

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ISSN 1512-410X

ჰიდროენიჟინიერია
HYDROENGINEERING
ГИДРОИНЖЕНЕРИЯ

№2(6)



0000000 – TBILISI – ТБИЛИСИ

2008

სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „პიდროინჟინერია“

დაფუძნებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და საქართველოს საინჟინრო აკადემიის მერ.

სარედაქციო კოლგია:

საქართველოდან: პროფ. ლ. ღოდელიანი (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. კოდუა, შ. გაგოშიძე, ზ. ზედგენიძე, ასოც. პროფესორები: გ. სოსელია, ვ. ნაჭელიძი, ნ. ნაცვლიშვილი, ე. ჩიხლაძე, მ. გრძელიშვილი, შ. მესტვირიშვილი, თ. ფურცელაძე, გ. ჯერენაშვილი, პ. გორგაძე, დ. გურგენიძე, ზ. ზალიაშვილი, ნ. გელაძე (პასუხისმგებელი მდივანი), ასისტენტ პროფესორი მ. ნაცვლიშვილი, შპს „თბილისის წევალის“ გენერალური დირექტორი გ. ქელბაქიანი, „საქართველოს სამსახურის“ დირექტორი ა. გრიგოლიშვილი, ქანდელაკი, გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტის“ დირექტორი ა. გრიგოლიშვილი,

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

რუსეთიდან: მოსკოვის სახელმწიფო სამსახურის უნივერსიტეტის პროფესორები: ო. პრიმინი, პ. პალგუნოვი, მ. სომოვი, თ. ვოინიჩ-სიანოვენსკი.

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), Assistant prof. M. Natsvlishvili, General director of “Tbilisis Tskali” LTd G. Kelbakiani, Director Of Publishing House of GTU A. Grigolishvili.

USA: Prof. Ardith 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 (главный редактор), проф. Л. Климиашвили (заместитель главного редактора), проф: А. Мотсонелидзе, А. Прангисвili, 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. Мествиришвили, О. Пурцеладзе, Г. Джеренашвили, П. Гиоргадзе, Д. Гургенидзе, З. Заликашвили, Н. Геладзе (ответственный секретарь), ассоц. проф: М. Нацвалишвили, генеральный директор ООО «Тбилисис цкали» Г. Келбакиани, 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-Сяноженцкий.

მისამართი: საქართველო, თბილისი, 0175, ქობეგავას ქ. 77, I კორპუსი, ტელ.: 33-06-87 ჟურნალის ვებგვერდი www.ctcl.gtu.ge

გამოქვეყნებული მასალის სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2008

Publishing House “Technical University”, 2008

Издательский дом “Технический Университет”, 2008

შინაარსი

ა. ფრანგიშვილი, ზ. გასიტაშვილი, მ. ხართიშვილი. ქალაქის მეურნეობის მომსახურების სფერო	6
ა. ფრანგიშვილი, ზ. გასიტაშვილი, მ. ხართიშვილი. მუნიციპალიტეტის - ქალაქის ერთიანი საინფორმაციო კონცენტრაცია	22
ლ. ლოდელიანი, კ. მაღრაძე, ა. ჩიტაძე. ჰალოსოლები მდინარის შესართავიან ფრესკის დონის დაწევისას	32
ლ. ლოდელიანი, კ. მაღრაძე. ვეზიერი გარემოსათვის დინამიკის განტოლება, რომელიც ხასიათდება კლასტიკურობის თვისებებით	36
ზ. მეგრელიშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი. დაშვიავებული სტატური სარეზენაციო ხსნარების თერმომიმიური შერაცხვება ლატრატორიულ პოროგებში	46
ლ. ქობულაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი. უყლის ეკოლოგიური ექსპრესიული შესახებ	51
თ. ქიქავა. ღრმივადლეფორმირებად ფერმულ მდგრად გადაკვარების ეფუძნებული	56
ი. ცარციძე, ნ. კიგაჩევიშვილი. უყლის მიწოდებისა და ბანაზილების სისტემების ოპტიმიზაციის ამოცანებში დამატებითი მოთხოვნების	61
ბათვალისწინების შესახებ	
თ. გველესიანი, ზ. ციხელაშვილი, თ. ყირიმლიშვილი-დავითაშვილისა. კაშალზე ბანეაკუთრებული კიდროდინამიკური (ტალღური) დატვირთვის ალბათური შევასების მეთოდიკის შემუშავების შესახებ	69
ზ. დანელია, მ. თოფურია გ. მელქაძე. კალაპოტური და ჰალური ნაკადების ურთიერთობის თეორიული კვლევა და მისი დინამიკური სემბა	75
ზ. დანელია, მ. თოფურია, გ. მელქაძე. ბრიგალური ზონის ბაზლენის დაღვენა უდარეო მოძრაობის პინემატიკურ ეფექტზე	84
მ. თოფურია. კალაპოტური და ჰალური ნაკადების ურთიერთობებისა	92
ა. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე, გ. ახვლედიანი. პესის აღჭურვა ინვესტირების ლიზინგური სქემის ბამოყენებით	102
კ. დოლიძე. არარეგულარობის მქონე მართვულისა ფილის ბანგარიშების შესახებ	116
ა. საყვარელიძე, ი. გორგაძე, ლ. ლოლაძე. ბაზიმპისას სხვადასხვა ტენიანცელობის რეალიზაციების გეტონის მექანიკურ მახასიათებლებზე დაფორმაციის	
სიჩქარის ბავლება	124
ა. საყვარელიძე, ნ. ლუდუშაური, მ. ტურძელაძე. ბეტონის მცრის ცოცვადობის გირთვის მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს მასალის ასაკს	128
ვ. ნათბილაძე, მ. კახიანი. სამრეზველო როგორების აღმრავი მექანიზმების ზოგიერთი მირითადი აკრამეტრის შესრულების საკითხები	133
მ. რამზაშვილი, კ. რამზაშვილი. პერსონალის მართვა ელექტრონულ ედიტიში	141
მ. ხარაშვილი. ნაკის-სტომის განტოლებისათვის პირველი სასაზღვრო ამოცანის რიცხვითი ამონენა	147
ა. ლეჯავა, ე. ბიჭიაშვილი. უყალი გუნების მშენებელება	160
თ. ამბროლაძე. ღია ნაკადების მოხვეულ უბნები განივი ცირკულაციის ინტენსივობის ბანაზილების შესახებ	165
მ. თევზაძე, დ. პაპავა, თ. პაპავა. კამხლის მიმღებარე ტერიტორიაზე არსებული რეაქტორების მდგრადრების შესახებ	172
დ. დობორჯგინძე, ლ. კიკვაძე. საკომუნიკაციო ქსელური სისტემა ებებრის პესზე და მისი საიმპერატორო ანალიზი	180
ლვაზლომოსილი მეცნიერები	187
რეზერატები	189

СОДЕРЖАНИЕ

А.И. Прангишвили, З.А. Гаситашвили, М. Хартишвили. СФЕРА ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА	6
А.И. Прангишвили, З.А. Гаситашвили, М.П. Хартишвили/ ЕДИНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ГОРОДА-МУНИЦИПАЛИТЕТА.....	22
Л.Д. Гогелиани, К.С. Маградзе, А. Читадзе. ГАЛОКЛИНЫ ПРИ ПОНИЖЕНИИ ДНА В ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКАХ РЕК.....	32
Л.Д. Гогелиани, К.С. Маградзе. УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ, ОБЛАДАЮЩЕЙ И СВОЙСТВАМИ ПЛАСТИЧНОСТИ.....	36
З.И. Мегрелишвили, Л.Д. Климиашвили, М.Н. Нацвалишвили. К ВОПРОСУ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО УМЯГЧЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ СУЛЬФАТНЫХ РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ РАСТВОРОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ.....	46
Л.Л. Кобулашвили, Л.Д. Климиашвили, М.Н. Нацвалишвили. ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ВОДЫ	51
Т.Р. Кикава. РАСЧЕТ ПЕРЕКРЕСТНЫХ БАЛОК, ЛЕЖАЩИХ НА ЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ	56
Ю.Ш. Царцидзе, Г.Е. Кикаченишвили. УЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ	61
Т. Л. Гвелесиани, З.И. Чихелашвили, Т.Т. Киримлишвили-Давиташвили. О РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ОСОБОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ (ВОЛНОВОЙ) НАГРУЗКИ НА ПЛОТИНУ	69
З.Н. Данелия, М.В. Топуря, Г.Н. Мелкадзе. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РУСЛОВЫХ И ПОЙМЕННЫХ ПОТОКОВ И ИХ ДИНАМИЧЕСКАЯ СХЕМА	75
З.Н. Данелия, М.В. Топуря, Г.Н. Мелкадзе. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИХРЕВЫХ ШНУРОВ НА КИНЕМАТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ БЕЗНАПОРНОГО ДВИЖЕНИЯ	84
М.В. Топуря. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РУСЛОВОГО И ПОЙМЕННЫХ ПОТОКОВ	92
А.Г. Ахвledиани, А.Д. Гоголадзе, Г.А. Ахвledиани. ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ГЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИЗИНГОВОЙ СХЕМЫ ИНВЕСТИРОВАНИЯ.....	102
К.М. Долидзе. К РАСЧЕТУ НЕРЕГУЛЯРНОСТИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛИТЫ	116
А.В. Сакварелидзе, И.М. Гиоргадзе, Л.Е. Лоладзе. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА РАЗЛИЧНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.....	124
А.В. Сакварелидзе, Н.А. Гудушаури, М.И. Турдзеладзе. МОДЕЛЬ ЯДРА ПОЛЗУЧЕСТИ СДВИГА БЕТОНА, УЧИТЫВАЮЩАЯ ВОЗРАСТ МАТЕРИАЛА	128
В.Ш. Натбладзе, М.Р. Кахиани. К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ	133
М.Т. Рамазашвили., К.Т. Рамазашвили. УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ В ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИИ	141
М.Г. Харашивили. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПЕРВОЙ КРОЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА	147
А.П. Лежава, Э.Э. Бичиашвили. ВОДА-КРАСОТА ПРИРОДЫ	160
Т.А. Амброладзе. О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОПЕРЕЧНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА ПОВОРОТАХ ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ	165
М.Н. Тевзадзе, Д.Г. Папава, Т.Г. Папава. УСТОЙЧИВОСТЬ РЕПЕРОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ПЛОТИНЕ ТЕРРИТОРИИ.....	172
Д. Д. Доборджинидзе, Л. В. Киквадзе. КОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА НА ИНГУРИГЭС И АНАЛИЗ ЕЁ НАДЁЖНОСТИ	180
ВЫДАЮЩИЕСЯ ДЕЯТЕЛИ	187
РЕФЕРАТЫ	189

CONTENTS

A. Prangishvili, Z. Gasitashvili, M. Khartishvili. THE SPHERE OF CITY ECONOMY SERVICE	6
A. Prangishvili, Z. Gasitashvili, M. Khartishvili. COMMON INFORMATIONAL CONCEPTION OF METROPOLIS - MUNICIPAL BOROUGH	22
L. Gogeliani, K. Magradze, A. Chitadze. HALOCLINES AT BOTTOM LOWERING IN ESTUARIAL SECTIONS OF RIVERS	32
L. Gogeliani, K. Magradze. EQUATIONS OF THE DYNAMICS OF LOOSE MEDIUM HAVING PLASTICITY PROPERTIES	36
Z.Megrelishvili, L.Klimiashvili, M.Natsvlishvili. ON THE PROBLEM OF THERMO-CHEMICAL SOFTENING OF WASTE SULFATE REGENERANTS IN LABORATORY CONDITIONS	46
L. Kobulashvili, L. Klimiashvili, M. Natsvlishvili. ON ECOLOGICAL EXPERTISE OF WATER	51
T. Kikava. CALCULATON OF THE CROSS BEAMS LYING ON LINEARLY-DEFORMED FOUNDATION	56
I. Tsartsidze, N. Kikacheishvili. ON CONSIDERATION OF ADDITIONAL REQUIREMENTS IN THE PROBLEMS OF OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY AND DISTRIBUTION SYSTEMS.....	61
T. Gvelesiani, Z. Tsikhelashvili, T. Kirimlishvili-Davitashvili. ON WORKING OUT OF THE METHOD OF PROBABILISTIC ESTIMATION OF SPECIAL HYDRODYNAMIC (WAVE) LOADS ON DAMS	69
Z. Danelia, M. Topuria, G. Melkadze. THEORETICAL INVESTIGATION OF RIVER BED AND FLOODPLAIN STREAMS INTERACTION AND THEIR DYNAMIC SCHEME	75
Z. Danelia, M. Topuria, G. Melkadze. ESTIMATION OF VORTEX CORD ACTION ON KINEMATIC EFFECT OF FREE WATER MOTION	84
M. Topuria. INTERACTION OF RIVER BED AND FLOODPLAIN STREAMS	92
A. Akhvlediani, A. Gogoladze, G. Akhvlediani. REEQUIPMENT OF HES USING LEASING SCHEME OF INVESTMENTS	102
K. Dolidze. CALCULATION OF IRREGULARITY OF RECTANGULAR PLATES	116
A. Sakvarelidze, I. Giorgadze, L. Loladze. THE EFFECT OF DEFORMATION VELOCITY ON MECHANICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT MOISTURE CONTENT FINE-GRAINED CONCRETE AT TENSION	124
A. Sakvarelidze, N. Gudushauri, M. Turdzeladze. MODEL OF CONCRETE SHEAR CREEP CORES CONSIDERING MATERIAL AGE	128
V. Natbiladze, M. Kakhiani. ON THE PROBLEM OF STUDYING OF SOME MAIN PARAMETERS OF DRIVE MECHANISMS OF INDUSTRIAL ROBOTS	133
M. Ramazashvili, K. Ramazashvili. PERSONNEL MANAGEMENT IN ELECTRON MEDIA	141
M.Kharashvili. NUMERICAL SOLUTION OF FIRST BOUNDARY PROBLEM FOR NAVIES-STOCKS EQUATION	147
A. Lezhava, E. Bichiashvili. WATER – CHARM OF NATURE	160
T. Ambroladze. TRANSVERSE CIRCULATION INTENSITY DISTRIBUTION ON OPEN STREAMS CURVED SECTIONS	165
M. Tevzadze, D. Papava, T. Papava. STEADINESS OF REFERNCE POINTS LOCATED ON THE TERRITORY ADJACENT TO THE DAM	172
D. Doborjginidze, L. Kikvadze. POWER SYSTEM NETWORK RELIABLITY	180
EMINENT SCIENTISTS	187
SUMMARIES	189

შაბ 62-05

ქალაქის გეორნეოგის მომსახურების სცენრი

ა. ფრანგიშვილი, ზ. გასიტაშვილი, მ. ხართიშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას 77, თბილისი, საქართველო)
კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი. უაკ 6813.

ელ-ფოსტა: zur-gas@gtu.ge; maka_xarti@yahoo.ge

რეზიუმე: შემოთავაზებულია მუნიციპალური წარმონაქმნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ინდიკატორული სისტემა, შემოტანილია ცალკეულ ინდიკატორთა შეფასება მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური მდგრძალების დასახასიათ-უბლად. მოცემულია მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური მდგრძალების შეფასების საინფორმაციო ბაზის სტრუქტურა, რომელიც სარაიონო მონაცემებს ეყრდნობა. აგებულია კლიენტ-სერვისული ინფორმაციულ მონაცემთა ბაზების სისტემა.

საკვანძო სიტყვები: მუნიციპალური წარმონაქმნი; ინდიკატორული სისტემა; სოციალურ-ეკონომიკური მდგრძალება; საინფორმაციო ბაზები; კლიენტ-სერვისული სისტემა.

1. შესაბამის

ტერიტორიების მართვაში, ქალაქის ან მისი რეგიონის განვითარების სტრატეგიული გეგმის შემუშავება მნიშვნელოვანი ამოცანაა. მუნიციპალური მართვის ძირითადი ამოცანა მოსახლეობის მოთხოვნილების დაქმაყოფილება და მათი ცხოვრების დონის ამაღლებაა. ტერიტორიის განვითარების სტრატეგიული გეგმის შემუშავებისას გამოყენებულ უნდა იქნეს სისტემური მიდგომა, რომლის დროსაც პრობლემა განიხილება სხვა პრობლემებთან ურთიერთობაში – ცალკეული ქვესისტემის მიზნის გათვალისწინებით.

2. ძირითადი ნაწილი

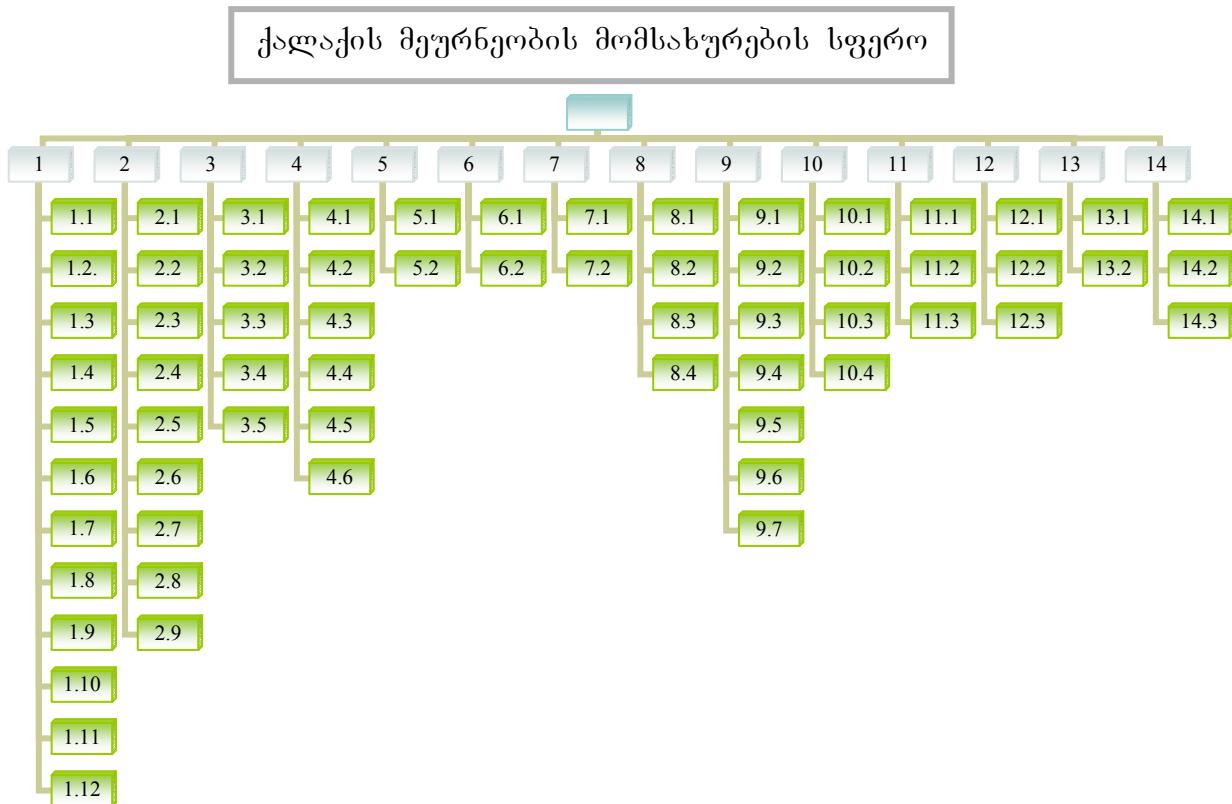
ქალაქის ეკონომიკის მიმართ სისტემური ანალიზის შესწავლისას საჭიროა ვიხელმძღვანელოთ შემდეგი პრინციპებით: განვიხილოთ პრობლემები ურთიერთ-

კავშირში, გავითვალისწინოთ მათი გადაჭრის მიზნობრივი ორიენტაცია, პრობლემების გადაჭრისას ალტერნატიული გზების ძიება და სხვ. სისტემური ანალიზის შედეგები თრიენტირებულ უნდა იქნეს როგორც საკანონმდებლო, ისე მერიის მართვის თრგანიზაციულ მოწყობასა და ქალაქის რაიონების მოწყობის მიმართულებით, რაც ზოგადად, სისტემის ეფექტურობის მაჩვენებლების ამაღლებისაკენაა მიმართული.

კომპლექსური მოდელის შემუშავებისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ინდიკატორების სისტემა, რომელთა საშუალებით შეიძლება შეფასდეს საბინაო-კომუნალური სფეროს, ეკონომიკური, სოციალური და სხვა სფეროების მაჩვენებლები. ამდენად, უნდა დამუშავდეს: მუნიციპალური წარმონაქმნის მდგომარეობის ანალიზის ინდიკატორულ მახასიათებელი სისტემა, რომელიც ინდიკატორულ მახასიათებელთა დაჯგუფებასა და შეფასების მეთოდოლოგიას მოიცავს, აგრეთვე ინდიკატორულ მახასიათებელთა შეფასების ინფორმაციული გარემო, რომელიც მუნიციპალური წარმონაქმნის რეგიონალურ ინფორმაციულ ბაზებსა და ერთიან ინტეგრირებულ კლიენტ-სერვისულ კორპორაციულ ქსელურ ტექნოლოგიებს ეფუძნება. ამდენად, კომპლექსური მოდელის დამუშავების ციკლში განაწილებულ ინფორმაციულ რესურსების ბაზაზე მონიტორინგის და მუნიციპალიტეტის მდგომარეობის ინდიკატორული შეფასების ინტეგრირებული სისტემის დამუშავება აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

სისტემა გულისხმობს, როგორც ინდიკატორული მაჩვენებლების სემანტიკური დამოკიდებულების სქემის დამუშავებას, ისე განაწილებული მონაცემთა ბაზების შექმნის საფუძველზე ინტეგრირებული, კლიენტ-სერვისული ტიპის კორპორაციული მუნიციპალური კომპიუტერული ქსელის დამუშავებას, რომელიც მონაცემთა პერიოდულ რეგისტრაციასთან ერთად ავტომატიზებულ დამუშავების ციკლში შეაფასებს მახასიათებელ მაჩვენებელთა ინდიკატორულ ველს.

ნახაზზე წარმოდგენილია მომსახურების სფეროს ინდიკატორულ მახასიათებელი ველი, სადაც სტრუქტურული ფორმით მოცემული რიცხობრივი სიმბოლიკა განმარტებულია მოყვანილ ტექსტში.



მომსახურების სფეროს ინდიკატორულ მახასიათებელი გელი

3. საცხოვრებელი და მისი ხელმისაწვდომობა

- 3.1 საცხოვრებლით უზრუნველყოფა – ცხოვრების დონე, იგი ასევე წარმოადგენს საცხოვრებელზე ირიბ – პოტენციალურ მოთხოვნილებას. გამოთვლა ხორციელდება ერთ სულ მოსახლეზე მუნიციპალურ წარმონაქმნში საბინაო ფონდის საერთო ფართობის მოსული ნაწილით. საზომი ერთეულია კვ.მ ადამიანზე.
- 3.2 ახალი საცხოვრებელი ბინა – მუნიციპალურ წარმონაქმნში საბინაო მშენებლობა. ის წარმოადგენს ეკონომიკური განვითარების შედეგად მუნიციპალურ წარმონაქმნში ბინათმშენებლობის ბაზრის აქტივაციას. გამოთვლა ხორციელდება განსაზღვრულ პერიოდში 1000 კაც მოსახლეზე საბინაო

ფონდში ექსპლუატაციაში მიღებული ფართობით. საზომი ერთეულია კვ.მ მოსახლეობის 1000 კაცზე მოსული.

- 3.3 ინდივიდუალური მფლობელების წილი – მოსახლეობის აქტივობა საბინაო პრობლემების საკუთარი ძალებით გადასაწყვეტილ. გამოთვლა ხორციელდება ბინათსამშენებლო კომპლექსის [1] და მოსახლეობის კერძო ანგარიშით ან კრედიტების მეშვეობით აშენებული და ექსპლუატაციაში შესული საცხოვრებელი სახლების მოცულობის შეფარდებით ექსპლუატაციაში შესული საცხოვრებელი ბინების საერთო მოცულობასთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 3.4 მოელ საბინაო ფონდში ძველი საბინაო ფონდის წილი – ბინის შესაძენად ბაზარზე მუნიციპალური ფონდის მდგომარეობა, კაპიტალურ რემონტზე ჩასატარებელი აუცილებელი სამუშაოების მოცულობა. გამოთვლა ხორციელდება ძველი საბინაო ფონდის ფართობების საბინაო ფონდში არსებული საერთო ფართობთან პროცენტული თანაფარდობით.
- 3.5 მოსახლეობისათვის საცხოვრებელი ფართობის ხელმისაწვდომობა – მოსახლეობის პოტენციური შესაძლებლობა, საშუალო ოჯახების შემოსავლების გათვალისწინებით. გამოთვლა ხორციელდება სტანდარტული ბინის ფასის შეფარდებით საშუალოდ ოჯახის წლიურ შემოსავალთან [2]. ოჯახის საშუალო შემოსავლის გამოთვლისას ითვალისწინებენ წელიწადში ერთ სულ მოსახლეზე საშუალო თვიურ შემოსავლებს. სტანდარტულ ბინად მიღებულია სოციალური ნორმა (8კვ.მ ადამიანზე). საზომი ერთეულია რიცხვი.
- 3.6 ბინის ყიდვის ხელმისაწვდომობა – მოსახლეობის გადახდისუნარიანობა, ასევე საშუალო ღირებულების საცხოვრებელი ფართობის რამდენი კვ.მ შეუძლია შეიძინოს საშუალო სტატისტიკურმა მომხმარებელმა წლიური შემოსავლებით. გამოთვლა ხორციელდება ერთი ადამიანის საშუალო წლიური შემოსავლების და საცხოვრებელი ფართობის 1 კვ მეტრ საშუალო ღირებულებას შორის თანაფარდობით. საზომი ერთეულია კვ.მ წელიწადში.
- 3.7 ბინების ფასებს შორის სხვაობა პირველად და მეორეულ ბაზრებზე – ფარდობითი სხვაობა ფასებს შორის, ანუ რამდენად ხელმისაწვდომია ბინის შეძენა მეორეულ ბაზარზე პირველადთან შედარებით. გამოთვლა ხორციელდება[(ფ. პირვ. – ფ. მეორეულ)/ ფ. პირვ] *100%, სადაც ფ. პირვ. – 1 კვ.მ საცხოვრებელი ფართობის ღირებულება პირველად ბაზარზე, ხოლო ფ. მეორადი ღირებულებაა მეორეულ ბაზარზე.

- 3.8 მიმდინარე გადახდისუნარიანი მოთხოვნილება საცხოვრებელ ფართობზე – საცხოვრებელ ფართობზე მოცემული მომენტისათვის მოსახლეობის რეალური გადახდის უნარიანი მოთხოვნილება. მოქალაქეთა დანაზოგით შეძენილი საცხოვრებელი ფართობის მოცულობა, ასევე სხვა წყაროებით მიღებული სახსრებით ბანკის კრედიტებით, სესხებით, საცხოვრებელზე სუბ-სიდიებით და ა.შ. გამოთვლა ხორციელდება 1000 კაც მოსახლეზე საკუთარი სახსრებით და სესხებით მოქალაქეთა მიერ შეძენილი საცხოვრებელი ფართობის რაოდენობა. საზომი ერთეულია 1000 კაცზე /კვ.მ
- 3.9 ბანკების წილი, რომლებიც დაკავებულია იპოთეკური კრედიტების გაცემით – საბანკო ინფრასტრუქტურის განვითარებასთან ერთად იპოთეკური კრედიტების გაცემის განვითარების ხარისხის შედარება. ეს მოწმობს საბანკო იპოთეკური კრედიტების ხარისხის გაფრცელებას მოცემული ქალაქის საბანკო საზოგადოებაში. გამოთვლა ხორციელდება იპოთეკური კრედიტების შემთავაზებელი ბანკების რაოდენობის ფარდობით ქალაქში მომუშავე ბანკების საერთო რაოდენობასთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 3.10 მიმდინარე მოთხოვნილება საბინაო იპოთეკური კრედიტებზე (სესხებზე) – გახლავთ საცხოვრებლის შეძენისათვის ბანკების იპოთეკურ კრედიტებზე მოქალაქეთა რეალური მოთხოვნილება, ი საკრედიტო საშუალებების მოცულობა, რომლებიც შემოთავაზებულია მოსახლეობისათვის საცხოვრებელი ბინის შესაძენად გამოსაკვლევ პერიოდში. გამოთვლა ხორციელდება იპოთეკური კრედიტების რაოდენობით, რომლებიც შემოთავაზებულია მოსახლეობისათვის საცხოვრებელი ბინის შესაძენად გამოსაკვლევ პერიოდში, რომელიც იზომება 1000 კაც მოსახლეზე იპოთეკური კრედიტების რაოდენობით.
- 3.11 1000 მოსახლეზე საბინაო იპოთეკური კრედიტების მოცულობა – განსაზღვრული მომენტისათვის იპოთეკური კრედიტების გაცემული და ჯერ არდაფარული ჯამური გალი. გამოთვლა ხორციელდება ბანკების მიერ საბინაო-იპოთეკურ კრედიტებზე გაცემული თანხიდან დარჩენილი საერთო გალით 1000 კაც მოსახლეზე. საზომი ერთეული ლარი.
- 3.12 საცხოვრებელი ბინების ბრუნვის კოეფიციენტი – საბინაო ფონდის ბრუნვა, ბინების წილი, სახლების წილი, რომლის მიხედვითაც ხდება გარიგებები და ისინი დაკავშირებულია ბინებზე საკუთრების გამოცვლაზე. გამოთვლა ხორციელდება 1000 კაც მოსახლეზე საცხოვრებელ უძრავ ქონებაზე

ჩატარებული გარიგების ყიდვა-გაყიდვის საერთო რაოდენობით, რომელიც იზომება მოსახლეობის 1000 კაცზე გარიგებების რაოდენობით.

4. საბინაო-კომუნალური მმურნეობა

- 4.1. საბინაო-კომუნალურ მეურნეობაზე დადგენილი გადასახადების დონე – აჩვენებს ადგილობრივი ოვითმმართველობის ორგანოების მიერ საბინაო-კომუნალურ მომსახურებაზე დადგენილ დაფინანსებაში მოსახლეობის მონაწილეობის დონეს. იგი ადგილობრივი ნორმატიული აქტებით განისაზღვრება მოსახლეობისათვის 1 კვ.მ საბინაო-კომუნალურ მომსახურებაზე დადგენილი ფასის შეფარდებით 1 კვ.მ საერთო საბინაო ფართობის საბინაო-კომუნალურ მომსახურების ნორმატიულ დირექულებასთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 4.2. მოსახლეობის მიერ საბინაო-კომუნალური მომსახურების გადახდის ფაქტიური დონე აჩვენებს მოსახლეობის გადასახადების მიხედვით საბინაო-კომუნალური მომსახურების დაფიანასების ფაქტობრივ დონეს. იგი არის საბინაო-კომუნალური გადასახადების ფაქტიური მოცულობა (1 კვ.მ ბინის საერთო ფართობის მიხედვით).
- 4.3. ბიუჯეტიდან საბინაო-კომუნალური მომსახურების ფაქტიური დონე - აჩვენებს საბინაო-კომუნალური მომსახურების ბიუჯეტიდან დაფიანასების ფაქტიურ წილს. იგი არის ბიუჯეტიდან საბინაო-კომუნალური მომსახურების დაფიანასების ფაქტიური მოცულობის შეფარდება საბინაო-კომუნალური მომსახურების ნორმატიულ ფასთან (ბინის საერთო ფართობის 1კვ.მ გაანგარიშებით), რომელიც გამოისახება პროცენტებით.
- 4.4. საბინაო-კომუნალური მომსახურების დირექულება აჩვენებს საბინაო-კომუნალური მომსახურების დირექულებას მუნიციპალურ წარმონაქმნში. იგი არის მუნიციპალურ წარმონაქმნი საბინაო-კომუნალური მომსახურების ერთიანი დირექულება, რომელიც გამოთვლილია მოქმედი ტარიფებით და ნორმატიული მოხმარებით ლარებით ერთ თვეში საცხოვრებელი საერთო ფართობის 1კვ.მ გაანგარიშებით. საზომი ერთეულია თვეში ლარი კვ.მ.
- 4.5. საბინაო-კომუნალურ მომსახურებაში, მოქალაქეთა საკუთარი ხარჯების მაქსიმალური წილი ოჯახის საერთო შემოსავლიდან – ბინასა და კომუნალურ მომსახურებაზე გაწეული ხარჯების მაქსიმალური დასაშვები წილი ოჯახის შემოსავლებში. გამოთვლა ხორციელდება რეგიონალურ/ადგი-ლობრივ დონეზე,

გამომდინარე საცხოვრებელი ფართობის სოციალური ნორმებიდან და კომუნალური მომსახურების ნორმატიული მოხმარებიდან, რომელიც გამოისახება პროცენტებით.

- 4.6. ოჯახების წილი, რომლებიც საბინაო სუბსიდიებს იღებენ – მუნიციპალურ წარმონაქმნში ოჯახების წილი, რომლებიც საბინაო სუბსიდიებს იღებენ. გამოთვლა ხორციელდება იმ ოჯახების რაოდენობის შეფარდებით, რომლებიც საბინაო სუბსიდიებს იღებენ, ქალაქის მცხოვრებ ოჯახების საერთო რაოდენობასთან, რომელიც გამოისახება პროცენტებით.
- 4.7 საბინაო მესაკუთრეთა ამხანაგობის წილი – საბინაო სფეროში თვითმმართველობის პროცესების განვითარება. გამოთვლა ხორციელდება საბინაო ფონდის საერთო ფართობის თანაფართობით, რომელშიც დარეგისტრირებულია საბინაო მესაკუთრეთა ამხანაგობები, მუნიციპალური წარმონაქმნის მრავალბინიანი (ოთხ და მეტ ბინიანი) საცხოვრებელი ფონდის საერთო ფართობთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 4.8. მუნიციპალური საბინაო ფონდის წილი, რომლის მომსახურება კონკურსის საფუძველზე ხდება აჩვენებს კონკურენტუნარიანი გარემოს განვითარებას და საბინაო მომსახურების [3] სფეროში სახსრების ეფექტურ განკარგვას. იგი არის მუნიციპალური საბინაო ფონდის საერთო ფართობის შეფარდება, ქალაქში მუნიციპალური საბინაო ფონდის საერთო ფართობთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 4.9. მუნიციპალური საბინაო ფონდის საერთო ფართობი, რომელიც საკონკურსო საფუძველზე იმართება (100 000 ადამიანზე მეტი მოსახლეობის ქალაქებისათვის) – კონკურენტუნარიანი გარემოს განვითარება და საბინაო მომსახურების სფეროს სახსრების განკარგვა. გამოთვლა ხორციელდება მუნიციპალური საბინაო ფონდის საერთო ფართობის შეფარდებით, რომელიც საკონკურსო საფუძველზე იმართება, ქალაქში მუნიციპალური საბინაო ფონდის საერთო ფართობთან.

5. პომუნალური მომსახურება

- 5.1. საყოფაცხოვრებო მომსახურება – ცენტრალური გათბობის საბინაო ფონდის უზრუნველყოფის დონე. ირიბად ახასიათებს მოსახლეობის უზრუნველყოფას კომუნალური მომსახურებით და ინფრასტრუქტურის განვითარების დონეს.

გამოთვლა ხორციელდება საბინაო ფონდის ფართობის შეფარდებით, რომელიც თბომომარაგებით არის უზრუნველყოფილი, ქალაქის საბინაო ფონდის საერთო ფართობთან.

- 5.2. საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგება აჩვენებს საბინაო ფონდის გამართვას (მოწყობას) წყალგაყვანილობით. ირიბად ახასიათებს მოსახლეობის უზრუნველყოფას კომუნალური მომსახურებით და ინფრასტრუქტურის განვითარების დონეს. იგი არის წყალგაყვანილობით მოწყობილი საბინაო ფონდის ფართობის შეფარდება ქალაქის საბინაო ფონდის საერთო ფართობთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 5.3. საყოფაცხოვრებო კანალიზაცია – საბინაო ფონდის მოწყობა კანალიზაციის სისტემით. ირიბად ახასიათებს მოსახლეობის უზრუნველყოფას კომუნალური მომსახურებით და ინფრასტრუქტურის განვითარების დონეს.
გამოთვლა ხორციელდება კანალიზაციის სისტემით მოწყობილი საბინაო ფონდის ფართობის შეფარდებით ქალაქის საბინაო ფონდის საერთო ფართობთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 5.4. ცხელი წყალმომარაგება აჩვენებს საბინაო ფონდის მოწყობას ცხელი წყალმომარაგებით. ირიბად ახასიათებს მოსახლეობის უზრუნველყოფას კომუნალური მომსახურებით და ინფრასტრუქტურის განვითარების დონეს. იგი არის ცხელი წყალმომარაგებით მოწყობილი საბინაო ფონდის ფართობის შეფარდება ქალაქის საბინაო ფონდის საერთო ფართობთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 5.5. საბინაო ფონდის კეთილმოწყობა აჩვენებს საბინაო ფონდის კეთილმოწყობის დონეს (ცენტრალური გათბობის, წყალგაყვანილობის, ცხელი წყლით მომარაგების, კანალიზაციის, გაზმომარაგების არსებობა) საცხოვრებლის ხარისხს. ირიბად ახასიათებს მოსახლეობის უზრუნველყოფას კომუნალური მომსახურებით და ინფრასტრუქტურის განვითარების დონეს. იგი არის კეთილმოწყობილი საბინაო ფონდის ფართობის (სადაც ერთდროულად არის ცენტრალური გათბობა, წყალმომარაგება, ცხელი წყალმომარაგება, კანალიზაცია, გაზი) შეფარდება ქალაქის საბინაო ფონდის საერთო ფართობთან და პროცენტებით გამოისახება.

6. სატრანსპორტო მომსახურება

- 6.1. მუნიციპალური წარმონაქმნის სამგზავრო სატრანსპორტო კომპლექსი სამარშრუტო ქსელის სიმჭიდროვე – სამგზავრო სატრანსპორტო კომპლექსის და მუნიციპალური სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება. გამოთვლა ხორციელდება იმ სამგზავრო ტრანსპორტის მარშრუტების საერთო სიგრძის შეფარდებით, რომლებსაც ემსახურება [4] საკუთრების ყველა ფორმის სამგზავრო გადამზიდავები, მუნიციპალურ წარმონაქმნში მყარ-საფარიანი საგზაო ქსელის საერთო სიგრძესთან. გამოითვლება ყველა ტიპის მიწისზედა სამგზავრო ტრანსპორტის მარშრუტებით, რომელსაც ემსახურება საკუთრების ყველა ფორმის სამგზავრო გადამზიდავი. საზომი ერთეულია მყარსაფარიანი საგზაო ქსელის 1 კვ.კმ-ზე სამარშრუტო ქსელის კილო-მეტრაჟი.
- 6.2. შიდასაქალაქო სამგზავრო გადაზიდვების საერთო მოცულობაში შედაგათიანი კატეგორიის მგზავრების ფარდობითი წონა, რომელიც ხორციელდება საერთო სარგებლობის სამგზავრო ავტოსატრანსპორტო საწარმოებით – ფარდობითი წონა მგზავრებისა, რომლებიც არ იხდიან კანონიერ საფუძველზე მგზავრობის საფასურს. გამოთვლა ხორციელდება მგზავრთა გადაზიდვის მოცულობის შეფარდებით, რომლებსაც მიწისზედა სამგზავრო ტრანსპორტში უფასოდ მგზავრობის უფლება აქვთ, მგზავრების საერთო მოცულობასთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 6.3. შიდასაქალაქო სამგზავრო მარშრუტებზე, საერთო სარგებლობის სამგზავრო ტრანსპორტზე ერთი მგზავრობის ტარიფი – სამგზავრო ტრანსპორტზე ერთი მგზავრობის ტარიფი. საზომი ერთეულია ლარი.
- 6.4. შიდასაქალაქო საავტობუსო გადაზიდვებზე საექსპლუატაციოდ გაწეული ხარჯების ფარდობითი წონა, რომლებიც მგზავრობის ღირებულებით იფარება – აჩვენებს ბილეთების გაყიდვის ხარჯზე სამგზავრო ავტოტრანსპორტის საწარმოების მუშაობის ანაზღაურების დონეს. იგი არის შეფარდება ბილეთების რეალიზაციის შედეგად მიღებული თანხისა, შიდასაქალაქო სამგზავრო გადაზიდვებზე საექსპლუატაციოდ გაწეულ ხარჯებთან. ითვლება მხოლოდ საზოგადოებრივი სარგებლობის სამგზავრო ტრანსპორტის საწარმოებისათვის, რომლებიც გადაზიდვებს ავტობუსებით აწარმოებენ.

- 6.5. შიდასაქალაქო ავტობუსების მარშრუტებზე ერთი მგზავრის გადაზიდვის თვითდირებულება აჩვენებს ერთი მგზავრის გადაზიდვის თვით-დირებულებას. იგი არის შეფარდება შიდასაქალაქო მარშრუტებზე საავ-ტომობილო ტრანსპორტით გადაზიდვაზე დახარჯული თანხებისა, საავტო-მობილო ტრანსპორტით სამარშრუტო სამგზავრო გადაზიდვების სრულ მოცულობასთან. ითვლება მხოლოდ საზოგადოებრივი გამოყენების სამგზავრო ტრანსპორტის საწარმოების მიხედვით. საზომი ერთეული – ლარი.
- 6.6. სამგზავრო ავტოსატრანსპორტო წარმოებების ჯამურ შემოსავლებში ყველა დონის ბიუჯეტიდან აღებული დოტაციების წილი – სამგზავრო ავტოსატრანსპორტო წარმოებების დამოკიდებულება დოტაციების დონესთან. გამოთვლა ხორციელდება ყველა დონის ბიუჯეტიდან მიღებული დოტაციის თანხის პროცენტული თანაფარდობით სამგზავრო ავტოსატრანსპორტო წარმოებების ჯამურ შემოსავლებთან. ითვლება მხოლოდ საზოგადოებრივი გამოყენების სამგზავრო ტრანსპორტის საწარმოების მიხედვით, რომლებიც გადაზიდვებს ავტობუსებით აწარმოებენ და გამოისახება პროცენტებით.

7. საინფორმაციო და კავშირგაბმულობის მომსახურება

- 7.1. მოსახლეობის 1000 კაცზე რეგისტრირებული სახლის ტელეფონების რაოდენობა – მოსახლეობის კავშირგაბმულობით უზრუნველყოფის დონე, ასევე მუნიციპალურ წარმონაქმნში კავშირგაბმულობის ინფრასტრუქტურის განვითარების დონე. გამოთვლა ხორციელდება 1000 მოსახლეზე რეგისტრირებული სახლის სატელეფონო ნომრების რაოდენობით. საზომი ერთეულია ტელეფონების რაოდენობა.
- 7.2. მოსახლეობის 1000 კაცზე “ინტერნეტ”-ქსელის მომხმარებელთა რაოდენობა – მოსახლეობის საინფორმაციო უზრუნველყოფის დონე. გამოთვლა ხორციელდება მოსახლეობის 1000 კაცზე “ინტერნეტ”-ქსელის მომხმარებელთა რაოდენობით, რომლებიც ადგილობრივ პროვინციულ რეგისტრირებული საზომი ერთეულია მომხმარებელთა რიცხვი.

8. საყოფაცხოვრებო მომსახურების და საზოგადოებრივი კვების სამსახურები

- 8.1. 1 სულ მოსახლეზე საყოფაცხოვრებო მომსახურების მოცულობა – მუნიციპალურ წარმონაქმნში საყოფაცხოვრებო მომსახურების სისტემის განვითარების დონე. გამოთვლა ხორციელდება საყოფაცხოვრებო მომსახურების მოცულობის შეფარდებით მოსახლეობის საერთო რაოდენობასთან. საზომი ერთეულია ლარი.
- 8.2. 1 000 კაცზე საზოგადოებრივი კვების ობიექტების რაოდენობა აჩვენებს მუნიციპალურ წარმონაქმნში საზკვების ობიექტებით მოსახლეობის უზრუნველყოფას. იგი არის 1 000 კაცზე საზოგადოებრივი კვების ობიექტების რაოდენობა. საზომი ერთეულია ობიექტების რაოდენობა.

9. კულტურულ-საბანმანათლებლო მომსახურება

- 9.1. 1 000 კაცზე მომსახურე კულტურულ-საგანმანათლებლო ობიექტების რაოდენობა აჩვენებს კულტურულ-საგანმანათლებლო ობიექტებით მუნიციპალურ წარმონაქმნში მაცხოვრებლების უზრუნველყოფას. იგი არის 1 000 კაცზე გაანგარიშებით კულტურულ-საგანმანათლებლო ობიექტების რაოდენობა. საზომი ერთეულია ობიექტების რაოდენობა.
- 9.2. მოსწავლეების წილი, რომლებიც მეცადინეობენ მუსიკალურ და ხელოვნების სკოლებში, სპორტულ სექციებში, 18 წლამდე ბავშვების საერთო რიცხვიდან აჩვენებს სწავლიდან თავისუფალ დროს ბავშვების დატვირთვას. იგი არის პროცენტული თანაფარდობა ბავშვებისა, რომლებიც მეცადინეობენ მუსიკალურ და ხელოვნების სკოლებში, სპორტულ სექციებში, 18 წლამდე ასაკის ბავშვების საერთო რიცხვთან და გამოისახება პროცენტებით.

10. სოციალური დაცვა

- 10.1. 1 სულ მოსახლეზე ბიუჯეტიდან უზრუნველყოფა “სოციალური პოლიტიკის” თავის მიხედვით – ბიუჯეტური სახსრების მოცულობა, რომლებიც განკუთვნილია მოსახლეობის ცხოვრების დონის მაღალი სტანდარტების

მისაღებად [5]. გამოთვლა ხორციელდება საქალაქო ბიუჯეტის ხარჯვის შეფარდებით მოსახლეობის საერთო რაოდენობასთან “სოციალური პოლიტიკის” თავის მიხედვით. საზომი ერთეულია ლარი

- 10.2. მოსახლეობის საერთო რაოდენობაში მცირეშემოსავლის მქონე მოქალაქეთა წილი, რომლებიც რეგისტრირებულნი არიან მოსახლეობის სოციალური დაცვის ორგანოებში აჩვენებს სოციალურ პროგრამებში მცირე შემოსავლის მქონე მოსახლეობის ჩართვის ხარისხს. იგი არის პროცენტული ფარდობა მცირეშემოსავლის მქონე ყველა მოქალაქის რაოდენობის, რომლებიც რეგისტრირებულნი არიან მოსახლეობის სოციალური დაცვის ორგანოებში, მოსახლეობის საერთო რაოდენობასთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 10.3. სოციალური დახმარების ჯერადობის კოეფიციენტი აჩვენებს საშუალოდ ერთი ადამიანი რამდენჯერ იღებს დახმარებას. იგი არის ადამიანების (რომლებიც იღებენ წლის მანძილზე სოციალურ დახმარებას) საერთო რაოდენობის ფარდობა, იმ მოქალაქეთა რაოდენობასთან, რომლებიც დარეგისტრირებული არიან სოცდაცვის ორგანოებში და მათი შემოსავალი ერთ სულზე ნაკლებია საარსებო მინიმუმზე. საზომი ერთეული – ჯერადობა.
- 10.4. ერთ ადამიანზე სოციალური დახმარების თანხების გაცემა აჩვენებს სოცდახმარების თანხების მოცულობას. იგი გახლავთ – თანაფარდობა ყველა სოციალური დახმარების, სოციალური დახმარების მიმღები მოქალაქეების საერთო რაოდენობასთან. საზომი ერთეული – ლარი.

11. ჯანდაცვა

- 11.1. მოსახლეობის უზრუნველყოფა ადგილებით საავადმყოფოებში სტაციონარული მკურნალობისათვის – მოსახლეობის უზრუნველყოფა ადგილებით საავადმყოფოებში სტაციონარული მკურნალობისათვის. გამოთვლა ხორციელდება ყველა ტიპის საავადმყოფოში საწოლების რაოდენობა მოსახლეობის 10 000 კაცზე გაანგარიშებით. საზომი ერთეული – 10 000 კაცზე საწოლების რაოდენობა.
- 11.2. მოსახლეობის უზრუნველყოფა ამბულატორიულ-კლინიკური დაწესებულების მომსახურებით – მოსახლეობის უზრუნველყოფა ამბულატორიულ-კლინიკური დაწესებულებების მომსახურებით. გამოთვლა ხორციელდება ერთ ცვლაში მომსვლელების რაოდენობით ამბულატორიულ-კლინიკურ დაწესებულებებში

- 10 000 კაცზე გაანგარიშებით. საზომი ერთეული – ერთ ცვლაში მომსვლელების რაოდენობა 10 000 კაცზე გაანგარიშებით.
- 11.3. 10 000 კაცზე ექიმების რაოდენობა – მუნიციპალურ წარმონაქმნში (ირიბად) მოსახლეობის უზრუნველყოფა მაღალკვალიფიციური სამედიცინო დახმარებით და ასევე სამედიცინო მომსახურების ხარისხით. გამოთვლა ხორციელდება 10 000 კაცზე ექიმების რაოდენობით. საზომი ერთეული – ადამიანი.
- 11.4. 10 000 კაცზე საშუალო სამედიცინო პერსონალის რაოდენობა – მუნიციპალურ წარმონაქმნში (ირიბად) მოსახლეობის უზრუნველყოფა კვალიფიციური სამედიცინო დახმარებით და ასევე სამედიცინო მომსახურების ხარისხით. გამოთვლა ხორციელდება 10 000 კაცზე საშუალო სამედიცინო პერსონალის რაოდენობით. საზომი ერთეული – ადამიანი.
- 11.5. ბავშვთა სიკვდილიანობა – მუნიციპალურ წარმონაქმნში მოსახლეობის ცხოვრების დონე, სამედიცინო მომსახურების ხარისხი და მოსახლეობის ჯანმრთელობა. გამოთვლა ხორციელდება – 1 000 დაბადებულზე გარდაცვლილ 1 წლამდე ასაკის ბავშვთა რაოდენობით.
- 11.6. 10 000 კაცზე 18 წელზე უფროსი ასაკის მოსახლეობის პირველადი ინგალიფობის დონე – სამედიცინო მომსახურების ხარისხი. გამოთვლა ხორციელდება 18 წელზე უფროსი ასაკის მოსახლეობის რაოდენობით, რომლებმაც მიიღეს პირველადი ინგალიფობა, 18 წელზე უფროსი მოსახლეობის 10 000 კაცზე გათვლით. საზომი ერთეული – 18 წელზე უფროსი ინგალიფები ყოველ 10 000 კაცზე.
- 11.7. 10 000 კაცზე 18 წელზე უმცროსი ასაკის მოსახლეობის საბავშვო ინგალიფობის დონე – მოსახლეობის ცხოვრების დონე, სამედიცინო მომსახურების ხარისხი და მუნიციპალური წარმონაქმნის მოსახლეობის ჯანმრთელობა. გამოთვლა ხორციელდება 18 წელზე ახალგაზრდა მოსახლეობის რაოდენობით, რომლებმაც მიიღეს ინგალიფობა, 18 წელზე ახალგაზრდა მოქალაქეთა რაოდენობა 10 000 კაცზე გაანგარიშებით. საზომი ერთეული - 18 წელზე ახალგაზრდა ინგალიფების რაოდენობა ყოველ 10 000 კაცზე.

