა ინტერნეტის საშუალებით, კომუნიკაციური რადიოსადგურები დაფიქრდნენ იმაზე, თუ როგორ ყოფილიყო ორგანიზებული მაუწყებლობა ციფრულ არხში. ინტერნეტ-რადიოს მეშვეობით შესაძლებელია ინფორმაციის და რეკლამის გადაცემა, ასევე შეგვიძლია ვიპოვთ ერთი ან რამდენიმე ლოგო, რომელიც გვიჩვენებს აუდიოფორმატს.

საკვანძო სიტყვები: ბრაუზერი; ბუჭერი; სერვერი; ბგერის კარტა.

### 1. შესავალი

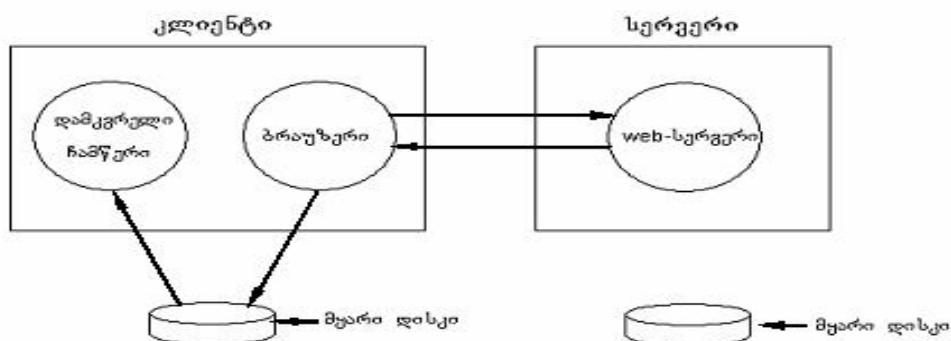
ბოლო პერიოდში, საინფორმაციო ინდუსტრიის სრულყოფაში აშკარად შეინიშნება მნიშვნელოვანი რევოლუციური ცვლილებები, რის გამოც თანამედროვე ეპოქას ხშირად სრულიად მართებულად, უწოდებენ კომპიუტერული სისტემებისა და ქსელების თავბრუდამხევები განვითარების ეპოქას. საზოგადოებრივი ცხოვრების დღევანდელ პირობებში ძალზე შესამჩნევად, თამამად შეიძლება ითქვას, რომ თითქმის ყოველ დღე იზრდება ქსელში ჩართული მუშა კვანძების და, მათი მეშვეობით, ქსელური სერვისების მომხმარებელთა საერთო რაოდენობა. დღეისათვის დამუშავებულია ხმისა და გამოსახულების ეფექტური ციფრული კოდირების მრავალი მეთოდი. თანამედროვე ეტაპზე აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა იმისთვის, რათა შეიქმნას და სრულყოფილ იქნეს ის მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფს ბგერითი და გამოსახულებითი ინფორმაციების ვიზუალური დამახინჯებების შემცირებას. პროფესიული კომპიუტერის მეშვეობით, ქსელში ხმის გადაცემის კონცეფცია წარმოიშვა აშშ-ში, კერძოდ ილინოისის შტატში. 1993 წელს ჩარლი კლაინმა შექმნა პროგრამა Meven. ეს იყო პირველი პროგრამა, რომლის მეშვეობით ხდებოდა ხმის გარდაქმნა პერსონალური კომპიუტერის მეშვეობით, ანუ გვაქვს

აუდიოხმის ნაკადი, რომელიც ჩაწერილია და ვისმენთ ინტერნეტით. მას უწოდებენ მუსიკას გამოძახებით.

როგორც კი შესაძლებელი გახდა აუდიონაკადის გადაცემა ინტერნეტის საშუალებით, კომერციული რადიოსადგურები დაფიქრდნენ იმაზე, თუ როგორ უნდა ყოფილიყო ორგანიზებული მაუწყებლობა ციფრულ არხში. მალე, კოლეჯის პატარა რადიოსადგურებმა დაიწყეს სიგნალის გადაცემა ინტერნეტის საშუალებით. კოლეჯის სტუდენტები ქმნიდნენ საკუთარ რადიოსადგურებს. რა თქმა უნდა, დღვენდელი ტექნოლოგიები იმ დონეზეა, რომ ყველას შეუძლია შექმნას საკუთარი რადიოსადგური. ინტერნეტ-რადიო, ეს მთლიანად ახალი სფეროა, რომელიც განვითარების სტადიაშია, თუმცა, მის შესახებ შეიძლება ითქვას რამდენიმე სიტყვა.

## 2. მირითადი ნაწილი

ინტერნეტი ბევრი მუსიკალური საიტია, რომლებსაც აქვს სიმღერების სია, მომხმარებელს შეუძლია მოუსმინოს მას სახელზე „დაკლიკებით“. შემოთავაზება ბევრ საიტზე უფასოა. ასეთი სისტემის რეალიზაციის გავრცელებული შესაძლებლობაა მარკერის გამოძახება, რომელიც ნაჩვენებია ნახაზზე.



**უბრალო საშუალება ტექნოლოგიის რეალიზაციისა  
„მუსიკა გამოძახებით“ – web საიტზე**

პროცესი იწყება, როდესაც მომხმარებელი დააჭირს სიმღერის სახელზე. თავიდან საქმეში ერთვება ბრაუზერი. იგი აგზავნის შეტყობინებას გამოძახების მიღებაზე. შემდეგი ნაბიჯი კეთდება სერვერის საშუალებით, ის იღებს სიმღერას დისკიდან და აგზავნის ბრაუზერში. თუ ფაილის ზომა გადაამეტებს სერვერის მთლიან მეხსიერებას, მაშინ შეიძლება ის ამოიდოს და გაგზავნოს ბლოკურად. ამ

შემთხვევაში, ბრაუზერი გამოიყენებს დამხმარე პროგრამებს, ასოცირებულს ასეთი ტიპის ფაილთან, Windows Media Player, real media, Winamp და ა.შ. მსმენელის კომპიუტერში ინფორმაცია დროებით ფაილად ჩაიწერება დასაკრავად. შემდეგ მუსიკალური ფაილი დროებით ფაილად ჩაიწერება დისკზე. ამის შემდეგ კი, ფაილის ბოლომდე გადმოწერამდე, შესაძლებელია მისი დაკვრა. მუსიკალური ფაილი დაიკავებს 4 მბაიტს და მოდემის საშუალებით გადაიცემა 56 კბ/წ სიჩქარით.

არსებობს რადიომაუწყებლობის ინტერნეტში ორგანიზების ორი მთავარი მიდგომა. პირველში იგულისხმება, რომ გადაცემა წინასწარ იწერება და ინახება დისკზე. მსმენელს შეუძლია მიიღოს რადიოსადგურის არქივში წინასწარი დაშვება, აირჩიოს სასურველი გადაცემა და გადმოტვირთოს ის მოსახმენად. ამ შემთხვევაში არხი შედგება გადამცემისგან, ანუ ტექნიკურად მისი ორგანიზება ძალიან ადვილია – გამოიყენება აუდიონაკადის ყველა მეთოდი, რაც მსმენელს საშუალებას აძლევს არხიდან აირჩიოს ნებისმიერი გადაცემა. სრულიად სხვა მიდგომა დაკავშირებულია ინტერნეტის საშუალებით რადიომაუწყებლობასთან. რამდენიმე სადგური აკეთებს პარალელურ მაუწყებლობას პირდაპირ ეთერსა და ქსელში. ასევე წარმოიქმნება მულტიმედიური სადგურები, რომლებიც მუშაობს მხოლოდ ინტერნეტში.

ცხადია, ამ ტექნოლოგიებს სჭირდება ბუფერინგი. ხმის დაკვრის დაწყებიდან 10-15 წმ-ის განმავლობაში ბუფერი საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ სტაბილური მაუწყებლობა, თუნდაც ქსელში მკაფიოდ შესამჩნევი ფლუქტუაციის დროსაც კი.

ერთ-ერთი მთავარი განხვავება არის ის, რომ აუდიონაკადი შეიძლება გვქონდეს გადაჭარბებული სიჩქარით, აღწარმოების სიჩქარე შეიძლება გააჩეროს მიმღებმა, რაც ბუფერში შეივსება მაღალ ზღვრამდე. რაც შეეხება პირდაპირ რადიომაუწყებლობას, აქ ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარე ყოველთვის ზუსტად ეთანხმება მისი შექმნისა და აღწარმოების სიჩქარეს.

დღესდღეობით, რადიო ინტერნეტით მუშაობს სხვაგვარად. რეალურად, მომხმარებელი აყენებს TCP – შეერთებას რადიოსადგურთან და იღებს ინფორმაციას TCP – პროტოკოლის საშუალებით. რა თქმა უნდა, ეს წარმოქმნის რიგ პრობლემებს, როგორიცა გადაცემის გაჩერება, პაკეტის დაკარგვა, მომდევნო განმეორებითი გადაცემა და ა.შ..

რატომ გამოიყენება RTP-ს მაგივრად TCP, და გადაიცემა ერთი მიმართულებით? ამის სამი მიზეზი არსებობს. პირველი ის, რომ რამდენიმე პროგრამერი შორს მაუწყებლობს. გადაცემის ეს მეთოდი ძალიან ხშირად გამოიყენება. მეორე RTP –

პროტოკოლი ნაკლებად ცნობილია, ვიდრე TCP და ბევრი რადიოსადგური გაცილებით პატარაა იმისთვის, რომ ჰქონდეს პროფესიონალი “კომპიუტერული კომპიუტერული კომპიუტერული” უფრო ადგილად გამოიყენება გასაგები და პოპულარული პროტოკოლი TCP, რომელიც იყენებს ბევრ პროგრამას. მესამე არის ის, რომ ძალიან ბევრს მოსწონს რადიოს მოსმენა. ქსელური ადმინისტრაციის უმრავლესობა ბრანდმაჟერს აყენებს ისე, რომ ლოკალური ქსელი დაიცვას გარედან არასასურველი შეღწევებისგან. ასევე ნება ეძლევა TCP შეერთებას 25 პორტში ან დაყენდეს პორტით 80. RTR- ში ჩართული ყველა სხვადასხვა შესაძლებლობა შეიძლება დაიბლოკოს. ასეთ შემთხვევაში, ერთადერთი საშუალებაა სიგნალი გადავცეთ ბრანდმაჟერის საშუალებით – ეს კი აიძულებს Web საიტს წარმოაჩინოს და გამოიყენოს HTTP სერვერი, რომელიც ეთანხმება TCP-ს. ასეთი მკაცრი ზომა უზრუნველყოფილია მხოლოდ ინფორმაციის მინიმალური დაცვით. ეფექტურობა ნაწილობრივ კლებულობს მულტიმედიის შემთხვევაში.

რადგან ინტერნეტ-რადიო ინფორმაციის გადაცემის ახალი გარემოა, ფორმატების ბრძოლა წინ მიიწევს. Real Audio, Windows Media Audio და MP3-ს საკმაოდ აგრესიული კონკურენცია აქვს ამ სფეროში. რადიომაჟწყებლობისა და ინტერნეტის მართვისთვის ბრძოლა აქვთ დომინირებულ ფორმატებს. ახლა გამოჩნდა კიდევ ერთი ფორმატი – Vorbis, რომელიც ტექნიკურად ჰგავს MP3-ს, მაგრამ დიად და არ იყენებს უკვე იმ პატენტ მეთოდებს, რომლებსაც იყენებს MP3.

ტიპური ინტერნეტ-რადიო სადგური წარმოადგენს Web საიტს, რომელზეც წარმოდგენილია წამყვანი ინფორმაციის და ბევრი რეკლამის გადაცემა. ასევე შეგვიძლია ვიპოვოთ ერთი ან რამდენიმე ლოგო, რომლებიც გვიჩვენებს აუდიოფორმატს. როდესაც მომხმარებელი დააჭირს ერთ-ერთ ნიშანზე, გადაიგზავნება პატარა მეტაფაილი. ბრაუზერი იყენებს MIME – ტიპს, ფაილის გაფართოება განსაზღვრავს დამხმარე მდგომარეობას. მეტაფაილი იწერება დროით ფაილში, შემდეგ გამოძახებული პროგრამა აგზავნის დროით ფაილის სახელს, მასზე დაფარულ URL, საკრავი უკავშირდება სერვერს და მუშაობს რადიომიმდებზე. შეიძლება ითქვას, რომ აუდიოინფორმაცია გადაიცემა თითქმის ერთი ნაკადით.

ინტერნეტ-რადიოს კიდევ ერთი საინტერესო თვისება არის ის, რომ პრაქტიკულად ყველა მსურველს (სტუდენტებსაც) შეუძლია ორგანიზება გაუკეთოს საკუთარ რადიოსადგურს. ამისათვის მთავარი კომპონენტები ნაჩვენებია ნახაზზე. ბაზა არის პერსონალური კომპიუტერი ხმის კარტით და მიკროფონით. რაც შეეხება

პროგრამულ უზრუნველყოფას, დაგვჭირდება დასაკრავი Winamp ან Freeamp, რათა ჩაიწეროს ხმა და არჩეული კოდერები.

სადგურების მიერ შექმნილი აუდიოინფორმაციის ნაკადი ორგანიზდება ინტერნეტში მულტიმედიის დიდ სერვერზე, რომელიც უზრუნველყოფს ამ ნაკადის გავრცელებას სხვადასხვა TCP – შეერთებებს შორის. სერვერი ასევე მუშაობს ბევრ პატარა რადიოსადგურზე. გამოიყენება მომსახურებული რადიოსადგურების სია და გაიცემა ინფორმაცია იმაზე, თუ რომელი მათგანი მაუწყებლობს კონკრეტულ მომენტში. პოტენციური მსმენელი უკავშირდება ამ სერვერს, აირჩევს სადგურს და იდებს ინფორმაციას TCP-ის საშუალებით. არის კომპიუტერული პროგრამები, რომელთაც აქვთ ყველა შესაძლო კომპონენტი, დია პროგრამული შესაძლებლობა, როგორიცაა icecast. ასევე არის სერვერები, რომელთაც აქვთ ფასიანი რადიოსადგურები.

### 3. დასპენა

ამრიგად, ინტერნეტ-რადიოს კიდევ ერთი საინტერესო თვისება არის ის, რომ პრაქტიკულად ყველა მსურველს (სტუდენტებსაც) შეუძლია ორგანიზება გაუკეთოს საკუთარ რადიოსადგურს. ბაზა არის პერსონალური კომპიუტერი ხმის კარტით და მიკროფონით. რაც შეეხება პროგრამულ უზრუნველყოფას, დაგვჭირდება დასაკრავი Winamp ან Freeamp, რათა ჩაიწეროს ხმა და არჩეული კოდერები.

### ლიტერატურა

1. Terri ogltri, Модернизация и ремонт сетей.
2. Дуглас Камер. Сети TCP/IP. Том 1. Принципы, протоколы и структура.

## უაკ 628.1

### რა უნდა გაითვალისწინო ენერგეტიკისა და ეკონომიკის სამინისტროებმა, როდესაც ინვესტორს ირჩევენ ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობის დამფინანსებლად

ნ. კოდუა, ა. ახვლედიანი, თ. მიქიაშვილი, გ.ახვლედიანი  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** ახალი პიდროელექტროსადგურის მშენებლობის ეკონომიკური ეფექტიანობის განხსაზღვრელი ტარიფის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გაწეული კაპიტალდაბანდების როგორც სტრუქტურაზე, ისე მიხი ამოგების საანგარიშო სქემაზე, აგრეთვე კერძო კაპიტალისა და ბანკის ხესხის საპროცენტო განაკვეთებზე. ამიტომ ერთი და იმავე ოდენობის დაფინანსების პირობებში მინიმალური ტარიფის მიხადებად, რომელიც დააკმაყოფილებს ზღვრული ტარიფის მიხედვით ხემის მოთხოვნებს და ამავე დროს, უზრუნველყოფს ინვესტორის მოთხოვნებს – მიიღოს მოთხოვნილი დივიდენტი, ჩატარდებ გაანგარიშებათა სერიები ხევადახვა ვარიაციის მიხედვით.

ეს საშუალებას მოგვცემს გამოვლინდეს მშენებლობის დაფინანსების ისეთი ვარიანტი, რომელიც ერთდროულად დააკმაყოფილებს ინვესტორსაც და გაითვალისწინებს სახელმწიფო ინტერესებაც.