12. განათლება

- 12.1. საბავშვო სკოლამდელ დაწესებულებებში ადგილებით სკოლამდელი ასაკის ბავშვების უზრუნველყოფა – ბავშვების უზრუნველყოფა საბავშვო

სკოლამდელი დაწესებულებებით (სსდ), ასევე ქალაქში შესაბამისი ინფრასტრუქტურის განვითარების დონე. გამოთვლა ხორციელდება სსდ-ში ადგილების რაოდენობით 1-დან 6 წლამდე ბავშვებისათვის 100 ბავშვზე გაანგარიშებით. საზომი ერთეული – 100 ბავშვზე ადგილების რაოდენობა.

- 12.2. 1 პედაგოგზე მოსული აღსაზრდელების რიცხვი – აჩვენებს საბავშვო სკოლამდელი დაწესებულებების უზრუნველყოფას პედაგოგიური კადრებით. იგი არის თანაფარდობა სსდ-ში აღსაზრდელების რაოდენობისა აღმზრდელების რაოდენობასთან. საზომი ერთეული – 1 აღმზრდელზე მოსული აღსაზრდელების რაოდენობა.
- 12.3. 1 მასწავლებელზე მოსული მოსწავლეების რაოდენობა აჩვენებს დღის ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლების უზრუნველყოფას პედაგოგიური კადრებით [6]. იგი არის დღის ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებში მოსწავლეთა რაოდენობის შეფარდება სკოლებში პედაგოგების რაოდენობასთან. საზომი ერთეული – 1 მასწავლებელზე მოსული მოსწავლეების რაოდენობა.
- 12.4. მოსწავლეების წილი, რომლებიც მეორე და მესამე ცვლაში სწავლობენ აჩვენებს მოსწავლეების დიდ რაოდენობას, რომლებიც სწავლობენ მეორე და მესამე ცვლაში. მოწმობს, რომ ქალაქში ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლების არასაკმარისი რაოდენობაა, რაც ნეგატიურად მოქმედებს სწავლების ხარისხზე. იგი არის მე-2 და მე-3 ცვლაში მოსწავლეთა რაოდენობის პროცენტული თანაფარდობა ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლებში მოსწავლეების საერთო რაოდენობასთან და გამოისახება პროცენტებში.

13. კეთილმოწყობა

- 13.1. ტერიტორიის კეთილმოწყობა აჩვენებს მუნიციპალური წარმონაქმნის ტერიტორიის კეთილმოწყობის ხარისხს. იგი არის კეთილმოწყობილი ტერიტორიების პროცენტული თანაფარდობა მუნიციპალური წარმონაქმნის საერთო ფართობთან და გამოისახება პროცენტებით.
- 13.2. ტერიტორიების გამწვანება აჩვენებს ქალაქის გამწვანების ხარისხს. იგი არის მწვანე ნარგავების ფართობის პროცენტული თანაფარდობა ქალაქის მოელფართობთან და გამოისახება პროცენტებით.

13.3. გზების განათება აჩვენებს მუნიციპალურ წარმონაქმნში გზების განათების ხარისხს. იგი გახდავთ განათებული გზების სიგრძის პროცენტული თანაფარდობა გზის საერთო სიგრძესთან და გამოისახება პროცენტებით.

14. მესრიბის დაცვა

- 14.1. საზოგადოებრივი წესრიგის დაცვის ორგანოებში მომუშავეთა რაოდენობა აჩვენებს მოსახლეობის უზრუნველყოფას საზოგადოებრივი წესრიგის დაცვის ორგანოებში მომუშავეთა რაოდენობით. იგი არის საზოგადოებრივი წესრიგის დაცვის ორგანოებში მომუშავეთა რაოდენობა 1 000 კაცზე გათვლით.
- 14.2. დამნაშავეობის დონე აჩვენებს მუნიციპალურ წარმონაქმნში კრიმინოგენულ დონეს [7]. იგი არის რეგისტრირებული დანაშაულებების რაოდენობა 1 000 კაცზე გათვლით, რომელიც პროცენტებით გამოისახება.
- 14.3. ყველა რეგისტრირებულ დანაშაულში, მძიმე და განსაკუთრებით მძიმე დანაშაულთა წილი აჩვენებს მუნიციპალურ წარმონაქმნში კრიმინოგენული სიტუაციის დონეს. იგი არის პროცენტული თანაფარდობა მძიმე და განსაკუთრებით მძიმე დანაშაულთა რაოდენობის ყველა რეგისტრირებულ დანაშაულთა რაოდენობასთან და გამოისახება პროცენტებში.

15. სარეპრეაციო სფერო

- 15.1. 1 000 კაცზე საპარკე-საბაღე ტერიტორიების ფართობი აჩვენებს მოსახლეობის უზრუნველყოფას საპარკე-საბაღე ტერიტორიებით [8]. იგი არის საპარკე-საბაღე ტერიტორიების ფართობი 1 000 კაცზე გათვლით. საზომი ერთეული – კვ.მ
- 15.2. 10 000 კაცზე სპორტულ-გამაჯანსაღებელი დაწესებულებების რაოდენობა (აუზები, სათხილამურო ბაზები და ა.შ.) აჩვენებს სპორტულ-გამაჯანსაღებელი დაწესებულებებით მოსახლეობის უზრუნველყოფას. იგი არის სპორტულ-გამაჯანსაღებელი დაწესებულებების რაოდენობა 10 000 კაცზე გათვლით. საზომი ერთეული – დაწესებულებების რიცხვი.

16. ვაჭრობა

- 16.1. საცალო ვაჭრობის ბრუნვა ერთეულ მოსახლეზე აჩვენებს მუნიციპალურ წარმონაქმნში საცალო ვაჭრობის განვითარების დონეს. იგი არის საცალო

გაჭრობის პროცენტული ფარდობა მოსახლეობის საერთო რიცხვთან. საზომი ერთეული – ლარი ერთ სულ მოსახლეზე.

- 16.2. 1 000 კაცზე საცალო გაჭრობის ორგანიზაციების (მაღაზიები) რაოდენობა რომელიც აჩვენებს მოსახლეობის უზრუნველყოფას საცალო გაჭრობით. საცალო გაჭრობის ორგანიზაციების (მაღაზია, სავაჭრო დახლი) რაოდენობა. იგი არის 10 000 კაცზე გაანგარიშებით. საზომი ერთეული – ორგანიზაციების რიცხვი.
- 16.3. სასაქონლო შერეული და პროდუქტების ბაზრობებზე სავაჭრო ადგილების რაოდენობა – საბაზრო ინფრასტრუქტურის განვითარება, მოსახლეობის უზრუნველყოფა სხვადასხვა სავაჭრო მომსახურებით ირიბად უჩვენებს მოსახლეობის ცხოვრების დონეს. გამოთვლა ხორციელდება სასაქონლო, შერეული და პროდუქტების ბაზრობაზე სავაჭრო ადგილების საერთო რაოდენობის თანაფარდობით მოსახლეობის საერთო რაოდენობასთან. საზომი ერთეული – ადგილების რაოდენობა.

17. დასპანა

ნაშრომში წარმოდგენილია მომსახურების სფეროს ინდიკატორული მახასიათებელი კელის აღწერა, მათი შეფასების ალგორითმები და ინდიკატორული დინამიკური შეფასების ინფორმაციულ-ტექნიკური გარემო.

ლიტერატურა

1. Индикаторы социально-экономического развития муниципальных образований. М.: Фонд «Институт экономики города», 2001.
2. Индикаторы структурной реформы субъектов Российской Федерации и муниципальных образований. Выпуск 2. – М.: Фонд «Институт экономики города», 1998.
3. Linnemann H. Population Doubling and Food Supply. Free University of Amsterdam, 1974.
4. Kaya J., Sujuki J. Global Constraints and New Vision for Development Japan Work Team of the Club of Rome. C. O. R. Technical Symposium October 24—25, 1973, Tokyo.
5. Tinbergen J. "Renewing the International Order", Club of Rome, October, 1974.

შაბ 62-05

მუნიციპალიტეტის – ქალაქის მრთიანი საინჟინერო კონცეფცია

ა. ფრანგიშვილი, ზ. გასიტაშვილი, მ. ხართიშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ.კოსტავას 77, თბილისი, საქართველო)
კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი. უაკ 6813.

ელ-ფოსტა: zur-gas@gtu.ge ; maka_xarti@yahoo.ge

რეზიუმე: შემოთავაზებულია მუნიციპალიტეტის ერთიანი საინჟინერო კონცეფციის მიზნების მიღების პრინციპები, განხილულია კონცეფციის მიზნები, ინფორმაციული სისტემის შექმნის პრინციპები, ინფორმაციული სისტემის სტრუქტურა და ტექნიკური სახე.

საკვანძო სიტყვები: მუნიციპალური; კონცეფცია; ინფორმაციული სისტემა; ორგანიზაციის პრინციპები.

1. შესავალი

ქალაქი, როგორც მეგაპოლისი და მართვის ობიექტი, უმართავია ცალკეული ტერიტორიების და დარგების მიხედვით, მოითხოვს კომპლექსურ მიღებობას. დეცენტრალიზაციის პირობებში ქალაქის მართვა და საბაზო ეკონომიკაზე გადასვლა მკვეთრად ართულებს ქალაქის ტერიტორიების სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების მართვას და ზრდის ინფორმაციის მნიშვნელობას [1].

მუნიციპალური ინფორმაციული სისტემების (მის) ძირითადი დანიშნულებაა რეგიონის მართვის ორგანოების ინფორმაციული მხარდაჭერა, ხელმძღვანელობის ინფორმაციული ბაზის ფორმირება გადაწყვეტილებების სხვადასხვა ვარიანტების შეფასების შესამუშავებლად.

2. ძირითადი ნაწილი

გადაწყვეტილებების მიღებისათვის საჭიროა ყოველმხრივ ზუსტი ინფორმაცია. ქალაქის მართვის ორგანოებში კომპიუტერის ბეგრი მომხმარებელი, აქვს რა სრული ინფორმაცია თავისი საქმიანობის ვიწრო სფეროში, განიცდის “სხვისი” მონაცემების მწვავე დაფიციტს. ამიტომ, რიგ თრგანიზაციებში შემუშავებული

ინფორმაციული სისტემები იზრდება და ცდილობს მოიცვას მთელი ქალაქი. ამასთან, სარგებლობები შემთხვევითი და დაუზუსტებელი ინფორმაციული წყაროებით. ავტომატიზებული ინტეგრირებული მუნიციპალური ინფორმაციული სისტემების შექმნა აუცილებელია [2], რადგან საჭიროა: ჩამოყალიბდეს ქალაქის საერთო ინფორმაციული ინფრასტრუქტურა და მოწესრიგდეს ინფორმაციის წყაროების ძირითადი სახეები მათი იურიდიული სტატუსის განსასაზღვრად; საერთო საქალაქო ტელესაკომუნიკაციო გარემოს შექმნა ინფორმაციის გაცვლისათვის, გლობალურ ინფორმაციულ ქსელში ჩართვა რაიონული და საერთაშორისო მნიშვნელობის ინფორმაციის გაცვლის მიზნით [3]. ამიტომ, დღეს მთავარი ამოცანაა შეიქმნას ერთიანი სისტემური მის-პროექტი, მოხდეს მის ფარგლებში ლოკალური ინფორმაციული სისტემების ინტეგრაცია, რომელსაც საფუძვლად დაედება საერთო ინფორმაციულ-ლოგიკური, პროგრამულ-ტექნიკური, ტელესაკომუნიკაციო გარემოს ფორმირება, ინფორმაციის გაცვლა და დამუშავება. ამასთან, აუცილებელია შემდეგი მიზნების მიღწევა:

1. დამოუკიდებელი ტერიტორიული და ადმინისტრაციულ-სამეურნეო კომპლექსის საერთო ინფორმაციული ინფრასტრუქტურის ფორმირება ქალაქის ინფორმაციული მომსახურების ბაზრის ჩარჩოებში. ქალაქში უნდა არსებობდეს ქსელები, სადაც მოხდება: შეძენა, რემონტი, არენდა და ტექმომსახურება, საინფორმაციო ტექნოლოგიების დამუშავება და დანერგვა, ინფორმაციის შეგროვების და ანალიზის ორგანიზება, ინფორმაციული გაცვლის არხების მიცემა შესაბამისი გადასახადის ანგარიშით ავტომატიზებული მომსახურებისათვის;
2. ინფორმაციულ-ლოკალური საფუძვლების უზრუნველყოფა ტერიტორიულ, ადმინისტრაციულ-სამეურნეო კომპლექსის მართვის ფუნქციის რეალიზაციისათვის;
3. ინფორმაციის ძირითადი სახის წყაროების მოწესრიგება მათი იურიდიული უფლებების განსაზღვრით, მონაცემთა წარდგინება მათი ფუნქციური კუთვნილებით;
4. უფლება-მოვალეობების ნორმატიული დაფიქსირება სხვადასხვა კატეგორიის მომხმარებლისათვის;
5. მარეგლამენტირებელი დოკუმენტების შემუშავება, ქალაქის ინფორმაციული რესურსების წარმოებისათვის;
6. საორგანიზაციო-სამეურნეო ადმინისტრატორის სტრუქტურის ფორმირება, ინფორმაციული სისტემის დანერგვისა და უზრუნველყოფისათვის, ექსპლუატაციისა და განვითარებისათვის;

7. კომერციული მხარდაჭერის მიზნით, საბაზო ინვესტიციური სქემის შემუშავება ტერიტორიული ინფორმაციული სისტემის დასახერგად. იმ ინვესტორების მოზიდვა, რომლებიც მზად არიან კაპიტალის ჩასაღებად ინფორმაციულ-მუნიციპალურ მართვაში. ხარჯების კომპენსაცია მოხდება უძრავი ქონებითა და ინფორმაციულ მომსახურებაზე უფლებებით და ა.შ.
8. საქალაქო მის-ის ფარგლებში, საერთო ტელესაკომუნიკაციო გარემოს შექმნა;
9. მიმდინარე საქმიანობის კომპიუტერიზაცია და რუტინული პროცესების ინფორმაციის დამუშავება ორგანიზაციებსა და ქალაქის მმართველობის ორგანოების სტრუქტურულ განყოფილებებში;
10. ინფორმაციულ რესურსებთან ხელმისაწვდომობის საფუძვლების თანამიმდევრული ფორმირება. ინფორმაციული სისტემა განკუთვნილია, პირველ რიგში, ეფექტური მართვის უზრუნველსაყოფად, ამის საფუძველზე სამეურნეო ამოცანების გადაჭრისათვის მისი ეკონომიკური სოციალური, სამრეწველო და ადმინისტრაციული განვითარებისათვის.

მუნიციპალურ-ინფორმაციული სისტემის ძირითადი დანიშნულებაა ოპერატორის მიაწოდოს მმართველობის ყველა სუბიექტს სწორი ინფორმაცია ინფრასტრუქტურის და ქალაქის სოციალური განვითარების შესახებ. ქალაქის მეურნეობის მართვის სტრუქტურის შემდეგი ფუნქციები არსებობს:

- ტერიტორიის ფონდების პასპორტიზაცია;
- მიწის გამოყენების დიფერენცირებული აღრიცხვა;
- მუნიციპალური საკუთრების მონაცემთა შეყვანა მონაცემთა ბაზაში, მფლობელობის უფლების შესაბამისი გაფორმებით;
- მუნიციპალური ქონების პრივატიზაცია.
- რენვაცია, საცხოვრებელი და არასაცხოვრებელი ფონდების, ტერიტორიების;
- ტერიტორიის ინფრასტრუქტურის რეალური მდგომარეობის გრაფიკული ასახვა;
- ტერიტორიის სოციალური განვითარების კონტროლი და ანალიზი;
- ტერიტორიის ფუნქციური გამოყენებისათვის საჭირო რუკების ფორმირება;
- ტერიტორიის განვითარების დარგობრივი სქემების ფორმირება;
- ძირითადი საწარმოო და არასაწარმოო ტერიტორიული ფონდების მახასიათებლების შეფასების წარმოდგენა;
- ტერიტორიის დემოგრაფიულ მონაცემთა შეფასება;
- ისტორიულ-არქიტექტურული გეგმის ფორმირება;
- მოსახლეობის სოციალური დაცვის და სოციალური მონიტორინგის ამოცანები;

- საგადასახადო პოლიტიკა;
- ბიუჯეტის მართვა;
- სისტემის ყოველი კომპონენტის, როგორც ინფორმატიზაციის ობიექტის, ორი შემადგენლით წარმოდგენა;
- ინფორმაციული ტექნოლოგიები მუნიციპალური ორგანიზაციის მუშაობის ავტომატიზაციისათვის;
- საქალაქო ინფორმაციული რესურსების მონაცემთა ბაზის ინტეგრირების საფუძველზე, ინფორმაციული და ანალიტიკური მომსახურება.

1. ინფორმაციული სისტემის შემსრის პრინციპები

მუნიციპალური ინფორმაციული სისტემა ერთიანი ქალაქის მასშტაბით იქმნება ერთიანი იდეოლოგიით, ტექნიკური პოლიტიკით, მონაცემთა გაცვლის პროცესებით. მუნიციპალური ინფორმაციული სისტემა წარმოადგენს განაწილებულ, მრავალდონიან, ქსელურ სისტემას.

სისტემის კვანძებს წარმოადგენენ: მერია, ქალაქის საკრებულო და მათზე დაქვემდებარებული, აგრეთვე ქალაქის მეურნეობის მართვის სპეციალიზებული ორგანოები.

ინფორმაციული სისტემა მოიცავს მონაცემთა ბაზებს, ამასთან აღრიცხვის განახლება და დეტალური ინფორმაციის შექვანა ხდება ორგანიზაციებში, რომლებიც იურიდიულად პასუხს აგებენ რეგისტრაციაზე და ქალაქის სამეურნეო ობიექტების აღრიცხვაზე.

მუნიციპალური მართვის ინფორმაციული სისტემის პროექტს საფუძვლად უდევს შემდეგი პრინციპები:

- ოლქის სტრუქტურირება და მისი ინფორმაციული წარდგინება წარმოებს ტერიტორიასთან კავშირში;
- ინვარიანტობა მართვის ორგანიზაციებისთვის შეფარდებით. ძირითადად ყურადღება უნდა მიექცეს მართვის ობიექტის ინფრასტრუქტურის ინფორმაციულ აღწერას, საბოლოო მომსმარებლის ტექნოლოგიის სისტემის სახით;
- არსებული ინტეგრირებული სისტემის კომპონენტზე. განსახორციელებელი მმართველობის ფუნქციების ჩამონათვალის გამჭვირვალობა;
- სისტემაში ინფორმაციის გადანაწილებული დამუშავება;
- ტექნოლოგიურად ჩაკეტილი სისტემის ელემენტებზე დაფუძნებული;
- მართვის იერარქიის დონეების მიხედვით;

- გადაწყვეტილების მიღება;
- კონტროლი;
- შესრულება;
- საბოლოო მომხმარებლებისათვის ინფორმაციის კომპეტენტური შეყვანა, მათი პასუხისმგებლობა წარმოდგენილ ინფორმაციაზე;
- ინფორმაციის წყაროს წარმოადგენს ორგანიზაციები, რომელნიც პირველად რეგისტრაციაზე არიან იურიდიულად პასუხისმგებელნი;
- ინფორმაციის მაქსიმალურად განაწილებული დამუშავების შედეგად, მისი ინტეგრაცია და ინფორმაციის გაცვლა მომხმარებლებს შორის ხდება ურთიერთსასარგებლო პირობებით, ქალაქში დადგენილი რეგლამენტით;
- ამასთან, სავალდებულოა გავითვალისწინოთ ტერიტორიული ინფორმაციული სისტემის შექმნის თავისებურება, რომელიც აუცილებელია მისი დამუშავებისა და დანერგვისათვის;
- იურიდიული და საორგანიზაციო პრობლემების გადაწყვეტა საკუთრების მფლობელის უფლებების განსასაზღვრად, სათანადო ინფორმაციით უზრუნველყოფა;
- მუნიციპალური სამსახურების მუნიციპალური თანამშრომლების მონაწილეობა სისტემის დანერგვის დამუშავების ეტაპზე;
- ადმინისტრაციული სამსახურების ხელმძღვანელებთან შეთანხმება და მათი მხარდაჭერა ძირითადი საპროექტო გადაწყვეტილებების და ინფორმაციული სისტემის ეტაპების დანერგვის დროს;
- საერთო საქალაქო მონაცემების გაცვლა წარმოებს ერთიანი მრავალდონიანი ტელესაკომუნიკაციო გარემოს საშუალებით, ეს ხდება შეთანხმებული ფორმატების, სტანდარტიზებული ოქმების და ურთიერთსარგებლიანი ურთიერთობების საფუძველზე.

ინფორმაციული სისტემის პროგრამულ-ტექნიკურ უზრუნველყოფის შემუშავებას საფუძვლად უდევს 5 ტექნოლოგიური კომპონენტი:

- მონაცემთა გაცვლის ტელესაკომუნიკაციო გარემო და საერთო სისტემური სტანდარტების საფუძველზე სხვადასხვა მონაცემთა კომპლექსირების საშუალებები, ლექსიკონები და კლასიფიკატორები, შეთანხმება ინფორმაციის ოქმებით გაცვლისა და მიწოდების შესახებ;

- გეოინფორმაციული სისტემის შეგროვება ქალაქის ციფრული რუკის საფუძველზე, ქალაქის ობიექტების ინფორმაციული შესახებ ინფორმაციის დამუშავება.
- მუნიციპალურ ორგანიზაციებში ინფორმაციული ტექნოლოგიების სისტემების დანერგვა;
- მუნიციპალური ორგანოების ინფორმაციულ-ანალიტიკური სისტემების მომსახურება, რომელიც გადაწყვეტილების მიღების საფუძველია;
- საზოგადოებრივ-სასარგებლო მონაცემთა ბანკი.

3. ინფორმაციული სისტემის სტრუქტურა და ტექნიკური სახე

მუნიციპალური ინფორმაციული სისტემა უზრუნველყოფს მართვის ფუნქციების შესრულებას ქალაქში მდებარე მეურნეობებში [4].

პროექტის დანერგვა და შემუშავება ხდება სამსაფეხურიანი მართვის პირობებში.

ცხრილი 1

ქალაქის მართვის ორგანოების საფეხურების იერარქია

N	მართვის დონე	მართვის ძირითადი ფუნქციები	მართვის ორგანოები
1	ზედა	საკანონმდებლო, რომელიც სოციალურ-ეკონომიკურ სტრატეგიას აფითარებს	ქალაქის საკრებულო
2	საშუალო	ბაზრის ეკონომიკური რეგულირებისათვის, კონკრეტული გადაწყვეტილების მისაღებად მაკონდინებელი და აღმასრულებელი მართვა	მერია, საერთო საქალაქო კომიტეტი და მართვის ორგანოები
3	ქვედა	გადაწყვეტილებების რეალიზატორები, რომლებიც ახორციელებენ ადმინისტრაციული რაიონების თვითმმართველობას, უზრუნველყოფების პირველადი ინფორმაციის შეკრებასა და აქტუალიზაციას	რაიონები, ტერიტორიული მართვის ორგანოები, სამეურნეო-ადმინისტრაციული სამსახურები, ინსპექციები და თვითმმართველობის კომიტეტები

მართვის დაბალ საფეხურზე ხორციელდება ინფორმაციის კომპეტენტური შეტანა, იურიდიული თვალსაზრისით პროფესიონალურად და აგრეთვე

ინფრასტრუქტურის ობიექტების მიბმა ტერიტორიებთან. გამომთვლელი საშუალებების ტექნიკური სახე ამ საფეხურისთვის არის ლოკალური გამომთვლელი ქსელი.

საშუალო დონეზე მართვა ხორციელდება კონკრეტული გადაწყვეტილებების მიღებით და აქ მნიშვნელოვანია მონაცემთა ეფექტური გავრცობა, მათი ანალიზი და ადამიანისათვის მოსახერხებელი ფორმით წარმოდგენა. მერიის სტრუქტურის ინფორმაციის საკითხები აუცილებელია განხილულ იქნეს ორი მიმართულებით: მერიის საქმიანობის კომპიუტერიზაცია; სისტემების შექმნა მათი ინფორმაციულ-ანალიტიკური და ნორმატიულ - სამართლებრივი უზრუნველყოფით. ამ დონის ინფორმაციის მიზანია მუნიციპალური ორგანოების მუშაობის ეფექტურობის ზრდა გამოხატული გამომთვლელი საშუალებები, ინტეგრირებული მონაცემთა ბანკები ეკონომიკური მოდელირების სისტემებთან ერთად; საექსპერტო, ანალიტიკური და გადაწყვეტილების მხარდაჭერი სისტემები წარ-მოადგენს ამ ეფექტურობის რეალიზაციის მექანიზმებს.

ზედა საქალაქო დონეზე მთავარია ინფორმაციული ცნობარული ფუნქციები, დიდი მოცულობის სამართლებრივი დოკუმენტაციის წარმოება. ამ დონეზე წყდება კომპლექსური მართვისა და კოორდინაციის ამოცანები სოციალური და ეკონომიკური განვითარებისათვის. ამ დონის ტექნიკური სახეა ლოკალური გამომთვლელი ქსელები, რომელთა პროგრამული უზრუნველყოფის ძირითად სახეს წარმოადგენს ინფორმაციულ-ცნობარული და დოკუმენტაციის წარმოების სისტემები.

მუნიციპალური ინფორმაციული სისტემა მხარს უჭერს სამიგე დონის მართვას. სისტემის ფუნქციები ძირითადად ვრცელდება მართვის ორ დაბალ დონეზე, სადაც ხორციელდება ინფორმაციის ძირითადი მოცულობის შეყვანა და დამუშავება, აგრეთვე, ზედა დონესთან ინფორმაციის გაცვლა. ამასთან, ტერიტორიულ-ინფორმაციული სისტემები ქალაქის ტერიტორიულ ერთეულებს (რაიონებს) ინფორმაციას აწვდიან მართვის შესახებ [5].

დარგობრივი ინფორმაციული სისტემები უზრუნველყოფს ქალაქის მართვას ქალაქის მეურნეობის სხვადასხვა დარგის (მშენებლობა, ტრანსპორტი, საცხოვრებელი და კომუნალური მეურნეობა, ჯანდაცვა, განათლება და ა.შ.) დონეზე. ამ დონეს უერთდება ქვედონე – ტექნოლოგიურ-ინფორმაციული და წარმოების მმართველი სისტემები, აგრეთვე ორგანიზაციები.

ყოველი დონის ობიექტები გადანაწილებულია მთელ ქალაქში. კავშირის ორგანიზაცია და ინფორმაციის გაცვლა მმართველობის სხვადასხვა სტრუქტურებს შორის უნდა ხორციელდებოდეს ტელესაკომუნიკაციო ინტერფეისის და პროგრამული გარემოს საშუალებით, რომლის ტექნიკური ბაზაა მაღალი მწარმოებლობის მრავალპროცესორიანი კომპლექსი, პერსპექტიული ეგმ-ის საფუძველზე, რომელსაც აქვს დიდი მოცულობის ოპერატიული და გარე მეხსიერება და საშუალება, რათა მიუერთდეს მრავალფუნქციურ პერიფერიებს.

კავშირის მხარდაჭერას უნდა უზრუნველყოფდეს:

- სპეციალური კაბელები, სადაც საჭიროა დიდი სიჩქარით გაცვლა და მაღალი სიხშირით ურთიერთქმედება (მაგალითად, ოპტიკურ-ბოჭკოვანი);
- სპეციალური ორგანიზაციებისაგან არენდირებული სატელეფონო და სატელეგრაფო არხები;
- ჩვეულებრივი კომუტატორიანი სატელეფონო არხები. არხების კავშირისა და მათი გამოყენებისათვის რეგლამენტი განისაზღვრება ინფორმაციული სისტემების დაპროექტების ეტაპზე.

პირველ ეტაპზე, ლოგიკურია იაფი სატელეფონო არხების გამოყენება შემდგომში კი, თანდათან ყველაზე გადატვირთულ უბნებში სპეციალურად გაყვანილი ფართო კაბელების ექსპლუატაციაში შეუვანა. პერსპექტივაში ქალაქს უნდა ჰქონდეს მუნიციპალური ციფრული კავშირი, მაღალი გამტარობის უნარით. ასეთი ქსელი საჭიროა პატარა და დიდი მოცულობის სპეციალურად გამოყოფილ რეგლამენტირებულ დროში ინფორმაციის გადასაცემად (პატარა დაახლოებით 10 მეგაბაიტი და დიდი 10 გიგაბაიტის ფარგლებში).

დადგენილი რეგლამენტის მიხედვით ყველ მმართველობის ორგანოს, რომელიც ჩართულია ინფორმაციულ სისტემაში აქვს მონაცემები ორ ასპექტში.

- პირად ინტერესებში: ესაა დეტალური ინფორმაცია;
- საერთო საქალაქო ინტერესები: ესაა ინფორმაციის განზოგადება, რომელსაც ყოველი აბონენტი გამოიტანს თავისუფალ სარგებლობაში (გარკვეული გადასახადის საფასურად, რაც განსაზღვრულია მომხმარებელთა მოლაპარაკების საფუძველზე).

გარდა ამისა, არსებობს ყველასათვის ხელმისაწვდომი ინფორმაციის უფასო ფონდი. ესაა ტექნიკური მონაცემები, ინფორმაციულ-ცნობარული მასალები, იურიდიული ადმინისტრაციულ-სამართლებრივი, ნორმატიული ხასიათის პროგრამული საშუალებები.

ერთიანი პროგრამულ-საგნობრივი გარემოს შესაქმნელად უფასო ფონდის არსებობა აუცილებელი პირობაა, გაცვლის სტანდარტების გავრცელებისა და მონაცემთა გამოყენებისათვის.

სტანდარტები, რომლებშიც გაიცემა განზოგადებული ინფორმაცია, მოითხოვს მუდმივ კორექციას, რათა თვალი ვადევნოთ ცვალებად მოთხოვნილებებს.

დასაპროექტებელი ინფორმაციული სისტემა არის დეცენტრალიზებული: ყოველი მისი მონაწილე ადგენს თავის მონაცემთა ბაზას და წარმოადგენს წინასწარ მოლაპარაკებულ ინფორმაციის ნაწილს საერთო სარგებლობისათვის. ყოველი მომხმარებელი იყენებს ხელმისაწვდომ ინფორმაციას იმ მოცულობით, რაც აუცილებელია.

ინფორმაციული სისტემის ასეთი სტრუქტურა, ერთი მხრივ, უზრუნველყოფს ოპერატორის და მიღებული ინფორმაციის უტყუარობას ქალაქის მმართველობის მაღალ და საშუალო დონეებზე, მეორე მხრივ კი, მიღებულ ინფორმაციაზე მითითებულია იურიდიული პასუხისმგებელი პირი. ეს სისტემა საშუალებას იძლევა ცენტრალიზებულად განხორციელდეს ქალაქის ინფორმაციული რესურსების მართვა და კონტროლი.

3. დასპბნა

მოცემული სტრუქტურა საშუალებას იძლევა განხორციელდეს დამოუკიდებლად მიმდინარე, მაგრამ კოლოდინირებული დამუშავება და ინფორმაციული ტექნოლოგიების დანერგვა, საქალაქო მეურნეობის ქვედა დონეების მართვა, ამ ორგანიზაციების მატერიალური დაინტერესება ავტომატიზაციის შედეგებით და მათი პასუხისმგებლობით იმ შედეგებზე, რომელთაც მოიტანს უტყუარი ინფორმაციის მიწოდება.

გარდა ამისა, გაუთვალისწინებელ სიტუაციებში, ეს სტრუქტურა საშუალებას იძლევა საკმაოდ ოპერატორიულად მიიღოს ინფორმაცია, სხვადასხვა დეტალიზაციით და წინასწარი შეკვეთით.

ლიტერატურა

1. Forrester, Jay W.. Industrial Dynamics, The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1961.
2. Методика расчета интегрального показателя уровня социально-экономического развития муниципальных образований Ленинградской области. – С-Пб.: Адми-

нистрация Ленинградской области, 2001.

3. Методические рекомендации по оценке инвестиционной привлекательности субъектов Российской Федерации. – М.: Министерство экономического развития и торговли Российской Федерации, 2001.
4. Российский статистический ежегодник, 2002. – М.: Госкомстат России, 2002.
5. Социально-экономическое положение регионов Российской Федерации, 2002. – М.: Госкомстат России, 2002.

ГАЛОКЛИНЫ ПРИ ПОНИЖЕНИИ ДНА В ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКАХ РЕК

Л.Д. Гогелиани, К.С. Маградзе, А. Читадзе

Резюме: В статье представлена математическая модель взаимодействия пресных (речных) и солёных (морских) вод в приустьевых участках рек, при понижении дна последних выше устьевых створов бесприливных морей. Взаимодействие вод определено воздействием возникновения горизонтального градиента плотности и существованием уклона свободной поверхности потока. Основной акцент делается на воспроизведение распределения солености с учетом углубления дна в речной области.

Ключевые слова: водоем; градиент; давление; моделирование; дифузии.

В статье представлена математическая модель взаимодействия вод двух водоемов с различной плотностью. Она, в принципе, отражает основные физические закономерности моделируемого процесса. Взаимодействие вод происходит под воздействием нескольких сил. Одна вызвана возникновением горизонтального градиента плотности, другая-существованием уклона свободной поверхности потока. Уравновешиваются эти силы трением потока о дно и на поверхности раздела разноплотностных потоков. Градиент давления, обусловленный уклоном свободной поверхности, постоянен по глубине, а градиент давления, связанный с горизонтальным градиентом плотности, изменяется с глубиной.

Таким образом, соотношение этих двух составляющих давления приводит к характерной для эстуариев циркуляции вод. Учет неровностей рельефа дна Н осуществлялся путем замены вертикальной координаты Z на безразмерную $\zeta=z/H$, которая меняется от 0 на поверхности до 1 на дне. При реализации модели в таких координатах вода обтекает неровности рельефа. При увеличении уклона свободной поверхности происходит отток более соленой воды, которая, вследствие обтекания неровностей рельефа, уходит и из понижений, хотя, по наблюдениям, должна бы там задерживаться.

Поэтому возникла необходимость создания двумерной профильной модели для решения задачи расчета вторжения соленых вод в водоем с меньшей соленостью и их трансформации с учетом неоднородности рельефа дна.

В представляемой модели основной упор делается на воспроизведение распределения солености с учетом понижений дна. В связи с этим учитываются наиболее существенные, с этой точки зрения, характеристики и принимается ряд допущений. При записи системы уравнений не производилось обезразмеривания вертикальной координаты, а в уравнении диффузии соли учитывается упорядоченный вертикальный перенос. Кроме того, считается, что вода находится в состоянии гидростатического равновесия, плотность является функцией только солености. Также пренебрегается горизонтальный турбулентный обмен, а коэффициенты вертикальной турбулентной вязкости и турбулентной диффузии соли постоянны по глубине и заданы.

Начало координат находится в вершине створа реки. Ось X направлена на уровне невозмущенной свободной поверхности моря по потоку пресных вод, ось Z направлена вертикально вниз.

Таким образом, основные уравнения двумерной профильной математической модели имеют вид:

$$\frac{\partial v_e}{\partial t} + \frac{\partial v_e}{\partial x} = -g \frac{\partial \mu}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_o^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial v_e}{\partial z}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + v_e \frac{\partial S}{\partial x} + v_e \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} K_s \frac{\partial S}{\partial z}; \quad (2)$$

$$B(x) \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(B(x) \int_o^{H_x} v_e dz \right) = 0; \quad (3)$$

$$\rho = \rho_0(1 + \beta S), \quad (4)$$

где: t – время, с; x, z - горизонтальная и вертикальная координаты, м; v_e , w – горизонтальная и вертикальная компоненты скорости, м/с; μ - отклонение уровня от невозмущенной свободной поверхности, м; g - ускорение свободного падения, м/с²; ρ - плотность воды, кг/м³; $\rho_0 = 10^3$ кг/м³ - характерная плотность воды; соленость воды $S^0/_{00}$, $B(x)$ - ширина потока, м; K_i , K_s - коэффициенты вертикальной турбулентной вязкости и диффузии соли, м²/с; H_x - глубина, м.

Краевые условия:

$$t=0; v=v(x,z); S=S(x,z); \mu=\mu(x);$$

$$x=0; S=0; \quad \mu = \left(\frac{Q(t)}{B(0)} - \int_0^{H(0)} u \Big|_{x=0} dz \right) \Bigg/ \sqrt{gH(0)};$$

$$x=L S=S(z) \quad \xi = \left(\int_0^{H(L)} u \Big|_{x=L} dz \Bigg/ \sqrt{gH(L)} \right) + \xi_1(t);$$

$$z=0 \quad \frac{\partial S}{\partial z} = 0 \quad K \frac{\partial u}{\partial z} = \lambda_1 u |u|;$$

$$z=H \quad \frac{\partial S}{\partial z} = 0 \quad K \frac{\partial u}{\partial z} = -\lambda_1 u |u|,$$

где $Q(t)$ - переменный расход реки, m^3/c ; $\xi_1(t)$ - переменный уровень на морской границе, обусловленный сгонно-нагонными явлениями, m ; L - положение морской границы, λ_1, λ - коэффициенты трения у поверхности и у дна.

Для замыкания системы уравнений (1)-(4) необходимо вычислить вертикальную скорость v_e . Ее определение из уравнения неразрывности отражает зависимость только от динамических характеристик потока (v_b), в то время как опускание тяжелых соленых вод в понижения дна и застаивание их там должны определяться скорее плотностными характеристиками воды, что в более полной мере соответствует физике явления. Поэтому вертикальную компоненту скорости предлагается вычислять не только из уравнения неразрывности, но и дополнять ее составляющей, рассчитанной из квазистационарного уравнения диффузии

$$v_e = \frac{- \left(u \frac{\partial S}{\partial x} \Big|_{<0} + \frac{\partial}{\partial z} K_s \frac{\partial S}{\partial z} \right)}{\frac{\partial S}{\partial z} \Big|_{>0}} \quad (5)$$

Вертикальная скорость, рассчитанная по этой формуле, может быть использована только при положительных значениях, то есть, только при погружении более соленой и, соответственно, более плотной натекающей воды.

На подъем вертикальная скорость может работать только при натоке соленых вод на возвышения рельефа:

$$v_e = v_e \Big|_{<0} \frac{\partial H}{\partial x} \Big|_{>0}. \quad (6)$$

При оттоке соленых вод, то есть, при положительных скоростях ($u>0$), соленая вода в понижениях рельефа не трогается (кроме как вертикальным турбулентным

перемешиванием), и пресная вода проходит сверху над более плотной соленой. Таким образом, моделируется движение воды по изопикнам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. -М., 1997. – 413 с.
2. Ivanov V.V. Effects of global changes on the hydrological redime, surfacewater (freshwater) and estuarian ecology of the Barents Sea: Consequences for woter resources and environmental threats. global changes and the Barents Sea region. /proc. of the First international BASIS Research Conference, St. Petersburg, Russia, University of Muenster, Germany, 1999, - P 63-90.

УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ, ОБЛАДАЮЩЕЙ И СВОЙСТВАМИ ПЛАСТИЧНОСТИ

Л.Д. Гогелиани, К.С. Маградзе

1. ВВЕДЕНИЕ

Резюме: Приведены уравнения, описывающие гидростатический закон распределения давления по глубине водонасыщенной сыпучей среды, обладающей сцеплением при плавно изменяющемся движении.

Дается обобщенное уравнение и адаптация его к наиболее удобной форме записи для решения задач вторжения обвально-оползневой массы горной породы в водоем.

Ключевые слова: сыпучая среда; уравнение динамики; объемное содержание.

1. ВВЕДЕНИЕ

В рамках плоского движения сыпучей среды система уравнений акад. А.Ю.Ишлинского [1] в модификации проф. Г.Гениева [2], как показано в [3], является наиболее привлекательной с точки зрения оперативных возможностей.

В работе [3] Т.Г.Войнич-Сяноженцким построена система уравнений для композиционной сыпучей среды, обладающей сцеплением, в порах которой содержится вода с примесью, придающей ей свойства пластичности. В основу построения такой системы для сыпучей компоненты им принята система уравнений Ишлинского-Гениева для вязко-пластической системы Хенки-Илюшина.

Первая из них состоит из следующих пяти уравнений:

$$\rho_s s \frac{du_x}{dt} = \rho_s s F_x + \frac{\partial(sp_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(sp_{xy})}{\partial y} + R_{xi}; \quad (1)$$

$$\rho_s s \frac{du_y}{dt} = \rho_s s F_y + \frac{\partial(sp_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(sp_{yy})}{\partial y} + R_{yi}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho_s s)}{\partial t} + \frac{\partial(s \rho_s u_x)}{\partial x} + \frac{\partial(s \rho_s u_y)}{\partial y} = 0; \quad (3)$$

$$(p_{xx} - p_{yy})^2 + 4p_{xy}^2 = \sin^2 \varphi (2kctg\varphi - p_{xx} - p_{yy})^2; \quad (4)$$

$$\frac{2p_{xy}}{p_{xx} - p_{yy}} = \frac{\left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) \pm 2 \frac{\partial u_x}{\partial x} \operatorname{tg}\varphi}{2 \frac{\partial u_x}{\partial x} \pm \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right) \operatorname{tg}\varphi}. \quad (5)$$

Эта система описывает плоское движение твердой сыпучей компоненты (грунт, горная порода), объемная концентрация которой в композиционной среде есть s .

Первые два уравнения - это уравнения динамики в напряжениях в форме Коши, причем \vec{R} - вектор взаимодействия между твердой и жидкой компонентами с объемным содержанием ($1-s$).

Уравнение (3) представляет уравнение неразрывности для твердой компоненты с плотностью ρ_s и вектором скорости \vec{u} , а уравнение (4) - условие предельного состояния сыпучей среды, имеющей угол внутреннего трения φ и коэффициент сцепления k (условие Кулона-Треска-Сен-Венана).

Уравнение (5) указывает на совпадение направления наибольшей скорости деформации сдвига с одним из направлений (активным) семейства линий скольжения, т.е. представляет собой аналитическое оформление известной гипотезы Ишлинского-Гениева.

В этой системе, помимо указанных обозначений, F_i - компоненты ускорений поля объемных сил; p_{ij} - компоненты тензора напряжений; полусумма нормальных составляющих тензора напряжений дает давление твердой компоненты композиционной среды $p_s = \frac{p_{xx} + p_{yy}}{2}$.

Для жидкой компоненты, находящейся в порах сыпучей гранулированной среды, используется двумерное уравнение Хенки-Илюшина вида

$$(1-s)\rho_w \frac{dv_x}{dt} = \rho_w F_x (1-s) - \frac{\partial[(1-s)p]}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} [2\beta(1-s) + \frac{\tau_0}{H_*}] + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \left[\mu(1-s) + \frac{\tau_0}{H_*} \right] \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) \right\} - R_x; \quad (6)$$

$$(1-s)\rho_w \frac{dv_y}{dt} = \rho_w F_y (1-s) - \frac{\partial[(1-s)p]}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[\mu(1-s) + \frac{\tau_0}{H_*} \right] \times \right.$$

$$\times \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) \Bigg) + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \left[2(1-s)\mu + \frac{\tau_0}{H_*} \right] \frac{\partial v_y}{\partial y} \right\} - R_y; \quad (7)$$

$$\frac{\partial [\rho_w(1-s)]}{\partial t} + \frac{\partial [\rho_w(1-s)v_x]}{\partial x} + \frac{\partial [\rho_w(1-s)v_y]}{\partial y} = 0, \quad (8)$$

где

$$H_x = \sqrt{\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_j} \right)^2} - \quad (9)$$

параметр Хенки; τ_0 - пороговое напряжение сдвига (модуль plasticности); μ - коэффициент вязкости жидкой компоненты; ρ_w - плотность жидкой компоненты. Остальные обозначения аналогичны использованным в системе (1)-(5) и в обычной системе уравнений Навье-Стокса, в которую (6)-(8) переходит при $\tau_0 = 0$ и $R = 0$.

Рассмотрим среднемассовую скорость композиционной среды

$$w_i = \frac{(1-s)v_i + su_i}{(1-s)\rho_w + s\rho_s} \quad (10)$$

и среднюю ее плотность $\rho(1-s)\rho_w + s\rho_s$. После суммирования почленно уравнений динамики и неразрывности, введения давления $p_s = 0,5(p_{xx} + p_{yy})$ и исключения касательных напряжений посредством (4) и (5) можно записать систему для композиционной среды в следующей гидродинамической форме ее записи:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho w_x) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho w_x^2) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho w_x w_y) &= \rho F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ 2\mu(1-s) + \right. \\ &\left. + \frac{\tau_0}{H_*} \right\} \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{N \sin \varphi (kctg\varphi + ps) \theta}{\sqrt{1+N^2}} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu(1-s) + \frac{\tau_0}{H_*} \right] + \right. \\ &\left. + \left(\frac{\partial w_x}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial x} \right) + \frac{\theta_s N \sin \varphi (kctg\varphi + ps)}{\sqrt{1+N^2}} \right\}; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho w_y) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho w_x w_y) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho w_y^2) &= \rho F_y + \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ [(1-s)\mu + \right. \\ &\left. + \frac{\tau_0}{H_*}] \left(\frac{\partial w_x}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial x} \right) + \frac{\theta_s N \sin \varphi (kctg\varphi + ps)}{\sqrt{1+N^2}} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ [2(1-s)\mu + \right. \\ &\left. + \frac{\tau_0}{H_*}] \frac{\partial w_y}{\partial y} \frac{\theta_s \sin \varphi (kctg\varphi + ps)}{\sqrt{1+N^2}} \right\}; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho w_x) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho w_y) = 0, \quad (13)$$

в которой $p = (1-s)p_w + sp_s$ есть давление композиционной среды; N соответствует правой стороне выражения (5) и θ - функция Хевисайда; при $s < s_{np}$ $\theta=0$, а при $s \geq s_{np}$ $\theta=1$.

Система (11)-(13) является незамкнутой, однако записанная в таком виде, путем некоторых приемлемых и традиционных для одномерных приближений допущений позволяет пренебречь лишними неизвестными, во всяком случае для ряда довольно широкого круга задач инженерной практики.

В частности, для плавноизменяющихся движений такой композиционной среды всегда $\frac{\partial w_x}{\partial y} \sim \frac{\partial u_x}{\partial y} \sim \frac{\partial v_y}{\partial y} \gg \frac{\partial w}{\partial x} \sim \frac{\partial u}{\partial x} \sim \frac{\partial v}{\partial x}$. Поэтому для таких течений вполне допустимо считать $|N| = ctg\varphi$.

Из анализа системы (11)-(13) легко видеть, что она отвечает принципу соответствия. В частности, при $s=0$ переходит в уравнение для вязко-пластической среды Хенки-Илюшина, а при $s=0$ и $\tau_0=0$ - в уравнение Навье-Стокса для ньютоновской жидкости. При $s < s_n$ и $\tau_0=0$, когда частицы грунта сыпучей среды не соприкасаются ($\theta=0$), (11)-(13) переходит в систему, соответствующую взвесенесущему потоку ньютоновской жидкости. Наконец, при $s=1$ и $\tau_0=0$ жидкая компонента отсутствует, и она описывает движение однокомпонентной сыпучей среды, обладающей сцеплением k . Как видно, для рассматриваемого случая ей присуща достаточно большая общность, хотя в принципе без дополнительных связей она остается незамкнутой. Тем не менее, в качестве базисной для получения одномерных уравнений в силу отмеченных выше особенностей - удовлетворения предельных переходов - эта система обладает достаточной общностью и является непротиворечивой.

2. ОДНОМЕРНЫЕ УРАВНЕНИЯ СЫПУЧЕ-ВЯЗКО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Отличие вывода одномерных уравнений динамики и неразрывности классической процедуры Буссинеска заключается в необходимости отдельного рассмотрения закона распределения давления для композиционной среды и для ее твердой сыпучей компоненты, так как в уравнения (11), (12) входят величины p и p_s .

Рассмотрим несколько тестовых задач, подтверждающих соблюдение принципа соответствия системы (11)-(13) (в части ее частного решения) классическому решению механики грунтов о давлении сыпучей среды, обладающей сцеплением, на вертикальную преграду - подпорную стенку. Принимаем $w \equiv 0$ и $N \equiv 0$. Пусть ось X направлена горизонтально, ось Y - вертикально снизу вверх. Тогда уравнение (11) дает

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} [\theta \delta \sin \varphi (kctg\varphi + p_s)] = 0, \quad (14)$$

а уравнение (12) –

$$(\gamma - \gamma_w) - \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial y} [\theta_s \delta \sin \varphi (kctg\varphi + p_s)] = 0. \quad (15)$$

Поскольку в рассматриваемом случае дилатация "застывающего", останавливающегося движения исключена, то можно принять $\theta=1$.

Проинтегрируем (15) и учтем выражение для давления смеси воды и грунта:

$$p(1+\sin\varphi) + ks\cos\varphi - (1-s)\sin\varphi p_w = p^*(\gamma-\gamma_w)(h-y), \quad (16)$$

где p^* – давление внешней среды; h – толщина слоя смеси сыпучей среды, насыщенной водой.

Интегрируя (14), находим:

$$p(1-\sin\varphi) - ks\cos\varphi + (1-s)\sin\varphi p_w = f(y). \quad (17)$$

Так как в (14) и (15) не входят касательные напряжения, то (16) и (17) – есть выражения для главных нормальных напряжений.

Таким образом, горизонтальная компонента главного нормального напряжения, которой и определяется силовое воздействие грунта на вертикальную преграду – подпорную стенку с вертикальной внешней гранью, будет определяться как

$$p_x = f(y) = p(1-\sin\varphi) = ks\cos\varphi + (1-s)\sin\varphi p_w. \quad (18)$$

Внесем значение p_x из (16) в (18). Имеем:

$$\begin{aligned} p_x = & [\gamma(h-y) + p^*] \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi} + \left[1 + \frac{1-\sin\varphi}{1+\cos n\varphi} \right] \times \\ & \times [(1-s)\sin\varphi p_w - ks\cos\varphi]. \end{aligned} \quad (19)$$

В работе [3] это соотношение интерпретируется как давление останавливающейся селевой массы на вертикальную преграду.

Пусть $p^*=0$ и $s=1$ (т.е. имеет место давление сыпучей среды, поры которой не насыщены водой. Тогда (19) переходит в зависимость

$$p_x = \gamma_s(h-y)\operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) - 2ktg(45^\circ - \varphi/2), \quad (20)$$

т.е. в классическое решение механики грунтов – сыпучих сред, обладающих также сцеплением с вертикальной подпорной стенкой [4].

Для получения закона распределения p_s необходимо исходить не из уравнения (12), правомерного для смеси, а из аналогичного уравнения (12), но записанного для сыпучей компоненты композиционной среды:

$$\rho_s s \frac{du_y}{dt} = s \rho_s F_y - \frac{\partial(s \rho_s)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{s \theta N \sin \varphi (k \operatorname{ctg} \varphi + p_s)}{\sqrt{1+N^2}} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[s \theta \frac{\sin \varphi (k \operatorname{ctg} \varphi + p_s)}{\sqrt{1+N^2}} \right] + R_y. \quad (21)$$

Для условий плавно изменяющегося движения характерны малые величины вертикальных ускорений и существенно меньшее значение продольных градиентов по сравнению с поперечными (глубинными)¹.

Учитывая, что в данном случае рассматривается движение в поле силы тяжести, следует принять $F_y = -g \cos \Psi$, причем Ψ – угол наклона оси ОХ к горизонту.

Компонента вектора взаимодействия твердой и жидкой фаз композиционной среды сводится к архimedовой силе взвешивания $R = \gamma s \cos \Psi$. Наконец, значение N должно быть принято $N = \operatorname{ctg} \Psi$, так как $\frac{\partial u_x}{\partial y} \gg \frac{\partial u_x}{\partial x}$, что характерно для любых плавно изменяющихся движений вне областей разрывов.

Тогда уравнение (21) существенно упрощается и записывается в виде

$$s \gamma_s \cos \Psi - \frac{\partial}{\partial y} \left[s p_s + s \theta \sin^2 \varphi (k \operatorname{ctg} \varphi + p_s) \right] = 0. \quad (22)$$

Пусть правомерна замена $s = f(y)$ через $s = \bar{s} = \text{const}$, что, как это следует из чисто физических соображений, представляется корректным, если только не происходит разрыв сплошности движения. При этом можно также принять $\theta \approx 1$. Тогда (22) интегрируется без труда и приводит к соотношению

$$p_s (1 + \sin^2 \varphi) + k \sin \varphi \cos \varphi = -y (\gamma_s - \gamma_w) \cos \varphi + \text{const}. \quad (23)$$

Константа интегрирования определяется из условия на верхней границе, т.е. при $y=h$, где $p_s = p_s^*$, и поэтому

$$p_s = p_s^* + \frac{\gamma_s (h-y) \cos \Psi - k \sin \varphi \cos \varphi}{1 + \sin^2 \varphi}, \quad (24)^*$$

которое, как это легко видеть, переходит в выражение для распределения давления по глубине грунтовой чисто сыпучей среды, насыщенной водой при $k=0$.

Для оценки распределения величины p по глубине смеси используем уравнение (12) при прежних стилизациях:

¹ По существу принимаемая здесь стилизация типична для теории пограничного слоя.

* Однако более логичным представляется принятие для p_s выражения $p_s = p_s^* + \gamma_s (h-y) \cos \Psi$ (24)*, которое соответствует гидростатическому распределению давления в грунтовой среде, ибо в (22) фактически учитывается и составляющая нормального напряжения.

$$\gamma \cos \psi - \frac{\partial}{\partial y} \left[p + s \sin^2 \varphi (kctg\varphi + p_s) \right] = 0. \quad (25)$$

Интегрируя его и учитывая (24), получим:

$$p = \left[(\gamma - \gamma_s) \frac{2\bar{s} \sin^2 \varphi}{1 + \sin^2 \varphi} \right] \cos \psi (h - y) - k\bar{s} \left[\frac{\sin 2\varphi}{2} - \frac{\sin^3 \varphi \cos \varphi}{1 + \sin^2 \varphi} \right] + p^* - \bar{s} \sin^2 \varphi p_s^*. \quad (26)$$

Легко видеть, что при $s=0$ и $p^*=0$ закон распределения давления по (26) переходит в обычный закон гидростатики.

Таким образом, выражение (26) приближенно описывает гидростатический закон распределения давления по глубине водонасыщенной сыпучей среды, обладающей сцеплением при плавно изменяющемся движении.

Определив выражения для p и p_s и внося их в уравнение (11), после его интегрирования по глубине (толщине) рассматриваемого слоя композиционной среды выводим уравнение одномерного движения, т.е. гидравлическое уравнение для подобной среды в форме Буссинеска [1] (вся процедура такого вывода впервые была выполнена Буссинеском для однородной по плотности среды).

Поскольку в реальных условиях в гидротехнике и геофизике движение придонного слоя водонасыщенной сыпучей среды с верхней средой, также содержащей гранулированный материал с контактным взаимодействием, практически непредставимо, будем принимать $p_s^*=0$ и $p^*=p_w$ (т.е. верхний слой среды принимается в виде однородной жидкости).

Подставляя значение p по (26) в уравнение (11) (при пренебрежении влиянием сцепления на величину давления из-за ее относительной малости) и интегрируя последнее с учетом переменности верхнего предела интегрирования, получаем (опуская подробные выкладки аналогичные данным в [3]):

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (\alpha \rho h w) + \frac{\partial}{\partial x} (\alpha_0 \rho w^2 h) + \left[\gamma - 2\bar{s} (\gamma_s - \gamma_w) \frac{\sin^2 \varphi}{1 + \sin^2 \varphi} \right] \times \\ & \times \cos \psi h \frac{dh}{dx} + h \frac{\partial p_w}{\partial x} - \left[i_0 - \frac{\bar{s} f \cos \psi \gamma_s}{(1 + 2f^2) \gamma} \right] - \mu (1 - \bar{s}) \frac{\partial w_x}{\partial y} \Big|_{y=h} + \\ & + \mu (1 - \bar{s}) \frac{\partial w_x}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0. \end{aligned} \quad (27)$$

Два последних члена этого уравнения выражают вязкое напряжение, обусловленное наличием жидкой компоненты в композиционной среде. Слагаемое, содержащее $f=tg\varphi$, есть

величина интенсивности силы кулонова трения для сыпучей среды. Первые два члена, как в обычной гидравлике капельных жидкостей, представляют изменение импульса (количества движения) по времени и его конвективный перенос вдоль переносного движения потока в целом. Третий член выражает интенсивность сил гидродинамического давления в композиционной среде; четвертое слагаемое - то же, от внешней среды, расположенной над композиционной водонасыщенной сыпучей средой.

При $s=0$ (водный поток) уравнение (27) переходит в уравнение гидравлики Сен-Венана-Буссинеска, так как при этом $\mu \frac{\partial w_x}{\partial y}$ выражается согласно закону Шези $\frac{w^2}{C_u^2}$.

Для потока сыпучей среды, насыщенного водой, главной является величина кулонова трения, а последнее слагаемое практически оказывается малосущественным.

Однако для водогрунтовой смеси, обладающей кулоновым трением, точное представление слагаемого $\mu(1-s)\frac{\partial w_x}{\partial y}$ не является тривиальной задачей. В работе [3] оно вычисляется для продольно-однородного движения и используется далее для общего случая нестационарного и неравномерного движения, т.е. реализуется классический подход гидроаэромеханики, берущий начало в работах Сен-Венана, Стокса, Пуассона и Буссинеска. При таком подходе согласно [3] имеет место соотношение

$$\begin{aligned} \mu(1-s)\frac{\partial w_x}{\partial y} = & \left[\gamma(\gamma_s - \gamma_w) \frac{s\theta \operatorname{tg}\psi \sin 2\varphi}{2(1 + \sin^2 \varphi)} \right] (h - y) \sin \psi + \\ & + T^* - \tau_0 - ks\theta \left[\cos^2 \varphi - \frac{\sin^2 2\varphi}{4(1 + \sin^2 \varphi)} \right] - \frac{s\theta}{2} p_s^* \sin 2\varphi, \end{aligned} \quad (28)$$

где T^* - касательное напряжение на верхней границе.

Поскольку ниже рассматривается лишь такое движение композиционной среды, при котором внешняя среда, расположенная сверху, не содержит грунта, то $p_s^* = \theta$ и, кроме того, ограничение случаем постоянного действия кулонова трения по всей толщине слоя композиционной среды дает основание считать $\theta=1$.

На верхней границе:

$$\mu(1-s)\frac{\partial w_x}{\partial y} \Big|_{y=h} = T^* - \tau_0 + ks \left[\cos^2 \varphi - \frac{\sin^2 2\varphi}{4(1 + \sin^2 \varphi)} \right]. \quad (29)$$

Значение T^* можно принять в соответствии с традиционными для гидроаэромеханики представлениями

$$T^* = k_f \rho_w \frac{(v-w)^2}{2}, \quad (30)$$

и тогда уравнение (28) окончательно запишется в форме [3]

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_t \bar{\rho} w h) + \frac{\partial}{\partial x} (\alpha_0 \bar{\rho} w^2 h) + \left[\gamma - \frac{2\bar{s} \sin^2 \varphi (\gamma_s - \gamma)}{1 + \sin^2 \varphi} \right] \times \\ & \times \cos \psi h \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial p_w}{\partial x} + \gamma h + \left[i_0 - \frac{f \cos \varphi}{(1+2f^2)} \frac{\gamma_s}{\gamma} \right] + \tau_0 + \\ & + \rho_w k_f \frac{(v-w)^2}{2} + k \bar{s} \left[\cos^2 \varphi - \frac{\sin^2 2\varphi}{4(1+\sin^2 \varphi)} \right] = 0. \end{aligned} \quad (31)$$

Здесь γ и ρ - объемный вес и плотность смеси ($\gamma = (1-s)\gamma_w + s\gamma_s$ и $\bar{\rho} = (1-s)\rho_w + s\rho_s$; α_0 - корректив количества движения, а α_t - корректив, возникающий при усреднении по высоте слоя h члена, учитывающего локальное ускорение

$$\alpha_t = \frac{1}{h_\rho - w_0} \int_0^h \rho w_x dz.$$

Из действующих объемных сил в этом уравнении учитывается только сила тяжести посредством уклона поверхности i_0 , по которой движется среда.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При вторжении обвально-оползневого массива в водохранилище или озеро необходимо принимать во внимание и действие сейсмических сил.

Такое обобщение уравнения (31) и его адаптация к наиболее удобной форме записи для решения задач вторжения обвально-оползневой массы горной породы в водоем впервые дается ниже.

Уравнение (31) - по существу динамическое уравнение гидравлики двух разноплотностных потоков, из коих нижний представляет водонасыщенную горную породу, обладающую свойствами и сыпучести ($f = \operatorname{tg}\varphi$) и пластичности (k и τ_0), а верхний - воду при условии, что давление от верхнего потока на поверхность контактного разрыва определяется как $p_w = \gamma_w h_w$, а v - средняя скорость движения верхнего потока, описываемая классической системой уравнений Сен-Венана, либо Буссинеска.

Поскольку уравнение неразрывности в одномерной, т.е. гидравлической форме, практически ничем не отличается от такого гидромеханики сжимаемой или плотностно-неоднородной жидкости, то вывод его способом Буссинеска приводит к выражению

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho h w)}{\partial x} = 0, \quad (32)$$

правомерному в случае недеформируемой подстилающей поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ишлинский А.Ю. О плоском движении песка // Укр. мат.сбор., 1989. т.6, №4.
2. Гениев Г.А., Экстрик И.И. Динамика сыпучей среды. М., 1982.
3. Войнич-Сяноженцкий Т.Г., Обгадзе Г.А. Гидродинамическая теория селевых потоков, лавин и обвалов // Труды ТУ, 1984.
4. Цытович И.А. Механика грунтов. М.-Л., 1969.

К ВОПРОСУ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО УМЯГЧЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ СУЛЬФАТНЫХ РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ РАСТВОРОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

З.И. Мегрелишвили, Л.Д. Климиашвили, М.Н. Нацвлишивли

(Грузинский технический университет, ул. М. Костава, 77, Тбилиси, Грузия)

Резюме: Применение для регенерации натрий-кационитовых фильтров раствора сульфата натрия приводит к образованию сульфатных сточных вод с высокой общей жесткостью. Это обусловлено наличием в сточных водах сульфата кальция и сульфата магния. Концентрация сульфата кальция в этих водах в 3-4 раза превышает расчетную растворимость. Сброс таких вод приводит к загрязнению водоемов и почв, и кроме того, к потере реагента - сульфата натрия.

Ключевые слова: термохимическое умягчение; сульфатные растворы; регенерация; натрий-кационитовые фильтры; сточные воды; загрязнение водоемов.

1. ВВЕДЕНИЕ

Повторное использование сульфатных отработанных растворов для регенерации натрий-кационитовых фильтров возможно только после уменьшения в них содержания ионов кальция и магния. Для этого наиболее приемлемым является известково-содовый или термохимический метод умягчения [1]. В настоящее время имеется достаточный опыт по обработке вод, содержащих сульфат кальция, созданы технологические схемы и аппараты по умягчению для повторного использования [2-5]. Однако рекомендации по применению той или иной технологической схемы можно дать только после проверки на конкретной сточной воде. Отработанные сульфатные регенерационные растворы содержат гексаметаfosfat натрия, применяемый для стабилизации пересыщенных растворов сульфата кальция. Кроме того, присутствие ионов магния может отразиться на остаточное содержание ионов кальция в умягченной воде [6].

Целью исследований ставилась проверка возможности умягчения отработанных растворов известково-содовым методом с повышением температуры до 100°C в

лабораторных условиях. Повышение температуры необходимо для устранения стабилизирующего действия гексаметаfosфата натрия.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Отработанные регенерационные растворы получали с лабораторной установки натрий-калионитового фильтра, заполненного сульфоуглем. Через загрузку пропускали раствор сульфата натрия с дозой гексаметаfosфата натрия 50 мг/л. Удельный расход реагента 2,0 г-экв/г-экв. Раствор сульфата натрия готовили на водопроводной воде с общей жесткостью 1,5-2,0 г-экв/м³. Отмывку и заработку лабораторной установки производили водопроводной водой.

Регенерационный раствор собирали в литровый фарфоровый

стакан. Затем определяли общую жесткость и содержание ионов кальция по унифицированным методам анализа воды, добавляли известь в виде *CaO*, измеряли величину *pH* и нагревали до 100°C на водяной бане. После отстаивания и отделения осадка вновь определяли общую жесткость, концентрацию ионов кальция, величину *pH*, добавляли соду и нагревали до 100°C. В отстоенной пробе после обработки определяли остаточную жесткость и содержание ионов кальция.

Результаты экспериментов приведены в таблице. Как видно из полученных данных, с повышением температуры содержание сульфата кальция в растворе падает и соответствует растворимости при данной литературе. Содержание ионов кальция при разных температурах хорошо согласуется с расчетными и экспериментальными данными, полученными другими авторами [4-5]. Таким образом, присутствие гексаметаfosфата натрия при высоких температурах не препятствует осаждению, а присутствие ионов магния не повышает растворимость сульфата кальция в обрабатываемом растворе.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение для умягчения отработанных регенерационных растворов известково-содового метода дает положительный результат и остаточное содержание общей жесткости при этом не превышает 14-16 мг-экв/л. Применение дозы извести, рассчитанной по

Данные лабораторных исследований

№ пп	В огработанном растворе	Доза изве- стковости, $\frac{Mg^2}{\text{с} - \text{ЭКБ}}$ $\frac{\text{с} - \text{ЭКБ}}{M^3}$	pH расти- вора после введения извести	Темпе- ратура нагрева, t^0C	После известкования и отстаивания				После добав- ления соды и отстаивания				Равновесное значение Ca^{2+} $\text{с} - \text{ЭКБ}/M^3$		
					Ca^{2+} $\frac{Mg^2}{\text{с} - \text{ЭКБ}}$ $\frac{\text{с} - \text{ЭКБ}}{M^3}$	Mg^2 $\frac{Mg^2}{\text{с} - \text{ЭКБ}}$ $\frac{\text{с} - \text{ЭКБ}}{M^3}$	Ca^{2+} $\frac{Mg^2}{\text{с} - \text{ЭКБ}}$ $\frac{\text{с} - \text{ЭКБ}}{M^3}$	pH $\frac{Mg^2}{\text{с} - \text{ЭКБ}}$ $\frac{\text{с} - \text{ЭКБ}}{M^3}$	τ' мин	τ^* МИН	τ^* $\frac{Mg^2}{\text{с} - \text{ЭКБ}}$ $\frac{\text{с} - \text{ЭКБ}}{M^3}$	Mg^2 $\frac{Mg^2}{\text{с} - \text{ЭКБ}}$ $\frac{\text{с} - \text{ЭКБ}}{M^3}$	По [19]	По [12-16]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	59,0	31,5	1,0	-	85	5,0	28,0	12,0	-	1,25	5	2,0	12,0	27,6	28,0
2	48,0	26,0	1,05	10,51	100	30,0	24,0	16,0	9,8	1,31	5	3,0	16,0	24,0	21,2
3	63,0	34,0	1,18	10,81	100	30,0	24,0	9,0	9,4	1,20	5	2,4	9,0	24,0	21,2
4	65,0	38,0	1,32	10,81	100	12,0	23,0	8,0	9,9	1,09	5	6,0	10,0	24,0	21,2
5	67,0	40,0	1,48	10,70	100	10,0	23,0	8,0	10,5	1,61	5	4,0	10,0	24,0	21,2
6	60,0	37,0	1,17	10,90	100	7,0	23,0	14,0	9,7	1,52	5	2,0	15,0	24,0	21,2
7	58,0	40,0	1,75	10,90	100	10,0	23,0	13,5	9,7	1,38	5	3,0	13,0	24,0	21,2
8	57,0	35,0	1,43	10,90	100	5,0	22,5	8,5	10,21	1,55	5	1,0	9,0	24,0	21,2
9	70,0	40,0	1,33	10,90	100	5,0	22,5	8,5	10,31	1,93	5	1,0	8,0	24,0	21,2
10	65,0	42,0	1,19	10,90	100	10,0	23,0	12,0	10,20	1,30	5	2,5	12,0	24,0	21,2
11	62,0	35,0	1,24	11,10	100	5,0	22,5	8,0	10,5	1,30	5	3,0	8,0	24,0	21,2
12	67,0	20,0	1,10	10,61	100/60*	6,0	24,5	12,5	9,61	1,10	5	2,0	8,0	29,6	28,1
					100/70*					1,10	5	1,5	8,0	28,7	29,5
					100/80*					1,10	5	2,0	7,5	28,0	29,0
					100/90*					1,10	5	1,0	5,5	26,4	25,6
					100/100*					1,10	5	1,0	5,5	24,0	21,2
13	60,0	18,0	1,2	11,10	100/60*	10,0	25,0	6,0	10,40	1,15	5	4,0	6,0	29,6	29,5
					100/70*					1,15	5	3,0	8,0	28,7	29,0
					100/80*					1,15	5	2,0	6,0	28,0	28,1
					100/90*					1,15	5	2,0	7,0	26,4	25,6
					100/100*					1,15	5	1,5	5,0	24,0	21,2

Продолжение таблицы

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1															
14	50,0	16,0	1,2	11,15	100/60*	5,0	24,0	7,0	9,65	1,20	5	2,0	7,0	29,6	29,5
					100/70*					1,20	5	2,0	6,0	28,7	29,0
					100/80*					1,20	5	2,0	6,0	28,0	28,1
					100/90*					1,20	5	2,0	6,0	26,4	25,6
					100/100*					1,20	5	1,0	5,0	24,0	21,2

t - продолжительность нагрева в мин.

* - в чистиле температура нагрева после известкования, в знаменателе - температура нагрева после добавления соды.

максимальному значению ионов магния в обрабатываемом растворе, не приводит к увеличению расхода соды. Содержание ионов кальция при 100°C после известкования остается практически постоянным и определяется величиной растворимости сульфата кальция-кальция.

Время обработки раствора при данной температуре также не оказывает существенного влияния на остаточную общую жесткость раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. მ. პრიმინი, ლ. კლიმიაშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი. წყალმომარაგების ქსელის წყალსატარების სანაციისათვის ობიექტების შერჩევის და ექსპლუატაციისას მათი კონტროლის სისტემა // ჰიდროინჟინერია №1(1). ობილისი, 2007. გვ. 42.
2. ზ. მეგრელიშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, ნ. ნაცვლიშვილი. ნახევრად საწარმოო დანადგარზე გამომუშავებული სარეგენერაციო ხსნარების თერმოქიმიური დარბილების შესახებ // ჰიდროინჟინერია №1(5). ობილისი, 2008. გვ. 34.
3. ზ. მეგრელიშვილი, ლ. კლიმიაშვილი. ნატრიუმის სულფატის ხსნარის მეშვეობით ნატრი-კატიონიტური ფილტრების რეგენერაციის პროცესის გამოკვლევა // ჰიდროინჟინერია №3(3). ობილისი, 2007. გვ. 37.

შაპ 628.1

ტყლის ეკოლოგიური ექსპრტიზის შესახებ

ლ. ქობულაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი

რეზიუმე: განხილულია თანამედროვე ეტაპზე წყლის ეკოლოგიური ექსპრტიზის შესაძლებლობები და აღნიშნულია სირთულეები, რომლებიც დაკავშირებულია ეკოლოგიური ექსპრტიზის ჩატარებისას მრავალპროფილიანი დარგების სპეციალისტების გამოყენებასთან.

შემოთავაზებულია კომპლექსური მიღვომა, რომელიც ითვალისწინებს ექსპრტიზის სამუშაოთა ჩატარებას არა ცალკეული მეთოდებისა და მეთოდიკების გამოყენებით, არამედ სასამართლო ეკოლოგიური ექსპრტიზის ჩარჩოში დასკვნისა და რეკომენდაციების პროფილაჭრის დონისძიებების თრ ეტაპად შედგენას.

რეკომენდაციებულია ეკოლოგიური ექსპრტიზის არსებული მეთოდოლოგიის საფუძველზე, ცალკე მიმართულებად ჩამოყალიბებების სასამართლო ეკოლოგიური ექსპრტიზა.

საპანძო სიტყვები: ეკოლოგია; ექსპერტიზა; სასამართლო ეკოლოგიური ექსპრტიზა; სამართალწარმოება; წყლის ხარისხი; დაბინძურება; მავნე ნივთიერებები.

1. შესავალი

თანამედროვე ეტაპზე ექსპერტიზას და მასთან დაკავშირებულ სპეციალურ კვლევებს მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება წყლის ხარისხის და შესაძლო დაბინძურების დადგენაში.

არსებული მდგომარეობით ექსპერტიზა შეიძლება განვიხილოთ ორი მიმართულებით, როგორც არასასამართლო და სასამართლო ექსპერტიზა. პირველ შემთხვევაში ის არ არის დაკავშირებული სამართალწარმოებასთან, მეორე შემთხვევაში კი შემადგენელი ნაწილია იმ მოქმედებათა ციკლისა, რომელიც უკავშირდება დანაშაულის შემადგენლობის მტკიცებას, დანაშაულის გახსნას და დამნაშავეთა აღმოჩენას.

ორიგე შემთხვევაში ადგილი აქვს კონკრეტული ამოცანის შესაბამისად სპეციალური ცოდნის გამოყენებას სხვადასხვა კვლევის სქემების შერჩევით. მხოლოდ სასამართლო ექსპერტიზის ჩატარებას კვლევების წარმოება მთლიანად მოქცეულია კანონმდებლობით გათვალისწინებული პროცესის ჩარჩოში.

წყლის კვლევისათვის გამოსაყენებელი მეთოდების კომპლექსი შეიძლება იყოს არსებული რეკომენდებული მეთოდიკების შესაბამისი, ან ასევე შერჩეული სპეციალური ცოდნის მქონე პირის (პირების) მიერ ამ მეთოდიკების და მეცნიერების თანამედროვე მიღწევების შედეგების გამოყენების მიხედვით. არასასამართლო ექსპერტიზის შემთხვევაში ასეთი ექსპერტიზა შეიძლება ჩატარდეს ერთპიროვნულად ან ექსპერტთა კომისიის მიერ. კომისიაში შეიძლება მონაწილეობა მიიღონ როგორც ერთი და იმავე, ასევე სხვადასხვა სპეციალობის პირებმა.

სასამართლო ექსპერტიზის წარმოების შემთხვევაში, კანონმდებლობა არეგულირებს ამ საკითხს კომპლექსური და საკომისიო ექსპერტიზების დანიშვნით, ანალოგიურად ზემოთ აღნიშნულისა და პროცესუალური ნორმების მოთხოვნების მკაცრი შესრულებით.

აუცილებელია ყურადღების გამახვილება იმ ფაქტზე, რომ კომპლექსურ სასამართლო ექსპერტიზას ატარებენ განსხვავებული საექსპერტო სახეობის დარგში სპეციალური ცოდნის პირები ან პირი, რომელიც ფლობს შესაბამის სპეციალობებს. ამ დროს შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ერთი ან რამდენიმე მეთოდი, ე.ი. მეთოდების კომპლექსი, რომელიც პრაქტიკაში გამოიყენება როგორც ერთპიროვნული არაკომპლექსური, ისე კომპლექსური ექსპერტიზის შედგენისას, როგორც ცალკეული საექსპერტო კვლევის სტრუქტურის შემადგენელი ელემენტი.

2. ძირითადი ნაწილი

ზემოთ აღნიშნული გარემოების გათვალისწინება განსაკუთრებულად ყურადსაღებია სასამართლო ეკოლოგიური ექსპერტიზის დანიშვნის და წარმოების შემთხვევებში. ეს გამომდინარეობს იმ ფაქტიდან, რომ ეკოლოგიური ექსპერტიზის ამოცანების გადასაწყვეტად საჭიროა არა მარტო ეკოლოგების, არამედ მრავალი დარგის სპეციალისტების მონაწილეობა.

ეკოლოგიის სფეროში, როდესაც საკითხი დგას წყლის (შეიძლება ანალოგიურად განვიხილოთ ჰაერი, ნიადაგი) რესურსების (მდინარეები, ტბები,

ზღვები, წყაროები) სარგებლობის წესის დარღვევასთან, დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად ინიშნება ექსპერტიზა. საკითხის რეგულირება შესაძლებელია სხვადასხვა კლასის ექსპერტების გამოყენებით, მაგალითად, კერძო ამოცანის გადასაწყვეტად შეიძლება ჩატარდეს კრიმინალისტიკური, ბიოლოგიური, ტოქსიკოლოგიური და სხვა ექსპერტიზა. მაგრამ, როდესაც პრობლემა დაკავშირებულია მთლიანი ეკოლოგიური სურათის დადგენასთან, ეკოლოგიური ცვლილებებისა და ეკოლოგიური კატასტროფის შედეგებთან, მიზანშეწონილია საექსპერტო სამუშაოები ჩატარდეს არა ცალკეული მეთოდების და მეთოდიკების გამოყენებით, არამედ ეკოლოგიური კერძოდ, სასამართლო ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩარჩოში.

მნიშვნელოვანი ადგილი ექსპერტიზის წარმოებაში უკავია იმ როლს, რომელიც უკავშირდება პროფილაქტიკური ხასიათის ზომების განხორციელებას უკვე მიღებული გამოცდილებიდან გამომდინარე, ძირითადად საექსპერტო პრაქტიკის განზოგადების საფუძველზე. პრევენციული ზომების მიღება შესაძლებელია აღნიშნული სამუშაოების ჩატარების შედეგად შემუშავებული და შესაბამისი კომპეტენტური ორგანიზაციების - სამთავრობო და არასამთავრობო ორგანიზაციებისთვის რეკომენდაციების მიწოდებით, რეაგირების ხარისხის მონიტორინგით.

ეს საკითხები ეხება წყლის დაბინძურებას, დანაგვიანებას, წყალზე სხვადასხვა ისეთი უარყოფითი ზემოქმედების დადგენას, რომელმაც შეიძლება დააზიანოს მოსახლეობის ჯანმრთელობა, შეამციროს თევზის მარაგი, გააუარესოს წყალმომარაგების პირობები, გამოიწვიოს წყლის ფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური თვისებების გაუარესება, ბუნებრივი თვითგაწმენდის გაუარესება, პიდროლოგიური და პიდროგეოლოგიური რეჟიმის დარღვევა, მათ შორის მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენოს გარემოზე წყლით სარგებლობის წესის სხვადასხვა დარღვევით; მაგნე ნივთიერებების, სხვა ნარჩენების და მასალების ზღვაში უკანონო ჩაშვებით და ა. შ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ეკოლოგიური ექსპერტიზის წარმოება შეიძლება განვიხილოთ როგორც დასკვნისა და პროფილაქტიკური დონისძიებების ჩასატარებლად, ისე რეკომენდაციების შედგენისას ორ ეტაპად. ზემოთ აღნიშნული ამოცანების მიხედვით, ეკოლოგიური ექსპერტიზის წინაშე, სხვა საკითხებთან ერთად, გადასაწყვეტად შეიძლება იყოს დასმული ისეთი საკითხები, რომლებიც კავშირშია:

- წყლის ნიმუშში დამბინძურებელი და მავნე ნივთიერებების არსებობის (არარსებობის) ფაქტთან. ამ ნივთიერებების, კერძოდ ეკოლოგიურად მავნე ნივთიერებების, მათი ნიშან-თვისებებისა და კონცენტრაციების დადგენასთან;
- წყლის გამოყენების სფეროს და პირობების დადგენასთან;
- კონკრეტულ პირობებში დამბინძურებელი, მავნე ნივთიერებების წყალთან ურთიერთმოქმედებასთან დაკავშირებით, ამ ნივთიერებების გარდაქმნის, დაშლის და სხვა მოვლენების დადგენასთან;
- დამბინძურებელი, მავნე ნივთიერებების წარმოშობის წყაროს დადგენასთან;
- ინდივიდუალურად გამოყოფილი წყლის (დაბინძურებული წყლის) მოცულობის იდენტიფიკაციასთან.

3. დასპეციალური მიერ შესაძლებელია გადაწყდეს კლასიფიკაციური,

დიაგნოსტიკური და საიდენტიფიკაციო ამოცანები. ეკოლოგიური პრევენციის მიმართულებით საექსპერტო კვლევის პროცესის მეორე ეტაპზე რეკომენდაციების შემუშავება ეფუძნება იმ ინფორმაციას, რომელიც, როგორც წესი, მრავალფეროვანია და რომლის გაანალიზების შედეგად შესაძლებელია დიდი ინფორმაციული მნიშვნელობის გარკვეული კანონზომიერებების გამოვლენა.

უნდა აღვნიშნოთ ის გარემოება, რომ პრევენციული პროფილაქტიკური დონისძიებების ჩატარების მიზნით, საექსპერტო პროგნოზირება შეიძლება შეთავსებულ იქნეს კრიმინოლოგიურ პროგნოზირებასთან, იყოს მასზე დაყრდნობილი და მისი შემავსებელი. ასეთი კომპლექსური მიდგომა საკითხისადმი იძლევა პროგნოზის დარგში ისეთ ეფექტს, რომელიც მიზანმიმართულად ახდენს ეკოლოგიური პრევენციის დონისძიებების ჩატარების ორგანიზაციას და დაგეგმვას. ასეთი მიდგომა თანამედროვე ეტაპზე საშუალებას იძლევა, ახალ საფეხურზე აყვანილ იქნეს ეკოლოგიური ექსპერტიზის მეთოდოლოგია და არსებული საფუძვლების გამოყენებით, ცალკეულ მიმართულებად ჩამოყალიბდეს სასამართლო ეკოლოგიური ექსპერტიზა.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კანონი საქართველოს სისხლის სამართლისა და სისხლის სამართლის საპროცესო კოდექსებში ცვლილებების და დამატებების შეტანის შესახებ. თბილისი, 1996.
2. Кобулашвили Л. Л. Экспертное исследование вод и спиртосодержащих жидкостей с целью решения пограничных юридических и технических задач // Труды Грузинского технического университета, №3(449). Тбилиси: Технический университет, 2003, с 137-140.
3. ქობულაშვილი ლ., კლიმიაშვილი ლ., ნაცვლიშვილი ნ. ჩამოსხმული სასმელი და მინერალური წყლების ფალსიფიცირების ფაქტის დადგენის შესახებ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და საინჟინრო აკადემიის სამეცნიერო-ტექნიკური ურნალი “პიდროინჟინერია” № 1(5), თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2008, გვ. 22-28.

უაკ 621.315.592

წრფივად-დეფორმირებად ფუძეზე მდებარე გადაჯვარედინებული კოჭების გაანგარიშება

თ. ქიქავა

(ბათუმის შოთა რუსთაველის სახ. სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: შემოთავაზებულია გადაჯვარედინებული კოჭოვანი საძირკვლების გაანგარიშების მეთოდიკა. დადგენილია წრფივ განტოლებათა სისტემა კოჭების ურთიერთგადაკვეთის წერტილებში წარმოქმნილი უცნობი ძალების განსაზღვრის მიზნით. ამის შემდეგ, თითოეული კოჭი მასზე მოდებული დატვირთვებით განიხილება და გაიანგარიშება დამოუკიდებლად, როგორც კოჭი თავისუფლად მდებარე წრფივად-დეფორმირებად ფუძეზე. განხილულია კონკრეტული მაგალითი.

საკვანძო სიტყვები: კოჭოვანი საძირკვლები; წრფივ განტოლებათა სისტემა; ძღუნავი ძომენტები; დეფორმაციის ძოდული; გრუნტის რეაქცია; ძოქნილობის ძაჩვენებელი.

1. შესავალი

სუსტ და არაერთგვაროვან გრუნტებზე მშენებარე შენობა-ნაგებობების თანაბარი დეფორმაციების უზრუნველსაყოფად, ხშირ შემთხვევაში მათ საძირკვლებს აწყობენ გადაჯვარედინებული კოჭებისაგან. ასეთი საძირკვლების გაანგარიშებისას სასურველია იგი განხილულ და გაანგარიშებულ იქნეს, როგორც წრფივად-დეფორმირებად ფუძეზე მდებარე საძირკვლების კონსტრუქციები.

2. შინაარსი

თავდაპირველად ვადგენთ წრფივ განტოლებათა სისტემას ზოლების გადაკვეთის წერტილებში წარმოქმნილი უცნობი Y_{mn} ძალვების განსაზღვრისათვის ox ღერძის მიმართულებით, ხოლო

$$Y_{mn} + Y_{mn}^1 = N_{mn}$$

ფორმულით ვპოულობთ oz ღერძის მიმართულებით მოქმედ Y_{mn}^1 ძალებს. ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში გვექნება იმდენი განტოლება, რამდენი გადაკვეთის წერტილიცაა მოცემული. უცნობი ძალების პოვნის შემდეგ, თითოეული კოჭი განიხილება დამოუკიდებლად მასზე მოდებული დატვირთვებით, როგორც კოჭი თავისუფლად მდებარე წრფივად დეფორმირებად ფუძეზე და თითოეული ამ კოჭისათვის აიგება გრუნტის რეაქციის და მღუნავი მომენტების ეპიურები.

განვიხილოთ ურთიერთგადამკვეთი კოჭები (ნახ.1ა), უნდა ავაგოთ P და M -ის ეპიურები. დავუშვათ, კოჭების სიგრძეებია:

$$L_{x1} = L_{x2} = L_{z1} = L_{z2} = L_{z3} = L;$$

$$\text{მოქნილობის მაჩვენებელი } \alpha_{x1} = \alpha_{x2} = \alpha_{z1} = \dots = \alpha_{z3} = 100;$$

$$\text{დრეკადობის მოდული } E_{x1} = E_{x2} = E_{z1} = \dots = E_{z3};$$

$$\text{ძალების მოდების კოორდინატები } \beta_1 = 0.1; \beta_2 = 0.4; \beta_3 = 0.9;$$

$$\text{გრუნტის დეფორმაციის მოდულები } E_{0(x1)} = E_{0(x2)} = E_{0(z1)} = E_{0(z2)} = E_{0(z3)};$$

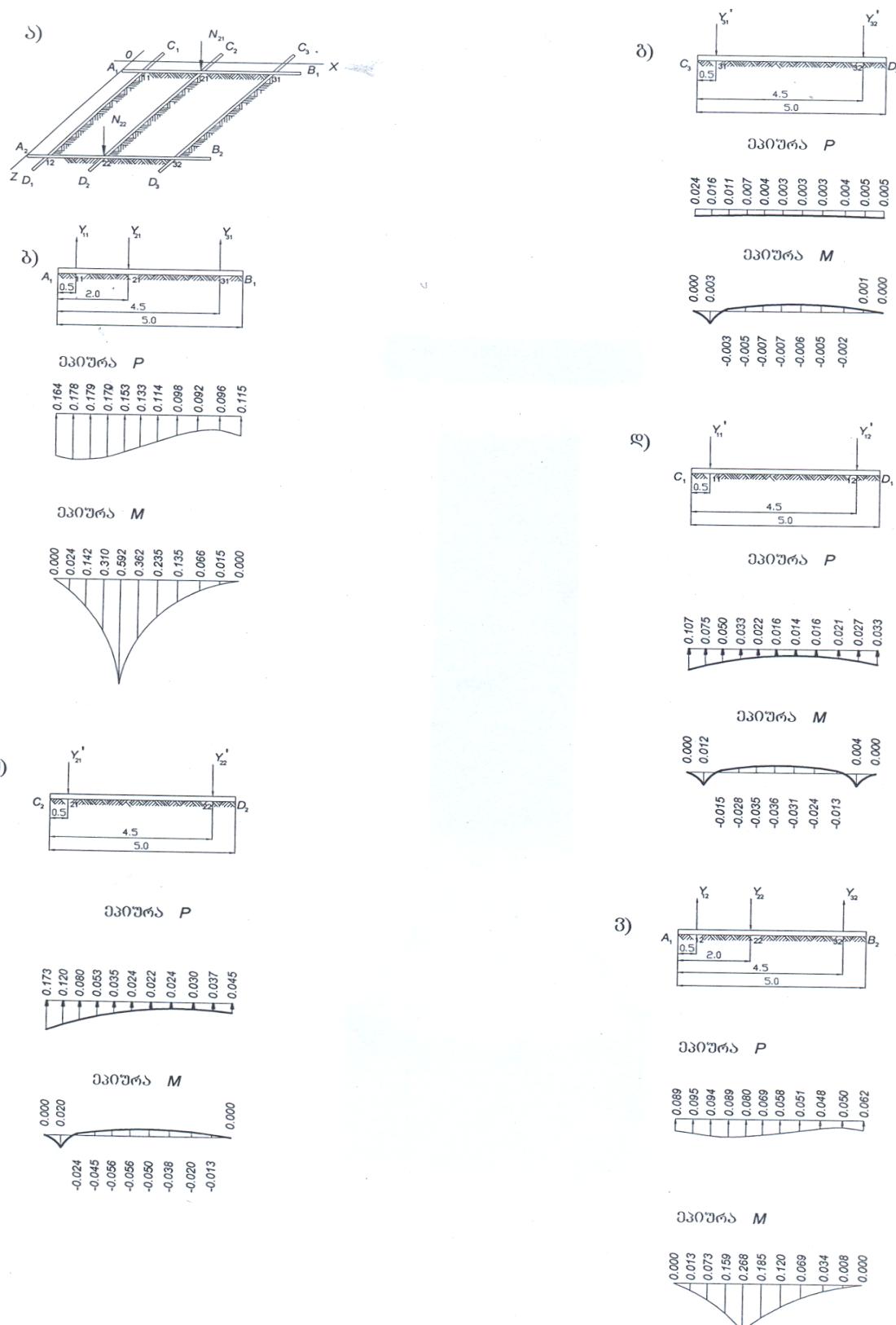
$$\text{დატვირთვები } N_{11} = N_{12} = N_{31} = N_{32} = 0; \quad N_{21} = P, \quad N_{22} = 0.5P.$$

(IX-6a) და (IX-6б) [3] განტოლებებიდან ვღებულობთ წრფივ განტოლებათა სისტემას ექსივე საკვანძო წერტილისათვის, რომლებსაც აქვს შემდეგი სახე:

$$\underline{\underline{Y}}_{3(11)x}^{(11)} Y_{11} + \underline{\underline{Y}}_{3(21)x}^{(11)} \cdot Y_{21} + \underline{\underline{Y}}_{3(31)x}^{(11)} \cdot Y_{31} + \underline{\underline{Y}}_{3(11)z}^{(11)} Y_{11} + \underline{\underline{Y}}_{3(12)z}^{(11)} \cdot Y_{12} = 0;$$

$$\underline{\underline{Y}}_{3(11)x}^{(21)} Y_{11} + \underline{\underline{Y}}_{3(21)x}^{(21)} \cdot Y_{21} + \underline{\underline{Y}}_{3(31)x}^{(21)} \cdot Y_{31} + \underline{\underline{Y}}_{3(11)z}^{(21)} Y_{21} + \underline{\underline{Y}}_{3(22)z}^{(21)} \cdot Y_{22} = \underline{\underline{Y}}_{3(21)z}^{(21)} P + \underline{\underline{Y}}_{3(22)z}^{(21)} p \Big/ 2;$$

$$\underline{\underline{Y}}_{3(11)x}^{(31)} Y_{11} + \underline{\underline{Y}}_{3(21)x}^{(31)} \cdot Y_{21} + \underline{\underline{Y}}_{3(31)x}^{(31)} \cdot Y_{31} + \underline{\underline{Y}}_{3(31)z}^{(31)} Y_{31} + \underline{\underline{Y}}_{3(32)z}^{(31)} \cdot Y_{32} = 0;$$



ა - მოცემული სქემა;
ბ, გ, ღ, ე, ზ- ეპიურები დატვირთვების სხვადასხვა მდებარეობისათვის

$$\overset{-(12)}{Y}_{3(12)x} Y_{12} + \overset{-(12)}{Y}_{3(22)x} \cdot Y_{22} + \overset{-(12)}{Y}_{3(32)x} \cdot Y_{32} + \overset{-(12)}{Y}_{3(11)z} Y_{11} + \overset{-(12)}{Y}_{3(12)z} \cdot Y_{12} = 0;$$

$$\overset{-(22)}{Y}_{3(12)x} Y_{12} + \overset{-(22)}{Y}_{3(22)x} \cdot Y_{22} + \overset{-(22)}{Y}_{3(32)x} \cdot Y_{32} + \overset{-(22)}{Y}_{3(21)z} Y_{21} + \overset{-(22)}{Y}_{3(22)z} \cdot Y_{22} = \overset{-(22)}{Y}_{3(21)z} P + \overset{-(22)}{Y}_{3(22)z} \frac{P}{2};$$

$$\overset{-(32)}{Y}_{3(12)x} Y_{12} + \overset{-(32)}{Y}_{3(22)x} \cdot Y_{22} + \overset{-(32)}{Y}_{3(32)x} \cdot Y_{32} + \overset{-(32)}{Y}_{3(31)z} Y_{31} + \overset{-(32)}{Y}_{3(32)z} \cdot Y_{32} = 0.$$

თუ ამ განტოლებებში შევიტანთ $\overset{-(11)}{Y}_{3(11)x}, \dots, \overset{-(32)}{Y}_{3(32)z}$ მნიშვნელობებს V-4 [3] ცხრილიდან და მოვახდეთ გარდაქმნებს, მივიღებთ:

$$8.910Y_{11} + 1.296Y_{21} + 0.443Y_{31} + 0.443Y_{12} = 0;$$

$$2.789Y_{11} + 5.968Y_{21} + 1.803Y_{31} + 0.443Y_{22} = 2.6705P;$$

$$0.443Y_{11} + 0.324Y_{21} + 8.910Y_{31} + 0.443Y_{32} = 0;$$

$$8.910Y_{12} + 1.296Y_{22} + 0.443Y_{32} + 0.443Y_{11} = 0;$$

$$2.789Y_{12} + 5.968Y_{22} + 1.803Y_{32} + 0.443Y_{21} = 2.6705P;$$

$$0.444Y_{12} + 0.324Y_{22} + 8.910Y_{32} + 0.443Y_{31} = 0.$$

თუ ამოვხსნით ერთობლივად მიღებულ განტოლებებს, მივიღებთ:

$$Y_{11} = -0,114P; \quad Y_{21} = 0,811P; \quad Y_{31} = -0,018P;$$

$$Y_{12} = -0,055P; \quad Y_{22} = 0,4204P; \quad Y_{32} = -0,0117P.$$

ვიცით რა $Y_{11}, Y_{21}, \dots, Y_{32}$, ვპოულობთ Y_{11}', Y_{21}' . რის შემდეგაც ვაგებთ გრუნტის რეაქციის და მღუნავი მომენტების ეპიურებს, რომლებიც ნაჩვენებია ნახაზზე.

3. დასკვნა

ამ მეთოდიკის მიხედვით შეიძლება გაანგარიშებულ იქნეს გადაჯვარედინებული კოჭოვანი საძირკვლები, განვიხილავთ რა მათ, როგორც წრფივად-დეფორმირებად ფუძეზე მდებარე კონსტრუქციებს. კონკრეტული მაგალითისათვის გაანგარიშების შედეგად აგებულია მღუნავი მომენტებისა და გრუნტის რეაქციის ეპიურები, რომლებიც ნათელ წარმოდგენას იძლევა საძირკვლის კოჭების მუშაობაზე.

ლიტერატურა

1. Симвулиди И.А. Кикава Т.Р. Булатов В.И. Приближенный метод расчёта балки на упругом основании. ВИНИТИ 2341-86. М.,1986 .
2. Симвулиди И.А. Кикава Т.Р. Булатов В.И. Перемещение упругого полупространства под действием равномерно распределённой вдоль линии нагрузки. ВИНИТИ 2342-86. М.,1986.
3. Симвулиди И.А. Расчёт инженерных конструкций по упругом основании. М.: Высшая школа, 1978.
4. Синицын А.П. Расчет балок и плит на упругом основании за пределами упругости. М.: Стройиздат, 1974.

შპლ 628.1

წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემების ოპტიმიზაციის
ამოცანებში დამატებითი მოთხოვნების ბათვალისწინების შესახებ

ი. ცარციძე, ნ. კიკაჩევიშვილი

(შპს “თბილისის წყალი”, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემების
ამოცანების მატემატიკური დაგალითების გაანგარიშების დროს
დამატებითი პირობების, კერძოდ, ტექნიკური ხასიათის და
ადგილობრივ ბუნებრივ-ეკონომიკურ მოთხოვნათა გათვალისწინების
შესაძლებლობა, როგორებიცაა შეზღუდვა: მოთხოვნილ სიმძლავრეზე,
კაპიტალური გადახდებებზე, ტუბმოს აწევის სიმაღლეზე, გეოდეზიური
ნიშნულების გათვალისწინებაზე, არსებული მიღებადების და
ხელხარჯების მახალის მიღების შერჩევაზე, ადგილობრივი
ეკონომიკური ხასიათის პირობებზე და სხვ.

საკვანძო სიტყვები: მატემატიკური; დაყვანილი ღირებულება; ბუნებრივ-ეკონიმიკური
შეზღუდვები; მოთხოვნილი პირობების გათვალისწინების ნიშნული.

1. შესავალი

წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემების ამოცანების ოპტიმიზაციის
მეთოდოლოგია [1] შეიცავს ამოცანის მხოლოდ ძირითად პირობებს, ე.წ.
შეზღუდვებს, კერძოდ: სიგრძის და დაწნევების ბალანსის, რგოლის შეკვრის,
მკვებავი წყაროების არსებობა - არარსებობის და მათ მიერ ნაკადების შეხვედრის
კვანძში შექმნილი დაწნევების ტოლობის პირობებს და სხვ. სტატიებში [2,3]
სხვადასხვა სქემის მქონე ამოცანების განხილვის დროს, მათემატიკური მოდელი
საშუალებას იძლევა გავითვალისწინოთ კონკრეტული მაგალითისთვის
დამახასიათებელი მთელი რიგი დამატებითი მოთხოვნები, რომელთაც შეუძლიათ
არსებითი ცვლილებების შეტანა ოპტიმალურ გადაწყვეტილებაში.

2. მირითადი ნაწილი

დამატებითი მოთხოვნების არსებობა განპირობებულია როგორც ტექნიკური, ადგილობრივი ბუნებრივ-ეკონომიკური პირობებით. ყოველი ასეთი პირობისათვის იწერება შესაბამისი განტოლება ან უტოლობა, რომელიც ემატება ამოცანის მათემატიკურ მოდელს, ან სათანადო ცვლილებები შეკვავთ ძირითად მოდელში. ამრიგად, ოპტიმალური ვარიანტის ძიება წარმოებს ამ მოთხოვნების გათვალისწინებით.

1. ტექნიკური ხასიათის მოთხოვნები

ა) ენერგომომმარაგებელ ორგანიზაციას, სხვადასხვა მიზეზების გამო, არა აქვს ტუმბოების მუშაობისათვის საჭირო მოთხოვნილი სიმძლავრის (N_{ϕ}) დაკმაყოფილების შესაძლებლობა და გვთავაზობს შედარებით ნაკლებ სიმძლავრეს ($N_{\text{ამ}_3}$). ამიტომ, ზოგჯერ საჭიროა ამოცანა ამოიხსნას წინასწარ ცნობილი ნებადართული სიმძლავრის გათვალისწინებით.

ასეთ შემთხვევაში, განსახილველი ამოცანის მათემატიკურ მოდელში, ძირითადი შეზღუდვების პარალელურად, უნდა შევიყვანოთ სიმძლავრის შეზღუდვის პირობა, რომელსაც ექნება სახე: $N_{\phi} \leq N_{\text{ამ}_3}$. მიღებული შეზღუდვის გათვალისწინების შედეგად შეიცვლება შესაბამისი პარამეტრები, კერძოდ, შემცირდება ტუმბოს აწევის სიმაღლე, რათა მოთხოვნილი სიმძლავრე იყოს ნებადართულის ტოლი ან არ აღემატებოდეს მას. რასაკვირველია, ამ დროს შემცირდება საექსპლუატაციო დანახარჯები, მაგრამ ეს გამოიწვევს სისტემის ზოგიერთი უბნის დიამეტრის და, შესაბამისად, მათი მშენებლობის დირექტულების ან დაყვანილი დირექტულების ოპტიმალური მნიშვნელობის ზრდას;

ბ) ზოგჯერ დამკვეთს არა აქვს ობიექტის განხორციელებისათვის საჭირო თანხა ($C_{\text{ამ}}$). ამისათვის მას შეუძლია ნაკლები რაოდენობის თანხის ($C_{\text{ამ}_3}$) გაღება და საჭირო ხდება გადაწყვეტილების მიღება შეზღუდული დაფინანსების პირობებში. ამ შეზღუდვის გასათვალისწინებლად საკმარისია ამოცანის მათემატიკურ მოდელში დამატებით შევიტანოთ შეზღუდვა $C_{\text{ამ}} \leq C_{\text{ამ}_3}$.

ამოხსნის შედეგად მივიღებთ, რომ მშენებლობის დირექტულება, მიღსადენების დიამეტრების შემცირების ხარჯზე, მართლაც არ იქნება მოთხოვნილ სიდიდეზე მეტი. სამაგიეროდ, გაიზრდება სატუმბი სადგურის აწევის სიმაღლე და,

შესაბამისად, დანახარჯები სისტემის ექსპლუატაციაზე, კ.ი. გაიზრდება დაყვანილი დირექტულების მნიშვნელობაც.