**საკვანძო სიტყვები:** ინვესტორის შერჩევა; პიდროელექტროსადგურის მშენებლობა; ტარიფის დადგენა; კერძო და საბანკო კაპიტალის გამოყენება; სუფთა მიმდინარე ლირებულება; რენტაბილურობის შიგა ნორდა.

## 1. შესავალი

ცნობილია, რომ საქართველოში ტექნიკურად შესაძლო გამოყენებადი პიდროენერგეტიკული რესურსის ოდენობა აღემატება წლიურად 80 მილიარდ კილოვატ-საათს, მათგან ამჟამად ათვისებული ენერგეტიკული რესურსი საპროექტო მონაცე-

მების მიხედვით 10 მილიარდ კვტსთ-ს შეადგენს. ამჟამად რეალურად ფუნქციონირებადი პიდროელექტროსადგურების მიერ გამომუშავებული ჯამური ენერგია არ აღემატება 8 მილიარდ კვტსთ-ს. აღნიშნულ პირობებში საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში შემოდგომა-ზამთრის სეზონში ფიქსირდება საკმაოდ დრმა დეფიციტი, რომელიც ამჟამად აღემატება 1 მილიარდ კვტსთ-ს და მომავალში ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილების ზრდასთან ერთად, ეს დეფიციტი ცხადია უფრო გადრმავდება.

## 2. პირითადი ნაწილი

აღნიშნული მდგომარეობის გამოსწორება მიზანშეწონილია განხორციელდეს ქვეყანაში დიდი რაოდენობით არსებული პიდროენერგეტიკული რესურსების ათვისების გზით. აღნიშნული მიდგომით დეფიციტის აღმოფხვრის გზაზე მთავარ პრობლემას წარმოადგენს ინვესტორების მოზიდვა ახალი პიდროელექტროსადგურის მშენებლობის დამფინანსებლად.

ინვესტორმა რომ მშენებლობის დაფინანსება განახორციელოს, ცხადია, უნდა იყოს დარწმუნებული ნაწარმოები საქონლის, ე.ო. ელექტროენერგიის გასაღების შესაძლებლობებით ისეთ ფასებში, რომლებიც ერთდროულად დააკმაყოფილებს ორ პირობას.

პირველი აუცილებელი პირობაა მოთხოვნა იმის შესახებ, რომ ინვესტორმა მშენებლობის დანახარჯების სრულად გათვალისწინების პირობებში შეძლოს გაანგარიშებული ტარიფით ელექტროენერგიის რეალიზების შედეგად დაფაროს მის მიერ გაწეული დაფინანსების ხარჯები სათანადო ნამატით;

მეორე აუცილებელი პირობაა მოთხოვნა იმის შესახებ, რომ ელექტროენერგიის სარეალიზაციო ტარიფი არ აღემატებოდეს მომხმარებელთა მსყიდველუნარიანობას. ტარიფის ასეთ ზღვრულ მნიშვნელობას უნდა ადგენდეს სემეკი მოხმარებისა და მიწოდების მრუდების კვეთის წერტილის მიხედვით, გრძელვადიანი პერიოდის გათვალისწინებით. მიზანშეწონილია ასეთი ზღვრული ტარიფები შესწავლით იქნეს შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხული-ზაფხულის სეზონებისათვის ცალ-ცალკე, როცა მომხმარებელი დიფერენცირებული ტარიფით, ე.ო. დატვირთვის ზამთრის პიკში და ბაზისში მოხმარებული ელექტროენერგიისათვის განსხვავებული ტარიფით იხდის გადასახადს. ასეთი დიფერენციაციით მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის გადახდა სამართლიანი მიდგომაა მეწარმესათვის ფულა-

დი დანახარჯების ასანაზღაურებლად. საქმე ისაა, რომ მეწარმეს უნდა აუნაზღაურდეს ის დანახარჯი, რაც მან გასწია საქონლის წარმოებისა და მიწოდებისათვის. აქედან გამომდინარე, რადგანაც ელექტროენერგიის წარმოება დღვდამური დატვირთვის პიკურ ზონაში უფრო ძვირი ჯდება, ვიდრე ბაზისურში, ცხადია, პიკურ ზონაში მიწოდებული ენერგია უფრო ძვირი უნდა იყოს არაპიკურ ზონაში მიწოდებულ ელექტროენერგიასთან შედარებით. სამწუხაროდ, ამ თვალსაზრისით ამჟამად მოქმედი ტარიფები საქართველოში არასამართლიანია, მაგრამ გასაშუალოებული ტარიფით მეწარმე მაინც ახერხებს დანახარჯების ანაზღაურებას. ზარალდება მხოლოდ მომხმარებელი, რადგან მას არ ეძლევა საშუალება ისარგებლოს იაფად დირებული ელექტროენერგიით და გააკეთოს ეკონომია მის მიერ მოხმარებული ელექტროენერგიის საფასურის ოდენობის შემცირების თვალსაზრისით.

ქვემოთ მოყვანილ ელექტროენერგიის ტარიფების გაანგარიშებაში გამოყენებულია გასაშუალოებული ტარიფების დადგენის მეთოდი ინვესტირებული კაპიტალის დასაფარავად.

ახალი ჰესის მშენებლობის დასაფინანსებლად ინვესტორის მოზიდვა შესაძლებელია მრავალი განსხვავებული დაფინანსების სქემისა და სტრუქტურის პირობებში. საქართველოში, როგორც გარდამავალი კაპიტალისტური წევბის ქვეყანაში, მიზანშეწონილად არის მიჩნეული მშენებლობის წილობრივი დაფინანსების სქემა, სადაც გარკვეული წილი საკუთარი კაპიტალის სახით გადებული იქნება მეწარმე ინვესტორის მიერ, დანარჩენი კი მოზიდული ბანკის კრედიტის სახით. აღნიშნული სქემის პირობებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დაფინანსების სტრუქტურას, ე.ო. პროცენტულ თანაფარდობას კერძო კაპიტალსა და ბანკის სესხით მიღებულ თანხებს შორის. ეს თანაფარდობა ყველა კონკრეტული მშენებლობისათვის საჭირო დაფინანსების პირობებში გავლენას ახდენს სარეალიზაციო ელექტროენერგიის ტარიფზე, რადგან სახელმწიფო დაინტერესებულია, რომ ტარიფი იყოს რაც შეიძლება მცირედა არ აღემატებოდეს ზღვრულ ტარიფს. ცხადია, აუცილებელია იმის გამოკვლევა, თუ როგორ მოქმედებს კერძო და სასესხო კაპიტალის თანაფარდობა ტარიფის შემცირებაზე. ყველა თანაფარდობის პირობებში ინვესტორმა მომავალი შემოსავლების დისკონტირებით უნდა აინაზდაუროს გაწეული კაპიტალდაბანდება და ამავე დროს, ბანკის სესხი შეთანხმებული საპროცენტო განაკვეთით გაისტუმროს ძირითად თანხასთან ერთად. საბაზრო ეკონომიკაში ცნობილია, რომ რაც მეტია კერძო კაპიტალის წილი მთლიან დაფინანსებაში, მით უფრო ნაკლებია რისკი ბანკის მიერ

გაცემული სესხის დაბრუნებისა და ამიტომ სესხის საპროცენტო განაკვეთი შეიძლება შემცირდეს. ეს კი გავლენას ახდენს ტარიფზე მისი შემცირების თვალსაზრისით. ამავე დროს ინვესტორი ასეთ პირობებში მოითხოვს თავის კერძო კაპიტალზე საპროცენტო განაკვეთი გაიზარდოს. ეს კი განსხვავებული ინტენსივობით ახდენს გავლენას ტარიფის მნიშვნელობაზე.

მეწარმისათვის – ინვესტორისათვის კერძო კაპიტალზე საპროცენტო განაკვეთის გაზრდა, ე.ი. მესაკუთრესათვის დივიდენდის გაზრდა კარგი იქნება რომ არ ხდებოდეს გაანგარიშების სქემაზე დამოკიდებულებით. მაგრამ სინამდვილეში დივიდენდის სიდიდის ცვლილება ფიქსირებული ოდენობით დაფინანსების პირობებში წარმოებს ენერგეტიკული ობიექტის (ჰესის ან თესის) ეკონომიკური ეფექტიანობის განსაზღვრული კრიტერიუმებით დასაბუთების დროს. ამიტომ, საჭიროა ეს პროცესი შევისწავლოთ, პრაქტიკაში რეკომენდებული ეფექტიანობის განსხვავებული კრიტერიუმების პირობებში: მაგალითად, სუვთა მიმდინარე დირექტულების (NPV) და რენტაბულურობის შიდა ნორმის (IRR) პირობებში [1] და ინვესტორს მოვთხოვოთ უარი თქვას მოთხოვნილი დივიდენდის მნიშვნელოვან გაზრდაზე. ის ინვესტორი, რომელიც დასჯერდება მოთხოვნილი დივიდენდის მხოლოდ შედარებით მცირე თდენობით გაზრდას, მიაღწევს იმას რომ ტარიფი ელექტროენერგიაზე მნიშვნელოვნად შემცირდეს, რაც უზრუნველყოფს სემეკის მიერ რეკომენდებული ზღვრული ტარიფის შენარჩუნებით მრავალი ასაშენებელი პიდროვლექტროსადგურის ეკონომიკური ეფექტიანობის კატეგორიაში გადაყვანას.

აღნიშნული მიდგომის ეფექტიანობის თვალსაჩინოების მიზნით, მოგვყვავს საშუალო სიმძლავრის ტიპური ჰესის, კონკრეტულად 24 მგვტ-იანი სიმძლავრის ტეხური ჰესის მშენებლობის დაფინანსების მაგალითი.

ტეხური ჰესი წარმოადგენს კაშხლურ-დერევაციული სქემით განსახორციელებელ სეზონური რეგულირების ელექტროსადგურს, რომლის კაშხლის სიმაღლე 40მ-ია და დერევაციის სიგრძე 3,6კმ. მთლიანი დანახარჯი მშენებლობაზე, ე.ი. კაპიტალ-დაბანდება შეადგენს 33 500 000\$-ს, სარეალიზაციო ელექტროენერგიის რაოდენობა 139.2 მლნ კვტსთ-ს. როგორც წესი, ტარიფით ამოსაღები კაპიტალის ოდენობა არ ემთხვევა კაპიტალდაბანდების სიდიდეს, რადგან მსესხებელი ორგანიზაცია ხშირად არ თანხმდება შედავათიანი პერიოდით, ე.ი. შემოსავლების მიღების დაწყებამდე პროცენტების არგადახდას. ამიტომ მიზანშეწონილია მშენებლობა დაიწყოს კერძო კაპიტალის გამოყენებით და მხოლოდ მშენებლობის ბოლო წლებში გამოყენებულ

იქნეს სესხის სახით მიღებული კაპიტალი. ჩვენ განსახილველ შემთხვევაში მშენებლობა გრძელდება 3 წელი. მშენებლობისათვის საჭირო კაპიტალდაბანდების  $33.5 \cdot 10^6$  \$-ის გახარჯვა სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების გრაფიკის მიხედვით წარმოებს შემდეგი პროპორციით: პირველ წელს იხარჯება  $8.375 \cdot 10^6$  \$, მეორე წელს –  $13.4 \cdot 10^6$  \$, მესამე წელს  $11.725 \cdot 10^6$  \$. მაშინ, თუ ბანკის სესხი საერთო კაპიტალდაბანდებაში შეადგენს 70%-ს, მეორე წელს მოთხოვნილი ბანკის სესხი ტოლი იქნება  $13.4 \cdot 10^6 - (10.05 \cdot 10^6 - 8.375 \cdot 10^6) = 11.725 \cdot 10^6$  \$.

მესამე წელს მშენებლობისათვის მხოლოდ ბანკის სესხი იქნება გამოყენებული. მაშინ, ბანკისათვის დასაბრუნებელი თანხა, თუ შეღავათიანი პერიოდით არ იძლევა სესხს, დისკონტირებით იანგარიშება შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$V_B = 11.725 \cdot 10^6 (1 + 0.11)^2 + 11.725 \cdot 10^6 (1 + 0.11) = 27\ 461\ 125 \text{ $},$$

სადაც 0.11 ბანკის სესხის საპროცენტო განაკვეთია ათწილადებით გამოსახული. ტარიფით ამოსაღები მთლიანი თანხა კი ტოლი იქნება

$$V_{\text{მთლ}} = 10.05 \cdot 10^6 + 27,461 \cdot 10^6 = 37,511 \cdot 10^6 \text{ $}.$$

ყველა განხილული შემთხვევისათვის, როცა ბანკის სესხის წილი ჯამურ დაფინანსებაში შეადგენს 80, 70, 60, 50, 40 პროცენტებს, ანალოგიური გაანგარიშებით მიღებული დასაბრუნებელი თანხების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილის მესამე სტრიქონში.

პირველ და მეორე ვარიანტებში ვანგარიშობთ სუფთა მიმდინარე დირებულების კრიტერიუმის (წესის) მიხედვით, როცა მისი მნიშვნელობა ან ნულის ტოლია, ან ადემატება ნულს [1]. მესამე ვარიანტში ვიყენებთ რენტაბელურობის შიდა ნორმის კრიტერიუმს, სადაც დისკონტირების კოეფიციენტი იცვლება კერძო და სასესხო კაპიტალის თანაფარდობის მიხედვით. დისკონტირება წარმოებს მეწარმის წმინდა შემოსავლის მონაცემთა გამოყენებით.

რენტაბელურობის შიდა ნორმის (IRR) მიხედვით გაანგარიშება გულისხმობს იმას, რომ ყოველწლიური წმინდა შემოსავლების დისკონტირებულ სიდიდეთა 20 წლის ჯამი ტოლი უნდა იყოს ინვესტირებული კერძო კაპიტალის სიდიდეს გამოკლებული დისკონტირებული ნარჩენი დირებულება.

პირველი ორი ვარიანტის შემთხვევაში, საწარმოში ფულის ნაკადის ყოველწლიურ სიდიდეთა კაპიტალის საშუალო შეწონილი კოეფიციენტით დისკონტირებული 20 წლის ჯამი ტოლი უნდა იყოს ინვესტირებულ მთლიან კაპიტალს გამოკლებული დისკონტირებული ნარჩენი დირებულება.

ნარჩენი ღირებულების დისკონტირებული მნიშვნელობა ყველა ზემოთ აღნიშნულ შემთხვევაში იანგარიშებოდა შემდეგი ფორმულით:

$$C_{\frac{t}{T}} = \frac{T_b - T_c}{T_b} C_{\frac{t}{T_b}} \cdot \frac{1}{(1 + K)^{T_b}}, \quad (1)$$

სადაც  $T_c$  პიდროტექნიკური ნაგებობების ფიზიკური ცვეთის ხანგრძლივობაა წლებით გამოხატული;

$T_b$  – ობიექტის სასარგებლოდ მომსახურების პერიოდი, ე.ი. ფინანსური ცვეთის ხანგრძლივობა წლებით გამოსახული;

$C_{\frac{t}{T}}$  – პიდროტექნიკურ ნაგებობათა ღირებულება დოლარებით გამოხატული;

$K$  – დისკონტირების კოეფიციენტი, რომელიც წმინდა მიმდინარე ღირებულებით ანგარიშის შემთხვევაში ინგესტირებული კაპიტალის საშუალო შეწონილი ღირებულების ტოლია, ხოლო რენტაბელურობის შიდა ნორმის მიხედვით გაანგარიშების შემთხვევაში ტოლი იქნება კერძო კაპიტალის საპროცენტო განაკვეთისა, გამოსახული ათწილადებით.

გრძელვადიანი ინვესტირების დროს, როცა სესხის თანხის ამოღების პერიოდი შედარებით მცირეა ფინანსური ამორტიზაციის პერიოდთან შედარებით, შესაძლებელია რენტაბელურობის შიდა ნორმით მოთხოვნილი ჯამური დივიდენდი მისადები აღმოჩნდეს ინვესტორისათვის, მაგრამ სესხის ძირითადი თანხის დაბრუნების გამო დივიდენდის მნიშვნელობები მიუღებლად მცირე აღმოჩნდეს რომელიმე ვარიანტის შემთხვევაში, რადგან ექსპლუატაციის პირველ წლებში ერთობლივი შემოსავლიდან გამოქვითვები საგადასახადო კოდექსის მიხედვით შედარებით დიდი გამოდის.