არ არის გამორიცხული, რომ ჭეშმარიტად ოპტიმალური ვარიანტის განხორციელებისათვის საჭირო თანხა (C_{opt}) აღმოჩნდეს ნაკლები ან ტოლი თანხისა, რომელიც აქვს დამკვეთს. ასეთ შემთხვევაში, განხილული შეზღუდვა ზემოქმედებას ვერ მოახდენს;

გ) არცთუ იშვიათად, გაანგარიშების შედეგად მიღებული ტუმბოს აწევის სიმაღლე (H_{d}) არ ემთხვევა კატალოგის მონაცემებს. ამ შემთხვევაში უნდა დადგინდეს ტუმბოს კატალოგისეული აწევის სიმაღლის შესაბამისი პარამეტრები.

მაგალითად, თუ გაანგარიშების შედეგად ტუმბოს აწევის სიმაღლეა, დავუშვათ, 62,81 მ., მაშინ კატალოგის მიხედვით უნდა შეირჩეს ტუმბო, რომლის აწევის სიმაღლე შეადგენს 70 მ-ს. იმისათვის, რომ გავითვალისწინოთ ეს გარემოება, ამოცანის მათემატიკურ მოდელში დამატებით უნდა შევიყვანოთ პირობა, $H_{\text{d}}=70$. ამ მოთხოვნის გათვალისწინებით, ამოცანის გადაანგარიშების შედეგად შეიცვლება ადრე მიღებული პარამეტრების მნიშვნელობები; მაგალითად, შეიცვლება უბნების დიამეტრები (შემცირდება, თუ ტუმბოს აწევის სიმაღლე მიღებულ იქნა მეტი და პირიქით). რასაკირველია, შესაბამისად შეიცვლება დაყვანილი დირექტულება.

გამოყენებული ტუმბო-დანადგარების, მიღების სორტამენტის და კონკრეტული ტექნიკური ან ადგილობრივი მოთხოვნილების შესაბამისად, ზოგჯერ აუცილებელია მკვებავი წყაროს მიერ განვითარებული დაწნევების (ტუმბოს აწევის სიმაღლის H_{d} , კოშკის სიმაღლის H_s და რეზერვუარის ძირის ნიშნულის z_e) შეზღუდვა. მაგალითად, რომ შეიზღუდოს მკვებავი წყაროს მიერ განვითარებული დაწნევის ზედა ზღვარი, ანუ მისი მნიშვნელობა იყოს მოცემულ B სიდიდეზე ნაკლები ან მისი ტოლი, საკმარისია ჩაიწეროს პირობა $H_{\text{d}} \leq B$;

დ) პროგრამა Excel-ი იძლევა მიზნის ფუნქციის წინასწარ ცნობილი მნიშვნელობის შესაბამისი ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღების შესაძლებლობას. ასეთი შესაძლებლობა გათვალისწინებულია თვით პროგრამაში, შესაბამისი ოფციის გააქტიურების გზით; ასე რომ, რამე დამატებითი პირობის შეყვანა საჭირო აღარ არის.

უნდა ითქვას, რომ ზემოთ განხილულ ყველა შემთხვევაში გაანგარიშება ჩატარდება მაშინაც კი, როდესაც სხვადასხვა მოთხოვნებს შორის არსებობს

შეუსაბამობა (წინააღმდეგობა); მაგრამ აღმოჩნდება, რომ ირდვევა ამოცანის რომელიმე პირობა. თუ ასეთი რამ მოხდა, უნდა გადაისინჯოს შეზღუდვების პირობები და შესაბამისი კორექტივები შეტანილ იქნეს ან შეზღუდვების მოთხოვნებში, ან თვით ამოცანის პირობებში.

ე) Excel-ის ცხრილისათვის დამახასიათებელია, რომ ნებისმიერი უჯრედის მონაცემის შეცვლა იწვევს ყველა იმ უჯრედის მონაცემების შეცვლას, რომლებიც დაკავშირებულია მასთან. აქედან გამომდინარე, იქმნება შესაძლებლობა საწყის მონაცემებში (უბნების საანგარიშო ხარჯები, სიგრძე, მილის მასალა, საანგარიშო დიამეტრი და ა.შ.) სათანადო ცვლილებების შეტანით, გავიანგარიშოთ ერთი მაგალითის რამდენიმე ვარიანტი. ამასთან, ამ ვარიანტების ურთიერთშედარებით ჩავატაროთ შესაბამისი ანალიზი და გამოვიტანოთ მთელი რიგი სასარგებლო დასკვნები; მაგალითად, თუ როგორ გავლენას ახდენს ელექტროენერგიისა და მილსადენის მშენებლობის ღირებულების და სხვა პარამეტრების ცვალებადობა ეკონომიკური სიჩქარეების ცვალებადობაზე, ზოგადად, ოპტიმალურ გადაწყვეტილებაზე და ა.შ.

2. ადგილობრივი ბუნებრივ-ეკონომიკური მოთხოვნები

კონკრეტული ამოცანის ამოხსნის დროს საკმაოდ ხშირად იქმნება ბუნებრივ-ეკონომიკური შეზღუდვების გათვალისწინების აუცილებლობა. მათი მიზანია დაკავშირებულონ მოთხოვნები, რომლებიც წარმოიშობა ადგილობრივი რეალური პირობების გათვალისწინების შედეგად. ასეთ პირობებს განეკუთვნება: წყალსატარისა და ქსელის ზოგიერთ შუალედურ კვანძებში მოთხოვნილი დაწევების დაკავშირებულება (თუ არსებობს ეჭვი, რომ ასეთ კვანძებში საჭირო დაწევები დაკავშირებულებული არ იქნება); რომელიმე კვეთის მილების ან რომელიმე მარკის ტუმბოების არარსებობა, ან მათი მხოლოდ შეზღუდული რაოდენობით გამოყენების შესაძლებლობა; არსებული მილსადენების და მკვებავი წყაროების გამოყენების რენტაბელურობის განსაზღვრა; ხელსაყრელი მასალის მილის შერჩევა; ტოპოგრაფიული და გეოლოგიური ან სხვა ადგილობრივი ფაქტორების გათვალისწინება, რომელთაც შეუძლიათ გავლენა იქონიონ სისტემის მშენებლობის და ექსპლუატაციის ღირებულებაზე და ა.შ.

ა) რთული (გადაკვეთილი) რელიეფური პირობების დროს ან, როდესაც მომხმარებელს აქვს განსაკუთრებული მოთხოვნები რომელიმე კვანძში თავისუფალი დაწევებისადმი და ამ მოთხოვნის დაკავშირებულება ძირითადი

შეზღუდვების შედეგად არ არის უზრუნველყოფილი, პიეზომეტრიული ხაზი ამ კვანძში გაივლის გეოდეზიურ ნიშნულზე დაბლა, რაც დაუშვებელია.

იმისათვის, რომ ქსელის და წყალსატარის ნებისმიერ შუალედურ კვანძში შენარჩუნებულ იქნეს მოთხოვნილი პიეზომეტრიული დაწნევები, უნდა დავსახოთ შესაბამისი დონისძიება; კერძოდ, იმ კვანძების მიმართ, რომლებიც ამ თვალსაზრისით ეჭვს იწვევს, საჭიროა შეიზღუდოს დაწნევის დანაკარგების მნიშვნელობა უბნებში მკვებავი წყაროდან აღნიშნულ კვანძამდე, რათა პიეზომეტრიული დაწნევები ყოველ ასეთ კვანძში არ დაეცეს მოთხოვნილ სიდიდეზე დაბლა.

ასეთი მოთხოვნა კრიტიკული კვანძების მიმართ კმაყოფილდებოდა ძირითადი შეზღუდვებით. მაგრამ, როდესაც საჭიროა ამ მოთხოვნის გათვალისწინება რომელიმე შუალედური კვანძისათვის, ანალოგიური უტოლობა უნდა ჩაიწეროს მათ მიმართაც, რათა ამ კვანძებში პიეზომეტრიული დაწნევა არ აღმოჩნდეს დასაშვებზე ნაკლები. რასაკვირველია, ასეთი პირობების რაოდენობა იქნება საეჭვო კვანძების რაოდენობის ტოლი და ყოველი ასეთი პირობა უნდა შეიცავდეს უბნებს მკვებავი წყაროდან აღნიშნულ კვანძამდე.

როდესაც პიეზომეტრიული დაწნევის მნიშვნელობის შენარჩუნება საჭიროა არა კვანძში, არამედ უბნის შიგნით (მეზობელ კვანძებს შორის), მაშინ უნდა შევქმნათ დამატებითი კვანძი, ე.ი. უბანი უნდა დაიყოს ორ ნაწილად (თანაბარი საანგარიშო ხარჯებით) და მსგავსი შეზღუდვა უნდა ჩაიწეროს მის მიმართ.

ბ) დავუშვათ, რომ ზოგიერთი მარკის ტუმბოს გამოყენება შეუძლებელია ან ზოგიერთი დიამეტრის მილი გვაქვს შეზღუდული რაოდენობით, ან საერთოდ არა გვაქს. ასეთ შემთხვევაში, მსგავსი ტუმბოების და დიამეტრის მილების გამოყენების შესაძლებლობა არ უნდა განვიხილოთ საერთოდ, ან უნდა ჩაიწეროს პირობა, რომელიც შეზღუდავს ასეთი დიამეტრების მილების გამოყენებას მოცემულ სიდიდეზე მეტი რაოდენობით;

გ) მოქმედი (არსებული) სისტემების გაფართოებისა და რეკონსტრუქციის დროს აუცილებელია განისაზღვროს არსებული მილსადენების და სატუმბი სადგურების გამოყენების არა მარტო შესაძლებლობა, არამედ მისი რენტაბელურობაც. არსებული მილსადენების გამოყენების დროს შესაძლებელია საქმე გვქონდეს სამ შემთხვევასთან:

- როდესაც, ადგილობრივი პირობებიდან გამომდინარე (მაგ., ქუჩის სიგიროვის გამო), არსებული მილსადენის პარალელურად ახალი მილსადენის

ჩალაგება (დუბლირება). შესაძლებელია მხოლოდ არსებული მიღსადენის შეცვლა (გადალაგება) შესაბამისი დიამეტრის ახალი მიღსადენით;

- როდესაც არსებობს მოქმედი მიღსადენის პარალელურად ახლის ჩალაგების (დუბლირების) შესაძლებლობა;

- როდესაც არც დუბლირება და არც გადალაგება არ არის დასაშვები (უაღრესად მნიშვნელოვანი და კეთილმოწყობილი ქუჩები).

პირველ ორ შემთხვევაში, საანგარიშო უბანზე არსებული მიღსადენი უნდა შევიყვანოთ ამავე უბანზე ჩასალაგებლად გათვალისწინებულ კვეთების რიცხვში (მაშინაც კი, თუ ასეთივე კვეთის მიღი უკვე ფიგურირებს ჩამონათვალში). ამასთან, პირველ შემთხვევაში, გაანგარიშების შედეგებში თუ დარჩება მხოლოდ არსებული მიღი, ეს ნიშნავს, რომ იგი სრულად აკმაყოფილებს ოპტიმალურობის პირობას; თუ გაანგარიშების შედეგებში აღმოჩნდა მხოლოდ ახალი (საპროექტო) მიღსადენი, მაშინ ძველი მიღსადენი უნდა შეიცვალოს ახლით. მეორე შემთხვევაში, თუ გაანგარიშების შედეგებში ახალი მიღსადენი არ აღმოჩნდა და ფიგურირებს მხოლოდ არსებული, ისევე როგორც პირველ შემთხვევაში, რჩება მხოლოდ არსებული მიღსადენი. მაგრამ, თუ გაანგარიშების შედეგებში აღმოჩნდა ახალი მიღსადენი, მაშინ გვექნება ერთმანეთის პარალელურად მომუშავე ახალი და არსებული მიღსადენები. იმისათვის, რომ უზრუნველვყოთ ახალი და ძველი მიღსადენების პარალელური მუშაობა, საჭიროა უბნის მთლიანი საანგარიშო ხარჯი გადავანაწილოთ არსებულ და ახალ მიღსადენებს შორის. ეს საშუალებას მოგვცემს რამდენადმე შევამციროთ ახალი მიღსადენის კვეთი ისე, რომ მათ შორის დამყარდეს პიდრავლიკური წონასწორობა და უბანზე დანაკარგები დარჩეს დაახლოებით გაანგარიშების შედეგად ადრე მიღებული დანაკარგების ტოლი. მესამე შემთხვევაში, განსახილველ დიამეტრთა შორის გტოვებთ მხოლოდ არსებულ მიღსადენს.

გარდა ზემოთქმულისა, უნდა განისაზღვროს არსებული მიღსადენის ერთეული სიგრძის და სატუმბი სადგურის რეაბილიტაციის (როდესაც ეს საჭიროა) დირექტულება. თუ არსებული ნაგებობების შემდგომი ექსპლუატაციისათვის არავითარი აღდგენით-პროფილაქტიკური სამუშაოების ჩატარება არ არის აუცილებელი, მაშინ ასეთი ნაგებობის ერთეული ღირებულება მიიღება ნულის ტოლი. აღდგენითი სამუშაოების ჩატარების აუცილებლობის შემთხვევაში, მისი დირექტულება განისაზღვრება ყოველი შემთხვევისათვის ცალ-ცალკე;

დ) ზოგჯერ, მთელ სისტემაში ან წყალსატარისა და ქსელის ცალკეულ უბნებზე ტექნიკურად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა მასალის მიღები (თუჯი, ფოლადი, პლასტმასა), რომლებსაც აქვს განსხვავებული ფასი, წინადობის კოეფიციენტი და დანარიცხების მნიშვნელობა ამორტიზაციასა და მიმდინარე შეკეთებაზე. ასეთ შემთხვევაში დგას ამოცანა, თუ რომელი მასალის მიღის გამოყენება არის რენტაბელური. ამ დროს განსახილველ დიამეტრებს შორის საჭიროა შევიტანოთ ერთსა და იმავე კვეთის, მაგრამ განსხვავებული მასალის ყველა სასურველი მიღი, შესაბამისი ფასითა და კუთრი წინადობით. ამასთან, ფასში გათვალისწინებულ უნდა იქნეს სხვადასხვა მასალის მიღებისათვის დამახასიათებელი კოეფიციენტები ამორტიზაციასა და მიმდინარე შეკეთებაზე;

ე) ადგილობრივი ეკონომიკური ხასიათის პირობები, რომლითაც ხასიათდება რეალური ობიექტები, საკმაოდ დიდ გავლენას ახდენს მიღსადენის და სატუმბი სადგურის მშენებლობის ღირებულებასა და მის საექსპლუატაციო დანახარჯებზე.

ნაგებობების მშენებლობის ღირებულება ყოველი კონკრეტული ობიექტისათვის ცვალებადია და დამოკიდებულია: გეოლოგიურ პირობებზე (გრუნტის კატეგორია, აგრესიულობა, მიწისქვეშა წყლების არსებობა და მათი მოდინების სიმძლავრე), ნაგებობის ჩაღრმავებაზე, თხრილის სახეზე (გამაგრებით თუ გამაგრების გარეშე), ნიადაგის დამუშავების ტექნოლოგიაზე (ხელით თუ მექანიზებული წესით) და სხვ. ეს სიდიდეები, ხშირად, ცვალებადია არა მარტო ცალკეული ობიექტისათვის, არამედ კონკრეტული ობიექტის ცალკეული უბნებისათვისაც კი.

ჩვენ მიერ განსახილველ ამოცანებში ნაგებობების მშენებლობის ღირებულების ცვალებადობის გათვალისწინება ყოველი კონკრეტული ობიექტისათვის ხდება საკმაოდ მარტივად და ეს ღირებულებები ცნობილი იქნება წინასწარ შესაბამისი სახარჯთაღრიცხვო გაანგარიშების, ანალოგიის ან გამსხვილებული ნორმების გამოყენებით.

ელექტროენერგიის ღირებულების ცვალებადობის გათვალისწინება ხდება უშუალოდ Excel-ის ცხრილში. მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია ობიექტის გეოგრაფიულ მდებარეობაზე, უწყებრივ დაქვემდებარებაზე, სიმძლავრეზე და სხვ. ისიც წინასწარ იქნება ცნობილი.

3. დასკვნა

წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემების გაანგარიშების დროს, ოპტიმალური ვარიანტის განსაზღვრის თვალსაზრისით, ვადგენთ მათემატიკურ მოდელს, რომელიც შეიცავს ამოცანის ფიზიკური არსის ამსახველ ძირითად პირობებს, ე.წ. შეზღუდვებს; მაგრამ, რეალური დაპროექტების შემთხვევაში, ხშირად საჭირო ხდება მთელი რიგი, ოპტიმალურ გადაწყვეტილებაზე მოქმედი, დამატებითი მოთხოვნების გათვალისწინება.

პროგრამა Excel-ი საშუალებას გვაძლევს გავითვალისწინოთ კონკრეტული მაგალითისათვის დამახასიათებელი ტექნიკური და ბუნებრივ-ეკონომიკური მოთხოვნები. მაგალითად: შეზღუდვა ელექტროენერგიაზე, კაპდაბანდებებზე, ტუმბოს აწევის სიმაღლეზე, მიღების რაოდენობაზე და სხვ. თითოეული მათგანისთვის იწერება შესაბამისი ტოლობა ან უტოლობა, ემატება ამოცანის ძირითად მათემატიკურ მოდელს, რომელთა გათვალისწინებითაც გაიანგარიშება ამოცანა.

ლიტერატურა

1. Кикачейшвили Г. Е. Методология оптимизации систем подачи и распределения воды. Тбилиси: Технический Университет, 2003.
2. კიკაჩეიშვილი ნ., კოდუა ნ. წყლის მიწოდებისა და განაწილების სისტემების ოპტიმიზაცია პროგრამა Excel-ის საშუალებით //მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1(3), თბილისი, 2004.
3. Царцидзе Ю. Ш., Кикачейшвили Г.Е. Определение оптимальных параметров зонирования разветвленных водоводов (с помощью целочисленного линейного программирования и программы EXCEL) //Водоснабжение и санитарная техника. №1. М., 2005.

УДК 627.841

О РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ОСОБОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ (ВОЛНОВОЙ) НАГРУЗКИ НА ПЛОТИНУ

Т. Л. Гвелесиани, З.И. Цихелашвили, Т.Т. Киримлишвили-Давиташвили

(Грузинский технический университет)

Резюме: Предлагаются основные методы определения особых волновых (гидродинамических) нагрузок на плотину при экстремальных геодинамических процессах (землетрясения, оползни и др.) на основании детерминистического и вероятностного подходов. При этом, в случае вероятностной оценки, делается акцент на комплексное применение как параметрических, так и непараметрических критериев оценки достоверности принятых в расчетах значений параметров, в случае малой информации.

Ключевые слова: плотина; особая гидродинамическая (волновая) нагрузка; вероятностная оценка, параметрические и непараметрические критерии оценки параметров.

1. ВВЕДЕНИЕ

Как известно, при проектировании гидротехнических сооружений и, в частности, плотин, с целью обеспечения их надежности, следует определить нагрузки, которые делятся, в зависимости от их действия на постоянные и временные.

К временным нагрузкам относятся, в частности, особые нагрузки, вызываемые стихийными бедствиями (землетрясениями, оползне-обвальными явлениями, селевыми потоками и др.), которые обуславливают характер воздействия, обычно, с максимальными значениями параметров. К этому роду нагрузок относятся волновые (гидродинамические) воздействия на плотину, вызванные вышеуказанными стихийными явлениями.

Как показывают результаты наблюдений и теоретических исследований [1-3], вышеуказанные экстремальные волны, генерированные в водохранилищах, могут значительно превосходить по высоте и периоду волны, вызванные кратковременными

ветровыми нагрузками. Воздействия этих волн выражаются как в виде гидродинамических сил (давлений) на напорную грань плотины, так и переливом волны через ее гребень, что в свою очередь, может стать причиной ее размыва (в случае земляных или других видов плотин из природных материалов) и, следовательно, катастрофических последствий в нижнем бьефе [1].

В соответствии с вышесказанным, прогноз возникновения вышеуказанных волн (которые можно назвать экстремальными волнами) и их параметров при проектировании и эксплуатации гидроузлов, особенно в горных, сейсмоактивных районах, является важной социально-экологической и технико-экономической задачей [1].

Решению данной весьма сложной задачи посвящены многочисленные исследования. К первым из них относятся экспериментальные и теоретические работы, выполненные в Грузинском научно-исследовательском институте энергетики и энергетических сооружений под руководством вначале Г.П. Мамрадзе, а затем Т.Л. Гвелесиани [1-4]. На основании этих работ были разработаны основные принципы и расчетная методика прогноза волнообразования в водохранилищах и гидродинамических (волновых) нагрузок на гидротехнические сооружения (в частности плотины), в случае особых геодинамических процессов (оползни, обвалы, сейсмо-тектонические деформации и др.). Результаты этих исследований были включены в Государственные строительные нормы – СНИП (бывшего Союза) и другие нормативные материалы [5,6], а также в учебные методические указания [7]. Отмеченная расчетная методика использовалась при проектировании и строительстве целого ряда высоких, в том числе уникальных плотин в различных республиках бывшего СССР.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вышеуказанные исследования проводились в основном, с использованием детерминистического подхода, т.е. при решении соответствующих гидродинамических (краевых) задач в качестве граничных условий использовались определенные (фиксированные) значения расчетных параметров, полученные на основе как существующих данных натурных инженерно-геологических и геотектонических наблюдений в районе проектируемого гидроузла, так и соответствующих расчетов, связанных, например, с движением оползневого тела (с заданными размерами и по конкретному береговому склону).

В предлагаемой методике, в каждом конкретном случае статистического анализа характерных исходных параметров следует использовать как параметрические, так и

непараметрические критерии достоверности оценок генеральных параметров (математическое ожидание, дисперсия) [8,9]. В параметрическом случае будут обсуждаться сравнительные оценки генеральных параметров по разности, наблюдаемой между сравниваемыми выборками. Это важно, так как ни одно исследование не обходится без процедуры сравнений. Сравнивать приходится данные опыта с нормативными и эталонными данными. О преимуществе той или иной из сравниваемых групп судят обычно по разности между средними значениями и другими выборочными показателями - величинами случайными, сопровождаемыми ошибками репрезентативности. Вопрос о достоверности выборочной разности с ее ошибкой приходится решать исходя из той или иной гипотезы, т.е. предположения (или допущения) относительно параметров сравниваемых групп, которые выражены в терминах вероятности и могут быть проверены по выборочным характеристикам.

В области гидротехники широкое применение получила, так называемая, нулевая гипотеза (H_0). Сущность ее сводится к предположению, что разница между генеральными параметрами сравниваемых групп равна нулю и что различия, наблюдаемые между выборочными характеристиками, носят не систематический, а исключительно случайный характер. Так, если одна выборка извлечена из нормально распределяющейся совокупности с параметрами μ_x и σ_x , а другая - из совокупности с параметрами μ_y и σ_y , то нулевая гипотеза исходит из того, что $\mu_x = \mu_y$, и $\sigma_x = \sigma_y$, т.е. $\mu_x - \mu_y = 0$ и $\sigma_x - \sigma_y = 0$ (отсюда и название гипотезы – нулевая).

Для проверки принятой гипотезы, а следовательно, и достоверности оценки генеральных параметров по выборочным данным используют величины, функции распределения которых известны. Эти величины, называемые критериями достоверности, позволяют в каждом конкретном случае выявить, удовлетворяют ли выборочные показатели принятой гипотезе. Функции распределения указанных величин табулированы, т.е. сведены в специальные таблицы, где содержатся значения функции для разных чисел степеней свободы (k) или объема выборки (n) и уровней значимости (α).

Уровень значимости, как вероятность ошибки, допускаемой при оценке принятой гипотезы, может различаться. Обычно при проверке статистических гипотез принимают три уровня значимости: 5%-ный (вероятность ошибочной оценки $P = 0,05$), 1%-ный ($P = 0,01$) и 0,1%-ный ($P = 0,001$). В гидротехнических исследованиях (также и в инженерных исследованиях), если считают, к примеру, достаточным 5%-ный уровень значимости. При этом нулевую гипотезу не отвергают, если в результате исследования окажется, что вероятность ошибочности оценки относительно правильности принятой гипотезы превышает

5%, т.е. $P > 0,05$. Если $P < 0,05$, то принятую гипотезу следует отвергнуть на взятом уровне (а). Ошибка при этом возможна не более чем в 5% случаев, т.е. она сравнительно маловероятна.

Таким образом, в области гидротехники применяют два вида статистических критериев: параметрические, построенные на основании параметров данной совокупности (например, μ_x и σ_x) и представляющие функции этих параметров, и непараметрические, представляющие собой функции, зависящие непосредственно от вариантов данной совокупности с их частотами. Параметрические критерии (такие как: t – критерий Стьюдента, т.е. t распределение; F -критерий Фишера, т.е. F распределение и др.) служат для проверки параметров совокупностей, распределяемых по нормальному закону.

Непараметрические критерии (такие как: X - критерий Ван-дер-Вардена; U - критерий Уилкоксона – Манна-Уитни; критерий знаков z ; T – критерий Уилкоксона и др.) применяются для проверки рабочих гипотез независимо от формы закона распределения совокупностей (из которых взяты сравниваемые выборки). Следует отметить, что применение параметрических критериев связано с необходимостью вычисления выборочных характеристик – средней величины и показателей вариации, тогда как при использовании непараметрических критериев такая необходимость отпадает.

Ввиду сложности прогноза рассматриваемых геодинамических процессов, значения соответствующих расчетных (исходных) параметров могут в определенной степени отличаться от характеристик реального явления. В связи с этим определение влияния степени погрешностей, вносимых при задании тех или иных значений исходных параметров, является важным фактором при решении проблемы достаточно точного, с практической точки зрения, прогноза волновых нагрузок на плотину в особых (экстремальных) условиях.

Для решения этой проблемы может быть использовано два пути. Первый – это проведение систематического численного анализа результатов детальных расчетов по соответствующей аналитической зависимости при вариации значений отдельных параметров, определяющих процесс волнообразования, и при различных сочетаниях этих вариаций (разных вариантов). Второй путь – это вероятностная оценка влияния на рассматриваемой процесс степени (амплитуды) изменчивости исходных параметров, являющихся по сути случайными величинами. Первый путь требует для каждого конкретного случая существенной затраты времени и труда, второй же – более эффективный и общий, где можно использовать вышеуказанный статистический анализ с комплексным применением параметрических и непараметрических критериев достоверности оценок генеральных параметров [8,9]. Но этот путь применим лишь при наличии достаточно простой функциональной зависимости между искомой величиной и расчетными

параметрами. В настоящее время такие зависимости существуют [1,5,6]. В качестве примера ниже приводится одна из этих формул, разработанная Т. Гвелесиани в результате анализа данных компьютерных расчетов, на основании полученного им же сложного по форме решения трехмерной краевой задачи гидродинамики [4]:

$$\text{при } 20 \leq x_0^* \leq 60, \quad \frac{2B}{h} < 5.0 \quad u \quad 1 \leq t_0^* \leq 10,$$

$$\eta_{\max} = 0,05 \frac{W_{o\pi}}{2l_1 h} \cdot A(t_0^* x_0^*),$$

$$\text{где } A = 9.1 - 0,4t_0^* - 0,55(11 - t_0^*)(x_0^* - 20)10^{-2}; \quad (1)$$

η_{\max} – максимальная амплитуда (повышение уровня воды) у плотины при оползне, имеющем объем $W_{o\pi} = 2BDh$;

$2B$ - ширина (вдоль берега) и D толщина (вглубь водохранилища) оползневого тела; $t_0^* = t_0 \sqrt{g/h}$; t_0 – продолжительность оползневого процесса в водной среде, g – ускорение силы тяжести; h и l_1 – средняя глубина и ширина водохранилища; $x_0^* = x_0/h$, x_0 - расстояние средней точки оползня после его погружения в воду от створа плотины.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из зависимости (1), погрешность в определении значений геометрических и кинематических параметров оползня ($2B, D, x_0$ и t_0) в той или иной степени будет влиять на исковую величину η_{\max} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамрадзе Г.П., Гвелесиани Т.Л., Джинджихашвили Г.Я. Прогнозирование волн в водохранилищах при сейсмических воздействиях. М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Гвелесиани Т.Л., Джгамадзе Н.О., и др. О некоторых математических моделях для исследования волнообразования в водохранилищах// Академия наук СССР. Математическое моделирование. Т.3. №5. 1991.
3. Gvelesiani T., Jinjikhishvili G., Koutitas Ch. On the problems of tsunami – like extreme waves in water basins and possible environmental impact. Water and Water Engineering. Israel, №57?2003.

4. Gvelesiani T. et al. Extreme wave transients in reservoirs their characteristics and interaction with dams. Internat. Conference on Hydraulics of Dams and River Structures. Ap. 2004.Tehran, Iran. Taylor and Francis Group, London, 2004 (ISBN 9058096327).
5. Учет сейсмических воздействий при проектировании гидротехнических сооружений. Пособие к разд. 5: ГТС, СНиП 11-7-81. Минэнерго СССР. Л.,1986.
6. Руководство по расчету параметров волн, возникающих в водохранилищах при обвально-оползневых явлениях. Госстрой ГССР,1989.
7. საინჟინრო პიდროლოგია. მეთოდური მითითებები. საქონფელდო აგრარული უნივერსიტეტი (შემდგენლები: თ. გველესიანი, ა. სახვაძე) ობ., 1999.
8. Компьютерная биометрика. Под ред. В.Н. Носова. М.: Изд. МГУ, 1990.
9. Цихелашвили З.И., Прангишвили А.И., Чхенкели Б.Дж. Основы построения интеллектуальных систем управления пространственно-временными сетевыми потоками. Под ред. акад. В.В. Чавчанидзе. Тбилиси: Мецниереба, 1997.

შაპ 53.082.1

გალაკოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთობის თეორიული კვლევა და მისი დინამიკური სქემა

ზ. დანელია, მ. თოფურია, გ. მელქაძე
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთობების თეორიული კვლევა მრავალი სიმეტრიული ჭალის მეთოდებით. მოყვანილი დინამიკური სქემის გამოყენებით მიღებულია ძირითად კალაპოტსა და მდინარის ჭალურ ნაკადებში საშუალო მხები ძაბვების საანგარიშო დამოკიდებულებები უფრო ზოგადი მეთოდებისათვის – სხვადასხვა სიმაღლეების არასიმეტრიული ჭალების არსებობის დროს. ჩატარებულია მათი ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: ძირითადი ნაკადის კიდე; ბუნებრივი კოეფიციენტი; მხები ძაბვები.

1. შესაბამის

კალაპოტური და ჭალური ნაკადების პიდრავლიკურ ელემენტებს შორის გარკვეული თანაფარდობის არსებობა იწვევს კალაპოტში ნაკადის საშუალო სიჩქარეების შემცირებასა და მათ გაზრდას ჭალაში. ეს მოვლენა პირველად ექსპერიმენტულად დამტკიცდა 1947წ. გ. შელეზნიაკოვის მიერ და მეცნიერმა მას “უდაწერ ნაკადის კინემატიკური ეფექტი” უწოდა. სამეცნიერო ლიტერატურაში ხშირად იყენებენ გამოთქმას - ”კინემატიკური ეფექტი ჭალიან კალაპოტში.” განზოგადებულ იქნა მეცნიერთა მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული და ნატურული გამოკვლევები. გამოვლენილია ჭალურ ნაკადებში კინემატიკურ ეფექტებზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორები, მაგრამ ამ მოვლენის ყველაზე უფრო მკაცრად დასაბუთებული განმარტება მოცემულია [3] ნაშრომში, რომელშიც განსაზღვრულია მხები ძაბვები კალაპოტური და ჭალური ნაკადის ფსკერზე მათი ურთიერთქმედებისას.

ავტორების მიერ მიღებული დამოკიდებულებების ანალიზი საშუალებას იძლევა გამომუდავნდეს კინემატიკური ეფექტის ზოგიერთი ფიზიკური თავისებურებანი და სახავს შემდგომი კვლევების გზებს. მაგრამ აღნიშნულ სტატიაში განიხილება კალაპოტური ნაკადი სიმეტრიულიჭალებით, ე.ი. ყველაზე უფრო გამარტივებული სქემა.

ჩვენ გადავწყვიტეთ იმავე დინამიკური სქემის გამოყენება, მაგრამ ნაკადის თანაბარი მოძრაობის გამოთვლა არა სიმეტრიულ ჭალებიან, არამედ პრიზმატულ კალაპოტში არასიმეტრიული ჭალების დროს.

2. ძირითადი ნაშილი

განვიხილოთ პრიზმატული კალაპოტის წრფივი მონაკვეთი სხვადასხვა სიგანისა და სიმაღლის ორმხრივი ჭალით (იხ. ნახ.).

დავაფიქსიროთ თანაბარი მოძრაობის მონაკვეთზე წარმოსახვითი საკონტროლო ზედაპირი სიბრტყეების სახით, რომლებიც პერპენდიკულარულია (1-1) და (2-2) კვეთებში მოძრაობის საშუალო მიმართულებებისა და რომლებიც კეტავს მათ გვერდით ზედაპირებს, ემთხვევა ამ კვეთებს შორის ჭალების სასაზღვრო ფერდობებს ანუ კიდეებს. სითხის იმ მასის მოძრაობის რაოდენობის ცვლილება, რომელიც მოთავსებულია საკონტროლო ზედაპირის შიგნით, ერთეულ დროში შეიძლება გამოითვალოს შემდეგი ზედაპირული ინტეგრალის საშუალებით:

$$\Delta K = \int \rho u_j u_n dS, \quad (1)$$

სადაც ρ სიჩქარის გექტორის პროექციაა j დერძზე, ე.ი. იმ დერძზე, რომელზედაც აიღება მოძრაობის რაოდენობის გექტორის პროექცია; u_n – სიჩქარის გექტორის პროექცია საკონტროლო სიბრტყის გარე ნორმალზე;

ρ -სიმკგრივე;

S -საკონტროლო ზედაპირის მთლიანი (ან ფრაგმენტის) ფართობი;

dS -მისი ელემენტარული ნაწილი.

ვინაიდან ზედაპირული ინტეგრალი (1) არ არის შეზღუდული არც ფორმით და არც სითხის განხილული მოცულობის გაბარიტებით, მისი გამოყენება საკონტროლო ზედაპირის შესაბამის ფრაგმენტებთან საშუალებას იძლევა მოძრაობის პარამეტრებით გამოვსახოთ “მოჩვენებითი” მხები ძაბვები, მოქმედი ამ ზედაპირის ერთეულ ფართობზე, მასზე სითხის მასის ურთიერთსაწინააღმდეგო

ორივე მიმართულებით გადატანის შედეგად. ნახაზზე მოცემულია კალაპოტის ორივე კიდის გასწვრივ გატარებული ორი ვერტიკალური საკონტროლო ზედაპირი (1' -2') და (1"-2") .

საანგარიშო სქემაში K-ით აღინიშნება მოძრაობის რაოდენობის პროექციები გრძივ დერძებზე;

τ – ჭალებში და ძირითადად კალაპოტის ფსკერზე მოქმედი მხები ძაბვები;

W – ვერტიკალურ გრძივ საკონტროლო ზედაპირზე სითხის გადატანის სიჩქარის განივი შემდგენების მოდულები;

F – მოხსენებულ კვეთში მოქმედი ძალების პროექციები X დერძზე.

საბოლოოდ, ვდებულობთ მხები ძაბვის τ_3 საშუალო მნიშვნელობას ძირითადი კალაპოტებისათვის.

$$\tau_3 = -\gamma R_{3j} i + \rho h' / \chi_3 [\alpha_3'(1-m) v_3' W_{31} - \alpha_3' m' v_{31}' W_{31}] + \rho h'' / \chi_3 [\alpha_3''(1-m') v_3'' W_{32} - \alpha_3'' m' v_{32}' W_{32}] \quad (2)$$

იგივეა პირველი და მეორე ჭალებისათვის $F_{131} = -F_{231}$; $\alpha_{131} = \alpha_{231}$; $k_{131} = -k_{231}$,

მივიღებთ:

$$\tau_{31} = -\gamma R_{31} i - \rho h' / \chi_{31} [\alpha_{31}'(1-m) v_{31}' W_{31} - \alpha_{31}' m' v_{31}' W_{31}]. \quad (3)$$

ანალოგიურად, მეორე ჭალისათვის მივიღებთ:

$$\tau_{32} = -\gamma R_{32} i - \rho h'' / \chi_{32} [\alpha_{32}''(1-m') v_{32}'' W_{32} - \alpha_{32}'' m' v_{32}' W_{32}]. \quad (4)$$

აქ m' და m'' კიდეების გასწვრივ სიბრტყის ჯამური ნაწილია, რომელზედაც ხდება ჭალური ნაკადებიდან კალაპოტურ ნაკადებში მასების გადასვლა ($1-m'$) და ($1-m''$) კიდეების დარჩენილი ჯამური ნაწილების, სადაც ადგილი აქვს კალაპოტური ნაკადებიდან ჭალურ ნაკადებზე სითხის მასების გადატანა.

სახუნის ძალის საშუალო სიდიდე, რომელიც მოქმედებს სიგრძის ერთეულზე კალაპოტის მოელ სიგანეზე, შეიძლება გამოისახოს შემდეგი ფორმულით:

$$\tau_{\text{საშ}} = \tau_{31} \chi_{31} + \tau_{32} \chi_{32} + \tau_3 \chi_3,$$

საიდანაც

$$\tau_{\text{საშ}} = (\tau_{31} \chi_{31} + \tau_{32} \chi_{32} + \tau_3 \chi_3) / \chi. \quad (5)$$

იმ შემთხვევაში, თუ ჭალაში ნაკადის სილრმე არ არის ძალზე მცირე, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მართებული იქნება შეზის ფორმულა შემდეგი სახით:

$$Q = \omega C_{\omega\sigma} \sqrt{\tau_{\omega\sigma}/\gamma}, \quad (6)$$

სადაც $\omega = \omega_{\frac{1}{2}} + \omega_{\frac{2}{2}} + \omega_k$.

$\tau_{\omega\sigma}$ განისაზღვრება (5) გამოსახულებიდან, მაგრამ, საჭიროა განისაზღვროს $C_{\omega\sigma}$ -ს გამოსაანგარიშებელი საიმედო მეთოდიკა. საერთო ხარჯი შეიძლება გაანგარიშებულ იქნეს შემდეგი დამოკიდებულებითაც:

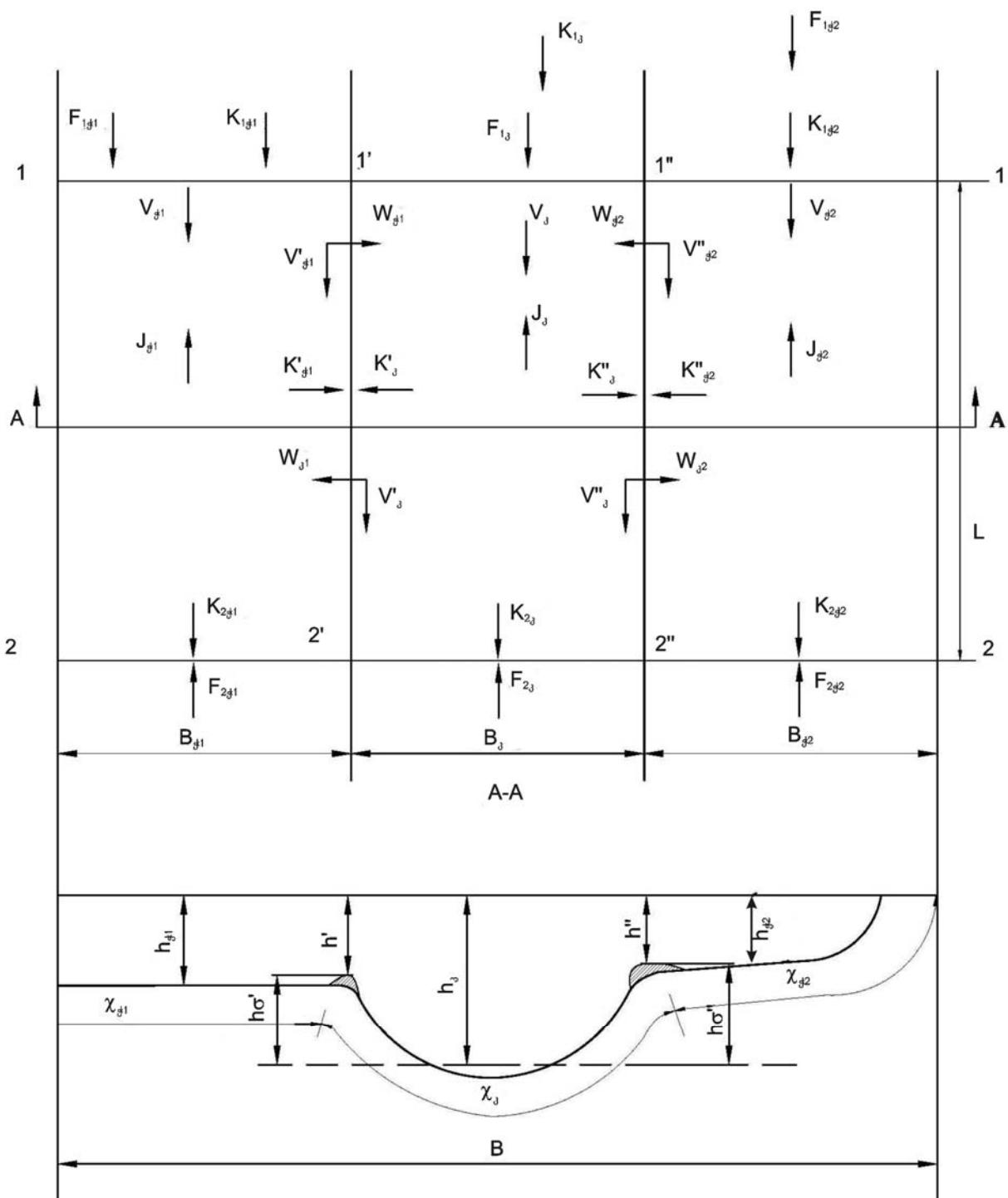
$$Q = Q_{\frac{1}{2}} + Q_{\frac{2}{2}} + Q_k = \omega_{\frac{1}{2}} C_{\frac{1}{2}} \sqrt{\tau_{\frac{1}{2}}/\gamma} + \omega_{\frac{2}{2}} C_{\frac{2}{2}} \sqrt{\tau_{\frac{2}{2}}/\gamma} + \omega_k C_k \sqrt{\tau_k/\gamma} + \sqrt{\tau_k/\gamma}, \quad (7)$$

სადაც მხები ძაბვები იანგარიშება (2), (3) და (4) გამოსახულებიდან.

ამრიგად, საერთო ხარჯის სარწმუნო ანგარიში დაიყვანება (2), (3) და (4) დამოკიდებულებებით ჭალის და მდინარის კალაპოტებზე მხები ძაბვების საიმედო განსაზღვრაზე. მაგრამ, მათი გამოყენება მოცემული სახით შეუძლებელია სისტემის ჩაკეტვისათვის საჭირო დამატებითი კავშირების დადგენის გარეშე. მიუხედავად ამისა, მიღებული დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა გამოაშკარავდეს ამ მოვლენის ზოგიერთი ფიზიკური თავისებურებანი.

უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა აღინიშნოს, რომ ძირითად კალაპოტს აქვს მაქსიმალური სველი პერიმეტრი, რომელიც მდინარის ნაკადის ჭალაზე გასვლის შემდეგ მუდმივი რჩება.

ამიტომ, კალაპოტის პიდრავლიკური R_j რადიუსი, ნაკადის სიღრმის კალაპოტის კიდეზე მაღალ გაზრდასთან ერთად, უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე ამას ადგილი აქვს ნებისმიერი ფორმის კალაპოტში ჭალის გარეშე.



პრიზმული კალაპოტის წრფივი მონაცემთი სხვადასხვა სიგანისა
და სიმაღლის ჭალით

ამრიგად, (2) გამოსახულებაში პირველი წევრის სიდიდე, სიღრმესთან ერთად, ჩვეულებრივზე უფრო სწრაფად იზრდება; მაგრამ, ამასთან, გაიზრდება აგრეთვე შებრუნებულნიშნიანი მეორე და მესამე წევრების სიდიდეებიც, ვინაიდან $h > h_g$, ხოლო $W_j \approx W_g$; ამის გამო, ნაკადის ჭალაში გასვლისას, h_g -ის მცირე სიდიდეების შემთხვევაში, ნაკადის სიღრმის გაზრდასთან ერთად, τ_j ნაკლები ინტენსივობით

გაიზრდება. შესაბამისად, ნაკლები ინტენსივობით გაიზრდება კალაპოტური ნაკადის საშუალო სიჩქარე. H_f -ის განსაზღვრული მნიშვნელობისათვის ნაკადის პარამეტრები τ_j და v_j თავიანთ მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევენ, რის შემდეგაც, ნაკადის სიღრმის გაზრდასთან ერთად, კლებას იწყებენ. სწორედ ასე აიხსნება დინამიკური მექანიზმი უდაწნეო ნაკადის კინემატიკური ეფექტისა, ე.ი. მასათა ცვლა (2), (3) და (4) დამოკიდებულებებში იწვევს დამატებითი წევრების გაზენას. ისინი თავისთავად იწვევენ ჭალაში ნაკადების საშუალო სიჩქარეების გაზრდას და მათ შემცირებას ძირითადი კალაპოტის ნაკადში. დამატებით წევრებში ფიგურირებს შესაბამისი სველი პერიმეტრები და ვინაიდან იგი მნიშვნელშია, ამიტომ ნაკადის განხილული ფერდის სიგანის გაზრდასთან ერთად (შესაბამისად, სველი პერიმეტრებისაც), სხვა იდენტურ პირობებში დამატებითი წევრები შემცირდება და შესაბამისად კინემატიკური ეფექტიც შემცირდება. რაც დიდია სხვაობა კალაპოტური და ჭალური ნაკადების საშუალო სიჩქარეთა შორის, მით მეტია მათი ურთიერთგავლენა, კერძოდ, მით უფრო ინტენსიურია ჭალური ნაკადებით კალაპოტური ნაკადის დამუხრუჭება. საშუალო სიჩქარეების თანაფარდობის ასეთი სპეციფიკიდან მივდივართ დასკვნამდე, რომ რაც უფრო მეტად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ჭალის და ძირითადი კალაპოტის სიმქისის კოეფიციენტები, მით მეტია კალაპოტურ და ჭალურ ნაკადებს შორის ურთიერთქმედება.

(2) გამოსახულების თანახმად, ჭალის სიგანე კალაპოტური ნაკადის დინამიკაზე გავლენას ახდენს მხოლოდ ჭალური ნაკადების სიჩქარეებით, რომლებიც დამოკიდებულია B_f/h_f -ზე. ამგვარ გავლენას ალბათ ადგილი აქვს ჭალის განსაზღვრული, მცირე ფარდობითი სიგანის შემთხვევაში. ჭალის სიგანის გავლენის არარსებობა კინემატიკურ ეფექტზე, მისი რაღაც კრიტიკული მნიშვნელობის შემდეგ, აღნიშნულია ბევრი მკვლევარის მიერ.

სიმეტრიული ჭალების შემთხვევაში:

$$h'_{j_1} = h''_{j_1}, h' = h'', m' = m'' = m, W_{j_1} = W_{j_2} = W_j, W_{W_1} = W_{j_2} = W_j, v'_{j_1} = v''_{j_2} = v_j.$$

აქედან, თანაბარი მოძრაობისას, საკმაოდ მკაცრად შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ სრულდება პირობა $m' = m'' = m = 0,5$ და ვდებულობთ:

$$W_{j_1} = W_{W_1} = W_1$$

$$W_{\beta^2} = W_{\beta^2} = W_2. \quad (5)$$

ამრიგად,

$$\begin{aligned} a'_{\beta} &= a'_{\beta^2} = a', \\ a''_{\beta} &= a''_{\beta^2} = a''. \end{aligned} \quad (6)$$

საბოლოოდ, (2), (3) და (4) გამოსახულებები შემდეგ სახეს მიიღებს ძირითადი კალაპოტისათვის:

$$\tau_{\beta} = -[\gamma R_{\beta} i - \rho(h'/2\chi_{\beta}) (v'_{\beta} - v'_{\beta^2}) a' W_1 - \rho(h''/2\chi_{\beta}) (v''_{\beta} - v''_{\beta^2}) a'' W_2]; \quad (7)$$

პირველი ჭალისათვის:

$$\tau_{\beta^1} = -[\gamma R_{\beta^1} i + \rho h'/\chi_{\beta^1} (v'_{\beta} - v'_{\beta^1}) a' W_1]; \quad (8)$$

მეორე ჭალისათვის:

$$\tau_{\beta^2} = -[\gamma R_{\beta^2} i + \rho h''/\chi_{\beta^2} (v''_{\beta} - v''_{\beta^2}) a'' W_2]. \quad (9)$$

ამ დამოკიდებულებაში ნიშანი მინუსი მიუთითებს, რომ მხები ძაბვები კალაპოტისა და ჭალის ფსკერზე მიმართულია მოძრაობის საწინააღმდეგოდ. რადგან თანაბარი მოძრაობა გვაქვს, ეს ნიშნავს, რომ მამოძრავებელი ძალა ტოლია წინადობის ძალის, მაგრამ მიმართული იქნება ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით, ანუ წინადობის ძალის საწინააღმდეგოდ. ამრიგად, (7), (8) და (9) გამოსახულებები, აღებული დადებითი ნიშნით, გვაძლევს ერთეულ ფართობზე მოქმედ მამოძრავებელ ძალებს, ანუ მამოძრავებელ ძაბვებს.

რადგან (7) გამოსახულებაში მარჯვენა მხარის პირველი წევრი $\gamma R_{\beta} i$ წარმოადგენს მამოძრავებელი ძალის, ანუ სიმძიმის ძალის შემდგენს მოძრაობის მიმართულებით, აღებულს ერთეულ ფართობზე; დანარჩენი ორი წევრი ამცირებს ამ მამოძრავებელ ძალას, რაც, ცხადია, გამოიწვევს საშუალო სიჩქარის შემცირებას ძირითად ნაკადში. ეს კი შეიძლება მოხდეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გაიზრდება სიღრმე ან შემცირდება ხარჯი ძირითად ნაკადში, ან მოხდება ამ გავლენის განაწილება, კ.ი. ნაწილობრივ გაიზრდება სიღრმე და ნაწილობრივ შემცირდება ხარჯი, რომელიც გადავა ჭალურ ნაკადებში, გამოიწვევს რა მათში ნაწილობრივი სიღრმის გაზრდას და ნაწილობრივ სიჩქარის მომატებას, რაზეც მიუთითებს (8) და (9) განტოლების მეორე წევრები. აღნიშნული პროცესი მოხდებოდა იმ შემთხვევაში, თუ წარმოვიდგენთ მთლიანი ნაკადის მოძრაობას

მასათა ცვლის გარეშე, დავუშვათ გაყოფილს კიდის გასწვრივ ვერტიკალური, ძალზე გლუვი ზედაპირით და ამ ზედაპირის მყისიერი მოხსნით, როგორც ეს შეიძლება განხორციელდეს ლაბორატორიულ პირობებში. აქცენტს ვაკეთებთ ძალზე გლუვ ზედაპირზე იმიტომ, რომ, თუ გვიჩდა შევადაროთ ეს ორი შემთხვევა, საჭიროა აღმოვფხვრათ მხოლოდ მასათა ცვლა ჭალურ და კალაპოტურ ნაკადებს შორის; მაგრამ უნდა შევინარჩუნოთ მათ შორის მოლეკულური ხახუნით აღძრული ძაბვები $\tau = \mu s/dy$, რომლებიც ძალზე მცირება და შეიძლება მათი უგულებელყოფა.