აღნიშნულის გამო, მიუხედავად გაანგარიშების ნახსენები ვარიანტების მიხედვით ეკონომიკური ეფექტიანობის მოთხოვნის დაკმაყოფილებისა, უნდა შემოწმდეს – უარყოფით ან ძალიან მცირე მნიშვნელობებს ხომ არ ღებულობს სესხის ძირითადი ნაწილის დაბრუნების პერიოდში დისკონტირებით გამოთვლილი მეწარმის სუფთა შემოსავალი. როდესაც მივაღწევთ იმას, რომ ეს სიდიდეები დადებითი იქნება, შესაძლებელია გაჩნდეს ფინანსური ლევერიჯის ეფექტი; რაც ნიშნავს, რომ შეთანხმებული და მოთხოვნილი დივიდენდი შეიძლება უნებლიერ გაიზარდოს, რაზეც ინვესტორს მიზანშეწონილობის ფარგლებში უარს ვერ ვეტყვით.

აღნიშნულის საილუსტრაციოდ მოვიყვანთ დაფინასების სამივე ვარიანტის შემთხვევაში ინგესტორისათვის მისაცემი ყოველწლიური დივიდენდების მნიშვნელობებს.

განვიხილოთ მხოლოდ ერთი ვარიანტი, როცა ბანკის სესხი მთლიან დაფინასებაში შეადგენს 70%-ს და სესხის საპროცენტო განაკვეთი – 11%-ს, კერძო კაპიტალის საპროცენტო განაკვეთი კი – 15 %-ს, დაფინანსების ჯამური თანხა ტოლია  $33.5 \cdot 10^6$  \$-ის.

ფულადი ნაკადის სუფთა მიმდინარე დირებულების გამოთვლის შემთხვევაში, როდესაც მისი მნიშვნელობები დადგებითია და აქტივების სასარგებლოდ მომსახურების პერიოდში მისადებ ჯამურ დივიდენდს 158%-ით აღემატება, მეწარმის განკარგულებაში დარჩენილი თანხის მნიშვნელობები წლების მიხედვით იქნება:

3 393 806	3 376 721	3 344 175	3 305 690	3 266 805	5 წელი
3 225 029	3 179 818	3 130 609	3 076 774	3 017 632	10 წელი
7 620 091	7 625 051	7 630 730	7 637 075	7 644 042	15 წელი
7 652 587	7 659 673	7 668 261	7 677 320	7 686 815	20 წელი

საწყისი დივიდენდი, რომელიც ყოველწლიურად 15%-იანი ნაზრდით უნდა მიიღოს ინგესტორმა, ტოლია  $10\ 050\ 000 \cdot 0.15 = 1507500$  \$. როგორც ჩანს, ყოველწლიური სუფთა შემოსავალი მნიშვნელოვნად აღემატება მოთხოვნილ დივიდენდს. ამის გამო, დისკონტირებული დივიდენდების ჯამი შეადგენს 25930014\$-ს, რაც ინგესტორის მიერ ჩადებულ კერძო კაპიტალს – 10 050 000\$-ს აღემატება 158%-ით.

აქედან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მიმდინარე დირებულების ფულის ნაკადის ( $NPV > 0$ ) დადებითი მნიშვნელობების შემთხვევაში მეწარმის დივიდენდი მნიშვნელოვნად იზრდება, რაც იწვევს სარეალიზაციო ელექტროენერგიის ტარიფის მნიშვნელოვან გაზრდას, ჩვენს შემთხვევაში 6.84 ცენტი/კვტსთ-მდე, ეს კი სემების მიერ დადგენილ ზღვრულ ტარიფს აღემატება. ამიტომ მიზანშეწონილია გაანგარიშებები ვაწარმოოთ სუფთა მიმდინარე დირებულების ( $NPV = 0$ ) ნულთან ტოლობის პირობებში. ამ შემთხვევაში მეწარმის განკარგულებაში დარჩენილი თანხის მნიშვნელობები წლების მიხედვით იქნება:

1 537 463	1 520 377	1 485 832	1 449 347	1 410 861	5 წელი
1 368 681	1 323 475	1 274 266	1 220 430	1 161 288	10 წელი
5 763 747	5 768 709	5 774 387	5 780 732	5 787 698	15 წელი
5 795 244	5 803 329	5 811 918	5 820 976	5 830 472	20 წელი

როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, ყოველწლიური სუფთა შემოსავალი განსაკუთრებით ბოლო 10 წლის განმავლობაში მაინც მნიშვნელოვნად აღემატება მისაღებ დივიდენდებს – რის გამოც დისკონტირებული დივიდენდების ჯამიც  $14\ 310\ 545\$$   $42.4\%-ით$  აღემატება ჩადებული კერძო კაპიტალის ოდენობას, ე.ი.  $10\ 050\ 000\$$ -ს. ადნიშნულ პირობებში ტარიფი ელექტროენერგიაზე შემცირდა  $5.27$  ცენტი/კვტსთ-მდე, რომელიც დასაშვებ ზღვრულ დირებულებასთან ახლოსაა. აქედან გამომდინარე იბადება კითხვა, ტარიფის უფრო მეტად შემცირების მიზნით ხომ არ იქნება მიზანშეწონილი, ინგენიერობრივ შევთავაზოთ მიიღოს მხოლოდ მის მიერ მოთხოვნილი დივიდენდი არა ყოველწლიურად, არამედ მის მიერ აქტივების ექსპლუატაციის 20 წლის პერიოდში საშუალო დივიდენდის სახით.

ამ შემოხვევაში, რენტაბელურობის საწყის მნიშვნელობად უნდა მივიჩნიოთ  $1\ 507\ 500\$$  და ტარიფი დავადგინოთ ადნიშნული მოთხოვნის დაცვით, მაშინ ყოველწლიური წმინდა შემოსავალი  $\$-ით$  იქნება:

529 243	512 158	476 612	441 127	402 242	5 წელი
360 462	315 255	266 046	212 210	153 069	10 წელი
4 755 528	4 760 487	4 766 167	4 772 512	4 779 479	15 წელი
4 787 024	4 795 110	4 803 698	4 812 756	4 822 252	20 წელი

როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, პირველი ათი წლის განმავლობაში სანამ მეწარმე სესხით აღებული თანხის ძირითად ნაწილს იხდის, მოთხოვნილ საწყის დივიდენდს  $1\ 507\ 500\$$ -ის ოდენობით ვერ დებულობს; სამგიეროდ, დარჩენილი ათი წლის განმავლობაში დებულობს მნიშვნელოვნად გაზრდილ დივიდენდს, რითაც აბალანსებს პირველ წლებში მიღებულ დანაკლისს. ამგვარად, ოცი წლის განმავლობაში მიღებული დისკონტირებული დივიდენდების ჯამი ტოლია მის მიერ გაღებული კერძო კაპიტალის ოდენობისა, რომელიც როგორც ცხრილიდან ჩანს, ტოლია  $10\ 05.10^6 \$$ -ის, რომელშიც ნარჩენი დირებულების წილი შეადგენს  $2050235\$$ -

ს. 20 წლის განმავლობაში რეალურად მიღებული მეწარმის წმინდა შემოსავლების ჯამი ტოლია 5 524 440.0\$ -ის, საშუალო წლიური შემოსავალი კი 51 524 440 : 20 = 2 576 222\$ -ის, რაც აღემატება დივიდენდის სახით მისაღებ თანხას – 1 507 500 \$-ს. მაგრამ ეს ფინანსური რენტაბელურობის, ე.ო. დევერიჯის ეფექტის მაჩვენებელი არ არის, რადგან არ არის გათვალისწინებული მომავალი შემოსავლების მიმდინარე დირებულებამდე მიყვანის ფაქტორი, ე.ო. დისკონტირების ფაქტორი.

მიუხედავად იმისა, რომ მეწარმე აქტივების სასარგებლოდ მომსახურების პერიოდში, ე.ო. ფინანსური ამორტიზაციის პერიოდში მიიღებს მის მიერ მოთხოვნილ დივიდენდს, შეიძლება იგი არ დათნხმდეს ასეთი პირობით მშენებლობის დაფინანსებას, რადგანაც პირველი 10 წლის განმავლობაში სრულად ვერ დებულობს მოთხოვნილ დივიდენდს. მაგრამ თუ დათანხმდა, ეს იქნება ბევრი პიდრელქტროსადგურის მშენებლობის განხორციელებისათვის საუკეთესო პირობა, რადგანაც ელექტროენერგიის სარეალიზაციო ტარიფი მნიშვნელოვნად მცირდება. ჩვენ მიერ განხილული მაგალითის პირობებში იგი მცირდება 4.42 ცენტი/კვტსთ-მდე.

დაფინანსების სხვადასხავა ვარიანტებისა და სქემის ტარიფზე ზეგავლენის ანალიზის გაკეთების მიზნით ცხრილში მოცემულია მათი მნიშვნელობები.

გაანგარიშებათა შედეგების ცხრილში მოყვანილი მნიშვნელობების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს გავკეთოთ დასკვნები.

სუფთა მიმდინარე დირებულების დადებითი მნიშვნელობების შენარჩუნების პრინციპით გაანგარიშების დროს, როცა კერძო კაპიტალის წილობრივი მონაწილეობა არ აღემატება 50%-ს, ინვესტორის მიერ მისაღები დივიდენდის ნაზრდი დაუშვებლად დიდი გამოდის და ამავე დროს, ელექტროენერგიის ტარიფები მნიშვნელოვნად იზრდება, რის გამოც რიგი ენერგეტიკული ობიექტებისა აუცილებლად აღმოჩნდება ეკონომიკურად არაეფექტური. აქედან გამომდინარე, ინვესტორების მოზიდვა ისეთი საინვესტიციო პროექტების დასაფინანსებლად, რომლებშიც ეკონომიკური გაანგარიშებები გაკეთებული სუფთა მიმდინარე დირებულებების დადებითი მნიშვნელობების მიღების პრინციპით, არამიზანშეწონილია.

**ელექტროენერგიის ტარიფები მშენებლობაზე ინვესტირებული  
კაპიტალის სტრუქტურისა და მოთხოვნილი დივიდენდის შენარჩუნების  
გაანგარიშების წესების მიხედვით, ტეხური პესის მაგალითზე**

$$N_{\text{დაღგ}} = 24 \text{ გეტ}$$

		ინვესტირებული კაპიტალის ამოგების ვარიანტები და სტრუქტურის დასახელება				
		ინვესტირებული კაპიტალის სტრუქტურა:				
		<u>კერძო კაპიტალის პროცენტული წილი</u> <u>ბანკის სესხის პროცენტული წილი</u>				
		$\frac{20}{80}$	$\frac{30}{70}$	$\frac{40}{60}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{60}{40}$
1	2	3	4	5	6	7
1	გადებული კერძო კაპიტალის ოდენობა მლნ \$-ით და მისი საპროცენტო განაკვეთი	$\frac{6.7}{15}$	$\frac{10.05}{15}$	$\frac{13.4}{16}$	$\frac{16.75}{16}$	$\frac{20.15}{17}$
2	ბანკის მიერ გაცემული სესხის ოდენობა მლნ \$-ით და მისი საპროცენტო განაკვეთი	$\frac{26.8}{11}$	$\frac{23.45}{11}$	$\frac{20.1}{10}$	$\frac{16.75}{9}$	$\frac{13.4}{8}$
3	ბანკისათვის დასაბრუნებელი ძირითადი თანხა მლნ \$-ით და მისი საპროცენტო განაკვეთი	$\frac{31.59}{11}$	$\frac{27.49}{11}$	$\frac{23.03}{10}$	$\frac{18.75}{9}$	$\frac{14.62}{8}$
4	სუფთა მიმდინარე დირებულების (NPV) $> 0$ დადებითი მნიშვნელობები ათას \$-ით, მისი შესაბამისი ტარიფებით ცენტი / კვტსთ და ჯამური დივიდენდის აღმატების პროცენტები მოთხოვნილთან შედარებით	15 271.3	12 863.6	10 513.7	8 310.2	6 119.8
5	ტარიფი ცენტი / კვტსთ, როცა ამოგება იანგარიშება სუფთა მიმდინარე დირებულების ნულთან ტოლობის პირობებში (NPV = 0) და ჯამური დივიდენდის აღმატების პროცენტები მოთხოვნილთან შედარებით	5.34	5.27	5.0	4.77	4.81
6	ტარიფი ცენტი / კვტსთ, როცა ამოგება იანგარიშება რენტაბელურობის მოთხოვნილი ნორმის შენარჩუნების პრინციპით და როცა ანგარიშებში გამოიყენება მეწარმის წმინდა შემოსავალი	4.37	4.42	4.46	4.44	4.67

როცა ეკონომიკურ გაანგარიშებებში ამოვდივართ სუფთა მიმდინარე დირებულების ნულთან ტოლობის პირობებში, ელექტროენერგიის ტარიფები მცირდება 37-23%-ის ფარგლებში იმის მიხედვით, თუ როგორია კერძო კაპიტალის წილობრივი მონაწილეობა. კერძო კაპიტალის წილის გაზრდასთან ერთად, ტარიფის შემცირების პროცენტული მაჩვენებელი მცირდება, ასევე მცირდება ინვესტორისათვის

მისაღები დივიდენდის ნაზრდი. მაგრამ კერძო კაპიტალის წილი თუ 30 ან 40 %-მდე გაიზრდება, დივიდენდის ნაზრდი 42,2 და 14,9% -ით გაიზრდება შეაბამისად. ტარიფიც შესაბამისად 5,27 და 5,0 ცენტი/კვტსთ –მდე შემცირდება, რაც მისღებად უნდა ჩაითვალოს, რადგან ეს მნიშვნელობები არ აღემატება ენერგოსისტემაში ამჟამად არსებულ ზღვრულ ტარიფს.

როგორც ცხრილის მე-6 სტრიქონის მონაცემებიდან ჩანს, მესამე ვარიანტში კერძო კაპიტალის ნებისმიერი წილობრივი მონაწილეობის პირობებში ელექტრო-ენერგიის ტარიფი მნიშვნელოვნად მცირდება. ინვესტორიც ზუსტად ღებულობს შეპირებულ დივიდენდს, მაგრამ საეჭვოა იგი წავიდეს მშენებლობის დაფინანსების ასეთ ვარიანტზე, რადგან სესხის ძირითადი თანხის დაფარვის პირველი 10 წლის განმავლობაში ვერ ღებულობს დივიდენდს მოთხოვნილი რაოდენობით; მართალია, ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის 20 წლის განმავლობაში კი მიიღებს სრულად მოთხოვნილ დივიდენდს, მაგრამ ეს შესაძლებელია არ აღმოჩნდეს საკმარისი პირობა იმისათვის, რომ ინვესტორმა გადაწყვიტოს მშენებლობის დაფინანსება.

### 3. დასპანა

ამგვარად გამოდის, რომ ინვესტორი ეცდება მისი წილი საერთო კაპიტალ-დაბანდებაში შეადგენდეს 20%-ს, მაგრამ არც 30% ან 40%-იან წილობრივ მონაწილეობაზე იტყვის უარს, თუ ენერგეტიკის სამინისტროს და ეკონომიკის სამინისტროს შესაბამისი სტრუქტურები განუმარტავენ, რომ ამ შემთხვევაშიც მათ მიერ მოთხოვნილი დივიდენდის ნაზრდი საქმაოდ სოლიდურია. ჩვენ შემთხვევაში იგი შეადგენს 42,4 და 14,9 პროცენტებს შესაბამისად. ამით მიიღწევა ის, რომ ტარიფები ელექტროენერგიაზე შემცირდება და პიდროელექტროსადგურის მშენებლობის დაფინანსება მოხერხდება.

### ლიტერატურა

1. კოდუა ნ., მირცხულავა დ., ნიკოლაიშვილი გ. საინვესტიციო პროექტის ეკონო-მიკური ეფექტიანობის შეფასების კრიტერიუმები ენერგეტიკული ობიექტები-სათვის // ენერგია. №2-3. 2002. თბილისი.

## უაკ 628.1

### მოჩარხულგორბლიანი ცენტრიდანული ფუნქციების სხვადასხვა რეზისით მუშაობის ანალიზი

ვ. ნაჭყებია, ხ. ხატიური, ე. გვარამაძე  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** განხილულია ცენტრიდანული ტუმბოს გამოყენების არის გაფართოების შესაძლებლობა ტუმბოს მუშა ბორბლის დიამეტრის შემცირებით მოჩარხვის საშუალებით. მოყვანილია ტუმბოს მოჩარხული ბორბლის  $Q_{\text{მო}} = H_{\text{მო}}$  მახასიათებელი მრუდის აგების წესი. ეს წესი ემყარება ცენტრიდანული ტუმბოების მხავარების კანონიდან გამომდინარე ცნობილ გადაანგარიშების ფორმულების გამოყენებას. ტუმბოს მახასიათებელი მრუდის გრაფიკზე ასახულია  $Q_{\text{მო}} = H_{\text{მო}}$  მახასიათებელი მრუდის აგების თანამიმდევრობა. მოყვანილია მიღებული ახალი მახასიათებელი მრუდის მიხედვით პარალელურ რეჟიმში მომუშავე ორი ტუმბოს ჯამური მახასიათებელი მრუდის აგების წესი.

**საკვანძო სიტყვები:** ცენტრიდანული ტუმბო; მუშა ბორბალი; ბორბლის მოჩარხვა; მახასიათებელი მრუდი; ხარჯი; წნევა; მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

#### 1. შესაბალი

როგორც ცნობილია, ცენტრიდანული ტუმბოს მიერ მიწოდებული ხარჯი და განვითარებული წნევა დამოკიდებულია ტუმბოს მუშა ბორბლის ზომებზე და პირდაპირპროპორციულია მუშა ბორბლის დიამეტრისა.

ტუმბოს მუშა ბორბლის დიამეტრის ცვლილებით შეიძლება მისი ზემოთ მოყვანილი მახასიათებელების შეცვლა. დიამეტრის ცვლილება შეიძლება განხორციელდეს მისი შემცირებით, რაც ხდება ბორბლის დისკების და ფრთების მოჩარხვით. ეს საშუალებას იძლევა ერთი და იგივე ტუმბო გამოყენებულ იქნეს

სხვადასხვა პარამეტრების მისაღებად. ცხადია, ეს პარამეტრები იქნება ნორმალური დიამეტრის მუშა ბორბლის პარამეტრებზე ნაკლები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

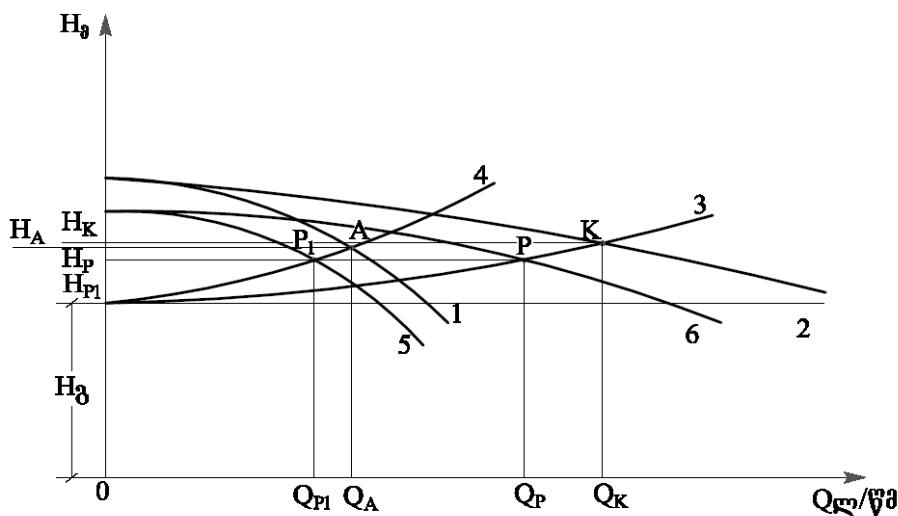
პრაქტიკაში ხშირია შემთხვევა, როდესაც საჭირო წნევის და ხარჯის მისაღებად შეუძლებელია არსებული ტუმბოებიდან შერჩეულ იქნეს საჭირო პარამეტრების დასაკმაყოფილებელი ტუმბო. ასეთ შემთხვევაში, თუ მოთხოვნილი პარამეტრები ნაკლებია მოცემული ტუმბოს პარამეტრებზე, შესაძლებელია მუშა ბორბლის დიამეტრის შემცირება. დიამეტრის შემცირება ხდება მუშა ბორბლის მოჩარხვით. ასეთნაირად შესაძლებელია ერთი და იმავე ტუმბოს გამოყენების არის გაზრდა.

ასეთი დონისძიება ხელსაყრელია ტუმბოს მიერ მოხმარებული ელექტროენერგიის შემცირებისათვის, მაგრამ ამ შემთხვევაში ასევე მცირდება ტუმბოს მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

ამოცანა მდგომარეობს საჭირო მახასიათებლის მისაღებად მუშა ბორბლის დიამეტრის განსაზღვრაში, ანუ მოჩარხვის სიდიდის გაანგარიშებაში, რის შედეგადაც შეიძლება აგებულ იქნეს მოჩარხული მუშა ბორბლიანი ტუმბოს მახასიათებელი  $Q_{\text{მო}}$  –  $H_{\text{მო}}$  მრუდი. ამისათვის გამოყენებულ უნდა იქნეს შერჩეული ნორმალურბორბლიანი ტუმბოს მახასიათებელი მრუდების გრაფიკი და მასზე დატანილ იქნეს მოთხოვნილი პარამეტრების მუშა წერტილი.

ჩვენი მიზანია ასეთი წერტილის პოვნა და შესაბამისი მახასიათებელი მრუდის აგება ტუმბოების სხვადასხვა რეჟიმით მუშაობისას, კერძოდ, პარალელური და მიმდევრობითი მუშაობისას.

განვიხილოთ ტუმბოს პარალელური მუშაობის რეჟიმი (ნახ.). მოცემულია ორი ერთნაირი ტუმბოს მახასიათებელი მრუდი 1 და მათი ჯამური მახასიათებელი მრუდი 2, აგებულია მილსადენის მახასიათებელი მრუდი 3, მათი გადაკვეთის კრიტიკული  $K$  წერტილის შესაბამისი პარამეტრები (ხარჯი და წნევა)  $Q_K$  და  $H_K$  აღემატება მოთხოვნილი  $P$  წერტილის შესაბამის პარამეტრებს  $Q_P$  და  $H_P$ -ს.



მოთხოვნილი პარამეტრების მისაღებად საჭიროა ბორბლის დიამეტრის შემცირება და შესაბამისად, მოჩარხულბორბლიანი ტუმბოს მახასიათებელი ჯამური მრუდის აგება. ამისათვის საჭიროა ერთი ტუმბოს შესაბამისი მოთხოვნილი  $P_1$  წერტილის პოვნა, რისთვისაც  $P$  წერტილიდან ვავლებთ პორიზონტალურ ხაზს. რადგან ტუმბოები ერთნაირია, საჭირო ხარჯის შესაბამისი წერტილის მისაღებად ამ ხაზს ვყოფთ ორ თანაბარ მონაკვეთად. მივიღებთ  $P_1$  წერტილს  $Q_{P1}$  და  $H_{P1}$  მახასიათებლებით (ნახ.).  $P_1$  წერტილზე უნდა გაიაროს შემცირებულდიამეტრიანი ერთი ტუმბოს მახასიათებელმა მრუდმა, ხოლო  $P$  წერტილზე – ორივე ტუმბოს ჯამურმა მახასიათებელმა მრუდმა.

მოჩარხული ბორბლის დიამეტრის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ტუმბოების მსგავსებიდან გამომდინარე ცნობილი გადასაანგარიშებელი ფორმულა [1 ; 2].

განვიხილოთ ისეთი ტუმბოების გამოყენების შემთხვევა, რომელთა სწრაფმავლობის კოეფიციენტი  $n_s \leq 150$ . ცნობილია, რომ ამ დროს უკეთეს შედეგს იძლევა შემდეგი ფორმულების გამოყენება:

$$\frac{Q_{\text{მოხ}}}{Q} = \frac{D_{\text{მოხ}}}{D}; \quad \frac{H_{\text{მოხ}}}{H} = \left( \frac{D_{\text{მოხ}}}{D} \right)^2, \quad (1)$$

სადაც  $Q$  და  $H$  არის შესაბამისად ხარჯი და წნევა ნორმალურბორბლიანი ტუმბოსთვის;  $Q_{\text{მოხ}}$  და  $H_{\text{მოხ}}$  – იგივე  $P_1$  წერტილში;  $D$  და  $D_{\text{მოხ}}$  – შესაბამისად, ნორმალური და მოჩარხული ბორბლის დიამეტრები. ეს უკანასკნელი საძიებელი სიდიდეა.

როგორც [1]-დან ჩანს, (1) გამოსახულების გარდაქმნის შედეგად მიღებულია შემდეგი დამოკიდებულება:

$$H = KQ_{\text{ძონ}}^2. \quad (2)$$

მოყვანილი გამოსახულება წარმოადგენს პარაბოლის განტოლებას, რომელიც კოორდინატთა სათავეში გადის  $H_0$  სიმაღლეზე და  $P_1$  წერტილზე. ამ მრუდის დანარჩენი წერტილების პოვნა შესაძლებელია (2) განტოლებაში  $Q$ -ს სხვადასხვა მნიშვნელობის მინიჭების შედეგად  $H$ -ის გამოთვლით. მიღებული წერტილებით აგებული პარაბოლა 4 გადის  $P_1$  წერტილზე, რომლის კოორდინატები შეესაბამება  $Q_{\text{ძონ}}$  და  $H_{\text{ძონ}}-ს$ . თუ ამ პარაბოლას გავაგრძელებთ  $Q - H$  მრუდის გადაკვეთამდე მივიღებთ ამ ორი მრუდის გადაკვეთის წერტილს  $A$  კოორდინატებით  $Q_A$  და  $H_A$ . რადგან ცნობილია ნორმალური ბორბლის დიამეტრი  $D$ , [1]-ში მოცემულ ფორმულებში მიღებული  $Q_A$  და  $H_A$  კოორდინატების ჩასმით ვიანგარიშებთ მოჩარხული ბორბლის დიამეტრს  $D_{\text{ძონ}}$  და ავაგებთ ამ დიამეტრის შესაბამის მახასიათებელ მრუდებს, რომლებიც გადის  $P_1$  წერტილზე 5, ხოლო მიღებული მრუდების შეჯამებით მივიღებთ ორი მოჩარხულბორბლიანი ტუმბოს ჯამურ მახასიათებელ მრუდს 6, რომელიც გადის მოთხოვნილ  $P$  წერტილზე.

### 3. დასკვნა

როგორც ვხედავთ, მიღებული მოჩარხულბორბლიანი ტუმბოების გამოყენებით შეიძლება მოთხოვნილი პარამეტრების  $Q$  და  $H$ -ის მიღება. როგორც ზემოთ აღვნიშეთ, მოჩარხვის შემთხვევაში მცირდება ტუმბოს მარგი ქმედების კოეფიციენტი. კოეფიციენტის შემცირების სიდიდე დამოკიდებულია ტუმბოს სწრაფმავლობის კოეფიციენტზე და მისაღებია, თუ იგი არ აღემატება დასაშვებ ფარგლებს ტუმბოს სწრაფმავლობის კოეფიციენტზე დამოკიდებულებით [1].

ასეთივე წესით აიგება მოჩარხულბორბლიანი ტუმბოების ჯამური მახასიათებელი მრუდი ტუმბოების მიმდევრობითი მუშაობის დროს.

### ლიტერატურა

1. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986.
2. თხინვალელი გ. პიდრავლიკური მანქანები. თბილისი: განათლება, 1982.

## უაკ 628.1

### ტყალღომარაბებისა და ტყალარინების სისტემებში ნორმატიული დანაკარგების ბანსაზღვრის შესახებ

ლ. ქლიმიაშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი, მ. ნაცვლიშვილი  
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** გაანალიზებულია სასმელი წყლის ნორმატიული დანაკარგების განსაზღვრის არსებული მეთოდები და მიღვთმები, რომელთა გამოყენებაც საქართველოს პირობებში მნიშვნელოვან ცდომილებებითაა დაკავშირებული.

შემოთავაზებულია სასმელი წყლის ნორმატიული დანაკარგების გაანგარიშების მეთოდიკა მათემატიკური სტატისტიკის ელემენტების გამოყენებით, რომელიც არ მოითხოვს დროისა და სახსრების დიდ დანახარჯებს და სარწმუნო სიდიდეების დადგენის საშუალებას იძლევა.

წარმოდგენილია წინადადებები დანაკარგების სიდიდეების (როგორც კუთრი, ასევე პროცენტული) განსაზღვრისათვის.

**საკვანძო სიტყვები:** სასმელი წყალი; ხარჯი; ქსელები; წყალმომარაგება; წყალარინება; ფაქტიური, ნორმატიული, კუთრი დანაკარგები; რეალიზაცია; სტოქასტიკური პროცესი; კვადრატული გადახრა; სარწმუნო სიდიდეები; ალბათობა; ხღვრები.

#### 1. შესავალი

სასმელი წყლის დეფიციტი დაკავშირებულია წყლის არარაციონალურ ხარჯვასთან, დანაკარგებისა და ჟონვების მნიშვნელოვან რაოდენობასთან, რომლებიც, თავის მხრივ, გამოწვეულია სისტემებში არსებული ქსელებისა და მოწყობილობების მაღალი ხარისხის ცვეთადობით.

დანაკარგების ნორმატიულ სიდიდეში იგულისხმება ჟონვები და არამწარმოებლური ხარჯები, რომელთა აღკვეთა შესაძლებელია.

დანაკარგების სიდიდე ქსელების დანიშნულების მიხედვით ორ სახედ შეიძლება დაიყოს: 1) დანაკარგები დასახლებული ტერიტორიის (გარე) ქსელებში და 2) დანაკარგები შენობა-ნაგებობების ან მათი ჯგუფების (შიგა) ქსელებში.

დროული სარემონტო სამუშაოები, უონგების ლიკვიდაცია, უფრო სრულყოფილი თანამედროვე წყალდამხარჯი, ჩამპეტი, დამცველი და მარეგულირებელი არმატურის, აგრეთვე საზომი ხელსაწყოების გამოყენება და ამასთან ერთად, ჭარბი წნევების აცილება საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად შემცირდეს წყლის მოხმარება ობიექტებზე და შესაბამისად ლიკვიდირებულ იქნეს სასმელი წყლის დეფიციტი.

დღეისათვის არ არსებობს რაიმე მოქნილი მეთოდიკა წყალმომარაგებისა და წყალარინების გარე სისტემებში (მაგისტრალურ და მანაწილებელ ქსელებში) დანაკარგების განსაზღვრისა, რომლის მიხედვითაც დროისა და სახსრების მინიმალური დანახარჯებით შესაძლებელი იქნებოდა ოპერატიულად მიგვედო ზუსტი და დასაბუთებული შედეგები. ცნობილია, რომ დანაკარგების სიდიდე იცვლება დროში და ის ხან იზრდება და ხან მცირდება. ჩვენ ვირჩევთ საძებნი სიდიდის დადგენის სტატისტიკურ მეთოდს, რომელიც საშუალებას იძლევა დროისა და სახსრების მინიმალური დანახარჯებით მივიღოთ სარწმუნო შედეგი.

ნაშრომი შეიცავს წყლის აღურიცხავი ხარჯებისა და დანაკარგების სტრუქტურისა და სიდიდეების განსაზღვრის თანამიმდევრობას და არ არის გათვალისწინებული წყლის მოხმარების ნორმების დასასაბუთებლად.

## 2. მირითადი ნაწილი

დასახლებული ადგილების წყლის დანაკარგების სიდიდის ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი კომპონენტია გარე წყალსადენის მაგისტრალებსა და მანაწილებელ ქსელებში უონგების სიდიდე. აქ დანაკარგები შეიძლება არსებობდეს:

- 1) ქსელებსა და მის აღჭურვილობაში;
- 2) მილსადენებზე ავარიის დროს;
- 3) უონგები შიგაკვარტალურ და ეზოს ქსელებში და მიერთებებზე (წყალ-საზომამდე);
- 4) უონგების სახით წყალდამხარჯი შადრევნებიდან და სახანძრო პიდრანტებიდან;
- 5) წყლის დატაცებაზე.

დანაკარგების ყველაზე მნიშვნელოვანი წილი მოდის პირველ ორ სახეზე.

დასახლებულ ადგილებში დანაკარგების საერთო სიდიდის განსაზღვრისათვის შესაძლოა გამოითვალონ მიწოდებული და დახარჯული წყლის რაოდენობა დამის 4 საათის განმავლობაში (დამის 1-დან 5 სთ-მდე) და ზოგადად შეფასდეს დანაკარგის სიდიდე.