თუ სიბრტყის მოხსნამდე ნაკადის მთლიანი ხარჯი იყო $Q = Q_{\delta} + Q_{\dot{\delta}}$, საშუალო სიღრმეებით h'_{δ} და $h'_{\dot{\delta}}$, სიბრტყის მოცილების შემდეგ, მათ შორის სიჩქარეთა დიდი სხვაობის $u'_{\delta} - u'_{\dot{\delta}}$ გამო, დაიწყება მასათა ცვლა, ანუ ხარჯების გადანაწილება. ძირითადი ნაკადიდან ჭალურ ნაკადში გადასული სითხის მასები და მათი სიჩქარეები იქნება მეტი, ვიდრე ჭალიდან ძირითად ნაკადში გადმოსული სითხის მასები და მათი სიჩქარეები, ე.ი. შეიქმნება დაუმყარებელი მოძრაობა, ჭალებში სიჩქარეები და ხარჯები იწყებს გაზრდას, ხოლო ძირითად ნაკადში – შემცირებას. ამიტომ, ამ პროცესის ინტენსივობა იწყებს შემცირებას, სანამ არ შეიქმნება დამყარებული მოძრაობა გაზრდილი საშუალო სიჩქარეებით, ხარჯებით და სიღრმეებით ჭალურ ნაკადებში და შემცირებული სიჩქარეებით, ხარჯებით, მაგრამ გაზრდილი სიღრმეებით ძირითად კალაპოტში, ე.ი. შეიქმნება პირობა $Q = Q_{\delta} + Q_{\dot{\delta}}$, სიღრმეებით h_{δ} და $h_{\dot{\delta}}$, მათ შორის შემცირებული სიჩქარეთა სხვაობით $u_{\delta} - u_{\dot{\delta}}$ და გვექნება პირობა

$$\left. \begin{array}{l} Q_{\delta}' + Q_{\dot{\delta}}' = Q_{\delta} + Q_{\dot{\delta}} \\ H_{\delta} - h'_{\delta} = h_{\dot{\delta}} - h'_{\dot{\delta}} \\ u'_{\delta} - u'_{\dot{\delta}} > u_{\delta} - u_{\dot{\delta}} \end{array} \right\} \quad (10)$$

როგორც (7), (8) და (9) დამოკიდებულებები გვიჩვენებს, გვაქვს სამი განტოლება და ოერთმეტი უცნობი, ესენია: $u'_{\delta}, u'_{\dot{\delta}}, u''_{\delta}, u''_{\dot{\delta}}, W_1, W_2, \alpha', \alpha'', \tau_{\delta}, \tau_{\dot{\delta}}$ და $\tau_{\dot{\delta}^2}$.

რადგან ძირითად ფაქტორს, რომელიც იწვევს უდაწეო ნაკადის კინემატიკურ ეფექტს, წარმოადგენს ჭალური და ძირითადი ნაკადების საშუალო სიჩქარეთა სხვაობა $u_{\delta} - u$, ამიტომ საჭიროა ამ უცნობებისათვის დამატებითი კავშირების შექმნა და მათი დაკავშირება აღნიშნულ სიჩქარეთა სხვაობასთან.

სწორედ ეს არის ჩვენი შემდგომი კვლევის მიზანი.

3. დასკვნა

1. მხები ძაბვების მიღებული დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა აისენას ჭალური ნაკადის კინემატიკური ეფექტის გამომწვევი მიზეზები.

2. რადგანაც ძაბვების მიღებულ დამოკიდებულებებში პირველი წევრები წარმოადგენს იმავე მამოძრავებელ ძალებს შებრუნებული ნიშნით, ანუ სიმძიმის ძალის შემდგენებს მოძრაობის მიმართულებით, აღნიშნულს ერთეულ ფართობზე დანარჩენი წევრები ცვლის მათ სიდიდებს, ამცირებს საშუალო სიჩქარეებს ძირითად ნაკადებში და ზრდის ჭალებს.

3. რაც დიდია სხვაობა კალაპოტური და ჭალური ნაკადების საშუალო სიჩქარეთა შორის, მით მეტია მათი ურთიერთგავლენა.

4. მიღებული მხები ძაბვების დამოკიდებულებები ზოგადია და მათგან მიიღება სხვადასხვა კერძო შემთხვევები.

ლიტერატურა

1. Железняков Г.Б. Некоторые особенности движения потока при выходе его на пойму. В кн. Управление поверхностными и подземными водными ресурсами и их использование. М.: АН СССР, 1961.
2. Железняков Г.Б Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии. М.: АН СССР, 1950.
3. Гачечиладзе Г.Л., Данелия З.Н. К расчетной динамической схеме равномерного речного потока в русле с поймой // Тр. ГПИ, №1 (406).
4. დანელია ზ., მელიქაძე გ. კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთობისათვის // “ენერგია”, №2. თბილისი, 1996.

შაბ 53.082.1

გრიგალ ზონის გავლენის დადგენა უძაფეო მოძრაობის პინერატიკურ ეფექტზე

ზ. დანელია, მ. თოფურია, გ. მელქაძე
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: გრიგალ ზონის გაჩენა, ძირითადი კალაპოტის და ჭალური ნაკადის შეხები სიბრტყეში, კალაპოტის კიდის გასწვრივ იწვევს მასათა ცვლას ამ ნაკადებს შორის. ამ გრიგალების მოწყვეტა და მისი გადააღილება ძირითად ნაკადში არის მასათა ცვლის დამატებითი პირობა. დადგენილია გრიგალის გავლენა მის შემოსაზღვრულ არეზე და არის სიგანგ, რაც შედარებულია სპიცინის მიერ ჩატარებულ ცდებთან.

საკვანძო სიტყვები: გრიგალის ზონარი; შეზის კოეფიციენტი; სიჩქარის განაწილების ხარისხის მაჩვენებელი.

1. შესავალი

როგორც აღვნიშნეთ, კინემატიკურ ეფექტს იწვევს ჭალურ და ძირითად ნაკადებს შორის ურთიერთმოქმედება, გინაიდან მათ შორის სიჩქარეთა დიდი სხვაობაა.

სიჩქარეთა სხვაობა, მათი გამყოფი წრფის, ანუ კალაპოტის კიდის სიგრძეზე იწვევს სიჩქარეთა დიდ გრადიენტს განივი მიმართულებით du/db და ამიტომ გამყოფი ზოლის გასწვრივ ვერტიკალური დერძის მქონე გრიგალების გაჩენას. სპიცინის მიხედვით, გრიგალების რიცხვი ერთეულ სიგრძეზე მით მეტია, რაც მეტია სიჩქარის გრადიენტი. გრიგალური ზონარი გარკვეული დროის განმავლობაში მოძრაობს ძირითადი კალაპოტის კიდის გასწვრივ, შემდეგ ის იხრება ძირითადი ნაკადისაკენ, წყდება და მოძრაობს რა ამ უკანასკნელის ცენტრისაკენ, ერევა ძირითად ნაკადს და, იშლება. იგივე სურათი მიიღო ასეთივე მოდელზე რ.სელინმა. გრიგალის მოწყვეტის ადგილზე მის არეს იკავებს ძირითადი ნაკადიდან გრიგალის მიერ გამოდევნილი სითხე.

2. ძირითადი ნაშოლი

გრიგალური ზონარი, რომელსაც აქვს დიდი ბრუნვითი ენერგია, მბრუნავ გავლენას ახდენს მის შემომსაზღვრელ სითხეზე, რაც იწვევს მისი შეტყობის მხრიდან ძირითადი - დიდი სიჩქარის ნაკადის შესვლას ჭალაში და ამ უკანასკნელის სიჩქარის გაზრდას, ხოლო მისი ტორსის მხრიდან ჭალური – მცირე სიჩქარის სითხის ნაწილაკების შემოსვლას ძირითად ნაკადში და მისი სიჩქარეების შემცირებას. როგორც სპიცინის და სელინის მიერ არის აღნიშნული, გრიგალის გადაადგილების სიჩქარე ჭალური და ძირითადი კალაპოტის ნაკადების სიჩქარეების საშუალო არითმეტიკულის ტოლია, იმავე დასკვნის გამოტანა შეიძლება ს.აგასიევასა და ა.ბარეკიანის მონაცემებით

$$v_{\text{გრ}} = (v_{\frac{r}{2}} + v_r)/2. \quad (1)$$

ხოლო, თუ გრიგალში სიჩქარეთა განაწილების კანონს მივიღებთ, როგორც

$$v_r = v_0 r / r_0, \quad (2)$$

მაშინ გრიგალის ნაწილაკების გრძივი სიჩქარის განაწილების კანონი მისი განივი მიმართულებით იქნება:

$$v = (v_{\frac{r}{2}} + v_r)/2 + v_0 r / r_0, \quad (3)$$

სადაც r იცვლება $+r_0$ -დან – r_0 -მდე.

სითხის სიბლანტის გამო გრიგალის საზღვრებს გარეთ, მოხდება მისი მბრუნავი ზემოქმედება გარემომცველი სითხის არეზე ბიო-სავარის კანონის თანახმად. გავარკვიოთ გრიგალის ზომები, ანუ რადიუსი და მისი წირითი სიჩქარე. ამისათვის შევადგინოთ სიმძლავრეების ბალანსის განტოლება, რომელსაც დებულობს გრიგალური ზონარი ძირითადი ნაკადიდან და ხარჯავს შემომსაზღვრელი სითხის არესთან, ფსკერთან და შიგა ხახუნზე:

1) ენერგია, რომელსაც გადასცემს ძირითადი ნაკადი გრიგალს, ტოლი იქნება

$$2r_0$$

$$N_0 = \int_0^{2r_0} \gamma [v_{\frac{r}{2}} - (v_{\frac{r}{2}} + v_r)]^3 / 2g h_{\frac{r}{2}} dr = f_{\frac{r}{2}} (\gamma h_{\frac{r}{2}} / 8g) r_0 v_0^3 f(\alpha), \quad (4)$$

სადაც

$$\alpha = (v_s - v_f) / v_0, \quad (5)$$

$$f(\alpha) = \alpha^3 - 6\alpha^2 + 16\alpha - 16. \quad (6)$$

2) ენერგია, რომელსაც გადასცემს გრიგალი ჭალურ ნაკადს, ტოლი იქნება

$$2r_0$$

$$N_g = \int_0^{r_0} f_g [(v_{g\theta} - v_r)^3 / 2g] \gamma h_g dr = f_g (\gamma h_g / 8g) r_0 v_0^3 f(\alpha), \quad (7)$$

სადაც α და $f(\alpha)$ (5) და (6)-ით განსაზღვრული სიდიდეებია.

3) ენერგია, რომელსაც გასცემს გრიგალი შუბლურ და ტორსის მხარეთან ნაკადთან ხახუნზე, იქნება

$$2N_{\text{შ.ტ}} 2 \int_0^{\pi} (f_{\text{შ.ტ}} \gamma v^3 / 2g) h_g r_0 d\Theta = 8 f_{\text{შ.ტ}} \gamma r_0 h_g v_0^3 / \pi^2 g. \quad (8)$$

4) გრიგალის მიერ დაკარგული ენერგია ფსკერზე ხახუნით, იქნება

$$N_{\text{ფ.შ}} = \int_{\omega}^{\pi} (f_{\text{ფ.შ}} \gamma v^3 / 2g) d\omega = f_{\text{ფ.შ}} \gamma \pi r_0^2 v_0^3 / 16g. \quad (9)$$

5) სიმძლავრის დანაკარგი გრიგალის შიგა ხახუნზე მ.პოტაპოვის მიხედვით, იქნება

$$N_{\text{მ.პ}} = \gamma \pi^2 h_g v_0^3 / 32mc, \quad (10)$$

სადაც m ბაზენ-ბუსინესის კოეფიციენტია.

ბაზენის მიხედვით, $m=20 \div 24$, მ.პოტაპოვი კი ცირკულაციური დინებისათვის იღებს $m=23,6$.

სიმძლავრეთა ბალანსის განტოლება იქნება

$$N_0 = N_g + 2N_{\text{შ.ტ}} + N_{\text{ფ.შ}} + N_{\text{მ.პ}}. \quad (11)$$

მიღებული მონაცემების ჩასმით და მისი გამარტივებით, მივიღებთ:

$$f(\alpha) = (64/\pi^2) (f_{\text{შ.ტ}} / (f_s - f_g)) + (\pi/2) (f_{\text{ფ.შ}} / (f_s - f_g)) (r_0 / h_g) + (\pi^2 g / (4(f_s - f_g) mc)) (h_g / r_0). \quad (12)$$

როგორც ამ ფუნქციიდან ჩანს, $f(\alpha)$ -ს აქვს ექსტრემალური წერტილი, როცა ის აღწევს მინიმუმს. როგორც (4) გამოსახულებიდან ჩანს, რაც მეტია $f(\alpha)$, მით მეტ სიმძლავრეს კარგავს ძირითადი ნაკადი გრიგალის ზონრის შექმნაში და პირიქით. ცხადია, ნაკადი ეცდება ისეთი ზომის (რადიუსის) გრიგალი შექმნას,

რომლის დროსაც სიმძლავრის დანაკარგი იქნება მინიმუმი, ხოლო მისი შესაბამისი ფარდობა $r_0/h_{\frac{3}{2}}$ - ოპტიმალური. (12)-ის გაწარმოებით $r_0/h_{\frac{3}{2}}=0$ და ნულთან გატოლებით, ვდებულობთ:

$$(\pi/2)f_{\frac{3}{2}}/(f_{\frac{3}{2}}-f_{\frac{3}{2}}) - (\pi^2 g/(4(f_{\frac{3}{2}}-f_{\frac{3}{2}})mc)) (h_{\frac{3}{2}}/r_0)^2 = 0, \quad (13)$$

საიდანაც

$$r_0/h_{\frac{3}{2}} = \sqrt{\pi g / 2 f_{\frac{3}{2}} mc}. \quad (14)$$

რადგანაც გრიგალის გაჩენის და მოძრაობის ზოლში გვაქვს დიდი ტურბულენტურობა, შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ $f_{\frac{3}{2}}=0,03 \div 0,05$. თუ ავილებთ მის საშუალო მნიშვნელობას, გვექნება:

$$r_0/h_{\frac{3}{2}} = 6.26 \sqrt{g/mc}. \quad (15)$$

მართალია, ბაზენი თვლიდა, რომ $m=20 \div 24$ -ს; მაგრამ, როგორც ექსპრიმენტებმა და ნატურულმა პლევებმა გვიჩვენა, ეს კოეფიციენტი დამოკიდებულია თვით შეზის კოეფიციენტზე. არსებობს რამდენიმე გამოსახულება m -ის გასარკვევად. ჩვენ შევჩერდეთ კარაუშევის დამოკიდებულებაზე

$$m=0,35c+3. \quad (16)$$

ამ უკანასკნელის გათვალისწინებით, (3.1.14) დამოკიდებულება დებულობს შემდეგ სახეს:

$$r_0/h_{\frac{3}{2}} = 19.6 / \sqrt{(0.35c + 3)cg/mc}, \quad (17)$$

სადაც c აიღება ($\theta^{0,5}/\sqrt{\theta}$) განზომილებიან სიდიდებში. ვინაიდან ჭალური ნაკადისთვის შეზის კოეფიციენტი იცვლება $c=(10-50) \theta^{0,5}/\sqrt{\theta}$ ფარგლებში, (17)-დან ვდებულობთ:

$$r_0/h_{\frac{3}{2}} = 2,43 - 0,61.$$

იმისთვის, რომ შევაფასოთ, თუ რამდენად ახლოსაა რეალობასთან მიღებული (14), ან მისგან მიღებული (17) გამოსახულება, მოვიქცეთ შემდეგნაირად: ჩავთვალოთ, რომ გრიგალის მბრუნავი ზემოქმედება შემომსაზღვრელ სითხეზე ისეთივე, როგორიც პოტენციურ ნაკადზე, მაშინ გრიგალის გარეთ მის მიერ გამოწვეული სიჩქარის განაწილება მოხდება შემდეგი კანონით:

$$v_t = v_0 r_0 / \ell, \quad (18)$$

სადაც ℓ მანძილია, რომელზეც გრიგალი ინარჩუნებს ზემოქმედებას. ამ გამოსახულებიდან ჩანს, რომ მხოლოდ უსასრულობაში თავდება მისი ზემოქმედება, მაგრამ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ, როდესაც $v_t = 0.1 v_0$, პრაქტიკულად წყდება გრიგალის ზემოქმედება და ვდებულობთ, რომ გრიგალის ზემოქმედების პრაქტიკული არე მოიცავს შემდეგ სიგანეს:

$$\ell = 10r_0.$$

(17)-დან მივიღებთ, რომ ჭალურ ნაკადზე გრიგალური ზონრის ზემოქმედება ვრცელდება ჭალური ნაკადის სიგანეზე:

$$\ell_{\frac{1}{2}} / h_{\frac{1}{2}} = 196 \sqrt{(0.35c + 3)c}. \quad (19)$$

ახლა, (19) გამოსახულების შესამოწმებლად ავიღოთ ი.სპიცინის ცდების მონაცემები (ცხრილი), სადაც დავიტანეთ (19)-ით ნაანგარიშევი სიდიდეებიც. როგორც ვხედავთ, იმ დაშვებით, რომელიც მივიღეთ, დამთხვევა სრულიად მისაღებია, ე.ი. (14) გამოსახულება ძალზე ახლოსაა რეალობასთან და შეიძლება მისი პრაქტიკული გამოყენება. ცხადია, სიზუსტე გაიზრდება, თუ ვიპოვით გრიგალისთვის უფრო ზუსტ დამოკიდებულებას m და C -ს შორის, ვიდრე (16) დამოკიდებულებაა.

(14)-ის გათვალისწინებით, (12)-დან მივიღებთ $f(\alpha)$ ფუნქცის გამოსახულებას:

$$f(\alpha) = (64/\pi^2)(f_{\frac{\alpha}{2}} / f_{\frac{1}{2}} - f_{\frac{1}{2}}) \sqrt{\left(\pi^2 g / 2mc\right) + \left(f_{\frac{\alpha}{2}} / f_{\frac{1}{2}}\right)^2} \quad (20)$$

ან

$$f(\alpha) = \left(1 / \left(f_{\frac{1}{2}} - f_{\frac{1}{2}}\right)\right) 6.48 f_{\frac{\alpha}{2}} + 3.94 \sqrt{\left(g f_{\frac{\alpha}{2}} / mc\right)}. \quad (21)$$

თუ (6) გამოსახულებით ავაგებთ გრაფიკს, მაშინ ნებისმიერი მიღებული $f(\alpha)$ სიდიდით შეგვიძლია დავადგინოთ α -ს მნიშვნელობა, ხოლო (5) დამოკიდებულებით - გრიგალის მაქსიმალური სიჩქარე

$$v_0 = (v_{\frac{1}{2}} - v_{\frac{1}{2}}) / \alpha. \quad (22)$$

$h_{\frac{1}{2}} (d)$	$v_{\frac{1}{2}} (\partial/\sqrt{\partial})$	$R_{\frac{1}{2}} i \cdot 10^{-4}$	$C_{\frac{1}{2}}$	$l/h_{\frac{1}{2}} (\text{ცმლა})$	$\ell/h_{\frac{1}{2}} (\text{ანგ.})$
0,007	0.06	0.209	13.12	17.10	19.64
0,017	0.16	0.505	22.52	14.12	17.21
0,027	0.25	0.797	27.93	11.85	10.38
0,037	0.34	1.086	32.63	10.27	9.04
0,047	0.42	1.371	35.87	8.72	8.30
0,057	0.48	1.653	37.33	7.37	8.00
0,067	0.54	1.932	38.85	6.42	7.75
0,077	0.60	2.208	40.38	6.00	7.45

როგორც ვხედავთ, გრიგალური ზონრის მაქსიმალური სიჩქარე მის კიდეზე დამოკიდებულია როგორც ძირითადი და ჭალური ნაკადების სხვაობაზე, ისე პიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტებზე f_s , $f_{\frac{1}{2}}$, $f_{\frac{1}{2}f}$, $f_{\frac{1}{2}v}$ და ჭალური ნაკადის სიჩქარეთა განაწილების კოეფიციენტებზე m და C. ოუ ჩავთვლით, რომ $f_s=f_{\frac{1}{2}}=0,04$, $f_{\frac{1}{2}}=f_{\frac{1}{2}f}=0,02$ და მხედველობაში მივიღებთ (16) გამოსახულებას, მაშინ (21)-დან გვექნება

$$f(\alpha) = 6.48 + 2.47 / \sqrt{(0.35c + 3)c}. \quad (23)$$

ა კოეფიციენტი შეგვიძლია გავიგოთ ანალიზურადაც. (6) გამოსახულება გადავწეროთ შემდეგი სახით:

$$\alpha^3 - 6\alpha^2 + 16\alpha - [16 + f(\alpha)] = 0. \quad (24)$$

ეს უკანასკნელი წარმოადგენს სრულ კუბურ განტოლებას, რომელიც დასაყვანია არასრულ კუბურ განტოლებამდე. შემოვიტანოთ აღნიშვნები:

$$a = -[16 + f(\alpha)] \quad (25)$$

და

$$\alpha = x + 2. \quad (26)$$

მაშინ გვექნება

$$(x+2)^3 - 6(x+2)^2 + 16(x+2) + a = 0.$$

ხოლო მისი გამარტივებით, მივიღებთ არასრულ კუბურ განტოლებას

$$x^3 + 4x + 16 + a = 0. \quad (27)$$

ახალი აღნიშვნების შემთხვენით

$$P=4 \quad (28)$$

და

$$q=16+a=-f(\alpha), \quad (29)$$

მივიღებთ: $x^3 + Px + q = 0.$

$P > 0,$ ამიტომ კარდანის ფორმულების გამოყენებით, ვდებულობთ

$$x = \sqrt[3]{-\frac{g}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{P^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{g}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{P^3}{27}}}. \quad (30)$$

მაშინ, (23), (25), (28), (29) და (30)-ის გამოყენებით, ანალიზურად მივიღებთ α -ს სიდიდეს

$$\alpha = 2 + \sqrt[3]{\frac{f(\alpha)}{2} + \sqrt{\frac{f(\alpha)^2}{4} + 2.37}} + \sqrt[3]{\frac{f(\alpha)}{2} - \sqrt{\frac{f(\alpha)^2}{4} + 2.37}}. \quad (31)$$

როგორც (21) დამოკიდებულებიდან ჩანს, შეზის კოეფიციენტის ცვლილება ჭალურ კალაპოტში $C=2-70\delta^{0,5}/\tilde{\delta}$ ფარგლებში იწვევს $f(\alpha)$ -ს ცვლილებას $f(\alpha)=7,388-6,536\cdot\tilde{\delta}$, ხოლო α კოეფიციენტი (31) დამოკიდებულებით იცვლება 3,3 - დან 3,2-მდე, ე.ი. ის პრაქტიკულად უცვლელია. თუ C -ს გავზრდით უსასრულოდ, მაშინაც კი $f(\alpha)=6,48$ და $\alpha=3,194$. მაგრამ C -ს გაზრდა დიდ სიდიდემდე შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ $h_{\frac{1}{3}}/h_{\frac{2}{3}} \rightarrow 1$, ანუ $u_{\frac{1}{3}}-u_{\frac{2}{3}} \rightarrow 0$, ე.ი. $f(\alpha)=0$. ცხადია, ჩვენ მიერ მიღებული კოეფიციენტების $f_{\frac{1}{3}}, f_{\frac{2}{3}}, f_{\frac{3}{3}}$, $f_{\frac{1}{3}\frac{2}{3}}$ მუდმივობა მიახლოებულია და იგი უნდა დაფიქსირდეს, როგორც ფუნქცია $u_{\frac{1}{3}}-u_{\frac{2}{3}}$, რაც შემდეგი კვლევების ამოცანაა.

3. დასკვნა

1. დადგენილია გრიგალის ზონრის რადიუსის დამოკიდებულება შეზის კოეფიციენტზე.
2. დადგენილია მასათა ცვლით განპირობებული სიჩქარეთა ველის ცვლილების სიდიდე ჭალურ ნაკადებში.

3. დადგენილია ჭალური ნაკადის სიგანე, რომელზედაც პრაქტიკულად ვრცელდება ჭალური ნაკადის კინემატიკური ეფექტი.

ლიტერატურა

1. Железняков Г.Б. Некоторые особенности движения потока при выходе его на пойму. - В кн. Управление поверхностными и подземными водными ресурсами и их использование. М.: АН СССР, 1961.
2. Спицын И.П. О механизме взаимодействия потоков основного русла и поймы // Тр. ЛГМИ, 1962, вып. №13.
3. Спицын И.П. О механизме взаимодействия потоков основного русла и поймы // Метеорология и гидрология, №13, 1962г.
4. Агасиева С.И., Барекян А.Ш. Устойчивость и пропускная способность русел рек водоприемников // Тр. ВНИИГИМ. М., 1962.
5. დანელია ზ., მელიქაძე გ. კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთობისათვის. // ქურ. “ენერგია”, №2, თბილისი, 1996.
6. მელიქაძე გ. ჭალურ ნაკადზე უდაწეო მოძრაობის კინემატიკური ეფექტით გამოწვეული გავლენის დადგენა // სამეც. ჟურნალი “ინტელექტი”, №1 (4), თბილისი, 1999.
7. Талмаза В.Ф. Гидроморфологические характеристики горных рек. Фрунзе, 1968.

შაბ 53.082.1

კალაპოტური და ჭალური ნაკაღების ურთიერთქმედება

გ. თოფურია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია მდინარის ძირითადი კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთქმედებით გამოწვეული ეფექტი, რაც იწვევს ძირითად ნაკადში სიჩქარეების შემცირებას და ჭალური ნაკადის სიჩქარეების გაზრდას. მოვლენა ცნობილია, როგორც “კინემატიკური ეფექტი ჭალურ ნაკადში”. იგი განპირობებულია ჭალური და კალაპოტური ნაკადების სიჩქარეებს შორის დიდი ხევაობით, რაც იწვევს მათ შემხედ სიბრტყეში ვერტიკალური გრიგალების გაჩენას და მისი გავლენით, სითხის მასათა ცვლას აღნიშნულ ნაკადებს შორის.

საკვანძო სიტყვები: კინემატიკური ეფექტი; გრიგალები; მასათა ცვლა; სიჩქარის გრადიენტი.

1. შესავალი

სამდინარო პიდრავლიკის და პიდრომეტრიის თვალსაზრისით, ძირითადი კალაპოტის (შემდგომში იწოდება კალაპოტურ ნაკადად) და ჭალის ნაკადების ურთიერთმოქმედების შესწავლას დიდი მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მრავალ მიზეზთა გამო. უპირველეს ყოვლისა, ეს არის მდინარეში წყლის მოძრაობის ყველაზე მეტად ტიპური და მასთან ერთად, როგორიც ფორმა.

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში და უმეტეს შემთხვევაში ახლაც, ჭალებიან კალაპოტში წყლის მოძრაობის შესწავლის დროს, კალაპოტსა და ჭალაში წყლის მოძრაობა განიხილება, როგორც ერთმანეთისგან დამოუკიდებელი მოვლენა. როგორიც ფორმის კალაპოტებსა და არხებში წყლის ხარჯის გაანგარიშების დროს დასაშვებია გრძივი ვერტიკალური სიბრტყეებით ნაკადის ფორმალური დაყოფა ნაწილებად. თითოეული მათგანისათვის წყლის ხარჯი გაიანგარიშება მოძრაობის ჩვეულებრივი განტოლებებით, ხოლო საერთო ხარჯი – მათი შეკრებით. ასეთი

რეკომენდაციებია მოცემული პიდრაგლიკის ყველა სახელმძღვანელოში, მათ შორის, უახლესშიც.

2. ძირითადი ნაწილი

ჭალებიან კალაპოტებში გაანგარიშებულ და გაზომილ ხარჯებს შორის არსებული შეუსაბამობის შესახებ პირველი მითითებები მოცემულია ფ.ფორხევიმერის (1935 წ.) და მ. ეგლის (1936 წ.) შრომებში. 1947 წ. გ. ჟელეზნიაკოვმა შემოგვთავაზა ჭალებიან კალაპოტებში წყლის მოძრაობის ანალიზის დროს ამოვიდეთ იმ მოსაზრებიდან, რომ ნაკადის მოძრაობა კალაპოტის მახლობლობაში გავლენას ახდენს ჭალებიან კალაპოტებში წყლის მოვლენის მის მნიშვნელოვან ცვლილებას. მანვე პირველად მიიღო კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთქმედების დროს წარმოქმნილი მოვლენის რაოდენობრივი მახასიათებელი, რომელიც ცნობილია “უდაწეო ნაკადის კინემატიკური ეფექტის” სახელწოდებით.

გ. ჟელეზნიაკოვის მიხედვით, რადგანაც $h_3 > h_2$, ჭალის ფარდობითი ხორცლიანობა Δ_3/h_3 ყოველთვის მეტია კალაპოტის ფარდობით ხორცლიანობაზე Δ_2/h_2 და თავის მხრივ წარმოქმნის კალაპოტისა და ჭალის პიდრაგლიკურ დანაკარგებს შორის განსხვავებას. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ბუნებრივ პირობებში $\Delta_3 > \Delta_2$, მაშინ ეს განსხვავება კიდევ უფრო მეტი იქნება. ასეთ პირობებში, ცხადია, ნაკადის განივი მიმართულებით კალაპოტის კიდეების მახლობლობაში სიჩქარეთა დიდი გრადიენტების წარმოქმნა. ეს უკანასკნელი არის ვერტიკალურდერმიან გრიგალთა წარმოქმნის მიზეზი. რაც მეტია სიჩქარის გრადიენტი, მით მეტია გრიგალთა წარმოქმნის ინტენსივობა და როგორც შედეგი, მით მეტია განივი მასათა გაცვლა. შემდგომში, უდაწეო ნაკადის კინემატიკური ეფექტის ბ.გონჩაროვისეული ახსნა, რომელშიც ძირითადი აქცენტი გაკეთებულია მასათა განივ გაცვლაზე, არსებითად ემთხვევა გ.ჟელეზნიაკოვის კონცეფციას.

თუ კინემატიკური ეფექტის ბუნების ახსნას საფუძვლად დაგუდებთ ნაკადის სიგანეში პიდრაგლიკურ წინაღობათა ცვლილებას, მაშინ შესაძლებელია კინემატიკური ეფექტი უფრო ფართოდ ავხსნათ. კინემატიკური ეფექტი შეიძლება ნაკადში წარმოიქმნას სიგანეში სიღრმის მუდმივობის ან მდოვრედ ცვლილების დროს, თუ კალაპოტის ფსკერის აბსოლუტური ხორცლიანობა სიგანეში მკვეთრად იცვლება. აქედან ცხადია, კალაპოტის დაყვანილი და საშუალო აწონილი

ხორკლიანობის განსაზღვრის საერთოდ მიღებული მეთოდიკა სუსტი ადგილია. აუცილებელია კინემატიკური ეფექტების წარმოქმნაზე ენერგიის დანაკარგების მხედველობაში მიღება ნაკადის ფსკერის არათანაბარი ხორკლიანობის უბნების შეუდლების ადგილებში. “უდაწნეო ნაკადის კინემატიკური ეფექტი” და “კინემატიკური ეფექტი ჭალებიან კალაპოტებში” ცნებებს შორის განსხვავება ისაა, რომ პირველი ცნება უფრო ზოგადია, რადგან კინემატიკური ეფექტის წარმოქმნისათვის, ზოგადად, აუცილებელია ნაკადის ფსკერის ცალკეული ნაწილების პიდრავლიკური წინაღობების სხვადასხვაობა, მათ შორის განივი მიმართულებით. მეორე ცნებაში მხედველობაშია მიღებული, რომ კინემატიკური ეფექტი გამოწვეულია ნაკადის ჭალაში გასვლით, სადაც ასევე აუცილებელია კალაპოტსა და ჭალას შორის პიდრავლიკურ წინაღობათა სხვაობა.

კინემატიკური ეფექტის გავლენით ნაკადის კინემატიკური სტრუქტურა სრულად იცვლება ძირითად კალაპოტში. ამასთან, ადგილობრივი და საშუალო სიჩქარეები ძირითად კალაპოტში მცირდება, ხოლო კალაპოტის უშუალოდ მოსაზღვრე ჭალის მონაკვეთში იზრდება.

ამ საკითხისადმი მიძღვნილ შემდგომ მეცნიერულ სამუშაოებში გამოიყოფა ოთხი მიმართულება:

1. ექსპერიმენტული კვლევები ძირითადი კალაპოტისა და ჭალის დერძების პარალელურობის პირობებში (მ.ეგლი, გ.ჟელეზნიაკოვი, ვ.ალტუნინი ე.ოგაროვი, ს.აგასიევა, ა.ბარეკიანი, ი.სპიცინი, ბ.გონჩაროვი, ნ.ბარიშნიკოვი, ი.სოკოლოვი, გ.სკრებკოვი, რ.სელინი, დელერი და ტებასი, ლე ვან კიენი, ი.ნოვიკოვი, ა.რადიუკოვი, ვ.როზანოვი და სხვ);

2. ექსპერიმენტული კვლევები კალაპოტისა და ჭალის დერძების გადაკვეთის შემთხვევაში (ნ.რუბანიცინი, ვ.გონჩაროვი, ი.იაროსლავცევი, ნ.ზნამენსკაია, ტებესი და სუკი, გ.ივანოვი, ვ. სალიკოვი და სხვ);

3. ნატურული გამოკვლევები (ა.გორდიკოვი და მ.როსომახიანი, ზ.ველიკანოვი და ნ.იარნიხი, დ.სკორდუმოვი და სხვ.);

4. თეორიული შრომები (გ.ჟელეზნიაკოვი, ვ.გონჩაროვი, ვ.საჩკოვი, გ.გაჩეჩილაძე და ზ.დანელია, ზ.დანელია და გ.მელიქაძე და სხვ.).

პირველი სამი ექსპერიმენტული მიმართულების საერთო ნაკლი ისაა, რომ მათში, როგორც წესი, არ სრულდება მოდელირების თეორიის ძირითადი მოთხოვნები, ცალსახობის პირობა და კრიტერიუმების, ანუ მსგავსობის რიცხვების ტოლობა.

ექსპერიმენტული კვლევების უმეტესობა ჩატარდა გამარტივებულ მოდელებზე, სადაც ფრულის რიცხვი მნიშვნელოვნად აღემატებოდა მის ნატურულ სიდიდეს.

ნატურული კვლევები შრომატევადობისა და რეალიზაციის სირთულის გამო, როგორც წესი, ატარებდა შერჩევით ან ნაწყვეტ-ნაწყვეტობრივ ხასიათს, გაზომვებით არ მოიცავდა ძირითადი მორფოლოგიური წარმონაქმნების მთელ ერთობლიობას.

ექსპერიმენტული და ნატურული კვლევების მონაცემებით, ძირითადად ნაკადში მის სიგრძეზე მასათა გაცვლის პირობების და ხარჯის ცვალბედობის ხასიათების მიხედვით, ვ.სალიკოვმა გამოყო ჭალური და კალაპოტური ნაკადების ურთიერთქმედების სამი ძირითადი ტიპი:

1. კალაპოტისა და ჭალის ნაკადებს შორის სითხის მასების გაცვლა წარმოებს მხოლოდ მათ გამყოფ საზღვარზე, ძირითადად კალაპოტში ხარჯი არ იცვლება ნაკადის სიგრძეზე.
2. წარმოებს მხოლოდ ჭალური სითხის მასების გადასვლა ძირითად კალაპოტში, ხარჯი ამ უკანასკნელში იზრდება სიგრძეზე.
3. წარმოებს მხოლოდ კალაპოტის სითხის მასების გადასვლა ჭალაში, ხარჯი ძირითადად კალაპოტში მცირდება ნაკადის სიგრძეზე.

ურთიერთქმედების პირველი ტიპი წარმოიქმნება კალაპოტისა და ჭალის უცვლელი სიგანის და ხორკლიანობის შემთხვევაში. ურთიერთქმედების მეორე და მესამე ტიპები გვხვდება სხვადასხვა სიმაღლის ჭალური მასივების არსებობის შემთხვევაში, ხეობის შევიწროების ან გაშლის დროს, ცალმხრივი ჭალის არსებობისას, ან ჭალის სიგრძეზე ხორკლიანობის შეცვლით. ურთიერთქმედების ამ ტიპებს იწვევს, აგრეთვე, სხვადასხვა ტიპის შემოზღინული ჯებირების მშენებლობა ჭალურ მასივებზე.

ექსპერიმენტები ძირითადად ჩატარდა კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთქმედების პირველი ტიპისათვის. ეს გასაგებიცაა, რადგანაც ურთიერთქმედების მექანიზმი უნდა ვეძებოთ მარტივ სქემებზე.

კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთქმედების თვისებრივი წარმოდგენა მიიღო ი.სპიცინმა ნაკადის მანგანუმმჟავა კალიუმის ფხვნილით ვიზუალიზაციისა და მისი შემდგომი ფოტოგრაფირების გზით. მიღებული შედეგების მიხედვით, სპიცინმა აღნიშნა შემდეგი: კალაპოტის კიდის ერთეულ სიგრძეზე დროის ერთეულში წარმოქმნილი გრიგალების რაოდენობა იზრდება სიჩქარის გრადიენტის მუდმივ ზრდასთან ერთად. წარმოქმნის ადგილზე გრიგალი

არსებობს მის საბოლოო ფორმირებამდე. გრიგალური ზონრები შენარჩუნებულია კალაპოტის კიდესთან გარკვეულ დროს, შემდეგ იხრება კალაპოტის მხარეს, წყდება და იშლება. განთავისუფლებული გრიგალები, როგორც მოსალოდნელი იყო, გადაადგილდება დიდი სიჩქარეების მხარეს, ანუ კალაპოტის ცენტრისკენ. შემდგომში იგი შეიძლება არ დაიშალოს შედარებით ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, გადაადგილდება რა კალაპოტში, მაგრამ შეიძლება გაქრეს თავის წარმოქმნისა და მოწყვეტის ადგილის სიახლოვეს. ასეთი გრიგალები ნაკადს წარიტაცებს ჭალაზე დაახლოებით 8პ სიგრძეზე კალაპოტის კიდიდან. ეს მოვლენა არის ძირითადი, რადგანაც ხსნის იმ ფაქტს, რომ მასათა გაცვლა წარმოებს არა მარტო გრიგალის ბრუნვის ზემოქმედებით, არამედ კალაპოტის სიღრმეში ამ გრიგალების გადაადგილებით და მათ ადგილზე ჭალის მიმართულებით საპასუხო დინების წარმოქმნით. შესაბამისად, გრძივ მოძრაობასთან ერთად, ადგილი აქვს განივ დინებებს ძირითადი კალაპოტის კვეთში და ჭალის ნაწილზე.

ანალოგიური სურათი მიიღო რ.სელინმა მოდელზე, რომელიც შედგებოდა სწორკუთხა კალაპოტისა და ორმხრივი სწორკუთხა ჭალისაგან. გრიგალები განლაგდება ორივე ნაპირის კიდის გასწვრივ ჭალრაკულად, ე.ი. კალაპოტის ნაპირის კიდის გასწვრივ წარმოებს ნაკადის გადასვლა ძირითადი კალაპოტიდან ჭალისაკენ და პირიქით - ჭალური ნაკადის ნაწილის გადასვლა ძირითად კალაპოტში. სიჩქარეები ჭალის კალაპოტთან მიმდებარე ნაწილში, ვერტიკალური გრიგალების წარმოქმნის ადგილზე, ჭალური ნაკადისა და კალაპოტური ნაკადების საშუალო სიჩქარეთა უკან და უკან საშუალო არითმეტიკულის ტოლია.

თუ საფუძვლად ავიღებთ ვერტიკალზე სიჩქარეთა განაწილების ხარისხოვან კანონს, მაშინ საშუალო სიჩქარე შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი გამოსახულებით:

$$v = \left(V_{\Delta} / (1 + \Delta) \right) = \left(N v_* / (1 + x) \right) (h / \Delta)^x = \left(N \sqrt{gh_i} / (1 + x) \right) (h / \Delta)^x, \quad (1)$$

სადაც N არის ხორკლების შეერილების სიმაღლეზე არსებული სიჩქარის შეფარდება დინამიკურ სიჩქარესთან.

თუ უგულებელვყოფთ კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთქმედებას, მაშინ კალაპოტური და ჭალური ნაკადების საშუალო სიჩქარეთა შეფარდებას ექნება შემდეგი სახე:

$$v'_j/v'_k = (N_j/N_k)((1+x_k)/(1+x_j))((h_j)^{0.5+x_j}/(h_k)^{0.5+x_k})(\Delta_k^{x_k}/\Delta_j^{x_j}), \quad (2)$$

և աջակց ս' j և ս' k և աջակցալու սիմեռիությունը, նշանակության ընթացքում լավագությունը կազմվում է առաջակցությամբ:

Առաջակցության մասեղածականությունը բարձր և ամենաբարձրը կազմում է համարժակացնելու աշխատավորությամբ, քանի որ $N_j=N_k$ և $X_j=X_k$, մասուն (2) գաղտնաբառը պարունակում է այսպիսի նշանակությունը:

$$v'_j/v'_k = (h_j/h_k)^{0.5+x_j}(\Delta_k/\Delta_j)^{x_k}, \quad (3)$$

և աջակց $h_j=h_{j\text{այլ}}+h_k$.

$$\text{մասուն} \quad (v'_j/v'_k) = ((h_{j\text{այլ}}/h_k)+1)^{0.5+x_j}(\Delta_k/\Delta_j)^{x_k}. \quad (3^*)$$

Ինչպես (3) գաղտնաբառը պարունակում է այսպիսի նշանակությունը, որը համարժակացնելու համար կատարվության մեջ կամ առաջակցությամբ կազմված է աջակցական համարժակացնելու մեջ, որը համարժական է ու ամենաբարձրը և առաջակցությամբ կազմված է այսպիսի համարժակացնելու մեջ: Եթե $h_j/h_k > 1$, ապա $v'_j/v'_k > 1$. Այս պատճենը համարժակացնելու ամենաբարձր կամ ամենաբարձր համարժակացնելու ամենաբարձր աշխատավորությամբ է, որը կազմակերպվում է $(h_j/h_k)^{0.5+x_j}$ ապա՝ այսպիսի:

Այս պարունակությունը նշանակությունը կազմակերպվում է այսպիսի պահանջման համարժակացնելու համար, որը պահանջման համարժակացնելու մեջ ամենաբարձր է այսպիսի պահանջման համարժակացնելու մեջ: Մաս է պահանջման համարժակացնելու մեջ այսպիսի պահանջման համարժակացնելու մեջ, որը պահանջման համարժակացնելու մեջ ամենաբարձր է այսպիսի պահանջման համարժակացնելու մեջ: Այս պահանջման համարժակացնելու մեջ այսպիսի պահանջման համարժակացնելու մեջ ամենաբարձր է այսպիսի պահանջման համարժակացնելու մեջ: Կամ առաջակցությամբ կազմակերպվում է այսպիսի պահանջման համարժակացնելու մեջ: Եթե $h_j/h_k < 1$, ապա $v'_j/v'_k < 1$. Այս պահանջման համարժակացնելու մեջ ամենաբարձր է այսպիսի պահանջման համարժակացնելու մեջ: Եթե $h_j/h_k = 1$, ապա $v'_j/v'_k = 1$. Այս պահանջման համարժակացնելու մեջ ամենաբարձր է այսպիսի պահանջման համարժակացնելու մեջ:

კალაპოტის ნაპირის კიდემდე. ეს სიჩქარე ხშირად გამოიყენება ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზის დროს.

როდესაც $h_j > h_{j+1}$, სიჩქარე ძირითადად კალაპოტში ჯერ U_j -მდე მცირდება, როდესაც ჭალაში სიღრმე აღწევს h_{j+1} -ს. ხოლო კალაპოტის სიღრმის შემდგომი გაზრდა იწვევს კალაპოტის ნაკადის სიჩქარის გაზრდას და იგი გახდება კვლავ U_{j+1} -ის ტოლი, ჭალაში სიღრმის გაზრდისას h_j ა-მდეა ე.ი. U_j გაუტოლდება U_{j+1} -ს; მაგრამ იგი მცირება იმ სიჩქარესთან შედარებით, რომელიც იქნებოდა ჭალური და ძირითადი კალაპოტის ნაკადების ურთიერთმოქმედების გარეშე; იგი მცირება იმ სიჩქარესთან შედარებით, რომელიც გვექნებოდა ურთიერთგავლენის არარსებობის შემთხვევაში სიდიდით $U_j - U_{j+1}$; ფარდობით $(U_j - U_{j+1})/U_j = (\alpha_j)$ ახასიათებენ სიჩქარის უდიდესი ფარდობითი შემცირების ხარისხის U_j სიჩქარესთან შეფარდებით. კინემატიკური ეფექტის ასეთი დახასიათება თვალსაჩინოა და ადვილად დასადგენი, მაგრამ არ არის ამომწურავი. ამ მოვლენის უფრო მკაცრ მახასიათებელს წარმოადგენს უგანზომილებო სიდიდე

$$(U_j' - U_j) / U_j = (K'_j) \delta \quad \text{and} \quad (U_j' - U_j) / U_* = (K'_j).$$

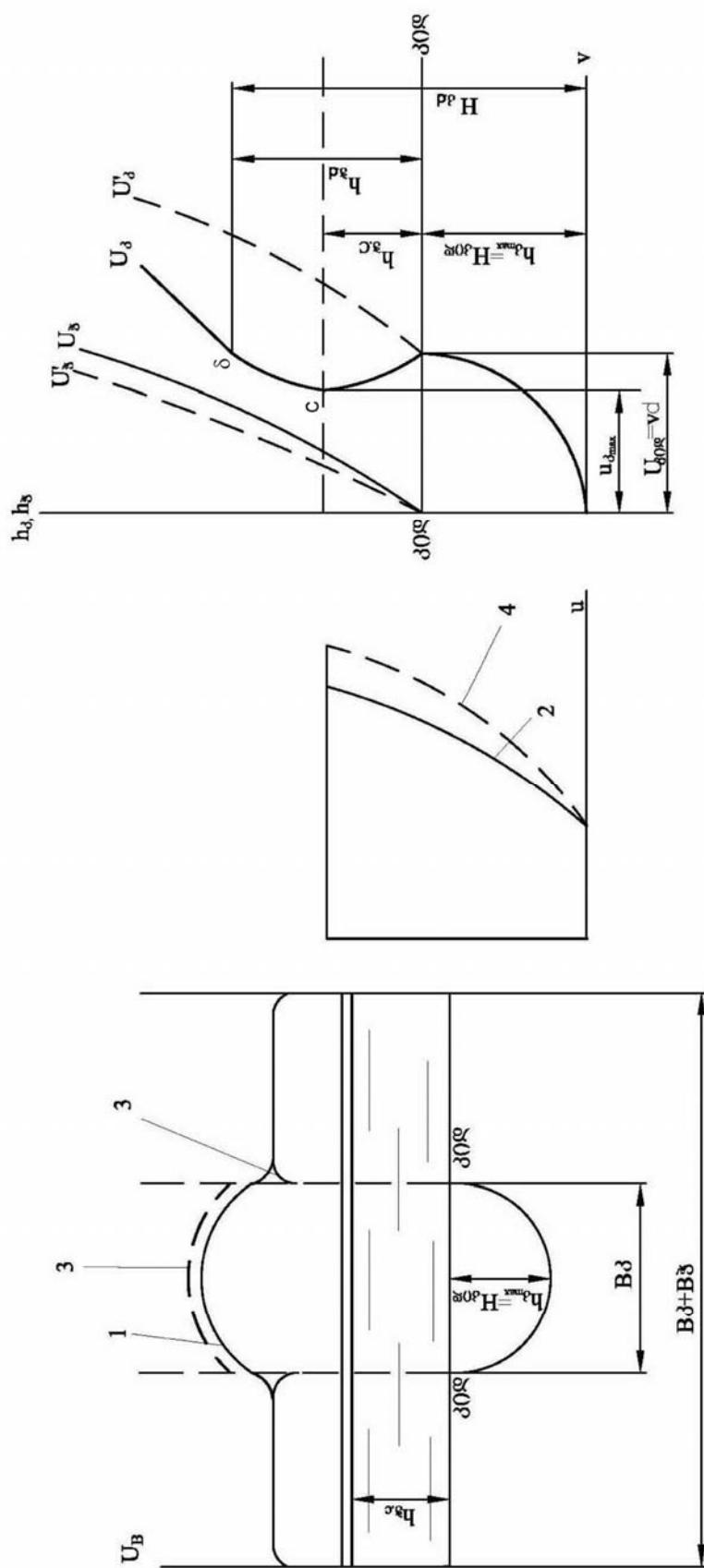
სადაც U_* არის დინამიკური სიჩქარე ძირითად კალაპოტში. ამ გამოსახულებაში $U_j' - U_j$ სხვაობა არის კინემატიკური ეფექტის აბსოლუტური ზომა. პირველ მიახლოებაში შეიძლება განვსაზღვროთ $U_j = U_j(H)$ მრუდის ექსტრაპოლაციით კალაპოტის ნაპირის კიდის საზღვრებს გარეთ.

თუ $U_j - U_j = 0$, ეს ჯერ კიდევ არ ნიშნავს კინემატიკური ეფექტის არარსებობას. აუცილებელია, რომ $U_j - U_j = 0$. აქედან ცხადია, წერტილების გადახრა მარცხნივ $U_j' = U_j(H)$ მრუდიდან მოწმობს კინემატიკური ეფექტის გამოვლინებას.

(3) გამოსახულებიდან ჩანს, რომ, როდესაც ფარდობა $\Delta_j / \Delta_j < 1,0$ (რაც ადვილად მისაღწევია ლაბორატორიული ექსპერიმენტებით), შეიძლება ერთზე ნაკლები გახდეს კალაპოტის ნაკადისა და ჭალური ნაკადის სიჩქარეების $U_j' / U_j < 1,0$ ფარდობა, ე.ი. კალაპოტის ნაკადის სიჩქარე ნაკლებია ჭალის ნაკადის სიჩქარეზე, მაშინ კალაპოტსა და ჭალას შორის მასათა გაცვლის შედეგად ჭალის ნაკადის სიჩქარე შემცირდება და კალაპოტის ნაკადის სიჩქარე გაიზრდება. ამ შემთხვევაში $U_j = U_j(H)$ გრაფიკი $U_j' = U_j(H)$ გრაფიკის მარჯვნივ გადაინაცვლებს, როდესაც $H > H_j$.