პრინციპში, თეორიულად თუ განვიხილავთ სისტემას, რომლის ტექნოლოგიური აღჭურვილობა არსებითად არ იცვლება, მაშინ დანაკარგების კუთრი მნიშვნელობა ქსელის ერთ გრძივ მეტრზე უნდა იყოს მუდმივი სიდიდე. მაგრამ ფაქტიურად რეალური მონაცემების განხილვისას აშკარაა ამ კუთრი სიდიდეების გაბნევა საშუალო სიდიდიდან, რაც ძირითადად აიხსნება წყლის ხარჯების გაზომვის ცდომილებებით და სხვადასხვა სუბიექტური ფაქტორების გავლენით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, საშუალოსგან განსხვავებული სიდიდეები შეიძლება მივაკუთვნოთ შემთხვევით სიდიდეებს. ეს გარემოება იძლევა იმის საშუალებას, რომ შემდგომში სტატისტიკური მონაცემების (დანაკარგების კუთრი სიდიდეების ვარიაციული რიგები) დამუშავებისას გამოვიყენოთ შემთხვევითი სიდიდეების ნორმალური განაწილების კანონი. ამასთან, შეცდომებისაგან თავის დაზღვევის მიზნით უნდა შემოწმდეს მონაცემთა ამონაკრები სიდიდეები შემთხვევითობაზე. საიმედო და სარწმუნო შედეგების მისაღებად აუცილებელია აგრეთვე განხორციელდეს საწყის მონაცემთა წინასწარი ე.წ. “ფილტრაცია”, ანუ შეფასდეს მკვეთრად გადახრილი (გაბნეული) საწყისი სიდიდეები ანომალურობაზე.

გაანგარიშება უნდა ჩატარდეს შემდეგი თანამიმდევრობით:

1. განისაზღვრება ყოველწლიური ფაქტიური კუთრი დანაკარგების სიდიდეები კ (გასული 10-15 წლის განმავლობაში და მეტი) შემდეგი ფორმულით:

$$q = Q_{\text{დან}} / L, \quad (1)$$

სადაც  $Q_{\text{დან}}$  წლიური დანაკარგების ფაქტიური სიდიდეა,  $\text{მ}^3\text{-ით}$ ;

$L$  - მაგისტრალური და მანაწილებელი მილსადენების სიგრძე, მ-ით (ან კმ-ით).

2. ამონაკრების შემთხვევითობაზე შემოწმების მიზნით, სარგებლობენ მედიანის შეფასებით.

ამისათვის ვარიაციული რიგიდან

$$q_1 < q_2 < \dots < q_n \quad (2)$$

აიღება საშუალო ელემენტი  $q_{\text{მედ}}$  შემდეგნაირად:

თუ  $n$  კენტია, მაშინ

$$q_{\text{მედ.}} = q((n+1)/2); \quad (3)$$

თუ  $n$  ლუწია, მაშინ

$$q_{\text{გელ}} = 0,5(q(n/2) + q(n/2+1)), \quad (4)$$

სადაც  $n$  წყლის ხვედრითი დანაკარგების რაოდენობაა ვარიაციულ რიგში (ჩვენს შემთხვევაში, როგორც ზევით აღვნიშნეთ,  $n=10-15$ , თუმცა დასაშვებია სხვა მნიშვნელობებიც).

მონაცემთა საწყის მიმდევრობაში ყოველ კუთრ ხარჯს  $q_i$  უწერენ (+) ნიშანს, თუ  $q_i > q_{\text{გელ}}$  და (-) ნიშანს, თუ  $q_i < q_{\text{გელ}}$ . კუთრი ხარჯები, რომლებიც ტოლია მედიანისა  $q_{\text{გელ}}$ , მიმდევრობიდან გამოტოვებულად ითვლება. პლუსებისა და მინუსების მიღებული მიმდევრობა ხასიათდება სერიის საერთო რიცხვითა და ყველაზე დიდი სერიის სიგრძით. მიმდევრობის სერიაში იგულისხმება მხოლოდ პლუსების ან მხოლოდ მინუსების თანამიმდევრობა (კერძო შემთხვევაში, სერია შეიძლება შედგებოდეს მხოლოდ ერთი პლუსისაგან ან მხოლოდ ერთი მინუსისაგან).

იმ შემთხვევაში, როცა მონაცემები სტოქასტიკურად დამოუკიდებელია (ამონაკრები შემთხვევითია) მათი თანამიმდევრობა არ უნდა შეიცავდეს დიდი სიგრძის სერიებს და შესაბამისად  $L$  სერიის საერთო რიცხვიც არ უნდა იყოს ძალიან მცირე. მონაცემების სტოქასტიკური დამოუკიდებლობის საკითხი მოცემული  $\Phi(\Theta)$  მნიშვნელოვნობის დონის დროს, განისაზღვრება შემდეგი უტოლობების გამოყვანით:

$$L > [0,5(n+1) - \Theta \sqrt{n-1}]; \quad (5)$$

$$\tau < [3,3 \ln(n+1)],$$

სადაც  $\Theta$  მნიშვნელოვნობის დონის სიდიდეა, რომელიც განისაზღვრება მათემატიკური სტატისტიკის ცხრილიდან (ჩვეულებრივ მიიღება,  $\Theta=1,96$ , იმ შემთხვევისათვის, როცა  $\Phi(\Theta)=0,95$ ).

აღნიშნული უტოლობების პირობების დაცვის შემთხვევაში, მონაცემების ამონაკრები ჩაითვლება შემთხვევითი სიდიდეების ამონაკრებად.

**3. საწყისი მონაცემების ანომალურობაზე შეფასება ხდება ქვემოთ აღნიშნული საკითხების განხილვის შემდეგ:**

ა) საშუალო სიდიდიდან მკვეთრად გადახრილი (გაბნეული) სიდიდე ეპუთვნის სიდიდეთა გენერალურ ერთობლიობას ან არ ეკუთვნის. ამიტომ ვარიაციული რიგიდან გენერალური ერთობლიობის პარამეტრების შეფასების მახასიათებლების გაან-

გარიშება უნდა ვაწარმოოთ წყლის დანაკარგების კუთრი ხარჯების ყველა სიდიდეზე, უკლებლივ.

ბ) მკვეთრად გადახრილი სიდიდე განპირობებულია პროცესის ნორმალური პირობების შემთხვევითი უხეში დარღვევებით ან ანგარიშის ჩატარებისას დაშვებული სუბიექტური შეცდომებით. ამიტომ, გენერალური ერთობლიობის პარამეტრების შესაბამისი მახასიათებლების ანგარიშისას, ანომალური სიდიდე გამოაკლდება ვარიაციულ რიგს.

მოცემული კუთრი ხარჯების ვარიაციული რიგისათვის გამოითვლება საშუალო მნიშვნელობა

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (6)$$

შემდეგ კი საშუალო კვადრატული გადახრების სიდიდე

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (q - \bar{q})^2 \right]^{0.5}. \quad (7)$$

მოცემულ ნორმალურ ერთობლიობაზე სიდიდის მიკუთვნების შესაფასებლად და იმის გასარკვევად, რომ მივიღოთ გადაწყვეტილება მისი ვარიაციული რიგიდან ამოღების ან დატოვების შესახებ, განსაზღვრავენ ფარდობებს

$$U_1 = (\bar{q} - q_1) / S \quad \text{და} \quad U_n = (q_n - \bar{q}) / S. \quad (8)$$

(8) ფორმულიდან მიღებულ შედეგებს ადარებენ  $\beta$  სიდიდეს, რომელიც აიღება ცხრილიდან, მოცემულ სიდიდეთა რიცხვის  $n$ -სა და მიღებული სარწმუნო ალბათობის დონის  $\alpha$ -ს მიხედვით.  $\alpha$ -ს მნიშვნელობა ჩვეულებრივ მიღება 0,1-დან 0,025-მდე (უმრავლეს საინჟინრო გათვლებისას  $\alpha=0,05$ ).

თუ  $U_1 \geq \beta$  ან  $U_n \geq \beta$ , მაშინ სიდიდე ანომალურია და მას არ ტოვებენ ვარიაციულ რიგში შემდგომი გაანგარიშებების ჩასატარებლად

4. სარწმუნოების საზღვრების განსაზღვრისას საჭიროა შევაფასოთ კუთრი ხარჯების საშუალო სიდიდე, მისი სიზუსტე და საფუძვლიანობა. საკითხის გადაწყვეტა მდგომარეობს ხარჯების საშუალო სიდიდის  $(\bar{q})$  იმ ჭეშმარიტი მნიშვნელობის ალბათობის განსაზღვრაში, რომელიც ჩასმულია ზღვრებში

$$\bar{q} - \varepsilon \leq \bar{q} \leq \bar{q} + \varepsilon, \quad (9)$$

სადაც  $\varepsilon$  მონაცემების ცდომილებაა.

(8) გამოსახულების შესრულების ალბათობას, ეწოდება ორმხრივ სარწმუნო ალბათობა:

$$P = Bep(\bar{q} - \varepsilon \leq \bar{q} \leq \bar{q} + \varepsilon), \quad (10)$$

რომელიც შეიცავს ერთმხრივ სარწმუნო  $P_1$  და  $P_2$  ალბათობებს:

$$P_1 = Bep(\bar{q} - \varepsilon \leq \bar{q}); \quad (11)$$

$$P_2 = Bep(q + \varepsilon \geq \bar{q}). \quad (12)$$

სარწმუნეობის ინტერვალის სიდიდე (სიგანე) ახასიათებს სიზუსტეს, ხოლო სარწმუნოების ალბათობა – სიდიდეებისა და საშუალო კუთრი ხარჯის სარწმუნოებას. ინტერვალის ზღვრებს ( $\bar{q} - \varepsilon$ ,  $\bar{q} + \varepsilon$ ) უწოდებენ შესაბამისად, სარწმუნოების ქვედა და ზედა ზღვრებს ( $q_{\text{ქ}}$ ,  $q_{\text{ზ}}$ ).

სარწმუნოების ზღვრების განსაზღვრა დამოკიდებულია სიდიდეთა განაწილების კანონზე. ჩვენ შემთხვევაში, განვიხილავთ სარწმუნოების ზღვრების დადგენას წყლის კუთრი ხარჯების ნორმალური კანონით განაწილების დროს. ამასთან, სასმელი წყლის ნორმატივი დანაკარგის რაციონალური ქვედა ზღვარს განსაზღვრავენ კუთრი ხარჯების გენერალური საშუალოსათვის ერთმხრივი სარწმუნოების ალბათობის გათვალისწინებით. ვინაიდან შინაარსობრივად დანაკარგები მინიმალური უნდა იყოს სისტემის ნორმალური ფუნქციონირებისას, ვსაზღვრავთ სარწმუნოების ქვედა ზღვარს გენერალური საშუალო სიდიდისათვის.

სარწმუნოების ქვედა ზღვარი  $q_{\text{ქ}}$  ამონაკრების მოცულობის  $n$ -ის მიხედვით, გამოითვლება ასე:

ირჩევენ ერთმხრივი სარწმუნოების ალბათობის  $P_1$  სიდიდეს (რომელიც რეკომენდებულია მივიღოთ 0.95-ის ტოლად, რაც ტექნიკურ გათვლებში განსაზღვრავს მიღებული შედეგების მისაღებ სარწმუნოებას).

განსაზღვრავენ თავისუფლების ხარისხის რიცხვს  $K = n - 1$ .

მოცემული  $P_1$  და  $K$  მნიშვნელობების მიხედვით, სტატისტიკური ცხრილიდან პოულობენ სიდიდეს  $tp_1$  – ერთმხრივი სარწმუნოების ალბათობის  $P_1$ -სათვის სტიუდენტის განაწილების კვანტილს, ხოლო სარწმუნოების ქვედა ზღვარი გენერალური საშუალოსათვის გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$q_{\text{ქ}} = \bar{q} - tp \cdot S / \sqrt{n}, \quad (13)$$

სადაც  $\bar{q}$  (12) ფორმულიდან განსაზღვრული სიდიდეა;

$tp_1$  – სტატისტიკური ცხრილიდან განსაზღვრული სიდიდე;

$S$  – (12) ფორმულიდან განსაზღვრული სიდიდე.

გამოთვლილი ქვედა ზღვრის სიდიდე წარმოადგენს საფუძველს წყლის ნორმატიული კუთრი დანაკარგების განსაზღვრისათვის.

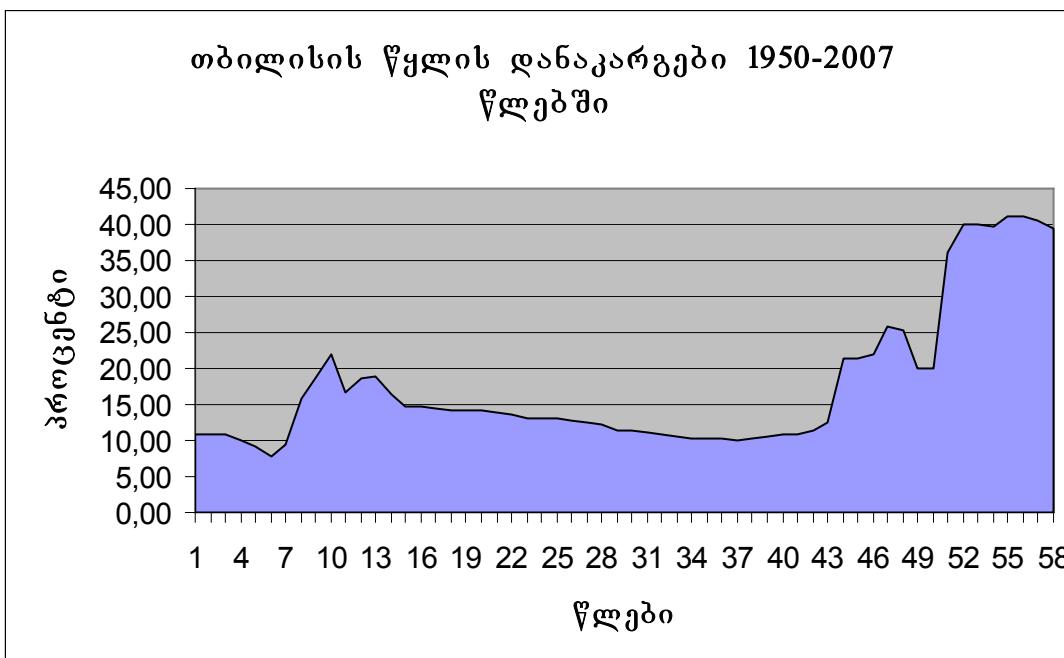
დანაკარგის აბსოლუტური სიდიდე

$$Q_{დან} = q_{ნორ} \bullet L_{საჭ}. \quad (14)$$

მიღებული სიდიდე შეიძლება შევადაროთ ქსელში მიწოდებულ ხარჯს და განვსაზღვროთ მისი პროცენტული წილი.

$$P \% = (Q_{დან} / Q_{მიწ. ქსელში}) \cdot 100. \quad (15)$$

მაგალითისათვის გრაფიკზე მოცემულია ქთბილისის წყლის დანაკარგები, რომელთათვისაც წარმოდგენილი მეთოდიკით გამოთვლილი ქვედა ზღვრის სიდიდეა 15,5%.



### 3. დასკვნები

არსებული სასმელი წყლის დანაკარგების განსაზღვრის ეროვნული სტანდარტი შეიცავს ისეთ მოთხოვნებს, რომელთა განსაზღვრა და შესრულება წყლის საწარმოების სამსახურების მიერ არარეალურია და სერიოზულ ცდომილებებთან მივყართ.

შემოთავაზებულია დანაკარგების შეფასებისა და დადგენის ექსპრეს- მეთოდიკა ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის გამოყენების ბაზაზე, რაც საშუალებას იძლევა საკმარისი სარწმუნოებით დავადგინოთ საძებნი სიდიდე, ექსპრიმენტული გაზომვების გარეშე, დროისა და სახსრების მინიმალური დანასარჯებით.

შეფასებისათვის წყლის დანაკარგების აბსოლუტური სიდიდე დასაშვებია გამოისახოს პროცენტებით, ხოლო კუთრი სიდიდე მიღებული იქნეს მაგისტრალური და გამანაწილებელი ქსელის ერთ გრძ.კმ-ზე, კუბურ მეტრებით.

საქართველოს დედაქალაქის წყალმომარაგებისა და წყალარინების სისტემების მონაცემები ფაქტიური დანაკარგების შესახებ სხვა ქალაქებთან შედარებით სარწმუნოა და მისი მრავალწლიური სიდიდეების განხილვა დასაბუთებულ შედეგებს იძლევა. პროცენტულად ფაქტიური დანაკარგის სიდიდე იცვლება 7-დან 42%-მდე, ხოლო მეთოდიკის მიხედვით გამოთვლილი ნორმატიული დანაკარგის მისაღები სიდიდე 15,5%-ია.