არ არსებობს სიღრმე h_3 , რომლის დროსაც ხელმეორედ მიიღწევა უფლ. სიჩქარე. ასეთი ექსპერიმენტი ჩაატარეს 6.ნოვიკოვმა და ო.შევჩენკომ მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პიდროვიზიკურ ლაბორატორიაში. კალაპოტის ხორცლიანობის კოეფიციენტი იყო $n_3 = 0,025$, ხოლო ჭალის $n_3' = 0,005$. ცდებით დადგინდა, რომ ძირითადი ნაკადის ჭალაში შესვლის დროს, მისი სიჩქარე და სარჯი იზრდება. კალაპოტში ფარდობითი სიჩქარის მაქსიმალური გაზრდა შეიმჩნეოდა $h_3 = 1,5$ მ –ის დროს და შეადგენდა $(v_3 - v_3')/v_3 \approx 100 = 5\%$. ფარდობითი სარჯების მაქსიმალური გაზრდა შეიმჩნეოდა $h = 2,0$ სმ-ის დროს და შეადგენდა $((Q_3 - Q_3')/Q_3) \approx 100 = 18\%$.

მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს განვმარტოთ კინემატიკური ეფექტი ფართო გაგებით. კინემატიკური ეფექტი გამოვლინდება ყოველთვის მაშინ, როდესაც გრაფიკი $v_3 = v_3(H)$ გადაიხრება $v_3' = v_3'(H)$ გრაფიკიდან მარჯვნივ ან მარცხნივ.



ნახ.1 ვერტიკალური საშუალო სიჩქარეების ცერტ.
და დენტულები ვერტიკალზე ადგილობრივი სიჩქარეების ცეცხლის
სკემატური ებიურები და საშუალო სიჩქარეების V მრავლები

3. დასტვა

1. უდაწეო ნაკადის კინემატიკური ეფექტი განპირობებულია ნაკადის სიგანეში გრძივი სიჩქარეთა მავეორი ცვლილებით.

2. სიჩქარეთა დიდი გრადიენტი იწვევს ვერტიკალურღერძიანი გრიგალების წარმოქმნას, რომლებიც ასრულებს “საკისრის” როლს ნაკადის მეზობელ შრეთა შორის.

3. გრიგალები იწვევს მასათა ცვლას ორ მეზობელ შრეს შორის და მიირება უდაწეო ნაკადის კინემატიკური ეფექტი.

ლიტერატურა

5. Железняков Г.Б. Некоторые особенности движения потока при выходе его на пойму.-В кн.Управление поверхностными и подземными водными ресурсами и их использование. М.: АН СССР, 1961.
6. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. Л.:Гидрометеоиздат, 1962.
7. Железняков Г.Б Гидравлическое обоснование методов речной гидрометрии. М.: АН СССР, 1950.
8. Железняков Г.Б О распределении скоростей в речном потоке // ОТИ №8. М.: АН СССР, 1947.
9. Железняков Г.Б К исследованию естественных открытых русловых потоков // ОТИ №2. М.: АН СССР, 1949.
10. Спицын И.П. О механизме взаимодействия потоков основного русла и поймы // Труды ЛГМИ , 1962 г., вып. №13.
11. Гачечиладзе Г.Л., Данелия З.Н. К расчетной динамической схеме равномерного речного потока в русле с поймой // Труды ГПИ, №1 (406) 1996 .

УДК 621.314.5.001.8

ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ГЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИЗИНГОВОЙ СХЕМЫ ИНВЕСТИРОВАНИЯ

А.Д. Ахвledиани, А.Г. Гоголадзе, Г.А. Ахвledиани
(Грузинский технический университет)

Резюме: В кризисной ситуации, сложившейся в экономике Грузии, необходимы: поиск нетрадиционных методов обновления материальной базы, ускоренная модернизация основного фонда предприятий энергетического комплекса и оживление вокруг них инвестиционной деятельности. На наш взгляд одним из наиболее перспективных методов для осуществления этих мероприятий являются лизинговые схемы взаимоотношений.

Ключевые слова: гидроэнергетика Грузии; финансовый лизинг оборудования ГЭС; привлечение иностранных инвестиций в экономику; алгоритм расчета лизинговых платежей; компьютерная реализация алгоритма.

1. ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия лизинговое инвестирование в производство получило широкое распространение и признание в странах Западной Европы и США, как один из наиболее эффективных видов деятельности.

У специалистов не вызывает никакого сомнения, что проблема технического перевооружения и модернизации оборудования в большинстве стран стоит практически перед каждым предприятием энергетического комплекса. Это касается и Грузии. Для решения этих задач авторы данной статьи предлагают привлечение капитальных вложений в модернизацию генерирующего оборудования ГЭС с использованием лизинга.

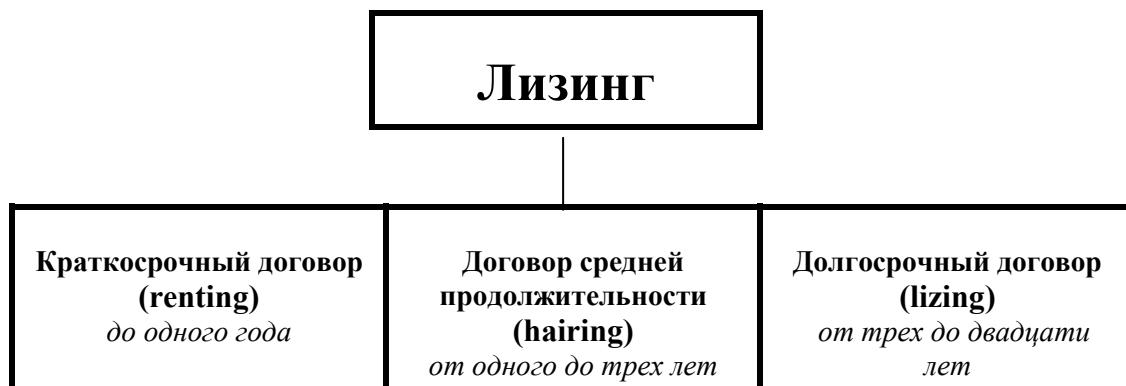
Для наглядности в работе приводится весь математический алгоритм расчета лизинговых платежей, а также численный пример, который реализован на ЭВМ.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В широком смысле, под лизингом следует понимать весь комплекс имущественных отношений, возникающих с передачей предмета лизинга в пользование и правом его приобретения в последующем.

Лизингодатель, предоставляя лизингополучателю элементы основного капитала на установленный договором срок и за определенную плату, по существу реализует принципы срочности, возвратности и платности, присущие кредитной сделке. Но, с другой стороны, и лизингодатель, и лизингополучатель оперируют с капиталом не в денежной, а в производственной форме, что сближает лизинг с инвестированием и резко поднимает его народнохозяйственную значимость.

Таблица 1



КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ЛИЗИНГА

-	По составу участников	По объему обслуживания	По сектору рынка	По степени и срокам окупаемости	По типу лизинговых платежей
1	Прямой	Чистый	Внутренний	Финансовый	Денежный (платеж)
2	Косвенный	С полным набором услуг	Внешний (в т.ч. экспорт/импорт)	Оперативный	Компенсационный
3	Возвратный	С неполным набором услуг			Смешанный

Объектом лизинга может быть любое движимое и недвижимое имущество, относящееся по действующей классификации к основным средствам, кроме имущества, запрещенного к свободному обращению на рынке.

В лизинг передается то имущество, которое специально приобретено для передачи лизингодателю. В **таблице 1** приводятся некоторые основные виды и формы лизинга .

Мы считаем, что для нашего случая, в частности, для обновления оборудования на ГЭС финансовый лизинг наиболее подходящий.

Финансовый лизинг характеризуется тем, что срок, на который передается имущество во временное пользование, приближается по продолжительности к сроку его эксплуатации. Основные обязанности в отношении имущества, в классическом лизинге (тех. обслуживание, ремонт, страхование) перекладываются на поставщика.

Финансовый лизинг аналогичен долгосрочному кредитованию. Отличие состоит в переходе права собственности на пользователя – по завершении последнего платежа (если договор не предусматривает иное).

Стандартная форма договора финансового лизинга имеет следующую структуру:

- Место заключения договора.
- Дата заключения договора.
- Наименования всех трех сторон договора, их юридические адреса и расчетные счета.
- Наименование оборудования, предназначенного в лизинг.
- Роли во взаимоотношениях между сторонами договора.

Кроме того, оговаривается, для каких целей оборудование приобретается в лизинг. При этом одним из основных требований к договору лизинга является то, что лизинговое имущество используется лизингополучателем только в предпринимательских целях.

- Оплата стоимости оборудования: в оговоренные договором сроки лизинговая фирма (лизинговый отдел банка) выплачивает за просрочку платежа на срок, более оговоренного; выплачивается штраф, в размере оговоренном в договоре (процент от стоимости покупаемой продукции), за каждый день просрочки.
- Расходы по транспортировке оборудования, его установке в месте, указанном арендатором и согласованном с лизинговой фирмой, а также по пуску его в эксплуатацию несет арендатор.
- График выплаты арендных платежей арендатором производится в безналичном порядке, путем перевода суммы очередного платежа на расчетный счет лизинговой фирмы. За просрочку очередного платежа арендатор выплачивает лизинговой фирме штраф за каждый день просрочки.

Если арендатор обнаружит несоответствие оборудования с оговоренной спецификацией, согласованной с продавцом, то он должен сообщить об этом продавцу и лизинговой фирме не позднее оговоренного срока. Если он этого не сделает, оборудование считается полностью соответствующим заказу. При получении извещения о несоответствии

оборудования согласованной с арендатором спецификации продавец обязан в течение необходимого срока за свой счет либо устраниТЬ выявленные недостатки, либо, при невозможности это сделать, заменить на иное, отвечающее всем предъявляемым требованиям оборудование.

Обязательства арендатора:

- Эксплуатация оборудования, в соответствии с инструкциями производителя, должна производиться только квалифицированным и опытным персоналом.
- Все расходы связаны с текущей эксплуатацией оборудования.
- Использование предоставленного ему оборудования лишь в рамках своего предприятия и только в согласованном между сторонами месте.
- Арендатор не имеет права без письменного согласия или разрешения продавца знакомить третьих лиц с конструкцией оборудования, его технологическими характеристиками и т.д.
- Арендатор несет ответственность за случайное повреждение оборудования.
- Арендатор обязан застраховать оборудование на предусмотренные договором случаи.

Сумма страхового полиса должна быть оговорена в договоре. В случае какого-либо изменения своего юридического и финансового состояния арендатор обязан известить лизинговую фирму в определенный срок.

Арендованное оборудование остается в собственности лизинговой фирмы в течение всего срока аренды и не может быть передано в залог. Арендатор не имеет права в отношении арендованного оборудования устанавливать какие-либо иные имущественные обременения в пользу третьего лица.

Обязательства лизинговой фирмы:

- Запрашивать всю необходимую информацию о финансовом состоянии арендатора.
- Проверять состояние оборудования в рабочее время, а также инспектировать условия его эксплуатации.
- Досрочно расторгнуть договор в следующих случаях:
 - а) если узнает о несостоятельности арендатора;
 - б) если арендатор объявлен банкротом;
 - в) если сочтет необходимым защитить свое имущество, но при этом ее вмешательство в оперативную, хозяйственную и иную деятельность арендатора не допускается.

В случае выхода оборудования из строя по вине лизинговой фирмы арендатор, не приостанавливая выплаты платежей, вправе предъявить претензию, которая должна быть рассмотрена лизинговой фирмой в срок. При недостижении согласия по претензии стороны передают спор на разрешение арбитражного суда.

Взаимоотношения сторон, не урегулированные договором, регламентируются действующим законодательством.

С экономической точки зрения, лизинг – есть товарный кредит в основные фонды, предоставляемые лизингополучателю в виде передаваемого в пользование имущества. Но если при товарном кредитовании, в чистом виде, товаропользователь одновременно с получением товара вступает в право собственности, с отсрочкой во времени оплаты потребительной стоимости товара, то при лизинге это право остается за лизингодателем, до полной оплаты предмета лизинга лизингополучателем. По сути, лизинговые платежи не что иное, как плата за пользование кредитом в виде имущества. Доходом лизингодателя является разница между общей суммой лизинговых платежей, получаемых лизингодателем от лизингополучателя, и суммой, возмещающей стоимость лизингового имущества.

Под лизинговыми платежами в рекомендациях понимается общая сумма, выплачиваемая лизингополучателем лизингодателю за предоставленное ему право пользования имуществом - предметом договора.

В лизинговые платежи включаются:

- амортизация лизингового имущества за весь срок действия договора лизинга;
- компенсация платы лизингодателя за использованные им заемные средства;
- комиссионное вознаграждение;
- плата за дополнительные услуги лизингодателя, предусмотренные договором лизинга;
- стоимость выкупаемого имущества, если договором предусмотрены выкуп и порядок выплат указанной стоимости в виде долей в составе лизинговых платежей.

Лизинговые платежи уплачиваются в виде отдельных взносов. При заключении договора стороны устанавливают общую сумму лизинговых платежей, форму, метод начисления, периодичность уплаты взносов, а также способы их уплаты.

Платежи могут осуществляться в денежной форме, компенсационной форме (продукцией или услугами лизингополучателя), а также в смешанной форме. При этом цена продукции или услуг лизингополучателя устанавливается в соответствии с действующим законодательством.

По методу начисления лизинговых платежей стороны могут выбрать:

-**метод "с фиксированной общей суммой"**, когда общая сумма платежей начисляется равными долями в течение всего срока договора в соответствии с согласованной сторонами периодичностью;

-**метод "с авансом"**, когда лизингополучатель при заключении договора выплачивает лизингодателю аванс в согласованном сторонами размере, а остальная часть общей суммы лизинговых платежей (за минусом аванса) начисляется и уплачивается в течение срока действия договора, как и при начислении платежей с фиксированной общей суммой;

-**метод "минимальных платежей"**, когда в общую сумму платежей включаются сумма амортизации лизингового имущества за весь срок действия договора, плата за использованные лизингодателем заемные средства, комиссионное вознаграждение и плата за дополнительные услуги лизингодателя, предусмотренные договором, а также стоимость выкупаемого лизингового имущества, если выкуп предусмотрен договором.

В договоре лизинга стороны устанавливают периодичность выплат (ежегодно, ежеквартально, ежемесячно, еженедельно), а также сроки внесения платы по числам месяца.

По соглашению сторон взносы могут осуществляться равными долями, в уменьшающихся или увеличивающихся размерах.

По истечении срока лизингового договора оборудование возвращается лизингодателю, либо приобретается лизингополучателем по остаточной стоимости.

Таким образом, лизинг не исключает, а дополняет традиционные отношения финансовых институтов с деловыми кругами по финансированию технического перевооружения, реконструкции и развитию производства.

Первые лизинговые платежи часто начинаются после поставки имущества лизингополучателю. При использовании другой формы финансирования, финансового кредита, для покупки имущества предприятие должно было бы около 15 процентов стоимости покупки оплатить за счет собственных средств. Лизингополучатель решает эту проблему путем временного использования, а не приобретения имущества в собственность, что позволяет ему избежать риска покупки морально и физически устаревшего оборудования и не утяжеляет его активы, поскольку лизинговое имущество на балансе у него не числится. Это особенно важно при использовании дорогостоящего оборудования.

Лизинговое соглашение более гибко, чем ссуда, так как предоставляет возможность выработать удобную для покупателя схему финансирования. По договоренности сторон лизинговые платежи возможны после получения выручки от реализации товаров,

произведенных на переданном в лизинг оборудовании, или могут быть прокомпенсированы встречной услугой, что позволяет предприятиям без резкого финансового напряжения обновлять производственные фонды. Арендная плата за использование лизингового имущества относится на издержки производства и снижает у лизингополучателя налогооблагаемую прибыль.

Более правильно лизинг рассматривается как комплекс имущественных отношений, складывающихся между тремя участниками: пользователем (арендатор, лизингополучатель), лизингодателем (арендодатель, лизинговая компания), поставщиком (продавцом). В силу лизинга пользователь выбирает необходимое ему имущество и обращается к лизингодателю с просьбой купить для него это имущество у поставщика и предоставить во временное владение и пользование за плату, а лизингодатель покупает указанное имущество и передает его пользователю.

Иногда лизинг оформляется двумя взаимосвязанными договорами: лизинга и купли-продажи.

В таком варианте договоров лизинга оформляют отношения только между двумя участниками - пользователем и лизингодателем.

Более предпочтительно, чтобы договор лизинга заключали 3 участника и в одном документе оговаривали взаимные права, обязанности, ответственность.

Существует несколько *преимуществ договора лизинга* в сравнении с традиционными договорами аренды и купли-продажи:

- 1) пользователь имеет возможность опробовать имущество до приобретения его в собственность;
- 2) пользователю не надо сразу выплачивать крупные суммы;
- 3) распределение обязанностей и ответственности при реализации договора между тремя.

Обычно оговаривается условие о праве (но не обязанности) пользователя по окончании срока действия договора купить используемое имущество по рыночной или остаточной стоимости имущества или по номинальной цене.

Стороны решают совместно, кто несет риск случайной гибели (порчи) имущества. В отступление от общего правила (риск случайной гибели несет собственник) риск может быть возложен на пользователя или разделен в установленных пропорциях между пользователем и лизингодателем.

Как правило, имущество выбирает сам пользователь. В этих отношениях наиболее эффективно используются здания, сооружения, транспортные средства, оборудование,

оргтехника. Возможность изменения состава имущества (улучшения, ухудшения, уменьшения) специально оговаривается. Техническое обслуживание и ремонт чаще всего возлагаются на поставщика.

Все виды неустоек за неисполнение обязанностей по договору предусматриваются сторонами самостоятельно. Поэтому очень важно внести их в текст конкретного договора.

Использование ускоренной амортизации при лизинговых операциях позволяет оперативнее обновлять оборудование и вести техническое перевооружение, в чем так нуждается отечественное машиностроение, легкая и пищевая отрасли промышленности. Успешное применение лизинга в инвестировании оборудования этих отраслей требует широкой поддержки региональных структур, что особенно важно при лизинге оборудования для глубокой переработки сельскохозяйственного сырья, когда в качестве лизингополучателя выступают фермерские хозяйства и малые предприятия, не располагающие достаточными средствами.

Решая чисто народнохозяйственные задачи, лизинг дает всем участникам сделки ряд существенных преимуществ. Так, от лизингополучателя не требуется единовременной полной оплаты стоимости имущества, включая накладные расходы, что высвобождает его ликвидные средства, снижает общие расходы и дает безусловные преимущества против обычной купли-продажи.

При проведении международного лизинга стороны могут успешно использовать налоговые льготы стран-участниц лизинговой операции. За рубежом лизинговые компании используют в своих операциях, как правило, 75-80% заемных средств. Применяется практика предоставления банками так называемых гарантированных кредитов, сроки действия которых совпадают со сроками действия лизинговых договоров и обычных кредитов. Роль государства сводится к регулированию налоговых льгот и созданию благоприятных условий для привлечения лизинговыми компаниями заемных средств.

Кроме того, необходимо формировать резерв под лизинговые операции, создаваемый аналогично ссудным операциям. Хотя имущество до полного выкупа принадлежит лизингодателю, это не уменьшает риск для лизинговой фирмы. Банк вложил средства в приобретение основных средств. В случае возврата имущества оно отражается в учете на счете собственных основных средств (лизинг учитывается в балансе банка как актив, приносящий доход). При этом снижается ликвидность активов, показатели баланса ухудшаются, а вопрос о реализации имущества (особенно специфического или дорогостоящего) проблематичен (аналогичная по платежному дефициту и погашению ссудной задолженности ситуация возникает в том случае, когда в залог по ссудам

принимаются низколиквидные товары). Таким образом, риск при проведении лизинговых операций несколько не ниже, чем при проведении ссудных операций. Начисленный резерв может быть списан с баланса после реализации (или списания) основных средств, приобретенных для проведения лизинговых операций.

Математический алгоритм расчета общей суммы лизинговых платежей

$$\mathcal{L}P_t = AO_t + PK_t + KB_t + \mathcal{D}U_t + HDS_t ; \quad (1)$$

где : $t = 1,2,3,\dots,T$ – (срок договора лизинга - год)

$\mathcal{L}P_t$ - общая сумма лизинговых платежей (месяц, квартал, год);

AO_t - величина амортизационных отчислений, причитающихся лизингодателю;

PK_t - плата за используемые кредитные ресурсы лизингодателем на приобретение имущества - объекта договора лизинга;

KB_t - комиссионное вознаграждение лизингодателю за предоставление имущества по договору лизинга;

$\mathcal{D}U_t$ - плата лизингодателю за дополнительные услуги лизингополучателю, предусмотренные договором лизинга;

HDS_t - налог на добавленную стоимость, уплачиваемый лизингополучателем по услугам лизингодателя.

где: а) Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле

$$AO_t = BC * Ha / 100 , \quad \text{где : } t = 1,2,3,\dots,T ; \quad (2)$$

BC - балансовая стоимость имущества - предмета договора лизинга;

Ha - норма амортизационных отчислений.

Балансовая стоимость имущества определяется в порядке, предусмотренном действующими правилами бухгалтерского учета. Норма амортизационных отчислений принимается в соответствии с "Едиными нормами амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов".

б) Плата за используемые лизингодателем кредитные ресурсы на приобретение имущества - предмета договора - рассчитывается по формуле

$$ПК_t = КР_t * СТк / 100 ; \quad (3)$$

$$КР_t = Q * (OC_t^H + OC_t^K) / 2 , \quad \text{где } t = 1, 2, 3, \dots, T ; \quad (4)$$

ПК_t - плата за используемые кредитные ресурсы;

СТк - ставка за кредит, процентов годовых;

КР_t - кредитные ресурсы, используемые на приобретение имущества, плата за которые осуществляется в расчетном году;

OC_t^H и **OC_t^K** - расчетная остаточная стоимость имущества соответственно на начало и конец срока лизинга;

Q - коэффициент, учитывающий долю заемных средств в общей стоимости приобретаемого имущества. Если для приобретения имущества используются только заемные средства, тогда коэффициент **Q = 1**.

При этом имеется в виду, что в каждом расчетном году плата за используемые кредитные ресурсы соотносится со среднегодовой суммой непогашенного кредита в этом году или среднегодовой остаточной стоимостью имущества - предмета договора.

с) Комиссионное вознаграждение может устанавливаться по соглашению сторон в процентах:

1) от балансовой стоимости имущества - предмета договора;

$$KB_t = p * BC , \quad \text{где } t = 1, 2, 3, \dots, T ; \quad (5a)$$

2) от среднегодовой остаточной стоимости имущества

$$KB_t = (OC_t^H + OC_t^K) / 2 * СТВ / 100 , \quad \text{где } t = 1, 2, 3, \dots, T ; \quad (5b)$$

p - ставка комиссионного вознаграждения, в процентах годовых от балансовой стоимости имущества.

д) плата за дополнительные услуги в расчетном году рассчитывается по формуле

$$\Delta U_k = P_k / T, \quad \text{где } k = 1, 2, 3, \dots, n; \quad (6)$$

ΔU_k – плата за дополнительные услуги в расчетном году, млн. лар.;

P_k – расход лизингодателя на каждую предусмотренную договором услугу;

n – количество дополнительных услуг;

е) размер налога на добавленную стоимость определяется по формуле

$$НДС_t = B_t * СТ / 100, \quad \text{где } t = 1, 2, 3, \dots, T; \quad (7)$$

B_t – выручка от сделки по договору лизинга в расчетном году,

$СТ$ – ставка налога на добавленную стоимость, в процентах.

В сумму выручки включаются: амортизационные отчисления, плата за использованные кредитные ресурсы (ПК), сумма вознаграждения лизингодателю (КВ) и плата за дополнительные услуги лизингодателя, предусмотренные договором (ΔU):

$$B_t = AO_t + PK_t + KB_t + \Delta U_t, \quad \text{где } t = 1, 2, 3, \dots, T. \quad (8)$$

Примечание. Состав слагаемых при определении выручки определяется законодательством о налоге на добавленную стоимость и инструкциями по определению налогооблагаемой базы.

1) Расчет размера лизингового взноса, если договором предусмотрена **ежегодная выплата**, осуществляется по формуле

$$ЛВГ = ЛП / T. \quad (9)$$

2) Расчет размера **ежеквартального** лизингового взноса, если договором лизинга предусмотрена ежеквартальная выплата, осуществляется по формуле

$$ЛВк = ЛП / T / 4. \quad (10)$$

3) Расчет размера ежемесячного лизингового взноса, если договором предусмотрена **ежемесячная выплата**, осуществляется по формуле

$$ЛВм = ЛП / Т / 12, \quad (11)$$

где:
ЛВг - размер ежегодного взноса;
ЛП - общая сумма лизинговых платежей;
ЛВк - размер ежеквартального лизингового взноса;
ЛВм - размер ежемесячного лизингового взноса.

Расчет лизинговых платежей по договору финансового лизинга с полной амортизацией на примере малой ГЭС (для случая реабилитации механического оборудования станции)

Примерные данные для проведения расчетов:

- балансовая стоимость имущества приобретаемого договором лизинга - 14,4 млн.лар (в нашем случае турбина, генератор, трансформаторная подстанция);
- срок договора **финансового лизинга** - 12 лет (продолжительность договора зависит от нормы амортизационных отчислений);
- норма амортизационных отчислений на полное восстановление имущества - 8 % годовых (согласно законодательства Грузии);
- процентная ставка по кредиту, использованному лизингодателем на приобретение имущества - 30 % годовых (величина процента устанавливается по согласию сторон договора) ;
- процент комиссионного вознаграждения лизингодателю – 10 % годовых (величина процента устанавливается по согласию сторон договора) ;
- иные прямые дополнительные услуги (величина процента на них устанавливается согласно налогового законодательства страны)
 - а) командировочные расходы - 2.25 % от балансовой стоимости имущества;
 - в) консалтинговые услуги - 1.25 % от балансовой стоимости имущества;
 - с) обучение персонала - 2.5 % от балансовой стоимости имущества;
- ставка налога на добавленную стоимость - 18% (согласно законодательства Грузии).

Таблица – 2.

Годы	OC_t^n	OC_t^k	KP_t	AO_t	PK_t	KB_t	DY_t	B_t	HDC_t	LP_t
1	14.40	13.25	13.82	1.15	4.15	1.38	0.08	6.76	1.22	7.98
2	13.25	12.10	12.67	1.15	3.80	1.27	0.08	6.30	1.13	7.43
3	12.10	10.94	11.52	1.15	3.46	1.15	0.08	5.84	1.05	6.99
4	10.94	9.79	10.37	1.15	3.11	1.04	0.08	5.38	0.96	6.34
5	9.79	8.64	9.22	1.15	2.76	0.92	0.08	4.92	0.88	5.80
6	8.64	7.49	8.06	1.15	2.42	0.81	0.08	4.46	0.80	5.26
7	7.49	6.34	6.91	1.15	2.07	0.69	0.08	3.99	0.72	4.71
8	6.34	5.18	5.76	1.15	1.73	0.58	0.08	3.53	0.64	4.17
9	5.18	4.03	4.61	1.15	1.38	0.46	0.08	3.07	0.55	3.63
10	4.03	2.88	3.46	1.15	1.04	0.35	0.08	2.61	0.47	3.08
11	2.88	1.73	2.30	1.15	0.69	0.23	0.08	2.15	0.39	2.54
Всего	-	-	-	12.672	26.611	8.870	0.864	49.018	8.823	57.841

Согласно таблице 2 лизинговые платежи для нашего конкретного случая осуществляются ежегодно в течение 11-ти лет равными долями, начиная с 1-го года, в размере $57840761/11=5258251$ лар в год, величина же лизингового взноса за последний двенадцатый год составит **6986248** лар. Таким образом, суммарная величина лизингового платежа за 12 лет составит для нашего примера **$57840761 + 6986248 = 64827009$** лар.

Весь математический алгоритм расчета лизинговых платежей авторами статьи реализован на ЭВМ.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение необходимо отметить, что важным фактором успеха лизингового бизнеса является выбор рациональной организационной структуры лизинговой компании и высокая профессиональная подготовка ее персонала. Лизинговую компанию отличает большое количество аналитических служб, сильное маркетинговое и юридическое обеспечение. Существенно ее постоянное взаимодействие с банковскими учреждениями, страховыми компаниями и региональными властными структурами.

Лизинговый бизнес - один из сложнейших видов предпринимательской деятельности, в котором задействованы арендные отношения, элементы кредитного финансирования под залог, расчеты по долговым обязательствам и другие финансовые механизмы.

Применение лизинговых схем в процессе строительства и реабилитации гидроэнергетического оборудования ГЭС в Грузии на наш взгляд один из наиболее перспективных видов инвестирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лизинг: проблемы и перспективы //Экономика и жизнь. №2. Москва, 1994г.
2. Ахвlediani A., Ахвледиани Т. Инвестиции и энергетика//Энергия, №1 (45). Тбилиси, 2008, с.92-98.
3. ახვლედიანი ა., ახვლედიანი თ. ინვესტიციური და ენერგეტიკური // სამეცნიერო გაერთიანებული „ენერგია“ №1(45), 2008, gv. 92-98. ქ. თბილისი, 2008.
4. Кодуа Н., Ахвледиани А. Оптимальное планирование роста производства электроэнергии в рыночной экономике с применением теории управления // Энергия, №2 (45). Тбилиси, 2007, с8-12.
5. Журнал “Энергорынок”. Издательский Дом “РЦБ”.

შაპ 627.841

არარეგულარობის მქონე მართკუთხა ფილტრის გაანგარიშების შესახებ

პ. ღოლიძე

(თელავის პროფესიული სწავლების ცენტრი)

რეზიუმე: განხილულია არარეგულარობის მქონე ფილტრის გაანგარიშების საკითხი, როცა ფილა შედგება სხვადასხვა სიმტკიცის ცალკეული ელემენტების საგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია იდეალური სახსრების საშუალებით. მოცემულია გადამწყვეტ განტოლებათა სისტემა ამოხსნილი განზოგადებული მაკლორენის მწერივის მეშვეობით, რომელიც ავტომატურად ითვალისწინებს შეუძლების წერტილებში ფუნქციებსა და მათი წარმოებულების ნახტომების სიდიდეს.

საკვანძო სიტყვები: ფილა; წყვეტა; გარსი; განივი ძალა; ნახტომი; მაკლორენის მწერივი.

1. შესავალი

სამშენებლო პრაქტიკაში გვხვდება ისეთი შემთხვევები, როდესაც ფილის ცვლადი სისქე ან შუა ზედაპირის აპლიკატა, ან ორივე ერთად განიცდის პირველი გვარის წყვეტას ერთ ან რამდენიმე წერტილში. ნათქვამი ეხება ისეთ კონსტრუქციებსაც, რომლებიც შედგება სხვადასხვა მასალისაგან (ფიზიკური არაწრფივობა) ანდა ერთმანეთთან დაკავშირებულია სახსრების საშუალებით (გეომეტრიული არაწრფივობა). ასეთი კონსტრუქციების გაანგარიშება დაიყვანება ისეთი დიფერენციალური განტოლების ან განტოლებათა სისტემის ინტეგრირების საკითხზე, რომელთა ცვლადი კოეფიციენტები განიცდის პირველი გვარის წყვეტას საინტეგრირო შუალედის ერთ არ რამდენიმე სასრულ წერტილში. სასაზღვრო პირობები გამოიხატება საძიებელი ფუნქციითა და მისი წარმოებულებით კიდეზე. რა თქმა უნდა, სამშენებლო მექანიკის ამოცანების მრავალფეროვნება და სპეციფიკა არ იძლევა ისეთი უნივერსალური „ზემეთოდის“ შექმნის საშუალებას,

რომელიც ყველა შემთხვევისათვის ეფექტური იქნებოდა. ამიტომ, გამოთვლითი ტექნიკის უწყვეტი განვითარება და სრულყოფა, ერთი მხრივ, მოითხოვს პრინციპულად ახალი ალგორითმების დამუშავებას, ხოლო მეორე მხრივ, საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ცნობილი ალგორითმები, რომლებიც ადრე ან არარეალიზებადი, ან ნაკლებ ცნობილი იყო. ახალი მათემატიკური ხერხებისა და პროგრამების დამუშავებამ უნდა მიგვიყვანოს უფრო ეფექტური ალგორითმების აღმოჩენამდე.

2. მირითადი ნაწილი

წყვეტილპარამეტრიანი გარსებისა და ფილების გაანგარიშების პრობლემას ეძღვნება მრავალი ცნობილი მეცნიერის შრომები [1, 2, 3, 4], მათ შორის მონოგრაფიაც [5], სადაც შემოთავაზებულია ღუნვადი წყვეტილპარამეტრიანი გარსებისა და ფირფიტებისათვის ანგარიშის მეთოდი, რომელიც δ ფუნქციის გამოყენების ნიადაგზე საშუალებას იძლევა გათვალისწინებულ იქნეს ამოცანის გადაწყვეტისას ზოგიერთი პარამეტრის წყვეტის შესაძლებლობა. როგორც ამ ნაშრომში, ისე სხვა შრომებშიც ძირითადი აქცენტი გაკეთებულია ჭრილებითა და ხერელებით გამოწვეულ ნახტომების შესაძლო გათვალისწინებაზე.

დასმული ამოცანის ზოგადი გადაწყვეტის ერთ-ერთი მძლავრი მათემატიკური მეთოდი შ. მიქელაძის მიერ დამუშავებულია წყვეტილი ამოხსნების კონსტრუირების ზოგადი თეორია [6]. ამ თეორიაზე დაყრდნობით განხილულია ისეთი ფილების გაანგარიშების საკითხები, რომელთა გეომეტრიულ-ფიზიკური მახასიათებლები განიცდის პირველი გვარის წყვეტას ერთ ან რამდენიმე წერტილში.

განხილულია მართკუთხა ფილა, რომლის გვერდების სიგრძეებია $2a$ და b . ფილა შედგება სხვადასხვა სიხისტის ცალკეული მართკუთხა ელემენტებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია სახსრების საშუალებით. ფილა განიცდის განაწილებული დატვირთვის ქმედებას.

კოორდინატთა სისტემა (x_1, y_1, z_1) ავირჩიოთ ისე, როგორც ნახაზზე ნაჩვენები. ფილის ღუნვის დიფერენციალურ განტოლებას აქვს შემდეგი სახე [7]:

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x_1^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x_1^2 \partial y_1^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y_1^4} = \frac{q(x_1, y_1)}{D_n}, \quad (1)$$

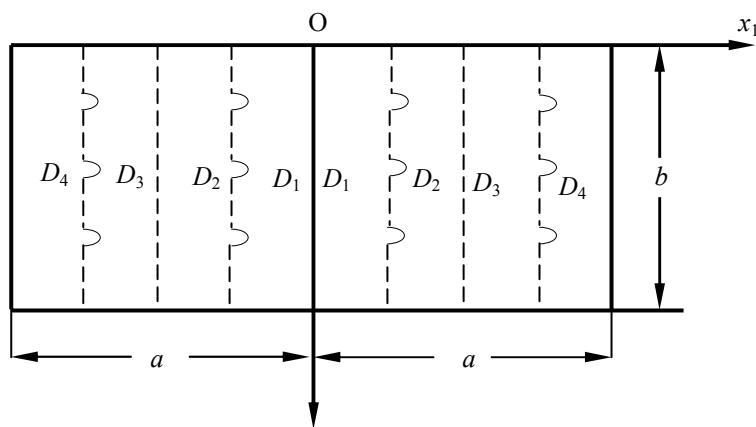
$$\text{სადაც } W \text{ ფილის ჩაღუნვის სიდიდეა; } D = \frac{E_n h^3}{12(1-\nu_n^2)} - \text{სიხისტების } q(x_1, y_1) -$$

განაწილებული დატვირთვის ინტენსივობა; E_n – ცალკეული ელემენტების იუნგის მოდული; ν_n – პუასონის კოეფიციენტი, ხოლო h ფილის სისქეა, რომელიც ასევე შეიძლება ნახტომისებურად იცვლებოდეს.

პუკის კანონის თანახმად ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობებს:

$$\begin{cases} M_{x_1} = -D_n \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x_1^2} - \nu_n \frac{\partial^2 W}{\partial y_1^2} \right), \\ M_{y_1} = -D_n \left(\frac{\partial^2 W}{\partial y_1^2} - \nu_n \frac{\partial^2 W}{\partial x_1^2} \right), \\ H = -D_n (1 - \nu_n) \frac{\partial^2 W}{\partial x_1 \partial y_1}, \\ Q_{x_1} = -D_n \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y_1^2} \right), \\ Q_{y_1} = -D_n \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y_1^2} \right), \end{cases} \quad (2)$$

სადაც M_{x_1} და M_{y_1} მდუნავი მომენტებია; H – ბერეგის მომენტი; Q_{x_1} და Q_{y_1} – განვითარებული ძალები.



შემოვიდოთ უგანზომილებო კოორდინატები

$$x = \frac{x_1}{a}, \quad -1 \leq x < +1, \quad \eta = \frac{a}{b}$$

$$y = \frac{y_1}{b}. \quad 0 \leq y \leq 1. \quad (3)$$

(3) ტოლობების გათვალისწინებით, (1) მინდებს სახეს:

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} = +2\eta^2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \eta^4 \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{q(x, y)a^4}{D_n}. \quad (4)$$

მოვახდინოთ (4) განტოლების განცალება. ამ მიზნით წარმოვადგინოთ ფილაზე მოქმედი $q(x, y)$ შემდეგი ტრიგონომეტრიული მწკრივის სახით:

$$q(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} q_m(x) \sin m\pi y, \quad (5)$$

სადაც

$$q(x) = 2 \int_0^1 q(x, y) \sin m\pi y dy. \quad (6)$$

ასეთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია ფილის $W(x, y)$ ჩაღუნვები წარმოვადგინოთ ანალოგიური მწკრივის სახით

$$W(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} W_m(x) \sin m\pi y. \quad (7)$$

თუ ვიგულისხმებთ, რომ ფილი $y = 0$ და $y = 1$ გვერდებით თავისუფლადაა დაყრდნობილი, მაშინ (7) ტოლობით განსაზღვრული ჩაღუნვის ფუნქცია აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობებს $y = 0$ და $y = 1$ კიდეების გასწვრივ.

თანაბრად განაწილებული დატვირთვის შემთხვევაში, (6) და (5) ტოლობები მოგვცემს

$$q(x) = 2 \int_0^1 q \sin m\pi y dy = \frac{4q}{m\pi}, \quad m = 1, 3, 5, \dots$$

$$q(x, y) = \frac{4q}{\pi} \sum_{m=1,3,5} \frac{1}{m} \sin m\pi y. \quad (8)$$

(7)-სა და (8)-ის გათვალისწინებით, (4) მოგვცემს

$$W_m^{IV}(x) - 2\alpha_m^2 W_m^{II}(x) + \alpha_m^4 W_m(x) = \frac{q_m a^4}{D_m}, \quad (9)$$

სადაც

$$\alpha_m = \eta m\pi, \quad q_m = \frac{4q}{m\pi}.$$

(2) ტოლობები (6)-ის გათვალისწინებით, მოგვცემს

$$\begin{cases} M_x = -\frac{D_n}{a^2} \left(W_m''(x) - v_n \alpha_m^2 W_m(x) \right) \sin m\pi y; \\ M_y = -\frac{D_n}{a^2} \left(v_n W_m''(x) - \alpha_m^2 W_m(x) \right) \sin m\pi y; \\ H = -\frac{D_n}{a^2} (1 - v_n) \alpha_m W_m'(x) \cos m\pi y; \\ Q_x = -\frac{D_n}{a^2} \left(W_m'''(x) - \alpha_m^2 W_m(x) \right) \sin m\pi y; \\ Q_y = -\frac{D_n}{a^2} \left(\alpha_m W_m''(x) - \alpha_m^3 W_m(x) \right) \cos m\pi y. \end{cases} \quad (10)$$

(9) წარმოადგენს მეოთხე რიგის ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებას, რომლის მარჯვენა ნაწილი და საძიებელი $W_m(x)$ ფუნქციის წარმოებულები განიცდის წყვეტას შეულლების წერტილებში. გამოვიყენოთ შ.მიქელაძის მიერ განზოგადებული მაკლორენის მწკრივი ნაშთითი წევრის გარეშე და შევადგინოთ (9) დიფერენციალური განტოლების წყვეტილი ამონასსნი. განზოგადებულ მაკლორენის ფორმულას, ჩვენს შემთხვევაში ექნება სახე

$$W_m(x) = \sum_{k=0}^n \frac{x^k}{K!} W_m^{(k)}(o) + \sum_{k=0}^n \frac{1}{K!} \sum_{\rho=1}^z \delta_\rho^{(k)}(x - x_\rho), \quad (11)$$

სადაც x_ρ და $\delta_\rho^{(k)}$ შესაბამისად აღნიშნავს წყვეტის წერტილებს და $W_m^{(k)}$ ფუნქციის ნახტომებს; n - მწკრივში შენარჩუნებული წევრების რიცხვს, ხოლო r - წყვეტის წერტილების რაოდენობას. დაგაკვირდეთ $W_m(x)$ ფუნქციისა და მისი წარმოებულების ქცევას წყვეტის x_ρ წერტილებში.

ფილის ელემენტების სახსრული შეერთებების გამო, $W_m(x)$ ფუნქცია უწყვეტია წყვეტის $x = x_\rho$ წერტილებში. რაც შეეხება $W_m'(x)$ ფუნქციას, იგი განიცდის პირველი გვარის წყვეტას $x = x_\rho$ წყვეტის წერტილებში. კერძოდ, მობრუნების კუთხე სახსარში მარჯვენა და მარცხენა მხრიდან განსხვავებულია ერთმანეთისაგან, რაც $W_m'(x)$ ფუნქციის წყვეტას იწვევს. იმის გამო, რომ სახსარში მღუნავი M_x მომენტი

ნულია, (10)-ის პირველი ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ $W_m''(x)$ ასევე არ განიცდის წყვეტას $x = x_\rho$ წერტილებში.

განივი Q_x ძალის უწყვეტობის პირობიდან წყვეტის წერტილებში (10)-ის მეოთხე ტოლობიდან გამომდინარეობს $W_m'''(x)$ ფუნქციის წყვეტილი ხასიათი D_n სიდიდის სხვადასხვაობის გამო $(D_n)_+ \neq (D_n)_-$.

ზოგადად, $W_m(x)$ ფუნქციის k -ური რიგის წარმოებულის $W_m^{(k)}(x)$ ნახტომის სიდიდე $\delta_\rho^{(k)}$ წყვეტის $x = x_\rho$ წერტილში განისაზღვრება ფორმულით

$$\delta_\rho^{(k)} = W_m^{(k)}(x_\rho + 0) - W_m^{(k)}(x_\rho - 0),$$

სადაც $W_m^{(k)}(x_\rho + 0)$ და $W_m^{(k)}(x_\rho - 0)$ შესაბამისად წარმოადგენს $W_m^{(k)}(x)$ ფუნქციის მნიშვნელობებს, როცა x_ρ წერტილის კუთხოვდებით მარჯვნიდან და შემდეგ მარცხნიდან.

მეოთხე რიგის წარმოებულის ნახტომის სიდიდეს ვპოულობთ (9) ტოლობიდან

$$\delta_\rho^{(4)} = [W_m^{IV}(x_\rho + 0) - W_m^{IV}(x_\rho - 0)] = q_m a^4 \left(\frac{1}{D_{\rho+1}} - \frac{1}{D_\rho} \right) \text{ ანუ}$$

$$\delta_\rho^{(4)} = \frac{q_m a^4}{D_\rho} \left(\frac{D_\rho}{D_{\rho+1}} - 1 \right).$$

თუ გავაწარმოებთ წევრ-წევრად (6) ტოლობას საჭირო რიგამდე, ჩვენ შევძლებთ მაღალი რიგის წარმოებულები $W_k^{(k)}(o)$ და ასევე ნახტომები $\delta_\rho^{(k)}$ გამოვსახოთ უფრო დაბალი რიგის წარმოებულებით. კერძო, ყველა ლური წარმოებული $W_m^{(2i)}(o)$ ($i = 2, 3, 4, \dots, n/2$) გამოისახება $W_m(o)$ და $W'_m(o)$, ხოლო $\delta_\rho^{(2i+2)}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n/2$) ნახტომები – $\delta_\rho^{(4)} - i$ საშუალებით. რაც შეეხება კენტ წარმოებულიანი ფუნქციების ნახტომებს, იგი გამოისახება $\delta_\rho^{(1)}$ და $\delta_\rho^{(3)}$ სიდიდეების კომბინაციებით, ხოლო $W_m^{(2i+1)}(o)$ სიდიდეები სიმეტრიის გამო, ნულის ტოლია.

ამგვარად, გვექნება

$$W_m^{(2i)}(o) = (i-1)\alpha_m^{2i-4} \frac{q_m a^4}{D_\rho} + i\alpha_m^{2i-2} W_m''(o) - (i-1)\alpha_m^{2i} W_m(o)$$

$$\delta_{\rho}^{(2i+1)} = i \alpha_m^{2i-2} \delta_{\rho}^{(4)} \quad i = 2, 3, 4, \dots, n/2.$$

$$\delta_{\rho}^{(2i+1)} = i \alpha_m^{2i-2} \delta_{\rho}^{(3)} - (i-1) \alpha_m^{2i} \delta_{\rho}^{(1)}.$$

მიღებული ტოლობების გათვალისწინება მაკლორენის განზოგადებულ ფორმულაში, საბოლოოდ მოგვცემს

$$\begin{aligned} W_m(x) = & W_m(o) \left[1 - \sum_{i=2}^{n/2} (i-1) \alpha_m^{2i} \frac{x^{2i}}{(2i)!} \right] + W_m''(o) \left[\frac{x^2}{2!} + \sum_{i=2}^{n/2} i \alpha_m^{2i-2} \frac{x^{2i}}{(2i)!} \right] + \\ & + \frac{q_m a^4}{D_{\rho}} \sum_{i=2}^{n/2} (i-1) \alpha_m^{2i-4} \frac{x^{2i}}{(2i)!} \left[\sum_{\rho=1}^r \delta_{\rho}^{(1)} \left[(x - x_{\rho}) - \sum_{i=2}^{n/2} (i-1) \alpha_m^{2i} \frac{(x - x_{\rho})^{2i+1}}{(2i+1)} \right] + \right. \\ & \left. + \sum_{\rho=1}^r \delta_{\rho}^{(3)} \left[\frac{(x - x_{\rho})^3}{3!} + \sum_{i=2}^{n/2} i \alpha_m^{2i} \frac{(x - x_{\rho})^{2i+1}}{(2i+1)} \right] + \sum_{\rho=1}^r \delta_{\rho}^{(4)} \left[\sum_{i=2}^{n/2} (i-1) \alpha_m^{2i-1} \frac{(x - x_{\rho})^{2i}}{(2i)!} \right] \right]. \end{aligned} \quad (12)$$

(12) ტოლობა შეიცავს უცნობ პარამეტრებს: $W_m(o)$, $W_m''(o)$, $\delta_{\rho}^{(1)}$ და $\delta_{\rho}^{(3)}$. მათი განსაზღვრის მიზნით, $x = \pm 1$ კიდევებზე გვაქვს სასაზღვრო პირობები, ხოლო სახსრებში M_x მღუნავი მომენტების ნულთან ტოლობის პირობა.

ზოგადად, სასაზღვრო პირობებისათვის:

ა) $x = \pm 1$ კიდევებით თავისუფლად დაყრდნობილი ფილის ასეთ შემთხვევაში გვაქვს:

$$W_m = 0 \quad \text{და} \quad \frac{\partial^2 W_m}{\partial x^3} = 0 \quad \text{ან} \quad W_m(1) = 0, \quad W_m''(o) = 0;$$

ბ) გვერდები $x = \pm 1$ ხისტადაა დამაგრებული, მაშინ $W_m = 0$ და $\frac{\partial W_m}{\partial x} = 0$ ან

$$W_m(1) = 0, \quad W_m'(1) = 0;$$

გ) $x = \pm 1$ კიდევები თავისუფალია, ამ შემთხვევაში $M_x = 0$ და $\left(Q_x + \frac{\partial H}{\partial y} \right) = 0$ ან

$$W_m''(1) - v \alpha_m^2 W_m(1) = 0, \quad W_m'''(1) - (2-v) \alpha_m^2 W_m'(1) = 0.$$

მღუნავი M_x მომენტის ნულთან ტოლობის პირობა გვაძლევს:

$$W_m''(x_{\rho}) - v \alpha_m^2 W_m(x_{\rho}) = 0,$$

ხოლო განივი Q_x ძალის უწყვეტობის პირობა

$$\delta_{\rho}^{(3)} - \alpha_m^2 \delta_{\rho}^{(1)} = \left(\frac{D_{\rho}}{D_{\rho+1}} - 1 \right) [W_m'''(x_{\rho} - o) - \alpha_m^2 (x_{\rho} - o)].$$

3. დასვენა

ამგვარად, მივიღეთ თავსებად განტოლებათა სისტემა, რომელთა საშუალებითაც განისაზღვრება ყველა ძალური ფაქტორი და დეფორმაციის კომპონენტები

$$W = W^0 \frac{q_m}{D_1} \sin m\pi\eta,$$

$$M_x = M_x^0 q_m \sin m\pi\eta,$$

$$M_y = M_y^0 q_m \sin m\pi\eta,$$

$$H = H^0 q_m \cos m\pi\eta,$$

$$Q_x = Q_x^0 q_m \sin m\pi\eta,$$

$$Q_y = Q_y^0 q_m \cos m\pi\eta.$$

ლიტერატურა

1. Вайнберг Д.В., Ройтфарб И.З. Расчет пластин и оболочек с разрывными параметрами // Расчет пространственных конструкций. Вып. 10. М., 1965.
2. Ван Фу Г.А. Приложение функции Матье и δ-функций Дирака к исследованию пластин и оболочек // Прикладная механика, т. 2, вып. 3, 1958.
3. Микеладзе М.Ш. Упругость и пластичность элементов конструкций и машин. Тбилиси: Мецниереба, 1976.
4. ცხედაძე რ. წევებილმახასიათებლიანი ფილებისა და გარსების გაანგარიშების ვარიანტები. თბილისი: გექნიკური უნივერსიტეტი, 2004.
5. Михайлов Б.К., Кипиани Г.О. Деформированность и устойчивость пространственных пластинчатых систем с разрывными параметрами. Санкт-Петербург: Стройиздат СПБ, 1966.
6. Микеладзе Ш.Е. Некоторые задачи строительной механики. М.-Л., 1948.
7. მიქელაძე გ. გარსთა თეორიის საფუძვლები. თბილისი: განათლება, 1974.

შაბ 69.05(0758)

**გაჭიმვისას სხვადასხვა ტენშემცველობის
წვრილმარცვლოვანი პეტონის მექანიკურ მახასიათმგლებზე
დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა**

ა. საყვარელიძე, ი. გიორგაძე, ლ. ლოლაძე

(სსიპ კირიაკ ზავრიელის სამშენებლო მექანიკის და სეისმომედეგობის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: გამოკვლეულია გაჭიმვისას სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მექანიკურ მახასიათმცველებზე (სიმტკიცე, ზღვრული დეფორმაცია, დრეკადობის მოდული) დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა. გაჭიმვაზე ცდები ჩატარებულია უნივერსალურ მანქანაზე ინსტრუნტ-1115 დეფორმაციის სიჩქარის 5 კრომანეთისაგან ხარისხით განხვავებული სიჩქარის დროს - $2.13 \cdot 10^{-7}$ 1/წ \div $2.13 \cdot 10^{-3}$ 1/წ.

საპვანძო სიტყვები: დეფორმაცია; სიჩქარე; სიმტკიცე; დრეკადობის მოდული; ტენშემცველობა; წვრილმარცვლოვანი ბეტონი; ნიმუშები; გამოსაცდელი მანქანა.

1. შესავალი

გამოკვლევის მიზანია სტატიკური დატვირთვების დიაპაზონში განისაზღვროს კომპოზიტის - სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის სიმტკიცის, დრეკადობის მოდულისა და ზღვრული დეფორმაციების დამოკიდებულება დეფორმაციის სიჩქარეზე.

გამოცდები ჩატარდა გაჭიმვაზე დეფორმაციის 5 სხვადასხვა სიჩქარისას, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ხარისხით. დეფორმაციის სიჩქარეთა სიდიდეები პრაქტიკულად მთლიანად მოიცავს სტატიკური დატვირთვების დიაპაზონს.

გამოცდილი იყო ნიმუშები - „რვიანები“ (სისქიო 50 მმ, სიგანიო მუშა ნაწილში 70 მმ, საერთო სიგრძიო 530 მმ) ტენშემცველობით $W=4,7\%$ (მასის

მიხედვით) - „სველი“ და ტენშემცველობით $W=0\%$ (მასის მიხედვით) - „მშრალი“ ნიმუშები.

დადგენილია გაჭიმვისას სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის სიმტკიცის, ზღვრული დეფორმაციების და დრეკადობის მოდულის სიდიდეები დეფორმაციის სიჩქარეთა გამოკვლეულ დიაპაზონში.

2. ძირითადი ნაშილი

შესწავლილია წვრილმარცვლოვანი ბეტონის გაჭიმვისას, სხვადასხვა ტენშემცველობის მასალის მექანიკურ მახასიათებლებზე (სიმტკიცე, დეფორმაციები, დრეკადობის მოდული) დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა.

გამოცდები ჩატარდა უნივერსალურ მანქანაზე ინსტრონ-1115. როგორც ცნობილია მასზე შესაძლებელია ნიმუშები გაჭიმვაზე გამოიცადოს ხუთი სხვადასხვა, ერთმანეთისაგან ხარისხით განსხვავებული, დეფორმაციის სიჩქარის დროს. გამოსაცდებელი მანქანა საშუალებას იძლევა გამოვცადოთ მასალები სტატიკური დატვირთვების პრაქტიკულად მთელ დიაპაზონზე.

წვრილმარცვლოვანი ბეტონის შედგენილობა იყო: 1 : 2 (მასის მიხედვით); ცემენტი პორტლანდის, აქტივობით 450 მპა; ქვიშა - კვარცის, გარეცხილი მაქსიმალური სიმსხოთი 3 მმ; წყალცემენტის ფაქტორი $\bar{V}/\bar{C}=0,4$. წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ნარევი მზადდებოდა სტანდარტული დუღაბის სარევი მანქანის ბაზაზე დამზადებულ ბეტონსარევზე [1].

რვიანი ფორმის ნიმუშების დასამზადებლად გამოყენებული იყო სტანდარტული ლითონის დასაშლელი ფორმები. ნიმუშების დამზადებისას ვიბრაციის ხანგრძლივობა იყო 30 წმ.

დამზადების შემდეგ ყველა ნიმუში თავსდებოდა ე.წ. „სტანდარტულ“ პირობებში. „სტანდარტულად“ მიღებულია გარემო: ჰაერის ფარდობითი ტენიანობით $\varphi=100\%$ და ტემპერატურით $T=20\pm1^{\circ}\text{C}$. ასეთ პირობებში ხდებოდა ნიმუშების დახანება 28 დღის განმავლობაში. 28 დღის ნიმუშები ჩვენ მივიღეთ „სტანდარტულ“ ნიმუშებად. 28 დღის „სტანდარტული“ ნიმუშების ტენშემცველობა პრაქტიკულად იყო ერთნაირი და შეადგენდა $W=4,7\%$ (მასის მიხედვით). ექსპერიმენტების პირობების თანახმად, ნაწილი „სტანდარტული“ ნიმუშებისა გამოცდის წინ თავსდებოდა გამოსაშრობ კარადაში, სადაც 105°C ტემპერატურაზე

ხდებოდა მათი გამოშრობა მუდმივ წონამდე. ასეთი ნიმუშების ტენშემცველობა იყო $W=0\%$, ე.წ. „მშრალი“ ნიმუშები.

ჩატარდა ექსპერიმენტების 2 სერია. პირველ სერიაში გაჭიმვაზე გამოცდილი იყო „სტანდარტული“ ნიმუშები, მეორეში - „მშრალი“ ნიმუშები.

ორივე სერიის ნიმუშების გამოცდა ხდებოდა შემდეგი სიდიდის დეფორმაციების სიჩქარეების - $2.13 \cdot 10^{-7}$ 1/მ; $2.13 \cdot 10^{-6}$ 1/მ; $2.13 \cdot 10^{-5}$ 1/მ; $2.13 \cdot 10^{-4}$ 1/მ და $2.13 \cdot 10^{-3}$ 1/მ დროს, ე.ი. გვქონდა დეფორმაციის 5 სხვადასხვა სიდიდის სიჩქარე, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებოდა სარისხით.

ორივე ექსპერიმენტში ყოველ სიჩქარეზე გამოცადა 6 ტყუპისცალი ნიმუში.

გაჭიმვისას, წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მექანიკური მახასიათებლების
დამოკიდებულება დეფორმაციის სიჩქარეზე

დეფორმაციების სიჩქარე, 1/მ	სიმტკიცე გაჭიმვაზე, σ მპა	ზღვრული დეფორმაცია, $\varepsilon \cdot 10^{-6}$	დრეკადობის მოდული, $E \cdot 10^4$ გპა
1	2	3	4
„სტანდარტული“ ბეტონი, $W=4.7\%$			
$2.13 \cdot 10^{-7}$	2.8	124	2.45
$2.13 \cdot 10^{-6}$	3.16	124	2.75
$2.13 \cdot 10^{-5}$	3.40	122	2.86
$2.13 \cdot 10^{-4}$	3.50	120	2.92
$2.13 \cdot 10^{-3}$	3.55	120	2.93
მშრალი ბეტონი, $W=0\%$			
$2.13 \cdot 10^{-7}$	3.00	118	2.60
$2.13 \cdot 10^{-6}$	3.31	118	2.88
$2.13 \cdot 10^{-5}$	3.40	118	2.96
$2.13 \cdot 10^{-4}$	3.44	116	3.00
$2.13 \cdot 10^{-3}$	3.50	115	3.00

მთლიანად ექსპერიმენტებში გამოცდილი იყო 36 „სტანდარტული“ და 36 „მშრალი“ ნიმუში.

თითოეულ სიჩქარეზე გამოცდისას ჩაწერილი იყო დატვირთვა - დეფორმაციების მრუდები. ხდებოდა ნიმუშების სიმტკიცის და დეფორმაციების ზღვრული სიდიდეების დადგენა და დრეკადობის მოდულების გამოთვლა.

სამივე პარამეტრი წარმოადგენს 6 ტყუპისცალი ნიმუშის გამოცდის შედეგების გასაშუალოებულ სიდიდეებს.

ორივე სერიის ექსპერიმენტების შედეგები დაწვრილებით მოცემულია ცხრილში.

ცხრილის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დეფორმაციების სიჩქარეების ოთხი ხარისხით გაზრდისას, წვრილმარცვლოვანი ბეტონის სიმტკიცე გაჭიმვისას „სტანდარტულის“ - $W=4,7\%$ (მასის მიხედვით) და „მშრალის“ $W=0$ იზრდება შესაბამისად 18.5 და 17%-ით. ზღვრული ფარდობითი დეფორმაციები ტენშემცველობის ორივე ნიმუშისათვის დეფორმაციების სიჩქარეების ოთხი ხარისხით გაზრდისას უმნიშვნელოდ იცვლება.

ორივე სახის ნიმუშებისათვის დრეკადობის მოდულები დეფორმაციების სიჩქარეების ცვლილების მიღებულ ზღვრებში იზრდებოდა „სტანდარტული“ და „მშრალი“ წვრილმარცვლოვანი ბეტონისათვის შესაბამისად 17.7 და 20%-ით.

3. დასკვნა

სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის გაჭიმვისას დეფორმაციების სხვადასხვა სიჩქარეებით ($2.13 \cdot 10^{-7}$ $1/\sqrt{\text{მ}} \div 2.13 \cdot 10^{-3}$ $1/\sqrt{\text{მ}}$) გამოცდებმა გვიჩვენა, რომ მასალის სიმტკიცის, ზღვრული დეფორმაციებისა და დრეკადობის მოდულების სიდიდეებზე დეფორმაციების სიჩქარე (სიჩქარეთა გამოკვლეულ დიაპაზონში) სუსტ გავლენას ახდენს.

გამოკვლევა შესრულებულია საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (გრანტი №079).

ლიტერატურა

1. Сакварелидзе А.В. Некоторые задачи механики строительных композиционных материалов. Тбилиси: Мецниереба, 1998. 131 с.

შაბ 69.05(0758)

ბეჭონის ძვრის ცოცვადობის ბირთვის მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს მასალის ასაკს

ა. საყვარელიძე, ნ. ლუდუშაური, მ. ტურძელაძე

(სსიპ კირიაკ ზავრიევის სამშენებლო მექანიკის და სეისმომედეგობის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: შემუშავებულია ბეჭონის ცოცვადობის ბირთვების აღმწერი ახალი ტიპის გამოსახულებები, ლოგარითმული ფუნქციების გამოყენებით. შემუშავებული ბეჭონის ძვრის ცოცვადობის ბირთვების აღმწერი გამოსახულებები ითვალისწინებს მასალის ასაკს.

საპანძო სიტყვები: ცოცვადობა; გრეხა; ძვრის მოდული; დეფორმაცია; ცოცვადობის ბირთვი; მასალის ასაკი; ბეჭონი; ნიმუში.

1. შესავალი

გამოკვლევის მიზანია: განსაზღვროს სხვადასხვა ასაკის ბეჭონის ცოცვადობის დეფორმაციები გრეხისას; შეიმუშაოს ძვრის ცოცვადობის ბირთვების გამოსახულებები; დადგინოს ძვრის ცოცვადობის ბირთვებზე მასალის ასაკის გავლენის კანონი და შექმნას შესაბამისი მათემატიკური მოდელი.

ხანმოკლე გამოცდები ჩატარდა $0.43 \cdot 10^{-5}$ 1/წმ დეფორმაციის სიჩქარის დროს. ცდები ჩატარდა უნივერსალურ მანქანაზე ინსტრონ-1115. გამოცდილი იყო მუდმივი ტენშემცველობისა და ტემპერატურის სხვადასხვა ასაკის ნიმუშები.

ცოცვადობაზე გამოცდები ჩატარდა სპეციალურ გამოსაცდელ დანადგარებზე გრეხისას. ცოცვადობაზე გამოცდების ხანგრძლივობა იყო 180 დღე. დადგენილია გრეხისას სხვადასხვა ასაკის ბეჭონის ცოცვადობის აღმწერი მათემატიკური მოდელები.

2. მირითადი ნაწილი

გამოკვლეულია ბეჭონის ცოცვადობის საკითხები გრეხისას. გრეხაზე ექსპერიმენტები ჩატარდა წვენ მიერ შექმნილ სპეციალურ გამოსაცდელ დანადგარებზე, რომლებიც აპრობირებულია და ცნობილია [1]. გამოიცადა მძიმე

ბეტონისაგან დამზადებული ნიმუშები – ცილინდრები დიამეტრით 70 და სიგრძით 610 მმ. ნიმუშები მზადდებოდა სპეციალური ლითონის დასაშლელ ფორმებში.

დამზადების შემდეგ, ყველა ნიმუში თავსდებოდა „სტანდარტულ“ პირობებში: ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 100%, ხოლო ტემპერატურა $T=20\pm1^{\circ}\text{C}$. ასეთ პირობებში ხდებოდა ნიმუშების დახანება ექსპერიმენტების პირობებით გათვალისწინებული დროის განმავლობაში.

გამოიცადა $t_0=3; 7; 14; 28; 60$ და 180 დღის ასაკის ნიმუშები. „სტანდარტულ“ პირობებში შენახვისას (დამზადებიდან – ექსპერიმენტის დაწყებამდე) ნიმუშების ტენშემცველობა იყო ცვალებადი. მაგალითად, $t_0=3$ და 7 დღის ასაკის ნიმუშების ტენშემცველობა გამოცდების დაწყების წინ იყო შესაბამისად 5.3 და 5.0 % მასის მიხედვით. დანარჩენი ასაკის ნიმუშების ტენშემცველობა ($t_0=14; 28; 60$ და 180 დღე) ერთნაირი იყო და შეადგენდა $W=W_m=4,7\%$ (მასის მიხედვით). ასე რომ, ცოცვადობაზე გამოცდების განმავლობაში ($0 \leq t-t_0 \leq 180$ დღე – $t-t_0$ - ცდების სანგრძლივობა) ნიმუშების ტენშემცველობა იყო ერთნაირი ($W=4,7\%$), გარდა 3 და 7 დღის ასაკის ნიმუშებისა, რომლებშიც ცდების მიმდინარეობის საწყის პერიოდში (შესაბამისად $t-t_0 = 11$ და 7 დღე) ტენშემცველობა კლებულობდა და ხდებოდა $W=4,7\%$ (მასის მიხედვით).

ცოცვადობაზე ჩატარებულ ცდებში სხვადასხვა ასაკის ნიმუშების დატვირთვის დონე იყო 0.5 შესაბამისი მრღვევი ძაბვის. მრღვევი ძაბვების დადგენა თითოეული ასაკისათვის ხდებოდა 6 ტყუპისცალი ნიმუშის გრეხაზე გამოცდის შედეგად. ხანმოკლე გამოცდები ტარდებოდა უნივერსალურ მანქანაზე ინსტრუნტი 1115, სპეციალური დამხმარე ხელსაწყოს გამოყენებით [1, 2]. ხანმოკლე გამოცდებზე სულ გამოიცადა 36 ნიმუში. გამოცდების შედეგები მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

მექანიკური მახასიათებლები	ნიმუშის ასაკი t_0 , დღე					
	3	7	14	28	60	120
მრღვევი ძაბვა, σ_{12} მპა	2.50	3.65	4.18	5.15	5.60	5.90
ძვრის მოდული, $G \cdot 10^4$ მპა	0.80	1.00	1.15	1.25	1.30	1.34

ცოცვადობაზე ექსპერიმენტების სანგრძლივობა იყო $t-t_0 = 180$ დღე. თითოეულ ასაკზე გამოიცადა 4 ტყუპისცალი ნიმუში – სულ 24 ცილინდრი. ექსპერიმენტებით

დადგინდა, რომ გრეხისას ბეტონის ცოცვადობის დეფორმაციები ნიმუშების ასაკის ზრდის პროპორციულად კლებულობს. ცდების შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

სხვადასხვა ასაკის ნიმუშების ცოცვადობის დეფორმაციები დროში

ძაბვა σ_{12} , მკა	ასაკი t_0 , დღე	$2\varepsilon_{12} \cdot 10^{-6}$ დროში, დღე								
		2	10	20	30	40	60	90	120	180
1.25	3	203	284	313	334	350	368	389	402	424
1.83	7	211	306	339	362	376	396	415	430	450
2.09	14	222	312	353	369	386	403	427	452	463
2.58	28	219	304	340	359	374	400	422	440	455
2.80	60	212	300	331	353	367	389	411	425	446
2.95	180	210	272	300	320	334	353	368	382	402

კომპოზიტის ძვრის ცოცვადობის ბირთვის განსაზღვრა ხდებოდა მე-2 ცხრილის მონაცემებით და შემდეგი ფორმულით:

$$\Pi(t, t_0) = \frac{\varepsilon_{12}(t, t_0)}{\sigma_{12}} \quad (1)$$

სადაც Π ბეტონის ძვრის ცოცვადობის ბირთვია;

t - დრო $0 \leq t \leq 180$ დღე; t_0 - ნიმუშების ასაკი;

$t - t_0$ - ცოცვადობის ცდის ხანგრძლივობა;

σ_{12} - ძაბვა; ε_{12} - ცოცვადობის დეფორმაცია.

1-ელი ფორმულის და მე-2 ცხრილის მონაცემებით გამოთვლილი ცოცვადობის ბირთვების სიდიდეები დროში, მოცემულია მე-3 ცხრილში.

სხვადასხვა ასაკის ბეტონის ძვრის ცოცვადობის ბირთვები დროში

σ_{12} , θ_{33}	ასაკი t_0 , დღე	$\Pi(t, t_0) \cdot 10^{-4} \cdot \text{გვა}^{-1}$ დროში, დღე								
		0	2	10	20	30	60	90	120	180
1.25	3	6.50	92.0	129.0	142.0	152.0	167.0	177.0	182.0	194.0
1.83	7	47.0	65.0	95.0	106.0	113.0	123.0	130.0	134.0	140.0
2.09	14	41.0	58.0	82.0	93.0	97.0	106.0	112.0	116.0	122.0
2.58	28	38.0	50.0	70.0	79.0	84.0	92.0	98.0	101.0	106.0
2.80	60	36.0	42.0	60.0	66.0	70.0	82.0	85.0	88.0	93.0
2.95	180	35.0	38.0	50.0	55.0	59.0	65.0	68.0	70.0	74.0

მე-3 ცხრილის მონაცემების ანალიზით დადგინდა, რომ მუდმივი ტენშემცველობის $W=\text{const}$ და ტემპერატურის $T=\text{const}$ დროს ბეტონის ასაკის მთელ დიაპაზონზე, $3 \leq t_0 \leq 180$ დღე, ძვრის ცოცვადობის ბირთვები კარგად აპროქსიმირდება შემდეგი სახის ლოგარითმული ფუნქციით:

$$\Pi(t, t_0) = A(t, t_0) + B(t, t_0) - \lg \frac{t - t_0}{t_1}, \quad (2)$$

სადაც Π ძვრის ცოცვადობის ბირთვია; t_0 – ნიმუშების ასაკი ცდების დაწყების წინ; $t - t_0$ - ცდის ხანგრძლივობა; $t_1 = t - t_0 = 2$ დღე.

А და B კონსტანტები უმცირეს კვადრატთა მეთოდით განისაზღვრება მე-3 ცხრილის მონაცემებით და (2) ფორმულით. სხვადასხვა ასაკის ბეტონისათვის კონსტანტების გამოთვლილი მნიშვნელობები მოცემულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

A და B კონსტანტების მნიშვნელობები სხვადასხვა ასაკის ბეტონისათვის

ასაკი t_0 , დღე	$A \cdot 10^{-6} \cdot \text{გვა}^{-1}$	$B \cdot 10^{-6} \cdot \text{გვა}^{-1}$
3	92.5	51.1
7	70.6	36.1
14	60.9	30.9
28	50.9	28.5
60	42.9	23.5
180	37.1	19.1

მე-4 ცხრილის მონაცემები, აგებული ორმაგ ლოგარითმულ სკალაში $\lg A \sim \lg t_0; \lg B \sim \lg t_0$ გვიჩვენებს, რომ $\lg A \sim \lg t_0, \dots, \lg B \sim \lg t_0$ დამოკიდებულება კარგი სიზუსტით არის წრფივი და აღიწერება ფორმულით:

$$A(t_0) = A(t_{CT}) \left(\frac{t_{CT}}{t_0} \right)^{\alpha_1}; \quad B(t_0) = B(t_{CT}) \left(\frac{t_{CT}}{t_0} \right)^{\alpha_2}, \quad (3)$$

სადაც t_{CT} ნიმუშების ასაკია, რომელიც მიღებულია სტანდარტულად, ჩვენს შემთხვევაში, $t_{CT}=28$; α_1 და α_2 - ხარისხის მაჩვენებლები, ბეტონისათვის $\alpha_1=\alpha_2=0.2$.

3. დასკვნა

მე-3 ფორმულის მნიშვნელობების (2) ფორმულაში შეტანით, მივიღებთ ბეტონის ძვრის ცოცვადობის ბირთვის უნივერსალურ გამოსახულებას, რომელიც ითვალისწინებს მასალის ასაკს, მუდმივი ტენშემცველობისა და ტემპერატურის დროს

$$\Pi(t, t_0) = \left(\frac{t_{CT}}{t_0} \right)^{\alpha_1} A(t_{CT}) + \left(\frac{t_{CT}}{t_0} \right)^{\alpha_2} B(t_{CT}) \lg \frac{t-t_0}{t_1} \quad (4)$$

მე-4 ფორმულით გამოთვლილი ძვრის ცოცვადობის ბირთვები კარგი სიზუსტით ემთხვევა ცოცვადობაზე ექსპერიმენტულ მონაცემებს.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით (გრანტი №079).

ლიტერატურა

1. Сакварелидзе А.В. Зависимость характеристик ползучести стальфибробетона 28 - суточного возраста при постоянных влажности и температуре // Механика композитных материалов №3, - Рига, 1986, с. 440-445.
2. Сакварелидзе А.В. - Прочностные и деформационные свойства стальфибробетона // Бетон и Ж..Б №8, М., 1986, с. 12-13.

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

В.Ш. Натбладзе, М.Р. Кахиани
(Грузинский технический университет)

Резюме: Рассмотрены виды приводов промышленных роботов и особенности их управления. Даются рекомендации для обеспечения оптимальных параметров процесса с целью наиболее полного использования мощности двигателя. На основе определенных допущений и приближений рассмотрен пример работы ПР в сферической системе координат, даются зависимости для определения некоторых основных параметров: мощности привода, врацательной координаты, передаточного числа и др.

Ключевые слова: промышленный робот; мощность привода; регулирование; система координат; момент; сила.

1. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в промышленности все чаще применяются промышленные роботы с электромеханическими приводами. Эти роботы имеют адаптивное, позиционное и цикловое управление. Конструктивно они бывают с одной или двумя руками, а система координат функционирования манипуляторов проямоугольная, цилиндрическая, сферическая и комбинированная. Число степеней свободы встречается 2, 3, 4, 5, 6, редко 7. Промышленные роботы с механическими приводными механизмами бывают как транспортные, так и технологические.

Манипуляторы - промышленные роботы по конструкции разделяют на шарнирно-рычажные, звенья которых образуют врацательные пары, и телескопические (линейные), звенья которых образуют поступательные пары, а также на манипуляторы комбинированной конструкции (шарнирно-стрелочные) с врацательными и поступательными парами звеньев.

Широкое применение в промышленных роботах получили механические передачи с защелением с жесткими звеньями и передачи с трением гибкими звеньями. Передачи выполнены либо с постоянным, либо с регулируемым передаточным отношением. С целью наиболее полного использования мощности двигателя или обеспечения оптимальных параметров процесса из условия качества, экономичности и т.д. применяют ступенчатое и бесступенчатое регулирование скорости. Ступенчатое – в связи с простотой и надежностью приводов ступенчатого регулирования, а бесступенчатое в связи: 1) с возможностью наиболее полного использования мощности двигателя и повышения производительности; 2) с повышением качественных показателей, повышением точности работы исполнительного механизма и выходом из области резонанса; 3) с облегчением автоматизации и управления на ходу.

Большие возможности применения промышленных роботов обеспечиваются автоматическим регулированием. Регулирование скорости может происходить при различных законах изменения момента:

- 1) Регулирование с постоянной мощностью и с возрастанием момента обратно пропорционально числу оборотов. Это регулирование обеспечивает наивысшую производительность. Понижение скорости может использоваться как средство повышения момента.
- 2) Регулирование с постоянным моментом на выходе, когда силы сопротивления мало зависят от скорости. Оно наиболее легко осуществимо, так как размеры двигателей и передач определяются моментами на выходе.
- 3) Регулирование при переменной мощности и переменном моменте. Часто регулирование в зоне верхней части диапазона осуществляется с постоянной мощностью, а в нижней части - с постоянным моментом.

Различные компоновочные решения манипуляторов определяются способами расположения двигателей относительно приводных или в движении звеньев исполнительных кинематических цепей. При некоторых вариантах такого расположения возникает большая и меньшая кинематическая зависимость между степенями подвижности манипулятора.

Особенности кинематической структуры в значительной степени определяют круг задач, возникающих при проектировании передаточных механизмов промышленных роботов: например, обеспечение максимально возможной жесткости механизмов при наибольшей компактности и минимальной массе; проектирование безлюстовых передаточных механизмов (для увеличения жесткости и точности работы); проектирование кинематически независимых механизмов, проектирование уравновешенных механизмов (для уменьшения

мощности, а следовательно, уменьшаются габариты и массы исполнительных двигателей); повышение КПД передаточных механизмов, обеспечение самоторможения для механизмов статически неуравновешенных.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Привод робота можно определить как устройство для преобразования сигналов, поступающих от системы управления, в механическое перемещение исполнительных звеньев. Привод в значительной степени определяет структуру и параметры как системы управления, так и механической системы.

Для большинства универсальных ПР применяются гидропривод или электропривод. При этом возможны два варианта: разомкнутый шаговый и замкнутый следящий привод. Шаговый привод может быть либо чисто электрическим, либо электрогидравлическим, когда маломощные электрические шаговые двигатели врашают золотник гидроусилителей крутящих моментов.

После выбора типа привода ПР и вида исполнительных двигателей важной задачей является определение потребной мощности двигателя и последующий выбор его модели.

Рассмотрим промышленные роботы, работающие в сферической системе координат. Задаются следующие параметры: Q – грузоподъемность или масса переносимого груза кг; R – максимальный радиус действия в метрах; φ , S – пределы перемещения груза по координатам в радианах и в метрах; ω, v – номинальная скорость перемещения груза по координатам в сек⁻¹, в м/сек.

Мощность двигателя поворотной координаты

$$N = \frac{\omega}{\eta} (M_h + M_g), \quad (1)$$

M_h – момент неуравновешенности, возникающий от неуравновешенных масс (включая переносимый груз), относительно оси вращения в н.м. (кгм);

M_g – динамический момент, возникающий в периоды разгона и торможения, в н.м. (кгм) ;

η – КПД передач, связывающих двигатель с исполнительным звеном;

$$M_g = I_u \varepsilon; \quad (2)$$

ε – угловое ускорение в м/с²;

I_u – момент инерций вращающихся частей промышленного робота, кгм².

Для оценки динамического момента допускаем закон изменения скорости по координате трапецидальный, т.е. разгон и замедление происходят с постоянным ускорением, длина пути разгона $\varphi_p (S_p)$ равна длине пути замедления $\varphi_t (S_t)$ и составляет некоторую часть общего пути перемещения $\varphi(S)$

$$\varphi_p = \varphi_t = K \cdot \varphi. \quad (3)$$

Величину коэффициента K определим так, что при заданной скорости (ω, z) перемещений по координате быстродействие будет тем больше, чем меньше K . Но слишком малая величина K вызовет большие динамические перегрузки на механизмы привода, что приводит к преждевременному выходу из строя ПР. Зададимся допустимой величиной таких перегрузок, равной 1,5. При этом максимальная величина ускорения переносимого груза и элементов конструкции ПР не превышает 5 м/с^2 .

Для привода ПР с линейным перемещением на 1 м со скоростью 1 м/с длина пути разгона $S_p = \frac{a}{2} \left(\frac{\nu}{a} \right)^2 = 0,1 \text{ м}$, $K = \frac{S_p}{S} = 0,1$. Этим значением K будем пользоваться при ориентировочных расчетах мощности.

Ускорение, выраженное через эти параметры, будет

$$\varepsilon = \frac{\omega^2}{2K\varphi}; \quad (4)$$

момент инерции

$$I_u = I_r + I_m = K_2 \cdot I_r, \quad (5)$$

$I_r = mr^2$ – момент инерции от максимального груза, переносимого ПР на максимальном радиусе вращения;

I_m – момент инерции вращающихся частей робота при максимальном радиусе переноса;

$K_2 = 1,8 \div 2,3$ – коэффициент конструкции, обычно $K_2 = 2$.

Подставив значения величин из формул (4) и (5) в формулу (3), получим выражение для динамического момента

$$M_u = \frac{K_2 \cdot mr^2 \omega^2}{2K\varphi}. \quad (6)$$

Момент неуравновешенности

$$M_n = K_3 \cdot mgr \sin \alpha, \quad (7)$$

где $K_3 = \frac{M}{mgr}$ – коэффициент конструкции, учитывающий момент неуравновешенности подвижных частей относительно оси вращения; α – угол наклона плоскости вращения к горизонтали (рис. 1).

Подставляя (6) и (7) в формулу (1), получим выражение для расчета мощности привода вращательных координат

$$N_b = \frac{\omega r m}{\eta} \left(\frac{K_2}{2K} \frac{r \omega^2}{\varphi} + K_3 \sin \alpha \right). \quad (8)$$

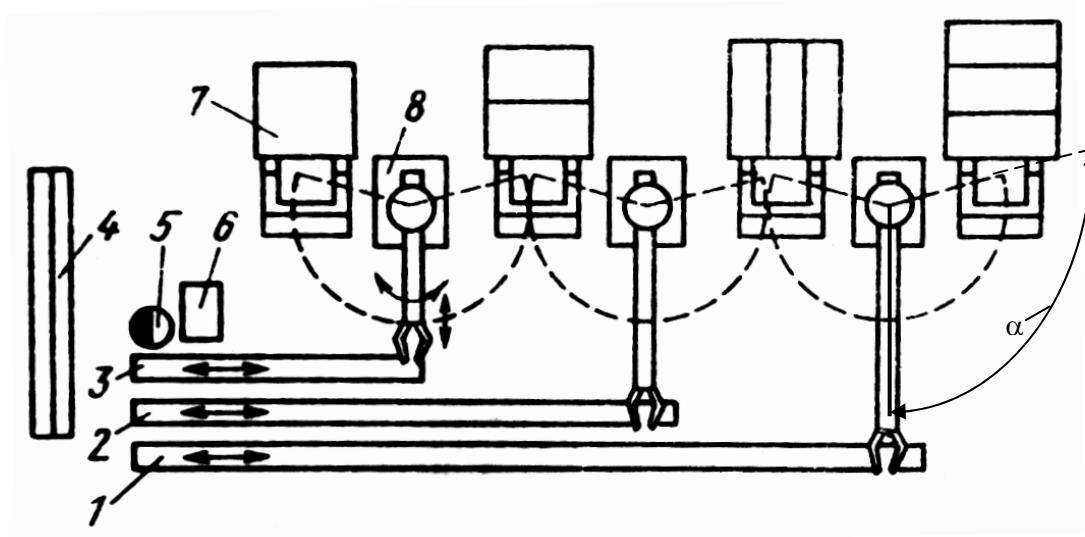


Рис. 1

Для механизма вращения руки относительно вертикальной оси oz , $\alpha = 0$. При $K = 0,1$ и $K_2 = 2$ мощность (Вт) будет

$$N_{oz} = \frac{10mr^2\omega^3}{\eta\varphi}. \quad (9)$$

Для механизма качения руки относительно горизонтальной оси OX , когда $\alpha \approx 1,57$ рад. Принимая $K_3 = 1$ (механизм робота уравновешен без груза), получим

$$N_{ox} = \frac{10mr\omega}{\eta} \left(\frac{r\omega^2}{\varphi} + 1 \right). \quad (10)$$

Для координаты с прямолинейным поступательным движением мощность привода будет:

$$N_n = \frac{V}{\eta} (P_u + P_h), \quad (11)$$

где P_u – инерционная сила, действующая на привод в период разгона и торможения в Н;

P_u – сила, действующая на привод от неуравновешенных масс (в том числе переносимого груза) в Н.

На рис. 1 показана схема механизма радиального выдвижения руки робота, для которой

$$P_u = K_4 \cdot ma, \quad (12)$$

где K_4 – коэффициент конструкций, учитывающий массу подвижных частей робота; $K_4 = m_n/m$ (m_n – общая масса перемещающихся частей).

Аналогично случаю с вращательной координатой, найдем выражения для линейного ускорения a и инерционной силы P_u :

$$a = \frac{v^2}{2KS}; \quad P_u = \frac{K_4 m v^2}{2KS}. \quad (13)$$

Сила P_u возникает от массы перемещающихся частей промышленного робота.

Наихудший вариант нагружения привода при максимальном угле наклона α к горизонтали

$$P_u = m_n g \sin \alpha. \quad (14)$$

Мощность прямолинейного движения

$$N_n = \frac{K_4 \cdot vm}{\eta} \left(\frac{1}{2K} \frac{v^2}{S} + g \sin \alpha \right). \quad (15)$$

Если в качестве привода выбран высокооборотный двигатель, то возникает проблема выбора передаточного числа механизма, связывающего двигатель с исполнительным звеном.

Если в приводе преобладают неуравновешенные нагрузки, передаточное число будет

$$U = \frac{M_n}{M_D \eta}, \quad (16)$$

M_D – момент на валу двигателя.

В случае, когда в приводе значительную роль играют динамические нагрузки, появляется возможность значительного варьирования передаточного числа. При этом с увеличением U быстро уменьшается приведенный к валу двигателя момент инерций нагрузки и, следовательно, уменьшается время разгона до номинальных оборотов и торможения до нуля. Вместе с этим уменьшается номинальная скорость установившегося движения исполнительного звена промышленного робота. При уменьшении U скорость установившегося движения растет, но время разгона и торможения увеличивается. Для выбора оптимального U , при котором время перемещения груза по координате было бы минимальным, необходимо знать полное время перемещения груза по координате.

Рассмотрим вращательную координату. Время поворота исполнительного звена на некоторый угол

$$t_\varphi = \frac{(u^2 I_D + I_n) \omega_D^2 + \varphi u^3 M_{\text{дин}} \eta}{M_{\text{дин}} \cdot U^2 \eta}, \quad (17)$$

где I_D – момент инерции вращающихся частей двигателя с учетом приведенного к валу двигателя момента инерции редуктора;

I_n – момент инерции нагрузки, т.е. момент инерции исполнительного звена плюс момент инерции полезной нагрузки;

ω_D – угловая скорость вала двигателя;

$M_{\text{дин}}$ – динамическая составляющая момента на валу двигателя.

В формуле (17) переменной величиной принимаем U , тогда можно найти такое ее значение, при котором $t\varphi$ будет минимальным. Оптимальное по быстродействию передаточное число редуктора, связывающего двигатель с исполнительным органом,

$$U_{\text{опт}} = \sqrt[3]{\frac{2\omega_D^2 I_n}{\varphi M_{\text{дин}} \eta}}. \quad (18)$$

Формула (18) справедлива только для трапецидального закона перемещения, характерного для приводов, в которых приведенный момент инерции нагрузки превышает собственный момент инерции двигателя. Поэтому при расчете по формуле (18) следует проверить отношение

$$\frac{I_{n,np}}{I_D}, \quad (19)$$

где $I_{n,np}$ – момент инерции привода.

Если отношение (19) меньше единицы, тогда передаточное число следует подсчитывать по формуле

$$U = \sqrt{\frac{I_n}{I_D}}. \quad (20)$$

Т.к. ПР в процессе работы выполняют разнообразные циклы, то передаточное число необходимо рассчитывать не на конкретную величину перемещения, а на среднее арифметическое всех перемещений, составляющих цикл. Моменты инерции в каждом из этих перемещений также могут различаться. Если известен некоторый типовой цикл работы ПР, то оптимальное передаточное число

$$U = \sqrt{\frac{2\omega_D^2 \cdot \sum_{k=1}^n I_{hk}}{\sum_{k=1}^n \varphi_k M_{\text{дин}} \eta}}. \quad (21)$$

I_{hk} и φ_k – соответственно момент инерции нагрузки и угол поворота K -го перемещения в типовом цикле, состоящем из n последовательных перемещений. Ясно, что специализация ПР может влиять на конструкцию передаточного механизма.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На стадии проектирования ПР, ввиду отсутствия точных значений массы звеньев и координат их центров тяжести, необходимо сделать ряд допущений, которые дают возможность, хотя не очень точно, но достаточно хорошо оценить основные параметры.

Приведенные заданные и расчетные зависимости дают возможность рассчитать величину мощности привода, что является одной из основных задачей в процессе проектирования ПР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И., Кобриневский А.Е. Роботы. М.: Машиностроение, №5. М., 1970.
2. Натбладзе В.Ш. Применение теории конечных поворотов при компоновке роботехнических комплексов с расчлененными модулями //Труды ГПИ, 1987, №12(324), с. 115-118.

პერსონალის მართვა ელექტრონულ მედიაში

მ. რამაზაშვილი, კ. რამაზაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია შრომითი რესურსების მართვა ელექტრონული მედიას მაგალითზე. მოცემულია სამაუწყებლო ხადგურებში ჩამოყალიბებული ადამიანური რესურსების მართვის განყოფილების საქმიანობა, კადრების დაგეგმვის, შერჩევის, მომზადების საკითხები; კადრების მოზიდვა როგორც ორგანიზაციის მუშაკებიდან, ისე გარეშე ორგანიზაციებიდან და სხვ.

საკვანძო სიტყვები: მუდია; პერსონალი; სადგური.

1. შესავალი

მენეჯმენტი ინგლისური სიტყვაა და ადამიანების შრომის, ინტელექტის, ქცევის მოტივების გამოყენების საფუძველზე დასახული მიზნების მიღწევის ცოდნას ნიშნავს (ქართულად მართვას).

იგი ადამიანების ხელმძღვანელობის ფუნქციაა, რომელიც დასახული მიზნების რეალიზაციას ემსახურება, გულისხმობს ადამიანების განსაზღვრულ კატეგორიას, იმ სოციალურ ფენას, რომელიც დასაქმებულია მართვის სფეროში. ეს მართვაა საბაზო ეკონომიკის პირობებში და ნიშნავს:

- ფირმის ორიენტაციას ამა თუ იმ სახის პროდუქციის წარმოებაზე და საერთოდ, ბაზრის მოთხოვნასა და მიწოდების მდგომარეობაზე;
- წარმოების ეფექტიანობის ამაღლების უზრუნველყოფას;
- მიზნებისა და პროგრამების მუდმივ შესწორებას ბაზრის მდგომარეობის გათვალისწინებით;
- უახლესი საინფორმაციო ბაზისა და კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენების აუცილებლობას და სხვ.

ორგანიზაციის დონეზე მენეჯმენტი გულისხმობს საკუთარ ეკონომიკურ მექანიზმს, რომელიც სამი ბლოკისაგან შედგება:

1. ფირმის შიგა მართვა;
2. წარმოების მართვა;
3. პერსონალის მართვა.

მენეჯმენტის საბოლოო მიზანია, რაც შეიძლება მეტი მოგების მიღება. აღნიშნული მიზნის მიღწევა კი შეიძლება ფირმის საწარმოო და გასაღების სფეროებში საქმიანობის ეფექტიანობის ამაღლების საფუძველზე, პერძოდ კი დანახარჯების მინიმიზაციისა და შემოსავლების მაქსიმიზაციის გზით.

მენეჯმენტის ამოცანებია:

- წარმოების ავტომატიზაცია;
- ფირმის მუშაკების სტიმულირება შრომის კეთილსასურველი პირობების შექმნის, მაღალი ხელფასის დანიშვნის გზით;
- ფირმის ფუნქციონირების ეფექტიანობის მუდმივი კონტროლი, მისი ყველა ქვედანაყოფის საქმიანობის კოორდინაცია;
- ფირმის განვითარების კონკრეტული მიზნების განსაზღვრა;
- დასახული ამოცანების შესრულებისადმი კონტროლის დაწესება....

ჩვენს შემთხვევაში განვიხილავთ კონკრეტულად პერსონალის მენეჯმენტის ელექტრონული მედიის მაგალითზე....

2. მირითადი ნაწილი

კადრების მენეჯმენტი მოიცავს შემდეგ ძირითად საკითხებს:

1. ადამიანური რესურსების ძირითადი საკითხები;
2. შრომითი მოტივაცია და შრომითი კმაყოფილება;
3. სამუშაოს აღწერა და ანალიზი;
4. პერსონალის შერჩევა;
5. შერჩევის მეთოდები;
6. შრომის დიზაინი;
7. კომპენსაცია.

ნებისმიერი ორგანიზაციის წარმოებისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს შრომით ძალას - ადამიანურ რესურსებს... შრომითი რესურსები ქვეყნის მოსახლეობის ის ნაწილია, რომელსაც თავისი ფსიქოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ინტელექტუალური მონაცემებით უნარი აქვს აწარმოოს მატერიალური დოკუმენტით და მომსახურება. შრომისუნარიანი ასაკის საზღვრები მუდმივი არ არის, იგი იცვლება მოსახლეობის სოციალური და ეკონომიკური პირობების ცვალებადობასთან ერთად.

ჩვენში მისი ქვედა ზღვარია 16 წელი, ხოლო ზედა ზღვარი მამაკაცებისათვის - 64 წელი, ქალებისათვის – 59. ზედა ზღვარი განსაზღვრულია პენსიის მიღების უფლებით. საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, როცა ადამიანებმა და მათ შორის მოზარდებმაც, დიდი თავისუფლება მოიპოვეს, მათ შეძლიათ თვით განაგონ თავიანთი ბედი, გადაწყვიტონ იმუშაონ თუ არა. მაგრამ დღეს მოსახლეობის უდიდესი ნაწილი აღმოჩნდა მძიმე მატერიალურ მდგომარეობაში, ეს კი აიძულებთ მოზარდებს ეძოონ დამატებითი შემოსავლის წყარო, ამის შემდეგ მოზარდთა გარკვეული რაოდენობა რჩება მომსახურების სფეროში. თუ სახელმწიფომ და მთავრობამ არ მიიღეს ერთდროულად საჭირო დონისძიებები, ასეთი მდგომარეობა შეიძლება ტრაგედიით შემოუბრუნდეს ერს და მის მომავალ თაობას.

ცნობილია, რომ სამაუწყებლო საქმიანობის არც ერთი ელემენტი არ უწყობს ხელს კაპიტალდაბანდებათა ამოღებას ისე, როგორც კადრები. ამის გათვალისწინებით, ბევრმა დიდმა სამაუწყებლო სადგურმა გახსნა ადამიანური რესურსების მართვის განყოფილება, რომელსაც მენეჯერი ან დირექტორი უდგას სათავეში. მართვის განყოფილებას შემდეგი ფუნქციები აკისრია:

1. შტატის შედგენა, საშტატო გეგმები და მუშაკთა აყვანა, გადარჩევა და დათხოვნა.
2. მომსახურეთა ორიენტირება, მომზადება და განვითარება.
3. მომსახურეთა ანაზღაურება.
4. მომსახურეთა უსაფრთხოება და ჯანმრთელობა.

სადგურების უმეტესობა ამ ფუნქციებს სხვადასხვა ხალხს უნაწილებს. როგორც წესი, განყოფილებების ხელმძღვანელებს ევალებათ თავიანთ განყოფილებებში მომუშავე ხალხის მართვა. ისინი უთანხმებენ გენერალურ მენეჯერს მათ აყვანასა და დათხოვნას, აგრეთვე ხელფასების ზრდას, ხელმძღვანელობენ პერსონალის ზრდასა და განვითარებას, აგრეთვე უზრუნველყოფენ განყოფილების მუშაკების მიერ კანონებისა და წესების დაცვას.

დასახული მიზნების მისაღწევად სამაუწყებლო სადგურს სჭირდება სათანადო უნარის მქონე საჭირო რაოდენობის პერსონალი როგორც სადგურში მოლიანად, ისე მის ყველა განყოფილებაში. ამის უზრუნველყოფა მოითხოვს გეგმების შემუშავებას, რასაც პერსონალის დაგეგმვა ეწოდება. პერსონალის დაგეგმვის პროცესის საილუსტრაციოდ წარმოვიდგინოთ, რომ ტელესადგურს სურს საღამოს საინფორმაციო პროგრამის ხანგრძლივობა ნახევარი საათიდან ერთ საათამდე გაზარდოს. შრომის მოცულობა უზვენებს, რომ საჭიროა თანაწამყვანის დამატება. საქმის ანალიზით დგინდება, რომ მთავარია თანაწამყვანის აყვანა საინფორმაციო პროგრამებისათვის და გაჩნდა ორივე – ადრეული და გვიანი საინფორმაციო პროგრამების დაწერისა და გადაცემის მოვალეობა. საქმის განსაზღვრა ეხება

სამაუწყებლო და უურნალისტურ ხარისხს, აგრეთვე სატელევიზიო–საინფორმაციო პროგრამის წაყვანის, დაწერისა და გადაცემის გამოცდილებას.

სადგურის ვაკანტური თანამდებობების დასაკავებლად კანდიდატების ძიებისა და მათთვის სამუშაოს შეთავაზების პროცესს, კადრების მიზიდვა ეწოდება. შესაძლებლობის შემთხვევაში, ბევრი სადგური მისდევს თავისუფალი ადგილების საკუთარი მუშაკებით შევსების პოლიტიკას. ამგარი კურსი ხელს უწყობს თანამშრომელთა შორის ჯანსაღი ატმოსფეროს შექმნას, რადგან ჩანს მენეჯერის ზრუნვა ადამიანზე და ეს დაწინაურების შანსს იძლევა. სადგურის მხრივ ამგვარი პრაქტიკა ხელსაყრელია, რადგან მენეჯერი იცნობს თავის პერსონალს და მათ უნარს. გარდა ამისა, მუშაკები შეჩვეულნი არიან შტატის სხვა წევრებთან მუშაობას და სადგურის მოქმედებას.

როდესაც კადრების მოზიდვა სადგურის ან ჯგუფის გარედან ხდება, თავისუფალი ადგილის შემთხვევაში ითვალისწინებენ დასაქირავებელი ხალხის ყველაზე საგარაუდო წყაროებს. გაზეთებში სამსახურში აყვანის თაობაზე განცხადების გაკეთება გავრცელებული პრაქტიკაა. ასევე იყენებენ უურნალ მაუწყებლობას და საკაბელო ტელევიზიასაც. არსებული ან მოსალოდნელი ვაკანსიების შესახებ ცნობა სწრაფად ვრცელდება სხვა სადგურებში. ამიტომ ხშირია არაოფიციალური დაკომპლექტება “ლირსეული” მეგობრებითა და ნაცნობებით.

როდესაც კანდიდატთა მოზიდვა სრულდება, სადგური გადადის შერჩევის პროცესზე. ეს გულისხმობს კვალიფიციური მაძიებლების აყვანასა და იმ კანდიდატების განხილვას, ვისაც კვალიფიკაცია აქვთ. საბოლოოდ კი, სამსახურს აძლევენ იმ ადამიანებს, რომლებიც სადგურს მიზნების მიღწევაში დაეხმარებიან. სადგურმა შეიძლება მაძიებლებს ჩაუტაროს ერთგვარი გამოცდა იმის დასადგენად, თუ რამდენად აქვთ ცოდნა და გამოცდილება ადნიშნულ სფეროში. პირდაპირი ეთერის თანამდებობისათვის სადგური მაძიებლებს მათი მუშაობის ვიდეო – ჩანაწერს სთხოვს; რადიოში ცდილობენ გაარკვიონ ვისი ხმა და დიქცია მიუდგება სადგურის ფორმატს; რაც შეეხება ტელევიზიას, ხმასთან ერთად გარეგნული მონაცემები და წარმოთქმის უნარიც აინტერესებთ. გაცხრილვის პროცესი მანამ ტარდება, სანამ დარჩება რამდენიმე... დარჩენილ მაძიებლებთან ტარდება ინტერვიუები. მაძიებელთა შემოწმება ძნელი არ არის – საჭირო ინფორმაციის მოპოვება შეიძლება ერთი სატელეფონო ზარით ან კოლეჯსა და უნივერსიტეტში გაგზავნილი წერილით. გასაუბრება ეხმარება სადგურს განსაზღვროს მაძიებლისათვის შესაბამისი ადგილი ისეთი ფაქტორების გათვალისწინებით, როგორიცაა: გარეგნობა, მანერები, მოტივაცია და ურთიერთობის უნარი. ბოლოს,

შეიძლება დასკვნის გაკეთება იმის შესახებ, მოერგება თუ არა მაძიებელი სადგურს.

სადგურის მფლობელების, რადიო-სადგურის ფორმატის ან ტელესადგურში ადგილობრივად შექმნილი პროგრამის შეცვლამ შეიძლება ზოგიერთი მუშაკის დათხოვნა გამოიწვიოს. მაგალითად, ბაზრის შიგნით რადიო-სადგურების გაერთიანებებით გამოწვეული ეკონომიკური მოსაზრებები ხშირად მოითხოვს შტატების შემცირებას. ყველაზე ხშირად დათხოვნა მუშაკის მუშაობითა და მისი ქცევით არის გამოწვეული, ამგვარი შედეგების თავიდან ასაცილებლად უფროსმა დაუყოვნებლივ უნდა აღნიშნოს მისი არადამაკმაყოფილებელი მუშაობა და გამოსწორებისკენ მიუთითოს; მუშაკს წერილობით უნდა აცნობოს, რომ წინააღმდეგ შემთხვევაში დათხოვნა ემუქრება. ყველა ახლად აყვანილი შტატის წევრი ახალია, თუნდაც ის რადიო - ან ტელესადგურში იყოს ნამუშევარი. საჭიროა მათვის თანამშრომლებისა და სადგურების გაცნობა. ამ პროცესს, ორიენტაცია ეწოდება. ახალ მუშაკს შესაბამის სფეროში მომზადება სჭირდება, რადგან მას არავითარი გამოცდილება არა აქვს. მომზადებასთან პირდაპირ კავშირშია მომსახურეთა პროფესიული განვითარება. განვითარების პროგრამის ძირითადი ნაწილია რეგულარული შეფასებები და ატესტაციები, რომელთა საშუალებითაც განყოფილების ხელმძღვანელი ეცნობა თანამშრომლის შედეგებს. განვითარების წარმატებული პროგრამა უზრუნველყოფს უფრო ღირსეულ შტატსა და კონკურენტუნარიანობას.

სიტყვა კომპენსაცია გულისხმობს შესრულებული სამუშაოს ფინანსურ ანაზღაურებას, მაგრამ თითოეული მუშაკი სხვა სახის ჯილდოების მოლოდინშია; მოწონება, პატივისცემა და აღიარება – აი ის, რასაც ელის მუშაგების უმრავლესობა. მომსახურეთა კომპენსაციების “პაკეტის” მთავარი ნაწილი ის, რომ ხელფასები სამართლიანი და კონკრეტული იყოს. ბევრი სადგური უხდის პრემიებს ყველა თანამშრომელს, ზოგი მათგანი წამახალისებელ პრემიას აძლევს სადგურის ფინანსური შედეგებიდან გამომდინარე, რაც სასიამოვნო ატმოსფეროს დამკვიდრებას უწყობს ხელს.