### ლიტერატურა

1. ГОСТ 11.002 – 73. Правила оценки аномальности результатов наблюдений. М.: Издательство стандартов, 1973.-24 с.
2. ГОСТ 11.004 – 74. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения. М.: Издательство стандартов, 1974.-20 с.
3. Методика определения неучтенных расходов и потерь воды в системах коммунального водоснабжения. Приказ Минпромэнерго РФ от 20 декабря 2004 г. № 172. 44 с.
4. Ф.А. Шевелев, Г.А. Орлов. Водоснабжение больших городов зарубежных стран. - М.: Стройиздат, 1987.-351 с.
5. სსტ 69: 2008. საქართველოს ეროვნული სტანდარტი. წყალმომარაგების სისტემებში ნორმატიული დანაკარგებისა და გაუთვალისწინებელი ხარჯების ნორმატივის გათვლის მეთოდიკა. თბილისი, 21 გვ.

## უაკ 628.1

მყლის გაუფერულებისათვის თიხური მასალების თვისებებისა  
და აღსრუბენტის დამზადების ძირითადი პრიციპების შესახებ

### 6. გელაძე, ლ. კლიმიაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** გაანალიზებულია გააქტიურებული და მოდიფიცირებული თიხური მასალების თვისებები და ჩამოყალიბებულია აღუმინსილიკატის ადსორბენტის დამზადების ხერხის ძიების ძირითადი პრიციპები წყლის სორბციული გაუფერულებისათვის. შედგენილია გამაუფერულებელი აქტივების ბლოკ-სქემა, ხუთი რეცეპტორულ-ტექნოლოგიური და სამი გენებლუარციური ფაქტორით.

**საკვანძო სიტყვები:** აღუმინსილიკატი, ადსორბენტი, სორბცია, აქტივატორი, მოდიფიცირებული, გაუფერულება.

## 1. შესავალი

მრავალნაირი დამაბინძურებლების არსებობამ პაერში, წყალში და ნიადაგში განაპირობა გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება და ეკოლოგიური პრობლემები. აუცილებელი და აქტუალური გახდა გარემოს უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. განსაკუთრებით აღსანიშნია სამრეწველო და სამეურნეო კომპლექსების ფუნქციონირება, რომლებიც უშუალოდ არიან დაკავშირებული ბუნებრივი წყალსატევების ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევებთან. ტექნოლოგიური პროცესების შედეგად გადამუშავებული ნარჩენების ინტენსიურმა ჩადინებამ გამოიწვია წყალსატევების ტოქსიკური დაბინძურება სხვადასხვა ქიმიური ნარჩენებით. ამასთან, სხვადასხვა ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების მოხვედრა მდინარეებში განაპირობებს წყალსატევების ფერიანობის ცვლას. დამჭუქყიანებელ ნივთიერებებს შორის, მძიმე ლითონებთან ერთად, დიდი ადგილი უკავია ჰუმუსურ ნივთიერებებს. ისინი გამოირეცხებიან ნიადაგიდან და სხვადასხვა სახის წყალმცენარეებიდან. წყალსატევების ფერიანობის სარისხი დამოკიდებულია ჰუმუსის სპექტრულ ხასიათსა და შედგენილობაზე. მკვლე-

ვართა მიზანია შეიქმნას წყლის გაწმენდის ისეთი ტექნოლოგიები, რომლებიც განაპირობებენ წყალსატევებზე მავნე ზემოქმედების განეთვრალებას.

## 2. ძირითადი ნაწილი

თიხური მინერალების ზედაპირის ენერგეტიკული უჯერობა განაპირობებს დისპერსიულ გარემოში მოლეკულების მისკენ ინტენსიურ მიზიდვას მონომოლეკულური და პოლიმოლეკულური ფენების წარმოქმნით. პირველი ფენის ზედაპირი ბევრად უფრო მყარად აკავებს მოლეკულებს. თიხური მინერალის ზედაპირის ადჰეზიური თვისებების რაოდენობრივი შეფასება შეიძლება დასველების კუთრი ზედაპირის სითბოსა და ზედაპირული დაჭიმულობის სიდიდეებით. თიხური მინერალების ზედაპირსა და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მათი ურთიერთქმედება დისპერსიულ გარემოსთან. ქიმიური გააქტიურების გავრცელებული მეთოდებია: მუავით დამუშავება; ტუტით გააქტიურება; ძნელად ხსნადი მარილების გამოყენება; არაორგანული მარილების ხსნარებით დამუშავება თიხის კატიონ-ჩანაცვლებული ფორმების წარმოქმნით; ორგანული ნივთიერებებით (დისოცირებადი) დამუშავება ორგანოთიხების წარმოქმნით.

მუავით გააქტიურებისას ადგილი აქვს გისოსის უარყოფითი მუხტის პროცენტებით კომპენსაციას Si-OH კავშირების წარმოქმნით, აგრეთვე დასველების სითბოს და პოტენციალის სიდიდის შემცირებას.

თიხური მინერალების ხანმოკლე (6 საათამდე) დამუშავება ცხელი მუავეებით ( $98^{\circ}\text{C}$ ), მაგალითად,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ის 25%-იანი ხსნარით, იწვევს მათი კატალიზტური და ადსორბციული უნარის მკვეთრ მომატებას.

იმ პიდრატული გარსის არქონის გამო, რომელიც აქვს ტუტები და ტუტებითა ლითონების იონებს,  $\text{H}^{+}$ -ის კავშირი თიხური მინერალის მატრიცასთან სუსტია, ამიტომ ტუტებითონების კათიონების ადსორბირებადობა თიხის  $\text{H}^{+}$  ფორმაზე ერთი ხარისხით უფრო მაღალია, ვიდრე თიხის  $\text{Al}^{+}$  ფორმაზე. ამიტომ თიხის ზედაპირის წინასწარ მუავური გააქტიურება შეიძლება გამოგიყენოთ მარილების ხსნარებით თიხის მოდიფიცირების პროცესის შემდგომი ინტენსიფიკაციისათვის.

ტუტით გააქტიურებისას იყენებენ ისეთ ტუტებს, როგორიცაა  $\text{Na(OH)}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  და  $\text{KOH}$ .

თიხის გააქტიურებისათვის შესაძლებელია ისეთი მარილების ხსნარების გამოყენება, რომლებიც თიხურ მასალასთან და ერთმანეთთან ურთიერთქმედებისას იწვევს ზედაპირზე ძნელების ნაერთების წარმოქმნას. ეს კი ხელს უწყობს

თიხური მინერალების ნაწილაკების ერთმანეთთან მოჭიდებას. ასეთი მინერალების გამოყენება არა მარტო ცვლის ზედაპირის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს, არამედ აადვილებს პროცესს საჭირო სიმტკიცის მფილტრაცი მასალების მიღებისათვის, გამოწვის დაბალი ტემპერატურების პირობებში.

მოდიფიცირებული თიხური მასალების თვისებები მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული შთანთქმული კატიონის ბუნებაზე. ამასთან ყურადღება უნდა მიექცეს შესაყვანი კატიონის ფორმას. თუ იგი იონის ფორმაშია, მაშინ პოლივალენტური კატიონების ხსნარიდან სორბენტებით ადსორბციისას ხდება სიბრტყეების “გადაკერება” ვალენტური კავშირებით და კატიონი მასში ხიდის როლს ასრულებს. ამ შემთხვევაში ზოგჯერ შეინიშნება დისპერსიულობის ხარისხის მომატება. თუ თიხურ მინერალში კატიონი იმყოფება ჟანგის ჰიდრატის სახით, მაშინ არ უნდა მოხდეს ნაწილაკის ზომების გაზრდა.

დადგენილია, რომ მოდიფიცირებული თიხის დისპერსიულობის ხარისხის შემცირება დაკავშირებულია შთანთქმული კატიონის ვალენტობის ზრდასთან, რაც დასტურდება ელექტრონული მიკროსკოპით გამოკვლეული მონაცემებით.

ჟანგის ჰიდრატების არსებობა გავლენას ახდენს თიხური მინერალების კატიონჩანაცვლებული ფორმების სორბციულობის უნარზე. თუ თიხის ნაწილაკების ზომების მომატება შესაყვანი კატიონის ვალენტობის ზრდასთან ერთად, განპირობებულია პოლივალენტური კატიონების ქიმიური ბმით თიხის OH-ჯგუფთან, მაშინ ასეთი კავშირი არ ირდვევა დისპერსიული გარემოს ზემოქმედებით. ეს იწვევს უფრო მტკიცე აგრეგატების წარმოქმნას, უფრო ფხვიერი შეფუთვით, რაც დადებით გავლენას ახდენს არაპოლარული გარემოდან არაპოლარული ნივთიერებების ადსორბციაზე (ანუ მოდიფიცირებული თიხის საშუალებით ორგანული ნივთიერების სელექციურ გამოყოფაზე).

ცხრილი 1-დან ჩანს, რომ  $Mg^{+2}$  უფრო ადვილად დესორბირდება, ვიდრე  $Ca^{+2}$ , პირველ ამოტუმბვაში, ყველა შემთხვევაში უფრო მეტი პროცენტი  $Mg$  გადადის, ვიდრე  $Ca$ . ამავე დროს მინერალებს შორის თანამიმდევრობა ერთნაირი რჩება ორივე კატიონისათვის. შესამჩნევად მეტი მოძრაობის უნარი აქვს კაოლინს (კაოლინიტი)  $Ca$  და  $Mg$ , ასკანიტის (მონტმორილიტის შემცველი თიხები), კატიონებთან შედარებით. ამ სხვაობის საკმაოდ საფუძვლიანი ახსნა შეიძლება შემდეგნაირად: შთანთქმა კაოლინიტში ხდება მხოლოდ ნაწილაკების გარეზედაპირზე და მასზედ მოქმედ ხსნართან წონასწორობა უფრო ადვილად მყარდება, ვიდრე მონტმორილონიტის ჯგუფის მინერალებში, რომლებისთვისაც კატიონების უმეტესი ნაწილი შთანთქმება კრისტალური გისოსის ფენებს შორის.

## კალციუმისა და მაგნიუმის დესორბცია სხვადასხვა თიხებიდან

ობიექტი	მაღანი. გ	Ca			Mg		
		სულ მაღანშია, მგ.კგ.	I ამონატებში, მგ.კგ.	I ამონატებში, გადანები რაონბებია, %	სულ მაღანშია, მგ.კგ.	I ამონატებში, გადანები რაონბებია, %	
კაოლინი, გაჯერებული	100	2.0	0.23	1.15	5.7	1.11	5.6
კაოლინი, გაჯერებული	100	0.23	0.24	1.163	5.64	1.12	5.4
ასკანატი, ბუნებრივი	100	2.64	0.25	1.22	5.36	1.22	5.3
ასკანატი, ბუნებრივი	100	2.10	0.26	1.24	3.24	1.24	5.5

კატიონების მოძრაობის უნარზე დიდ გავლენას ახდენს მოცემული იონით მინერალის გაჯერების ხარისხი.

თიხის კატიონების გაჯერების შემცირებასთან ერთად, მცირდება ამ იონების მოძრაობის უნარიც.

თანდათანობით გამოტუტვისას როგორც ლაბორატორიაში, ისე ბუნებაშიც თიხა ჯერ კარგავს ყველაზე მოძრავ, ნაკლებად მტკიცედ მიმაგრებულ იონებს, დარჩენილი იონები უფრო ძლიერად რჩება მიმაგრებული. ამრიგად, არა მარტო სხვადასხვა თიხის შთანთქმულ კატიონებს, არამედ ერთსა და იმავე თიხის კატიონების ცალკეულ ფრაქციებს სხვადასხვა მოძრაობის უნარი აქვს. კატიონით თიხის გაჯერების ხარისხი ხშირად ძირითადია, მისი მოძრაობის უნარის განსაზღვრისათვის.

შთანთქმული კატიონის კავშირის სიმტკიცე თიხოვან მინერალთან გარკვეულ პირობებში იმდენად დიდი შეიძლება იყოს, რომ კატიონები გაუცვლელი ხდება, ანუ არ გამოიდევნება ნეიტრალური მარილების კატიონებით.

გაუცვლელი შთანთქმა ან ფიქსაცია შეიძლება განიცადოს თიხაში არსებულმა ყველა კატიონმა, მაგრამ მაქსიმალური გამოხატვა აქვს  $H^+$  და  $NH_4^+$  ფიქსაციას, რომლებიც განსხვავდება თავისი დიდი და ერთმანეთთან მიახლოებული ზომებით ( $H^+$  რადიუსი  $1.33\text{Å}^0$ ;  $NH_4^+$  რადიუსი  $1.43\text{Å}^0$ ), სხვა კატიონებთან შედარებით Ca, Mg, Na (შესაბამისად  $1.06\text{ Å}^0$ ;  $0.78\text{ Å}^0$  და  $0.98\text{ Å}^0$  რადიუსებით).

იმის გამო, რომ ზემოთ მოყვანილი კატიონებიდან ყველაზე ნაკლების რადიუსი აქვს  $MG^{2+}$ -ს, მას ექნება თიხური მინერალის კრისტალურ სტრუქტურაში გაუცვლელად ჩამაგრების ყველაზე ნაკლები უნარი.

სორბციული გაუფერულებისთვის გრანულირებული ალუმინიულიკატის წყლის ადსორბენტების დამზადების ხერხის მიზანმიმართული ძიების ძირითადი პრინციპები და ამოცანებია:

- მაღალი ხარისხის მაჩვენებლების მასალების შექმნა;
- ხარისხის თითოეული მაჩვენებლის სტაბილურობისა და საიმედოობის უზრუნველყოფა ადსორბენტების როგორც დამზადებისას, ისე ექსპლუატაციაში გამოყენებისას.

გრანულირებული ადსორბენტების ძირითად ხარისხობრივ მაჩვენებლად მიღებულია მათი გამაუფერულებელი აქტივობა. ამავე დროს, უზრუნველყოფილ უნდა იქნებს საკმარისი მექანიკური სიმტკიცე, ქიმიური მედეგობა და ადსორბენტის ეკოლოგიური ვარგისიანობა.

#### ადსორბენტების ხარისხის მართვის ბლოკ-სქემა

$x_i$	ნედლეულის კომპონენტების ხარისხის პარამეტრები	$y_T$	გამაუფერულებელი აქტივობა	$x_*$	ფილტრატის მარილშემცველობა
$x_M$	მოდიფიკირებული პარამეტრი (დანამატის სახეობა)	$y_c$	სტრუქტურულ-მექანიკური მაჩვენებლები (ფორმვნობა, მექანიკური სიმტკიცე)	$x_H$	წყლის იონური ნამრავლი (pH)
$x_p$	ქომპონენტებს შორის თანაფარდობა (რეცეპტურა)	$y_V$	ხარისხის ალბათობა	$x_U$	გამოკვლევის პირობების პარამეტრები
$x_{n,n}$	გარდამავალი პროცესების რეჟიმის პარამეტრი (გამოწვის $t^{\circ}\text{C}$ )			$x_i$	შესავალი პარამეტრი (ფაქტორი)
$x_\phi$	ფორმირების რეჟიმის პარამეტრი (გამოწვის ხანგრძლივობა)	$y_i$	გამოსავალი პარამეტრი (გამოხმაურება)		

ადსორბენტის ხარისხიანობის მაჩვენებლების რთული კომპლექსი უნდა განიხილებოდეს როგორც ერთიანი ობიექტი, როგორც მიზანმიმართულად ფუნქციონირებადი სისტემა, რომლის ქცევა შეფასდება მისი გამოხმაურებების -  $y_j$   $M$  სიდიდეების მიხედვით, რაც ქმნის სისტემის ქცევის  $M$ -განზომილებიან ვექტორს და იცვლება შემდეგ ინტერვალში:

$$y_{jmin} \leq y_j \leq y_{jmax} \quad (j=1,\dots,B \ M).$$

ქცევის  $y_M$  ვექტორის ფუნქციონირებადი სისტემის მიზანმიმართული ცვლილება ხორციელდება გამოსავლების ან ფაქტორების  $x_j$  დონეების მართვის ხარჯება, რომლებიც ქმინს  $K$ -განზომილებიან ვექტორს. ეს ვექტორი შეიძლება შეიცვალოს იმ ფაქტორული სივრცის მონაკვეთის შიგნით, რომლის საზღვრები  $x_{imin} \leq x_i \leq x_{imax}$  ( $i=1,...,K$ ) განისაზღვრება თითოეული ფაქტორის ობიექტური შესაძლებლობებით.

შესავალი  $x_i$  და გამოსავალი  $y_i$  გამოიყოფა ჯგუფ-ქვესისტემებში. ნახ-ზე ნაჩვენებია გრანულირებული ალუმინისილიკატური ადსორბენტის ხარისხის (გამაუფერულებელი აქტივობის) ბლოკ-სქემა, როგორც რთული სისტემა, რომელშიც გამოყოფილია ხუთი რეცეპტორულ-ტექნოლოგიური და სამი ექსპლუატაციური ფაქტორი.

### 3. დასკვნა

ბუნებრივი წყლის სორბციული გაუფერულებისათვის, გააქტიურებული და მოდიფიცირებული თიხური მასალების თვისებების შესწავლის შედეგად ჩამოყალიბებულია ალუმინისილიკატის ადსორბენტის დამზადების ხერხის ძიების ძირითადი პრინციპები და შედგენილია გამაუფერულებელი აქტივობის ბლოკ-სქემა, ხუთი რეცეპტორულ-ტექნოლოგიური და სამი ექსპლუატაციური ფაქტორით

### ლიტერატურა

1. გელაძე ნ. პუმუსური წყლების შიდადიფუზიური კოეფიციენტის და განაწილების კოეფიციენტის განსაზღვრის მეთოდიკა // სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “ენერგია” № 4(40), თბილისი, 2006, გვ.60-68.
2. გელაძე ნ., ჭავოძე ნ. ადსორბენტული თვისებების მქონე თიხური მასალების ეფექტური კომპოზიციური შედგენილობის მოძიება და გამოკვლევა ბუნებრივი წყლების გაუფერულებისათვის // საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი “პიდროინჟინერია”, №2(2), თბილისი, 2007, გვ. 63-68.
3. Петров Е. Г. Способ сорбционной очистки высокоцветных природных вод для хозяйствственно-питьевого водоснабжения // Железнодорожный транспорт. Сер. Проектирование. Строительство. М.: ЦНИИТЭИ, 1991, вып.32. с. 10-15.

## ღირსეული ადამიანები



### ასოც. პროფ. ანარი ლეშაგას ცხოვრება და სამუცნიერო- კულტურული მოღვაწეობა

ექვსმა ათეულმა წელმა ნაყოფიერ შემოქმედებით შრომაში, ახლის ძიებასა და შექმნაში გაირბინა...

ანერი ლეშაგა იმერეთის ტრადიციულ, სიკეთით სავსე, დირსეულ ოჯახში დაიბადა. მშობლებმა მას ბიბლიური ნოეს შვილიშვილის ბიბლიური სახელი – ა ნ ე რ ი დაარქვეს. მამას, პეტრე ლეშაგას, რესპუბლიკის დამსახურებულ აგრონომს – იმერეთის კოლორიტს ეძახდნენ, დედას – ეთერი ქლენტს სკოლის დამსახურებულ პედაგოგს ხშირად სთხოვდნენ სხვა მშობლებისათვის გაეზიარებინა სამაგალითო ოთხი შვილის აღზრდის მდიდარი გამოცდილება.

ნიჭიერებით გამორჩეული 5 წლის გოგონა უფროს და-მმას აედევნა სკოლისაპერ. სკოლამ გამონაკლისი დაუშვა და I კლასში ჩარიცხა. კლასიდან კლასში გადასვლის ქების სიგელებითა და საშუალო სკოლის წარჩინების ატესტატით – საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში ქიმიურ ფაკულტეტზე ჩაირიცხა, რომელიც 1969 წელს წარჩინებით დაამთავრა და როგორც პერსპექტიული კურსდამთავრებული, დატოვეს ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კათედრაზე ლაბორატორის თანამდებობაზე. წარმატებით ჩააბარა სამეცნიერო ხარისხის მაძიებლისათვის გათვალისწინებული საკანდიდატო მინიმუმი შესაბამის საგნებში და წარმატებით დაამუშავა მეტად რთული, აქტუალური სადისერტაციო ოქმა: „Ge(IV)-ის კოორდინაციული ნაერთები აზოტ- და ჟანგბადშემცველ სხვადასხვა ბიოაქტიურ ლიგანდებთან“, რომელიც 1988 წელს ღირსეულად დაიცვა ი. ჯავახიშვილის სახ. უნივერსიტეტში. სადისერტაციო მასალებიდან ორი სტატია: „Ge(IV) ბრომიდების კოორდინაციული ნაერთები“ და „Ge(IV) შერეული ბრომიდო თიოცინატური კომპლექსები“, ესპანეთის ქ. მალაგაში მეცნიერებათა ფაკ-ზე, ფიზ. ქიმიის დეპარტამენტში მოღვაწე ცნობილი ესპანელი მეცნიერის ტერეზა პირეტოს მიერ წარმატებით იქნა გამოყენებული თავის სამეცნიერო კვლევებში. Ge(IV)-ის კოორდინაციული ნაერთები ანტიტებერკულოზურ ლიგანდებთან (ტუბაზიდი და ლარჯსანი) გამოცდილ იქნა ფოთიზიატრიაში და მიღებულ საუკეთესო შედეგებზე

ცნობილმა ფოზიატრმა, პროფ. ე. შილაკაძემ განაცხადა: „ამ შედეგებს შეიძლება ვარსკვლავთკრევა ვუწოდოთო“.

ასევე საუკეთესო შედეგები აჩვენა თერაპიაში გამოცდისას ნიკოტინმჟავასა და პიკოლინმჟავას ჰიდრაზიდებთან Ge(IV) კოორდინაციულმა ნაერთებმა. დადგინდა, რომ Ge(IV) კოორდინაციული ნაერთები პიკოლინმჟავას ჰიდრაზინთან ავლენს ჰიპოტენზიურ, ჰიპოგლიკენურ აქტიურობას, ხოლო Ge(IV) კოორდინაციული ნაერთები ნიკოტინმჟავას ჰიდრაზინთან პირიქით, ავლენს ჰიპერტენზიურ, ჰიპერგლიკემიურ აქტიურობას, ზრდის ო ქსოვილებში ჟანგბადის მოხმარებას და ელექტროკარდიოგრამის ვოლტაჟს, ახანგრძლივებს გულის სისტოლას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბიოაქტიურ ლიგანდებთან – Ge(IV) კოორდინაციული ნაერთების გამოცდა მედიცინის ზოგადსაკაცობრიო პრობლემატიკურ სფეროში – ონკოლოგიაში. ამის საფუძველსაც იძლევა იაპონელი მეცნიერების მიერ გამოქვეყნებული კვლევის შედეგები, რითაც დაადგინეს, რომ ბიოაქტიურ ლიგანდებთან Ge(IV)-ის კოორდინირებულმა იონმა შეძლო სარკომის მეტასტაზების შეყოვნება.

ძნელად წარმოსადგენია – ერთმა პიროვნებამ გადალახოს ის წინააღმდეგობები, რაც ქნავ ანერის პირად ცხოვრებასა და მეცნიერებაში შეხვდა. მაგრამ, მიუხედავად უდიდესი უსამართლო დაბრკოლებებისა, მან შეძლო მეცნიერებაშიც თავისი ღირსეული სიტყვის თქმა. ავტორია 60-მდე სამეცნიერო შრომისა, მათ შორის რვა წიგნია. გამოიცა ბიბლიოგრაფიული კრებულის I და II ნაწილი (გრძელდება შემდგომი ნაწილების გამოცემა).

„სასიცოცხლო ენერგიას სტუდენტებისაგან მონიჭებული სიყვარულით ვიღებ, ამაზე დიდი ბედნიერება ამქვეყნად არ არსებობს – ადამიანების სიყვარულით დაჯილდოებული ადამიანისათვის“ – ამბობს გამოცდილი (35 წლის პედაგოგიური სტაჟის მქონე) პედაგოგი.

შრომისმოყვარე, თავისი მარჯვენისა და ნიჭიერების იმედად ცხოვრობს ამქვეყნად თავის საამაყო შვილებთან და შვილიშვილებთან ერთად. „მე მხოლოდ კეთილი საქმეების საკეთებლად მჭირდება ჩემი სასიცოცხლო დრო, რომელიც უფალმა მომანიჭა და ამ დროში ბევრი რამ საუკეთესო და ღირებული უნდა მოვასწრო“ – ამბობს ანერი.

იმერეთის ერთ-ერთ ღირსეულ სკოლაში (ჩემი ზესტაფონის „ბებერი სკოლა“ – ასე უწოდებს ანერი თავის მშობლიურ სკოლას) გახსნილია მუზეუმი „სკოლის სასახელოდ აღზრდილები“, სადაც საპატიო ადგილი ანერი ლექავას შემოქმედებით პორტრეტებს უჭირავს. 5 წლის ასაკიდან წერს ლექსებს და ნოველებს, რომ-

ლებსაც პერიოდულად აქვეყნებდა უურნალ-გაზეთებში (აპირებს გამოსცეს კრებულად, თუმცა, ამის პრეტენზია დღემდე არ ჰქონია). ფილარმონიაში ჩატარებულ, 9 აპრილისადმი მიძღვნილ საღამოზე, ელდინო საღარაძის მიერ წაკითხულ ანერი ლექაგას ლექსს – „უჩვეულოდ დიდი ცრემლი მოჰყვა დარბაზში... მას ყველა საგნის მასწავლებელი ანდობდა ახალი გაკვეთლის ახსნას, რაც ამჟამად ბოლონიის მითითებებში ახალ საკითხად არის შეტანილი. „ჩემს ეროვნულ-ტრადიციულ სკოლაში ეს ბოლონიის მითითებების გარეშე იცოდნენო“ – ამბობს ანერი. ყველა საგნის პედაგოგი თავის სპეციალობით სწავლის გაგრძელებას ურჩევდა, ყველა საგანში ერთნაირად ჰქონდა სასკოლო, რაიონულ და რესპუბლიკურ ტურებში გამარჯვების სიგელები (ქიმიაში საკავშირო ტურში გამარჯვების სიგელიც). უფროსი დის გავლენით და ქიმიის სიყვარულით, აირჩია სპი-ის ქიმიის ფაკულტეტი, „რადგან ქიმიკოსი ვარ, ამ სფეროში უნდა დავიხარჯო მეტწილადო“ – ამბობს ანერი.

მრავალსულიანი ოჯახის მარჩენალი, მრავალმხრივი შემოქმედების ავტორი, როდესაც უსამართლობას აწყდება (რაც დღევანდელობის თანამდევია), კავლაც შემართული იმშვიდებს თავს: „ცუდას რად უნდა მზერობა, კარგია მუდამ მტრიანიო“, და ამიტომაც, ბუმბერაზ ვაჟა-ფშაველას თვლის გენიოსთა შორის უდიდეს გენიოსად. „ყოველგვარი უსამართლობისა და წინააღმდეგობების დასაძლევად უფალმა მომცა ლექსისა და იუმორის ნიჭიც და მაღლობა უფალს ამისათვის“ – ამბობს ანერი და აგრძელებს თავის ბობოქარ და სიცოცხლით საგსე ცხოვრებას.

# რევერატები

შაპ 628.1

წყალმომარაბების სისტემის ელექტრონული შედგენილი ვარიაციულ-სტრუქტურული სქემების საიმუღობრების შევასება. **ლ. კლიმიაშვილი, ზ. ციხელაშვილი, მ. გუჯაბიძე** // პიდროინუინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 6-9.

შემოთავაზებული მიდგომა ემყარება წყალმომარაგების საინჟინრო სისტემის ელემენტების მიმდევრობითი, პარალელური და შერეული შეერთების კომბინაციების დროს შედგენილი შესაძლო ვარიანტულ-სტრუქტურული სქემების საიმუღობრების შეფასებას.

შაპ 528

სასმელი წყლის გაუსნებოვნების თანამედროვე ალტერნატიული ხერხი.

**გ. სოსელია, ი. მიხელაშვილი, რ. კიზივაძე** // პიდროინუინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 10-17.

წარმოდგენილია წყლის გაუსნებოვნების ერთ-ერთი თანამედროვე ხერხის გამოყენების, კერძოდ, აიროვანი ქლორის ოქსიდენტის ხსნარით შეცვლის შესაძლებლობა ქ. თბილისის სათავე ნაგებობებზე. მეთოდი დამუშავდა საინჟინრო აკადემიის სამეცნიერო ცენტრში. სასმელი წყლის გაუსნებოვნების ეფექტის მისაღებად ჩატარდა ექსპერიმენტი სამგორის გამწენდ ნაგებობებზე. ასევე დადასტურდა ოქსიდენტის უპირატესობა აიროვან ქლორთან შედარებით, როგორც უსაფრთხო, საიმუღო სითხის, რომლის გამოყენება მკვეთრად შეამცირებს საექსპლუატაციო დანახარჯებს.

შაპ 628.1

წყალმომარაბების ოპტიმალური რეზერვირების შეფასებისათვის. **6. ლაფაჩი, ლ. კლიმიაშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი** // პიდროინუინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 18-22.

განხილულია წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების ოპტიმალური რეზერვირების შეფასების საკითხები, მტყუნებათა ინტენსივობის მონაცემების სტატისტიკური დამუშავებით. წყლის მიწოდების სისტემის დაპროექტებისას ოპტიმალური რეზერვირების ვარიანტების ანალიზი, მიღებული *q* და *a* პარამეტრების პირობებში, უნდა განხორციელდეს ეკონომიკური მაჩვენებლების შედარებით.

შაპ 628.12.002

ჩაძირული ტუმბრები. **ზ. მეგრელიშვილი, ვ. ჩხაიძე, დ. ჩხაიძე, ნ. დონდოლაძე** // პიდროინუინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 23-26.

შემოთავაზებულია ხელის ლფ მექანიკური ამძრავით ჩასაშვები ტუმბოს ახალი მარტივი კონსტრუქცია. ტუმბო საშუალებას იძლევა სითხესან ერთად ამოტუმბოს ნებისმიერი კონსტრუქციის ჩაწოლილი ნალექი. მოყვანილია დამოკიდებულებები ტუმბოს ტექნოლოგიური პარამეტრების გაანგარიშებისათვის.

შაპ 627.841

პიდრავლიკური ხახუნის პოვიციენტის ბანსაზღვრა პერფორირებულ მიღსადე-  
ვებში. გ. სიხარულიძე // პიდროინჟინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 27-34.

მიღებული კრიტერიალური განტოლებიდან გამომდინარებს, რომ მიღსადენში სით-  
ხის ცვლადი ხარჯით მოძრაობისას პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტი რეინოლდსის  
რიცხვისა და ხარჯის ფარდობითი მიერთების ან გამოყოფის ფუნქციაა.

მიღებულია პოლიეთოლენის მიღსადენებში პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტის  
გამოსათვლელი ემპირიული დამოკიდებულებები. მოყვანილია პერფორირებული მიღსადე-  
ნების და მიღსადენებში სითხის თანაბარი მოძრაობისას პიდრავლიკური ხახუნის კოეფი-  
ციენტების რიცხვითი სიდიდეების შედარება.

დადგენილია რეინოლდსის რიცხვის ცვლადების საზღვრები, როცა  $\lambda_p > \lambda$  და როცა  $\mu$   
სიდიდეები თითქმის ერთმანეთის ტოლია.

შაპ 621.396

06ტერნეტ-რადიო. მ. რამაზაშვილი, კ. რამაზაშვილი, ს. მიღელაშვილი, ლ. პერტაია  
// პიდროინჟინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 35-39.

როგორც კი შესაძლებელი გახდა აუდიონაკადის გადაცემა ინტერნეტის საშუალებით,  
კომუნიკაციები რადიოსადგურები დაფიქრდნენ იმაზე, თუ როგორ ყოფილიყო ორგანიზებუ-  
ლი მაუწყებლობა ციფრულ არხში. ინტერნეტ-რადიოს მეშვეობით შესაძლებელია ინფორ-  
მაციის და რეკლამის გადაცემა, ასევე შეგვიძლია ვიპოვოთ ერთი ან რამდენიმე ლოგო,  
რომელიც გვიჩვენებს აუდიოფორმატს.

შაპ 628.1

რა უნდა გაითვალისწინონ ენერგეტიკისა და ეკონომიკის სამინისტროებმა, რო-  
დესაც ინვესტორს ირჩევენ პიდროელექტროსადგურის მშენებლობის დამზინანებლად.  
ნ. კოდუა, ა. ახვლედიანი, თ. მიქიაშვილი, გ. ახვლედიანი // პიდროინჟინერია, №1-2(7-8),  
2009, გვ. 40-50.

ახალი პიდროელექტროსადგურის მშენებლობის ეკონომიკური ეფექტიანობის განმ-  
საზღვრელი ტარიფის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გაწეული კაპიტალდაბანდების რო-  
გორც სტრუქტურაზე, ისე მისი ამოგების საანგარიშო სქემაზე, აგრეთვა კერძო კაპიტალი-  
სა და ბანკის სესხის საპროცენტო განაკვეთებზე. ამიტომ ერთი და იმავე ოდენობის დაფი-  
ნანსების პირობებში მინიმალური ტარიფის მისაღებად, რომელიც დაბაკმაყოფილებს ზღვრული ტარიფის მიხედვით სემეკის მოთხოვნებს და ამავე დროს, უზრუნველყოფს ინ-  
ვესტორის მოთხოვნებს – მიიღოს მოთხოვნილი დივიდენდი, ჩატარდეს გაანგარიშებათა  
სერიები სხვადასხვა ვარიანტის მიხედვით.

ეს საშუალებას მოგვცემს გამოვლინდეს მშენებლობის დაფინანსების ისეთი ვარიან-  
ტი, რომელიც ერთდროულად დააკმაყოფილებს ინვესტორსაც და გაითვალისწინებს სახ-  
ელმშემთვევა ინტერესებსაც.

### შაპ 628.1

მოჩარხულგორბლიანი ცენტრიდანული ფუმბოს სხვადასხვა რეჟიმით მუშაობის ანალიზი. გ. ნაჭყებია, ხ. ხატიური, ე. გვარამაძე // პიდროინჟინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 51-54.

განხილულია ცენტრიდანული ტუმბოს გამოყენების არის გაფართოების შესაძლებლობა ტუმბოს მუშა ბორბლის დიამეტრის შემცირებით მოჩარხვის საშუალებით. მოყვანილია ტუმბოს მოჩარხული ბორბლის Q<sub>მო</sub> – H<sub>მო</sub> მახასიათებელი მრუდის აგების წესი. ეს წესი ემყარება ცენტრიდანული ტუმბოების მსგავსების კანონიდან გამომდინარე ცნობილ გადაანგარიშების ფორმულების გამოყენებას. ტუმბოს მახასიათებელი მრუდის გრაფიკზე ასახულია Q<sub>მო</sub> – H<sub>მო</sub> მახასიათებელი მრუდის აგების თანამიმდევრობა. მოყვანილია მიღებული ახალი მახასიათებელი მრუდის მიხედვით პარალელურ რეჟიმში მომუშავეორი ტუმბოს ჯამური მახასიათებელი მრუდის აგების წესი.

### შაპ 628.1

ყვალმომარაბებისა და ყვალარინების სისტემებში ნორმატიული დანაკარგების ბანსაზღვრის შესახებ. ლ. კლიმიაშვილი, ხ. ნაცვლიშვილი, მ. ნაცვლიშვილი // პიდროინჟინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 55-62.

გაანალიზებულია სასმელი წყლის ნორმატიული დანაკარგების განსაზღვრის არსებული მეთოდები და მიდგომები, რომელთა გამოყენებაც საქართველოს პირობებში მნიშვნელოვან ცდომილებებთანაა დაკავშირებული.

შემოთავაზებულია სასმელი წყლის ნორმატიული დანაკარგების გაანგარიშების მეთოდიკა მათემატიკური სტატისტიკის ელემენტების გამოყენებით, რომელიც არ მოითხოვს დროისა და სახსრების დიდ დანახარჯებს და იძლევა სარწმუნო სიდიდეების დადგენის საშუალებას.

წარმოდგენილია წინადადებები დანაკარგების სიდიდეების (როგორც ხვედრითი, ასევე პროცენტული) განსაზღვრისათვის.

### შაპ 628.1

ყვლის გაუვერულებისათვის თიხური მასალების თვისებებისა და ადსორბების დამზადების მირითადი პრიცეპების შესახებ. ხ. გელაძე, ლ. კლიმიაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი // პიდროინჟინერია, №1-2(7-8), 2009, გვ. 63-68.

გაანალიზებულია გააქტიურებული და მოდიფიცირებული თიხური მასალების თვისებები და ჩამოყალიბებულია ალუმინისილიკატის ადსორბენტის დამზადების ხერხის ძირითადი პრიცეპები წყლის სორბციული გაუფერულებისათვის. შედგენილია გამაუფერულებელი აქტივობის ბლოკ-სქემა, ხუთი რეცეპტორულ-ტექნოლოგიური და სამი ექსპლუატაციური ფაქტორით.

# РЕФЕРАТЫ

УДК 628.1

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СТРУКТУРНО-ВАРИАНТНЫХ СХЕМ, СОСТАВЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ. **Климиашвили Л.Д., Цихелашвили З.И., Гуджабидзе М.Р.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 6-9.

С применением теоремы Байеса предлагается подход к оценке надежности возможных структурно-вариантных схем инженерных систем водоснабжения, составленных элементами при их последовательной, параллельной и смешанной комбинациях соединений.

Предлагаемому подходу оценки надежности системы водоснабжения придается большое значение при построении структурных вариантов схем на стадиях предпроектирования, проектирования и эксплуатации.

УДК 528

СОВРЕМЕННЫЙ АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ. **Соселия Г.А., Михелашвили И.М., Кизивадзе Р.К.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 10-17.

Представлена возможность применения одного из современных способов обеззараживания воды на головных сооружениях г. Тбилиси, в частности, раствором оксидента (вместо газообразного хлора). Разработка метода произведена в научном центре Инженерной академии.

Для апробации эффективности данного метода обеззараживания воды были проведены эксперименты на очистном сооружении Самгори.

Эксперимент подтвердил преимущество оксидента как безопасной надежной жидкости, по сравнению с газообразным хлором, его применение значительно снизит эксплуатационные затраты.

УДК 628.1

К ОЦЕНКЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ. **Лафачи Н.Р., Климиашвили Л.Д., Нацвалишвили Н.В.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 18-22.

Рассмотрены вопросы оценки оптимального резервирования функционирования систем водоснабжения путем статистической обработки данных интенсивности сбоя. При проектировании системы водоснабжения анализ вариантов оптимального резервирования должен быть осуществлен в условиях полученных параметров  $q$  и  $a$ , путем сравнения экономических показателей.

УДК 628.12.002

ПОГРУЖНОЙ НАСОС. **Мегрелишвили З.Н., Чхайдзе В.Г., Чхайдзе Д.Т., Дондоладзе Н.Г.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 23-26.

Предложена новая простая конструкция погружного насоса с ручным и механическим приводом. Насос позволяет удалять вместе с жидкостью слежавшиеся осадки любой консистенции. Приведены зависимости для расчета технологических параметров насоса.

УДК 627.841

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ В ПЕРФОРИРОВАННЫХ ТРУБОПРОВОДАХ. **Сихарулидзе Г.И.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 27-34.

Из полученных критериальных уравнений проистекает, что при движении жидкости в трубопроводе с переменным расходом, коэффициент гидравлического трения является функцией относительного присоединения или выделения числа и расхода Рейнольдса.

Получены эмпирические зависимости для вычисления коэффициента гидравлического трения в полиэтиленовых трубопроводах. Приведено сравнение числовых величин коэффициентов гидравлического трения при равномерном движении жидкости в перфорированных трубопроводах.

Установлены границы переменных числа Рейнольдса, когда  $\lambda_p > \lambda$  и когда эти величины почти равны друг другу.

УДК 621.396

ИНТЕРНЕТ-РАДИО. **Рамазашвили М.Т., Рамазашвили К.Т., Миделашвили С.Дж., Пертая Л.Д.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 35-39.

Как только стала возможной передача аудио-потоков с помощью интернета, коммерческие радиостанции задумались над тем, как организовать вещание с помощью цифровых каналов. С помощью интернет-радио можно передавать информацию и рекламу, а также найти лого, которое отображает аудио-формат.

УДК 621.8

ЧТО ДОЛЖНО УЧЕСТЬ МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОНОМИКИ ПРИ ВЫБОРЕ ИНВЕСТОРА, ФИНАНСИРУЮЩЕГО СТРОИТЕЛЬСТВО ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. **Кодуа Н.Д., Ахвlediani A.B., Микиашвили T.M., Ахвlediani G.A.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 40-50.

Величина, определяющая экономическую эффективность тарифа при строительстве новой ГЭС, зависит как от структуры выделенного капиталовложения, расчетной схемы прибыли, так и от процентной величины частного капитала и банковского кредита. Поэтому с целью получения минимального тарифа, способного удовлетворить в соответствии с предельным тарифом требования Грузинской национальной комиссии по регулированию электроэнергетики и одновременно с этим обеспечения желания инвестора получить соответствующие дивиденты, необходимо выполнить серию соответствующих расчетов.

Для проведения этих расчетов авторами данной статьи разработаны необходимые математические алгоритмы с соответствующим компьютерным обеспечением.

УДК 628.1

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ОБТОЧЕННЫМ КОЛЕСОМ. **Начкебия В.П., Хатиури Ж.Н., Гварамадзе Е.Л.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 51-54.

Рассмотрен вопрос расширения области применения центробежного насоса при уменьшении диаметра рабочего колеса путём обточки.

Приведены правила построения характерной кривой  $Q_{об.} - H_{об.}$  обточенного рабочего колеса, которые основаны на использовании известных формул пересчёта, исходящих из закона подобия центробежных насосов.

На графике характерных кривых центробежного насоса представлена последовательность построения характерной кривой  $Q_{об.} - H_{об.}$  обточенного колеса и приведён способ построения суммарной характерной кривой параллельно работающих насосов с уменьшённым диаметром рабочего колеса.

УДК 628.1

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ. **Климиашвили Л.Д., Нацвлишвили Н.В., Нацвлишвили М.Н.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 55-62.

Рассмотрены существующие методы и подходы к определению нормативных потерь питьевой воды, использование которых в условиях Грузии связано со значительными погрешностями.

Предложена методика расчета нормативных потерь питьевой воды применением элементов математической статистики, которая не требует больших расходов времени и средств и дает возможность установления доверительных величин.

УДК 628.1

СВОИСТВА ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АДСОРБЕНТА ДЛЯ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ВОДЫ. **Геладзе Н.М., Климиашвили Л.Д., Нацвлишвили М.Н.** // Гидроинженерия, №1-2(7-8), 2009, с. 63-68.

Проанализированы свойства активированных и модифицированных глинистых материалов и сформирована основные принципы поиска способа изготовления алюминосиликатного адсорбента для сорбционного обесцвечивания воды. Составлена блок-схема обесцвечивающей активности с пятью рецепторно-технологическими и тремя эксплуатационными факторами.

# SUMMARIES

UDC 628.1

ESTIMATION OF RELIABILITY OF STRUCTURALLY ALTERNATIVE SCHEMES MADE BY THE ELEMENTS OF WATER SUPPLY SYSTEM. **L.Klimiashvili, Z.Tsikhelashvili, M.Gujabidze** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 6-9.

With application of the theorem of Baiesa the approach of an estimation of reliability of possible structurally alternative schemes of water supply engineering systems made by the elements at their consecutive, parallel and mixed combinations of connections is offered. The great importance is given to the offered approach of estimation of water supply system reliability at construction of structural alternative schemes at stages before predesigning, designing and operation. The example of reliability estimation is considered.

UDC 528

A MODERN ALTERNATIVE METHOD OF POTABLE WATER DECONTAMINATION. **G.Soselia, I.Mikhelashvili, R.Kizivadze** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 10-17.

The work presents the possibility of application of a modern method for decontamination in Tbilisi headworks, particularly, replacement of gas chlorine with oxidant solution that has been developed in the Engineering Academy Scientific Center. The approbation of the efficiency of the given method of potable water decontamination was carried out at the Samgori sewage disposal plant. The experiment confirmed the advantage of oxidant in comparison with gas chlorine as of safe and reliable solution the application of which will sharply decrease expenses on operations.

UDC 628.1

ON EVALUATION OF WATER SUPPLY OPTIMUM RESERVING. **N.Lapachi, L.Klimiashvili, N.Natsvlishvili** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 18-22.

The problems of evaluation of optimum reserving of water supply systems functioning are considered with statistical treatment of fails intensity data. The analysis of design versions of water supply systems should be realized by way of comparison of economical indices in conditions of the received  $q$  and  $a$  parameters.

UDC 628.12.002

IMMERSION PUMP. **Z.Megrelishvili, V.Chkhaidze, D.Chkhaidze, N.Dondoladze** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 23-26.

A new construction of the immersion pump with a hand and power drive is proposed. The pump allows removing, together with the liquid, the slumped sediment of any consistency. The relations are presented for calculation of technological parameters of the pump.

UDC 627.841

DETERMINATION OF HYDRAULIC FRICTION COEFFICIENT IN PERFORATED PIPELINES.

**G.Sikharulidze** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 27-34.

From the received criterial equation follows that when liquid flow in pipelines is variable, hydraulic friction coefficient is the function of Reynolds number and relative flow attachment or separation. Empirical dependences for calculation of hydraulic friction coefficient in polyethylene pipelines are received. The comparison of numerical values of hydraulic friction coefficients is given. The boundaries of Reynolds number variables are stated when  $\lambda_3 > \lambda$  and when these values are equal.

UDC 621.396

INTERNET-RADIO. **M.Ramazashvili, K.Ramazashvili, S.Midelashvili, L.Pertaia** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 35-39.

As soon as became possible to transfer audio streams by the Internet, commercial radio stations began to ponder how to organize an announcement with digital channels. It's possible to transmit information and advertisement by means of internet-radio; also several logos showing audio format can be found.

UDC 628.1

WHAT IS TO BE CONSIDERED BY THE MINISTRY OF POWER ENGINEERING AND ECONOMICS WHEN CHOOSING INVESTOR FINANCING HYDROPOWER STATION CONSTRUCTION.

**N. Kodua, A. Akhvlediani, T. Mikiashvili, G. Akhvlediani** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 40-50.

Tariff determining economic effectiveness of the construction of a new hydropower station depends on the structure, as well as, on refunding scheme of made investment, and on tax rate of private capital and bank duty. Therefore, in conditions of similar financing, in order to get minimum tariff satisfying requirements and at the same time satisfies investor's demand to receive the demanded dividends, it is necessary to carry out calculation series according to different versions.

This will enable to ascertain the version of financing which will satisfy the investor and at the same time will account for state interests.

UDC 628.1

ANALYSIS OF DIFFERENT REGIME OPERATION OF TURNED WHEEL CENTRIFUGAL PUMPING EQUIPMENT. **V. Nachkebia, Kh. Khatiuri, E. Gvaramadze** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 51-54.

The possibility of widening of the area of using of centrifugal pumping equipment when working wheel diameter is reduced with turning is considered. The law of characteristic curve drawing of pump turned wheel  $Q_{tur} - H_{tur}$  is given. This rule is based on using the known calculation formulas proceeding from the law of centrifugal pumps similarity. On the diagram of pump characteristic curve the sequence of  $Q_{tur} - H_{tur}$  characteristic curve drawing is presented. According to received new characteristic curve the law of sum characteristic curve of two pumps operating in parallel regime is given.

UDC 628.1

ON DETERMINATION OF STANDARD LOSSES IN WATER SUPPLY AND WATER DRAIN SYSTEMS. **L.Klimiashvili, N.Natsvlishvili, M.Natsvlishvili** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 55-62.

The existing methods and approaches of determination of drinking water standard losses are analyzed, their use in conditions of Georgia is connected with significant inaccuracy.

The method of calculation of drinking water standard losses is proposed using elements of mathematical statistics. This method needs no great expenses of time and means and enables to state confidential values.

The propositions are presented for determination of losses.

UDC 628.1

MATERIAL PROPERTIES OF CLAY AND THE BASIC PRINCIPLES OF ADSORBENT PREPARING FOR WATER BLANCH. **N. Geladze, L. Klimiashvili, M. Nacvlishvili** // Hydroengineering. №1-2(7-8), 2009, p. 63-68.

Analyzed modified and activated materials properties of clay and formed basic opinciples of aluminosilicate adsorbent preparation for water blanch. Composed block-system of decolorize activity with five receptor-technological and three exploataion factors.

რედაქტორები: ნ. მემარიაშვილი, ი. სემიკინა,  
გ. პრეობრაჟენსკაია, ნ. ცენტერაძე  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 10.09.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 08.12.2009. ქაღალდის  
ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბაზი 5. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამოცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