კადრების მენეჯმენტზე პასუხისმგებელი თანამშრომლები სულ უფრო მეტ სირთულეებს აწყდებიან; ამას რამდენიმე მიზეზი აქვს: შრომითი ძალები სულ უფრო მრავალფეროვანი ხდება, იცვლება დაქირავებულთა ღირებულებები, იზრდება შემცირებების მოლოდინი. რაც მთავარია, თანამშრომელთა მიერ სამსახურის კომპიუტერული ქსელის შეუზღუდავი გამოყენება შეიძლება გახდეს პროდუქტიულობის კლების, ძალდატანებისა და სხვა კანონსაწინააღმდეგო ქმედების მიზეზი. ამ შესაძლებლობების გამოსარიცხად ზოგ კომპანიას აქვს კონტროლის საშუალებები, შტატის წევრები პირად ელ-ფოსტაზე ან ინტერნეტ –

სერვინგზე დიდი დროის ხარჯვას მოერიდებიან, თუ ეცოდინებათ, რომ მოწმდება მათ მიერ დახარჯული დრო.

მენეჯერებს ურჩევენ, რომ დანერგონ და გამოიყენონ კომპიუტერების “დასაშვები გამოყენების ჩამონათვალი”:

1. კომპიუტერები, ინტერნეტი და ელ-ფოსტა კომპანიის საცუთრებაა და გამოიყენება მხოლოდ სამსახურებრივი მიზნებისათვის.
2. იკრძალება საავტორო უფლებებით დაცული პროგრამის ასლების გაკეთება, გადმოწერა და გადაცემა.
3. იკრძალება სექსუალური მასალის მიღება ან გაგზავნა.
4. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი შეტყობინებები და შესაბამისი მასალები უნდა გაიგზავნოს დაშიფრული სახით.

მითითებების დარღვევას მოჰყვება დისციპლინური სასჯელი, დათხოვნის ჩათვლით.

3. დასპპა

ამრიგად, სამაუწყებლო სადგურების წარმატებისათვის ძალზედ მნიშვნელოვანია კადრების სწორი შერჩევა. მენეჯერი სწორედ რომ უნდა იცნობდეს თავის მუშაკთა ხასიათს, მათ სამუშაო ცოდნა-გამოცდილებას, საჭიროებისამებრ უნდა მოხდეს მათი პროფესიული მომზადება, კვალიფიკაციის ამაღლება, მათი შესრულებული სამუშაოდან გამომდინარე წახალისება, ჯილდო, პრემია, მადლობა, რაც გააორმაგებს შრომის ნაყოფიერებას და დადგებითად იმოქმედებს მასზე.

ლიტერატურა

1. პიტერ კ. პრინგი, მაიკლ ფ. სტარი, უილიამ ი. მაკკავიტი. ელექტრონული მედიის მენეჯმენტი. ფონდი ”ინტერნიუსი”, თბილისი, 2001.
2. ლუის ვოლმანი. მენეჯმენტი, კადრები და შემოსავლები. ვაშინგტონი, 2002.
3. ბებიაშვილი მარიამ, მღვდელაძე ამირან. კადრების მენეჯმენტი. თბილისი, 2007.

შაპ 627.841

ნაგიე-სტრუქტურული განვითარებისათვის პირველი სასაზღვრო ამოცანის რიცხვითი ამონსნა

მ. სარაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია ნაგიე-სტრუქტურის განვითარებისათვის პირველი სასაზღვრო ამოცანის რიცხვითი ამონსნა უხასრულო წრიული ცილინდრისათვის. გამოყენებულია ჩვენს მიერ მიღებული ნაგიე-სტრუქტურის განვითარების ამონასნის ზოგადი წარმოდგენის ფორმულა, გამოხახული როი პარმონიული ფუნქციის საშუალებით. მიღებულია ნაშთითი წევრების შეფასების ფორმულები. შედგენილია პროგრამა ალგორითმულ ენა ფორტრანზე და მიღებულია რიცხვითი შედეგები. აგებულია სიჩქარის გეგმორისა და ძაბვის გეგმორის შემდგენების გრაფიკები, როდესაც ცილინდრული მილი შევხებულია 20°C ტემპერატურის გლიცერინით, რომლის სიბლანტის კოეფიციენტი $\mu = 8,7 \text{П.}$

საპარაგო სიტყვები: ბლანტი; არაუმჯობადი; პარმონიული; ალგორითმული.

1. შესავალი

მექანიკის სხვადასხვა სასაზღვრო ამოცანების ამონასნის ეფექტურად აგებას უდიდესი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. სამწუხაროდ, ზუსტი ამონასნების ცხადი სახით აგება შესაძლებელია მხოლოდ ფრიად შეზღუდული, კონკრეტული გეომეტრიული ფორმის სხეულებისათვის. აქ არსებით როლს ასრულებს ის ფაქტი, რომ მექანიკური მოდელის შესაბამისი როლი დიფერენციალურ განვითარებათა სისტემის ზოგადი ამონასნი შეიძლება წარმოიდგინოს უფრო მარტივი (ლაპლასის ან ჰელმინგის) დიფერენციალური განვითარების ამონასნების საშუალებით. ამ მიმართულებით, უწყვეტ ტანთა მექანიკის კლასიკურ თეორიაში საყოველთაოდაა ცნობილი უ. კელვინის, ჟ.ადამარის, ჟ.ბუსინესკის, მ.პაპკოვიჩის, გ.ნეიბერის, ე.ტრეფტცის, მ.სლობოდიანსკის,

კოლოსოვ-მუსხელიშვილის შრომები, რომლებშიც გადაადგილების ვექტორები წარმოდგენილია პარმონიული და ბიპარმონიული ფუნქციებით.

ადნიშნული წარმოდგენები საშუალებას იძლევა განვავითაროთ ცვლადთა განცალების ფურიეს მეთოდი (გარკვეულ მრუდწირულ კოორდინატთა სისტემის მიმართ) ბლანტ არაკუმულად სითხეთა თეორიაში კანონიკური ზედაპირებით შემოსაზღვრული არეებისათვის.

უსასრულო ცილინდრის შემთხვევაში პირველი ამოცანისათვის, ე.ი. როდესაც საზღვარზე მოცემულია სიჩქარის ვექტორის რაიმე კონკრეტული მნიშვნელობა, შედგენილია გამოთვლითი პროგრამა, რომლის საშუალებითაც არის ნებისმიერ წერტილში შეგვიძლია მივიღოთ როგორც სიჩქარის და ძაბვის ვექტორის კომპონენტების, ისე წნევის ფუნქციის რიცხვითი მნიშვნელობები. აგებულია ამ ფუნქციების გრაფიკები.

2. მირითადი ნაშილი

ნავიკ-სტოქსის განტოლებას ორი განზომილების შემთხვევაში აქვს შემდეგი სახე [3,5]:

$$\operatorname{div} u = 0, \quad \mu \Delta u - \operatorname{grad} p = 0, \quad (1)$$

სადაც Δ ლაპლასის ორგანზომილებიანი ოპერატორია; $u = (u_1, u_2)^T$ - სიჩქარის ვექტორი; p - წნევის ფუნქცია; μ - სიბლანტის კოეფიციენტი; T - ტრანსპონირების სიმბოლო.

ვთქვათ, Ω^+ არის წრე, რომელიც შემოსაზღვრულია $\partial\Omega$ წრეწირით, ცენტრით კოორდინატთა სათავეში და რადიუსით R .

ამოცანა (1). ვიპოვოთ Ω^+ არეში (1) სისტემის ისეთი რეგულარული $U = (u, p)^T$ ამონასნი, რომელიც $\partial\Omega$ საზღვარზე აკმაყოფილებს შემდეგ სასაზღვრო პირობას:

$$[u(z)]^+ = f(z), \quad z \in \partial\Omega, \quad (2)$$

სადაც $f(z) = (f_1(z), f_2(z))^T$ საზღვარზე მოცემული ვექტორ - ფუნქციაა.

ძაბვის ვექტორს n ნორმალის ქონების წირით ელემენტზე, აქვს სახე [1,4,5]

$$T(\partial x, n)U = 2\mu \frac{\partial u}{\partial n} - np - \mu \left(\frac{\partial u_2}{\partial x_1} - \frac{\partial u_1}{\partial x_2} \right) s, \quad (3)$$

სადაც $n = (n_1, n_2)^T$, $s = (-n_2, n_1)^T$.

(1) Խօսքյամությունը ամուսենելու այլ վայրությունը կանոնական [6,7,8]:

$$u(x) = \text{grad } \Phi_1(x) + \text{grad } r^2 \left(r \frac{\partial}{\partial r} + 2 \right) \Phi_2(x) - 4x \left(r \frac{\partial}{\partial r} + 1 \right) \Phi_2(x) + B_0 \tilde{x} \quad (4)$$

$$p(x) = -2\mu A_0 + 4\mu r \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} + 1 \right) \Phi_2(x), \quad x \in \Omega^+.$$

Կազմակերպությունը գոյնէլությունությունը կամ շատ առաջատար է այս վայրությունում:

$$\Phi_j(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{r}{R} \right)^k \left(a_k^{(j)} \cos k\varphi + b_k^{(j)} \sin k\varphi \right), \quad j = 1, 2, \quad x \in \Omega^+.$$

Եթե $\Phi_j(x)$ գոյնէլությունությունը ամառանձնական է և պահպանված է մեջմաղացությամբ, ապա այն պահպանված է շատ առաջատար է այս վայրությունում:

$$\begin{aligned} u_n(x) &= \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\frac{k}{R} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-1} a_k^{(1)} + R k^2 \left(\frac{r}{R} \right)^{k+1} a_k^{(2)} \right] \cos k\varphi + \left[\frac{k}{R} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-1} b_k^{(1)} + R k^2 \left(\frac{r}{R} \right)^{k+1} b_k^{(2)} \right] \sin k\varphi \right\}, \\ u_s(x) &= \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ - \left[\frac{k}{R} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-1} a_k^{(1)} + R k(k+2) \left(\frac{r}{R} \right)^{k+1} a_k^{(2)} \right] \cos k\varphi + \right. \\ &\quad \left. + \left[\frac{k}{R} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-1} b_k^{(1)} + R k(k+2) \left(\frac{r}{R} \right)^{k+1} b_k^{(2)} \right] \cos k\varphi \right\} + r B_0. \end{aligned} \quad (5)$$

Վեճությունը $p(x)$ գոյնէլությունությունը այլ վայրությունում:

$$p(x) = 4\mu \sum_{k=1}^{\infty} k(k+1) \left(\frac{r}{R} \right)^k \left[a_k^{(2)} \cos k\varphi + b_k^{(2)} \sin k\varphi \right] - 2\mu A_0. \quad (6)$$

Այս վայրությունում պահպանված է այս վայրությունում:

$$\begin{aligned} [T(\partial x, n)U]_n &= 2\mu \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\frac{k(k-1)}{R^2} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-2} a_k^{(1)} + k(k+1)(k-2) \left(\frac{r}{R} \right)^k a_k^{(2)} \right] \cos k\varphi + \right. \\ &\quad \left. + \left[\frac{k(k-1)}{R^2} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-2} b_k^{(1)} + k(k+1)(k-2) \left(\frac{r}{R} \right)^k b_k^{(2)} \right] \sin k\varphi \right\} + 2\mu A_0, \\ [T(\partial x, n)U]_s &= 2\mu \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ - \left[\frac{k(k-1)}{R^2} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-2} a_k^{(1)} + k^2(k+1) \left(\frac{r}{R} \right)^k a_k^{(2)} \right] \sin k\varphi + \right. \\ &\quad \left. + \left[\frac{k(k-1)}{R^2} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-2} b_k^{(1)} + k^2(k+1) \left(\frac{r}{R} \right)^k b_k^{(2)} \right] \cos k\varphi \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

(2) სასაზღვრო პირობები შევცვალოთ მისი ეკვივალენტური პირობებით

$$[u_n(z)]^+ = f_n(z), \quad [u_s(z)]^+ = f_s(z), \quad z \in \partial\Omega, \quad (8)$$

სადაც $u_n(z)$, $f_n(z)$ და $u_s(z)$, $f_s(z)$ ფუნქციები წარმოადგენს შესაბამისად $u(z)$, $f(z)$ ვექტორების ნორმალურ და მხებ შემდგენებს.

ფურიეს მწყობი გავშალოთ $f_n(z)$ და $f_s(z)$ ფუნქციები

$$f_n(z) = \alpha_0^{(1)} + \sum_{k=1}^{\infty} (\alpha_k^{(1)} \cos k\varphi + \beta_k^{(1)} \sin k\varphi), \quad f_s(z) = \alpha_0^{(2)} + \sum_{k=1}^{\infty} (\alpha_k^{(2)} \cos k\varphi + \beta_k^{(2)} \sin k\varphi). \quad (9)$$

თუ (5) ტოლობის ორივე მხარეს გადავალოთ ზღვარზე, როცა $x \rightarrow z \in \partial\Omega$ ($r \rightarrow R$) და გავითვალისწინებთ (8) სასაზღვრო პირობებს, ასევე (9) ტოლობებს, მაშინ საძიებელი მუდმივებისათვის მივიღებთ წრფივ ალგებრულ განტოლებათა შემდეგ სისტემას:

$$\frac{k}{R} \begin{bmatrix} a_k^{(1)} \\ b_k^{(1)} \end{bmatrix} + Rk^2 \begin{bmatrix} a_k^{(2)} \\ b_k^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_k^{(1)} \\ \beta_k^{(1)} \end{bmatrix}, \quad \frac{k}{R} \begin{bmatrix} a_k^{(1)} \\ b_k^{(1)} \end{bmatrix} + Rk(k+2) \begin{bmatrix} a_k^{(2)} \\ b_k^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\beta_k^{(2)} \\ \alpha_k^{(2)} \end{bmatrix}, \quad k \geq 1; \quad RB_0 = \alpha_0^{(2)}. \quad (10)$$

აქ ვისარგებლეთ I ამოცანის ამონასნის არსებობის აუცილებელი და საკმარისი პირობით

$$\int_{\partial\Omega} n(z) \cdot f(z) ds = \int_{\partial\Omega} f_n(z) ds = 0.$$

ამ ტოლობიდან გამოდინარეობს, რომ $\alpha_0^{(1)} = 0$.

თუ (10) სისტემის ამონასნის შევიტანო (5)-(7) ფორმულებში და გავითვალისწინებთ, რომ $u_1 = n_1 u_n - n_2 u_s$, $u_2 = n_2 u_n + n_1 u_s$, $(TU)_1 = n_1 (TU)_n - n_2 (TU)_s$, $(TU)_2 = n_2 (TU)_n + n_1 (TU)_s$, ამასთან დავუშვებთ, რომ ნებისმიერი მუდმივი $A_0 = 0$, მაშინ მივიღებთ:

$$\begin{aligned} u_1(x) &= \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2} \left(\frac{r}{R}\right)^{k-1} \{ [\alpha_k^{(1)} - \beta_k^{(2)} + (k+1) \frac{R^2 - r^2}{R^2} (\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)})] \cos(k-1)\varphi + [\beta_k^{(1)} + \alpha_k^{(2)} + \right. \\ &\quad \left. +(k+1) \frac{R^2 - r^2}{R^2} (\beta_k^{(1)} - \alpha_k^{(2)})] \sin(k-1)\varphi + \left(\frac{r}{R}\right)^2 [(\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)}) \cos(k+1)\varphi + \right. \\ &\quad \left. + (\beta_k^{(1)} - \alpha_k^{(2)})] \sin(k+1)\varphi \} - \frac{r}{R} \sin \varphi \alpha_0^{(2)}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$u_2(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2} \left(\frac{r}{R}\right)^{k-1} \{ [\beta_k^{(1)} + \alpha_k^{(2)} + (k+1) \frac{R^2 - r^2}{R^2} (\beta_k^{(1)} - \alpha_k^{(2)})] \cos(k-1)\varphi - [\alpha_k^{(1)} - \beta_k^{(2)} +$$

$$\begin{aligned}
& + (k+1) \frac{R^2 - r^2}{R^2} (\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)})] \sin(k-1)\varphi + (\frac{r}{R})^2 [(\alpha_k^{(2)} - \beta_k^{(1)}) \cos(k+1)\varphi + \\
& + (\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)})] \sin(k+1)\varphi] \} + \frac{r}{R} \cos \varphi \alpha_0^{(2)}; \\
[T(\partial x, n) U]_1 &= \mu \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{R} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-2} \{ (k-1)[\alpha_k^{(1)} - \beta_k^{(2)} + (k+1) \frac{R^2 - r^2}{R^2} (\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)})] \cos(k-1)\varphi + \right. \\
& + (k-1)[\beta_k^{(1)} + \alpha_k^{(2)} + (k+1) \frac{R^2 - r^2}{R^2} (\beta_k^{(1)} - \alpha_k^{(2)})] \sin(k-1)\varphi + (k+1) \left(\frac{r}{R} \right)^2 [(\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)}) \times \\
& \times \cos(k+1)\varphi + (\beta_k^{(1)} - \alpha_k^{(2)}) \sin(k+1)\varphi] \}, \tag{12}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[T(\partial x, n) U]_2 &= \mu \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{R} \left(\frac{r}{R} \right)^{k-2} \{ (k-1)[\beta_k^{(1)} + \alpha_k^{(2)} + (k+1) \frac{R^2 - r^2}{R^2} (\beta_k^{(1)} - \alpha_k^{(2)})] \cos(k-1)\varphi - \\
& - (k-1)[\alpha_k^{(1)} - \beta_k^{(2)} + (k+1) \frac{R^2 - r^2}{R^2} (\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)})] \sin(k-1)\varphi + (k+1) \left(\frac{r}{R} \right)^2 [(\alpha_k^{(2)} - \beta_k^{(1)}) \times \\
& \times \cos(k+1)\varphi + (\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)}) \sin(k+1)\varphi] \},
\end{aligned}$$

$$p(x) = 2\mu \sum_{k=1}^{\infty} (k+1) \left(\frac{r}{R} \right)^k [(\alpha_k^{(2)} - \beta_k^{(1)}) \sin k\varphi - (\alpha_k^{(1)} + \beta_k^{(2)}) \cos k\varphi], \tag{13}$$

Խաղաղ առաջային գործությունների համապատասխան պահանջման վեալու կամաց համապատասխան պահանջման վեալու գործությունը անհամապատասխան է:

$$\begin{aligned}
\alpha_k^{(1)} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f_n(z) \cos k\varphi d\varphi, \quad \alpha_k^{(2)} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f_s(z) \cos k\varphi d\varphi, \quad \beta_k^{(1)} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f_n(z) \sin k\varphi d\varphi, \\
\beta_k^{(2)} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f_s(z) \sin k\varphi d\varphi, \quad k \geq 1, \quad \alpha_0^{(2)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f_s(z) d\varphi, \tag{14}
\end{aligned}$$

$f_n(z)$ բարձրագույն գործություն է պահանջման վեալու համապատասխան և $f_s(z)$ պահանջման վեալու գործություն:

$$f_n(z) = \cos \varphi f_1(z) + \sin \varphi f_2(z), \quad f_s(z) = \cos \varphi f_2(z) - \sin \varphi f_1(z), \quad z \in \partial \Omega. \tag{15}$$

Եթե պահանջման վեալու գործությունը համապատասխան է պահանջման վեալու գործությունը, ապա

$$u_j(x) - u_j^{(k_0)}(x) = R'_j(x), \quad j = 1, 2, \quad p(x) - p_{k_0}(x) = R''(x), \tag{16}$$

Խաղաղ առաջային գործությունների պահանջման վեալու համապատասխան գործությունը կամաց համապատասխան պահանջման վեալու գործությունը կամաց համապատասխան պահանջման վեալու գործությունը կամաց համապատասխան պահանջման վեալու գործությունը:

Եթե պահանջման վեալու գործությունը համապատասխան է պահանջման վեալու գործությունը, ապա

$$|R'_j(x)| < \sum_{k=k_0+1}^{\infty} \sum_{\ell=1}^2 (k+1)(|\alpha_k^{(\ell)}| + |\beta_k^{(\ell)}|), \quad |R''(x)| < 2\mu \sum_{k=k_0+1}^{\infty} \sum_{\ell=1}^2 (k+1)(|\alpha_k^{(\ell)}| + |\beta_k^{(\ell)}|), \tag{17}$$

მართებულია შემდეგი თეორემა.

თეორემა 1 თუ $f(z), f'(z), \dots, f^{(m)}(z)$, სადაც $m \geq 0$, უწყვეტი ფუნქციებია $[0,2\pi]$ შეალებული, რომლებიც დებულობს ტოლ მნიშვნელობებს სეგმენტის ბოლოებზე, ხოლო $f^{(m+1)}(z)$ უბან-უბან უწყვეტი ფუნქციაა $[0,2\pi]$ შეალებული, მაშინ $f(z)$ ფუნქციის ფურიეს α_k, β_k კოეფიციენტებისათვის მართებულია შემდეგი შეფასებები: $\alpha_k = o(\frac{1}{k^{\frac{m+1}{2}}})$, $\beta_k = o(\frac{1}{k^{\frac{m+1}{2}}})$ და $\sum_{k=1}^{\infty} k^{\nu} (|\alpha_k| + |\beta_k|), \nu = 0, 1, 2, \dots, m$ მარტივი

კრებადია.

ამ თეორემის პირობისა და ნაწილობითი ინტეგრირების გამოყენებით, გდებულობთ

$$|\alpha_k| + |\beta_k| = \frac{1}{k^{\frac{m+1}{2}}} (|\alpha_k^{(m+1)}| + |\beta_k^{(m+1)}|),$$

სადაც $\alpha_k^{(m+1)}, \beta_k^{(m+1)}$ წარმოადგენს $f^{(m+1)}(z)$ ფუნქციის ფურიეს კოეფიციენტებს.

ამ ტოლობისა და კოში-ბუნიაკოვსკის უტოლობის გამოყენებით, გდებულობთ

$$\sum_{k=k_0+1}^{\infty} \sum_{\ell=1}^2 (k+1)(|\alpha_k^{(\ell)}| + |\beta_k^{(\ell)}|) = \sum_{k=k_0+1}^{\infty} \sum_{\ell=1}^2 \frac{k+1}{k^{\frac{m+1}{2}}} (|\alpha_k^{(\ell, m+1)}| + |\beta_k^{(\ell, m+1)}|) \leq 2\sqrt{2} \sqrt{\sum_{k=k_0+1}^{\infty} \frac{1}{k^{2m}}} \times$$

$$\times \left(\sqrt{\sum_{k=k_0+1}^{\infty} [(\alpha_k^{(1, m+1)})^2 + (\beta_k^{(1, m+1)})^2]} + \sqrt{\sum_{k=k_0+1}^{\infty} [(\alpha_k^{(2, m+1)})^2 + (\beta_k^{(2, m+1)})^2]} \right).$$

თუ ამ უტოლობაში გისარგებლებთ $f_n^{(m+1)}(z)$ და $f_s^{(m+1)}(z)$ ფუნქციების ფურიეს კოეფიციენტებისათვის ბესელის უტოლობით და მარტივის შემდეგი შეფასებით

$$\sum_{k=k_0+1}^{\infty} \frac{1}{k^{2m}} \leq \int_{k_0}^{+\infty} \frac{dz}{z^{2m}}, \text{ მაშინ მივიღებთ}$$

$$\sum_{k=k_0+1}^{\infty} \sum_{\ell=1}^2 (k+1)(|\alpha_k^{(\ell)}| + |\beta_k^{(\ell)}|) \leq 2\sqrt{2} \left(\int_{k_0}^{+\infty} \frac{dz}{z^{2m}} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [f_n^{(m+1)}(z)]^2 dz \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [f_s^{(m+1)}(z)]^2 dz \right)^{\frac{1}{2}} \right\} =$$

$$= \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{(2m-1)\pi} k_0^{\frac{m-1}{2}}} \left\{ \left(\int_0^{2\pi} [f_n^{(m+1)}(z)]^2 dz \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\int_0^{2\pi} [f_s^{(m+1)}(z)]^2 dz \right)^{\frac{1}{2}} \right\}. \quad (18)$$

ამრიგად, მივიღეთ, რომ (11) და (13) მარტივებს აქვს შემდეგი შეფასებები:

$$R'_j(x) = O\left(\frac{1}{k_0^{\frac{m-1}{2}}}\right), \quad R''_j(x) = O\left(\frac{1}{k_0^{\frac{m-1}{2}}}\right), \quad j = 1, 2.$$

კოქის, $f_n^{(m+1)}(z)$ და $f_s^{(m+1)}(z)$ ფუნქციები შემოსაზღვრულია $[0, 2\pi]$

შეალები, ე.ი. $|f_n^{(m+1)}(z)| \leq M_1$, $|f_s^{(m+1)}(z)| \leq M_2$.

ამ უტოლობების გათვალისწინებით, (18)-დან ვდებულობთ

$$|R'_j(x)| \leq \frac{4(M_1 + M_2)}{(2m-1)^{\frac{1}{2}} k_0^{\frac{m-1}{2}}}, \quad j=1,2, \quad |R''(x)| \leq \frac{8\mu(M_1 + M_2)}{(2m-1)^{\frac{1}{2}} k_0^{\frac{m-1}{2}}}.$$

თუ გვსურს, რომ ცდომილობები ნაკლები იყოს წინასწარ დასახელებულ $\varepsilon > 0$ რიცხვზე, მაშინ მწვრთა ნომერი უნდა შევარჩიოთ ასე:

ა) (11) მწვრთა ნომერისათვის $k_0 = \left[\left(\frac{4(M_1 + M_2)}{\varepsilon(2m-1)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{1}{m-1}} \right] + 1$,

ბ) (13) მწვრთა ნომერისათვის $k_0 = \left[\left(\frac{8\mu(M_1 + M_2)}{\varepsilon(2m-1)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{1}{m-1}} \right] + 1$,

სადაც $[\circ]$ სიმბოლო აღნიშნავს ფრჩხილებში მოთავსებული გამოსახულების მოელნაწილს.

კოქის, Ω^+ არის ერთეულრადიუსიანი წრე ცენტრით კოორდინატთა სათავეში. განვიხილოთ სატესტო ამოცანა შემდეგი სასაზღვრო მონაცემებით:

$$\begin{aligned} f_1(\varphi) &= 4\cos^3 \varphi + 4\sin^3 \varphi + 12\cos \varphi \sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi - 2\sin \varphi \cos \varphi + 3\sin^2 \varphi, \\ f_2(\varphi) &= -4\sin^3 \varphi + 4\cos^3 \varphi - 12\cos^2 \varphi \sin \varphi + \sin^2 \varphi - 2\sin \varphi \cos \varphi + 3\cos^2 \varphi. \end{aligned} \quad (19)$$

(19) ფორმულებით განსაზღვრული $f = (f_1, f_2)$ ვექტორის ნორმალურ და მხებ შემდგენებს აქვს სახე

$$f_n(\varphi) = 4\cos 2\varphi + 2\sin 2\varphi + \cos \varphi + \sin \varphi,$$

$$f_s(\varphi) = -8\sin 2\varphi + 4\cos 2\varphi + 3\cos \varphi - 3\sin \varphi.$$

მოცემული სატესტო ამოცანის ამოხსნა გამოისახება შემდეგი ფორმულებით:

$$u_1(x) = 4x_1^3 + 4x_2^3 + 12x_1x_2^2 + x_1^2 - 2x_1x_2 + 3x_2^2, \quad u_2(x) = -4x_2^3 + 4x_1^3 - 12x_1^2x_2 + x_2^2 - 2x_1x_2 + 3x_1^2,$$

$$p(x) = 8\mu(3x_1^2 - 3x_2^2 + 3x_1x_2 + x_1 + x_2).$$

შესაბამის ძაბვის ვექტორს აქვს სახე

$$[T(\partial x, n)U]_1 = \frac{4\mu}{r}(3x_2^3 + 12x_1x_2^2 - 3x_1^2x_2 - x_1^2 - 2x_1x_2 + x_2^2),$$

$$[T(\partial x, n)U]_2 = \frac{4\mu}{r} (3x_1^3 - 12x_1^2x_2 - 3x_1x_2^2 + x_1^2 - 2x_1x_2 - x_2^2).$$

(I)⁺ ამოცანისათვის პროგრამა შედგენილია ალგორითმულ ენა ფორტრანზე და მიღებულია რიცხვითი შედეგები. პროგრამა შედგება რამდენიმე ქვეპროგრამისაგან:

ა) PROGRAM LGG არის მეთაური პროგრამა. ამ პროგრამაში აღწერილია საწყისი მონაცემები. აქ ხდება დათვლილი სიდიდეების გამოტანა, „NX“ ქვეპროგრამის გამოძახება. ამ პროგრამაში ზუსტი (სატესტო) ამონასნები აღნიშნულია U1T, U2T, PT, T1T, T2T სიმბოლოებით, ხოლო ფორმულით მიღებული ამონები - UX1, UX2, PX, TU1, TU2 სიმბოლოებით

```

PROGRAM LGG
PI=3.1415926
N=5
R=1.
RO=1./14.
A=0.
B=2.*PI
FI=PI/12.
EPS=0.0005
X1=RO*COS(FI)
X2=RO*SIN(FI)
MIU=8.7
U1T=4.*X1**3+4.*X2**3+12.*X1*X2**2+X1**2-
*2.*X1*X2+3.*X2**2
U2T=-4.*X2**3+4.*X1**3-12.*X1**2*X2+X2**2-
*2.*X1*X2+3.*X1**2
PT=8.*MIU*(3.*X1**2-3.*X2**2+3.*X1*X2+X1+X2)
T1T=4.*MIU/RO*(3.*X2**3+12.*X1*X2**2-
*3.*X2*X1**2+
*X2**2-2.*X1*X2-X1**2)
T2T=4.*MIU/RO*(3.*X1**3-12.*X1**2*X2-3.*X1*X2**2-
*2.*X1*X2-X2**2+X1**2)
WRITE(*,4)U1T,U2T,T1T,T2T,PT
4 FORMAT(1X,'U1T='F9.6,1X,'U2T='F9.6,
*1X,'T1T='F9.6,1X,'T2T='F9.6,1X,'PT='F9.6)
AO=0.
CALL NX(PI,N,R,RO,FI,EPS,A,B,AO,MIU,
*UX1,UX2,TU1,TU2,PX)
PX=2.*MIU*PX
TU1=MIU*TU1
TU2=MIU*TU2
WRITE(*,1)UX1,UX2,TU1,TU2,PX
1 FORMAT(1X,'UX1='F9.6,1X,'UX2='F9.6,1X,'TU1='F9.6,
*1X,'TU2='F9.6,1X,'PX='F9.6)
RETURN
END

```

ბ) SUBROUTINE NX. ამ ქვეპროგრამაში მოცემულია დასათვლელი სიდიდეების ფორმულები. აქვე ხდება ინტეგრაციის გამოსათვლელი ქვეპროგრამის გამოძახება.

```

SUBROUTINE NX(PI,N,R,RO,FI,EPS,A,B,AO,
*MIU,U1,U2,T1,T2,P)
COMMON/OB1/K
EXTERNAL FN1,FS1,FN2,FS2,FS
U1=0.
U2=0.
T1=0.
T2=0.
P=0.
CALL SIMPS(ALFO2,A,B,FS,EPS)
ALFAO2=1./(2.*PI)*ALFO2
DO 2 K=1,N
CALL SIMPS(ALFK1,A,B,FN1,EPS)
CALL SIMPS(ALFK2,A,B,FS1,EPS)
CALL SIMPS(BETK1,A,B,FN2,EPS)
CALL SIMPS(BETK2,A,B,FS2,EPS)
RR=RO/R
OK=1./PI
AB1=OK*(ALFK1-BETK2)
AB2=OK*(ALFK1+BETK2)
AB3=OK*(BETK1-ALFK2)
AB4=OK*(BETK1+ALFK2)
AB5=OK*(ALFK1-BETK2)
AB6=OK*(ALFK1+BETK1)
UM1=1./2.*RR**2*(K-1)*(((AB1+(K+1)*(R**2-RO**2)-
*/R**2*AB2)*COS((K-1)*FI)+(AB4+(K+1)*(R**2-RO**2)-
*/R**2*AB3)*SIN((K-1)*FI)+RR**2*(AB2*COS((K+1)*FI)-
*AB3*SIN((K+1)*FI)))-RR*SIN(FI)*ALFAO2
UM2=1./2.*RR**2*(K-1)*(((AB4+(K+1)*(R**2-RO**2)/
*R**2*AB3)*COS((K-1)*FI)-(AB5+(K+1)*(R**2-RO**2)/
*R**2*AB2)*SIN((K-1)*FI)+RR**2*(-AB3*COS((K+1)*FI)-
*AB2*SIN((K+1)*FI)))+RR*COS(FI)*ALFAO2
TM1=1./R*RR**2*(K-2)*((K-1)*(AB1+(K+1)*(R**2-RO**2)-
*/R**2*AB2)*COS((K-1)*FI)+(K-1)*(AB4+(K+1)*(R**2-
*RO**2)/R**2*AB3)*SIN((K-1)*FI)+(K+1)*RR**2*(AB2*-
*COS((K+1)*FI)+AB3*SIN((K+1)*FI)))+2*MIU*AO*COS(FI)
TM2=1./R*RR**2*(K-2)*((K-1)*(AB4+(K+1)*(R**2-RO**2)-
*/R**2*AB3)*COS((K-1)*FI)-(K-1)*(AB5+(K+1)*(R**2-RO**2)-
*/R**2*AB2)*SIN((K-1)*FI)+(K+1)*RR**2*(-AB3*COS((K+1)*FI)-
*AB2*SIN((K+1)*FI))+2.*MIU*AO*SIN(FI)
P=P+(K+1)/R*RR**2*(K*(-AB3*SIN(K*FI)-AB2*COS(K*FI))-_
*2.*MIU*AO
U1=U1+UM1
U2=U2+UM2
T1=T1+TM1
T2=T2+TM2
2 CONTINUE
RETURN
END

```

გ) SUBROUTINE SIMPS. ეს არის ინტეგრალის გამოსათვლელი ქვეპროგრამა. აქ ავტომატურად ხდება ბიჯის გაორკეცება, სანამ სასურველ სიზუსტეს არ მივიღებთ

```
SUBROUTINE SIMPS(RINT,A,B,F,EPS)
N=4
FI1=0.
FI2=20.*EPS
C=F(A)+F(B)
2 N=2*N
FI1=FI2
FI2=C
IS=4
H=(B-A)/N
N1=N-1
DO 1 I=1,N1
P=A+I*H
FI2=FI2+IS*F(P)
IS=6-IS
1 CONTINUE
FI2=FI2*H/3.
P1=ABS(FI2-FI1)/15.
IF(P1.GT.EPS)GOTO 2
RINT=FI2+(FI2-FI1)/15.
RETURN
END
```

გ) FUNCTION. ამ ქვეპროგრამაში ხდება სასაზღვრო მონაცემების გამოთვლა.

```
FUNCTION FS1(FI)
FS1=(-8.*SIN(2.*FI)+4.*COS(2.*FI)+3.*COS(FI)-3.*SIN(FI))*F1(FI)
RETURN
END
FUNCTION FN1(FI)
FN1=(4.*COS(2.*FI)+2.*SIN(2.*FI)+COS(FI)+SIN(FI))*F1(FI)
RETURN
END
FUNCTION FN2(FI)
FN2=(4.*COS(2.*FI)+2.*SIN(2.*FI)+COS(FI)+SIN(FI))*F2(FI)
RETURN
END
FUNCTION FS2(FI)
FS2=(-8.*SIN(2.*FI)+4.*COS(2.*FI)+3.*COS(FI)-3.*SIN(FI))*F2(FI)
RETURN
END
FUNCTION FS(FI)
FS=-8.*SIN(2.*FI)+4.*COS(2.*FI)+3.*COS(FI)-3.*SIN(FI)
RETURN
END
FUNCTION F1(FI)
COMMON/OB1/K
F1=COS(K*FI)
RETURN
END
FUNCTION F2(FI)
COMMON/OB1/K
```

```
F2=SIN(K*FI)
RETURN
END
```

ე) ზუსტი და მიახლოებითი ამოხსნების პასუხები:

ზუსტი: $U1T = 0,004857$, $U2T = 0,012304$, $PT = 6,692084$, $T1T = -3,105336$,

$$T2T = 0,773246;$$

მიახლოებითი: $UX1 = 0,004858$, $UX2 = 0,012302$, $PX = 6,692080$, $TU1 = -3,105341$,

$$TU2 = 0,773153.$$

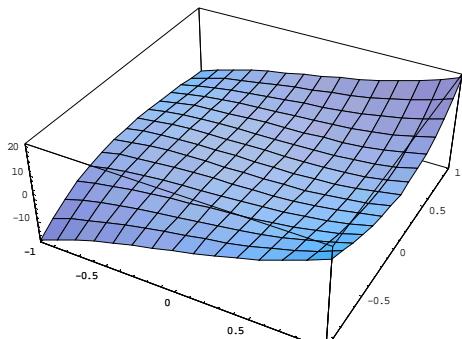
შევნიშნოთ, რომ ამოცანა ამოხსნილია იმ შემთხვევაში, როცა ჟასრულო ცილინდრული მიღი შევსებულია 20°C ტემპერატურის გლიცერინით, რომლის სიბლანტის კოეფიციენტი $\mu = 8,7\text{П}$.

$u_j(x)$, $[T(\partial x, n)U(x)]_j$, $p(x)$, $\omega(x)$, $j=1,2$ ფუნქციების გრაფიკებს ძეგლი შემდეგი

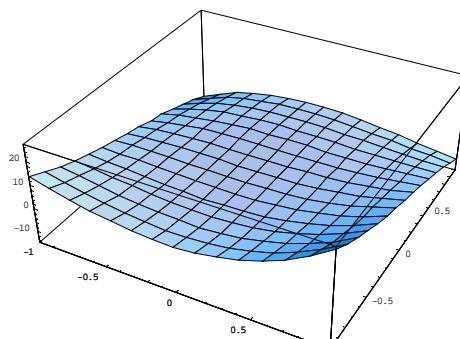
სახე:

ა) $u_1(x)$ ფუნქციის გრაფიკი

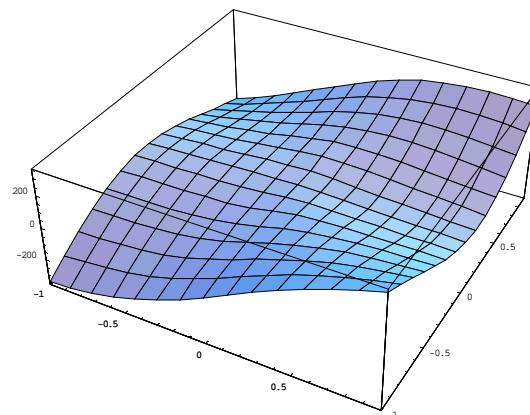
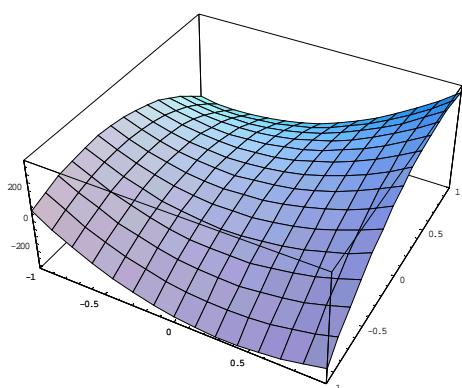
ბ) $u_2(x)$ ფუნქციის გრაფიკი



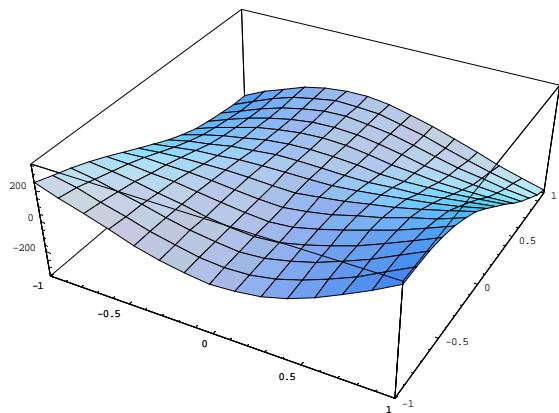
გ) $p(x)$ ფუნქციის გრაფიკი



დ) $[T(\partial x, n)U(x)]_1$ ფუნქციის გრაფიკი



გ) $[T(\partial x, n)U(x)]_2$ ფუნქციის გრაფიკი



3. დასკვნა

წვერ მიერ ნავიკ-სტოქსის განტოლებისათვის ადრე მიღებული სასაზღვრო ამოცანის (როდესაც ცილინდრულ ზედაპირზე მოცემულია ბლანტი არაკუმულადი სითხის სიჩქარის ვაქტორი) ამოხსნის გამოყენებით, მიღებულია რიცხვითი შედეგები და აგებულია როგორც სიჩქარის ვაქტორის, ისე ძაბვის ვაქტორის შემდგენებისა და წნევის ფუნქციის გრაფიკები იმ შემთხვევაში, როდესაც ცილინდრული მილი შევსებულია 20°C ტემპერატურის გლიცერინით.

ლიტერატურა

1. Гиоргашвили Л. Г., Схвитаридзе К.М. Границные задачи для вязкой несжимаемой микрополярной жидкости, ограниченной сферическими поверхностями // Современные проблемы компьютерного моделирования // Труды МГУ, сборник статей фак.-та вычислительной математики и кибернетики. М., 2002. С. 29-38.
2. Канторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. М.-Л.: Физматгиз, 1962.
3. Коchin Н.Е., Кибель И. А. , Розе Н. В. Теоретическая гидродинамика. Ч. II .-М.: Физматгиз, 1963.
4. Ладыженская О. А. Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1970.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973.

6. Харашвили М.Г. Представление общего решения систем однородных уравнений стационарного движения микрополярной вязкой несжимаемой жидкости // международный научный журнал «Проблемы прикладной механики». Тбилиси, 2004, №2(15). с. 95-99.
7. Харашвили М.Г. Двумерные задачи стационарного течения вязкой несжимаемой микрополярной жидкости для круга и полого круга // Международный научный журнал «Проблемы механики». Тбилиси. 2006, №3(24). с. 46-50.
8. Харашвили М.Г. Решение основных двумерных граничных задач стационарного колебания вязкой несжимаемой микрополярной жидкости // Международный научный журнал «Проблемы механики». № 3(24). Тбилиси, 2006,. с. 51-56.

შაბ 546.212.

წყალი გუცების მშვენიერება

ა. ლექავა, ე. ბიჭიაშვილი

რეზიუმე: მოცემულია ბუნებრივი წყლის მინერალურ წყლად ჩასათვალები ნორმები და საქართველოს მინერალური წყლების (რომელთა რაოდენობა 3000-ს აღემატება) ქიმიური შედგენილობა. განხალელია ბუნებრივი წყლების კლასიფიკაცია, რისთვისაც შემოღებულია ინდექსები.

მოცემულია ძირითადი მოთხოვნები სახმელი წყლისადმი და ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია სანიტარულ-საყოფაცხოვრებო მოხმარების წყალსაცავებში.

საპანძო სიტყვები: ანიონური კლასების კათიონური ქვეჯგუფები; ინდექსის მინერალიზაცია და სიხისტე.

1. შესავალი

პიდრორესურსების მარაგითა და ნაირსახეობით საქართველოს ერთ-ერთი პირველი ადგილი უჭირავს მსოფლიოში.

ბუნებრივ წყლებს, რომლებიც ქიმიური შედგენილობით ან ფიზიკური თავისებურებების სპეციფიკურობით გამოირჩევა და ფიზიოლოგიურ გავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე, მინერალური წყლები ეწოდება.

საქართველო მდიდარია მინერალური წყლებით. მათი რაოდენობა 3000-ს აღემატება. მათ ძველთაგანავე იყენებდნენ სამკურნალოდ და სითბოს წყაროდ (თერმული წყლები).

2. ძირითადი ნაწილი

ბუნებრივი წყლები ძირითადი ანიონის შესაბამისად (მგ/ეკგ/ლ) იყოფა პიდრო-კარბონატულ, სულფატურ და ქლორიდულ კლასებად. თითოეული კლასი ძირითადი კათიონის მიხედვით იყოფა კალციუმის, მაგნიუმის, ნატრიუმის ქვეჯგუფებად. ანიონთა და კათიონთა თანაფარდობის მიხედვით ჯგუფები იყოფა სამ-სამ ტიპად. I ტიპს მიეკუთვნება წყლები, რომლებშიც $HCO_3^- > Ca^{+2} + Mg^{+2}$ მგ-

ეკბ/ლ); II ტიპის წყლებში $HCO_3^- + Mg^{+2} < HCO_3^- + SO_4^{-2}$; III ტიპში გაერთიანებულია წყლები, რომლებშიც $HCO_3^- + SO_4^{-2} < Ca^{+2} + Mg^{+2}$, ანუ $Cl^- > Na^+$. ცალკეა გამოყოფილი IV ტიპის წყლები, მათში $HCO_3^- = 0$ (მუსავ ბუნების წყლები).

კლასიფიკაციისათვის შემოდებულია ინდექსები. კლასები აღინიშნება შესაბამისი ანიონის პირველი სიმბოლოებით (C, S, Cl), ჯგუფები – კათონების სიმბოლოებით, რომლებიც კლასის სიმბოლოს მიეწერება მარჯვენა ზედა კუთხეში, მის ქვემოთ კი რომაული ციფრებით – ტიპის ნომერი. გარდა ამისა, ინდექსში შედის მინერალიზაცია ($0,1\text{g}$ სიზუსტით) და სიხისტე. მაგალითად, კარბონატურლი კლასის, ნატრიუმის ჯგუფის, II ტიპის წყლის ინდექსი თუ მისი მინერალიზაცია $468 \text{ მგ/ლ-ია},$ ხოლო სიხისტე $0,32 \text{ მგ-ეკვ/ლ},$ გამოისახება შემდეგნაირად $C_{II^{0,3}}^{Ca 0,5};$ თუ რომელიმე იონის შემცველობა მხოლოდ $5\%-ით$ ნაკლებია ძირითად იონზე, მაშინ ინდექსში ისიც შეჰვავთ.

ცხრილი 1

ძირითადი მოთხოვნები სასმელი წყლისადმი

მაჩვენებელი	მაქსიმალური დასაშვები სიდიდე	მაჩვენებელი	მაქსიმალური დასაშვები სიდიდე
ფქრი	20° პლატინა-გობალტის სკალით	pH მშრალი ნაშთი	$6,5 - \text{დან } 9,5 - \text{მდე}$ 100 მგ/ლ
გამჭვირვალობა	30 სმ (მრიფტის მიხედვით)	საერთო სიხისტე	7 მგ-ეკვ/ლ (იშვიათად $14 \text{ მგ-ეკვ/ლ-მდე})$
სუნი, გემო	2 ბალი (5 - ბალიანი სკალით)	SO_4^{-2}	250 მგ/ლ
სიმღვრივე	2,0 მგ/ლ	Cl	350 მგ/ლ
ქლორფენოლების სუნი დაქლორვისას	არა	$\frac{Fe \text{ საერთო}}{Zn^{+2}}$	$0,3 \text{ მგ/ლ}$ 50 მგ/ლ
ნარჩენი აქტიური ქლორი	$0,3 - 0,5 \text{ მგ/ლ}$	$\frac{Cu^{+2}}{F^-}$	$0,3 \text{ მგ/ლ}$ $0,5 - \text{დან } 1,5 \text{ მგ/ლ-მდე}$
ფენოლები	$\leq 0,001 \text{ მგ/ლ}$	As	$0,05 \text{ მგ/ლ}$
ბაქტერიების საერთო რაოდენობა	100 1 მლ-ზე	pb^{+2}	$0,1 \text{ მგ/ლ}$
კოლი-ტიტრი	>300 (ერთი ნაწლავის ჩხირი 300 მლ-ზე მეტ წყალში)		

ჩვეულებრივ პირობებში ბუნებრივი წყლის წყლის ქიმიური შედგენილობა რეგულირდება ბუნებრივი პროცესებით, მყარდება დინამიკური წონასწორობა წყალში ქიმიური ელემენტების შეღწევასა და მათ გამოდევნას შორის. ბუნებრივი წყლის ხარისხი არის წყლის შედგენილობას თვისობრივი მახასიათებლების ერთობლიობა. ბუნებრივი წყლის შედგენილობის მნიშვნელოვნად ცვლის ადამიანის

სამეცნიერო საქმიანობა. წყლის ნაწილს ადამიანი ღებულებს ზედაპირული წყალსაცავებისგან.

ცხრილი 2

ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია სანიტარულ-საყოფაცხოვრებო მოხმარების წყალსაცავებში

ნივთიერება	დასაშვები კონცენტრაცია, მგ/ლ	ნივთიერება	დასაშვები კონცენტრაცია
ამიაკი ($\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$)	2,0	გოგირდნახ-შირბადი	1,0
ანილინი	0,1	დარიშსანი (III)	0,5
ანთიმონი	0,05	დდტ	0,2
ბარიუმი	4,0	დიმეთილფორ-მალიდი	10,0
ბენზინი	0,1		
ბენზოლი	0,5	დინიტრობენ-ზოლი	0,5
ბერილიუმი	0,0002	დიქრობენზოლი	0,03
ბუტილის სპირტი	1,0	დიქლორეთანი	2,0
ვანადიუმი (V)	0,5	სკიპიდარი	0,2
ვერცხლისწყალი (II, არაორგ.)	0,005	სტიროლი	0,1
თიოფოსი	0,003	ტიტანი	0,1
თუთია	1,0	ტოლუოლი	0,5
იზოპრენი	0,005	ტრინიტრო-ტოლუოლი	
კადმიუმი	0,01	ტრიქლორბენ-ზოლი	0,03
კაპროლაქტამი	1,0	ტყვია	0,1
კობალტი	1,0	ფენოლები	0,001
მოლიბდენი (VI)	0,5	ფორმალდებიდი	0,5
ნავთი, ნავთობი	0,1	ფტორი	1,5
ნიკელი	0,1	ფურანი	0,2
ნიტრატები ($\text{N} - \text{NO}_3^-$)	10,0	ქლორბენზოლი	0,1
ნიტროქლორ-ბენზოლი	0,05	ქლოროპრენი	0,1
ოთხექლორიანი ნახშირბადი	5,0	ქრომი (III)	0,5
პიკრინმჟავა	0,5	ქრომი (VI)	0,1
პირიდინი	0,2	ქსილოლი	0,05
რკინა	0,5	ციანიდები	0,1
როდანიდები	0,1	ციკლოჟექსანი	0,1
საპონინი	0,2	ჰექსაქლორ-ბენზოლი	0,02
სელენი	0,01	ჰექსაქლორ-ბენზოლი	0,05

ცხრილი 4
ბუნებრივი წყლის მინერალურ წყლად ჩასათვლელი ნორმები

კომპონენტი	შემცველობის ქვედა ზღვარი, მგ/ლ	კომპო- ნენტი	შემცველობის ქვედა ზღვარი, მგ/ლ	კომპო- ნენტი	შემცველობის ქვედა ზღვარი, მგ/ლ
მშრალი ნაშთი	1000	Br^-	25	Li^+	5
CO_2 თავისუფალი	500	I^-	5	Ba	10^{-5}
საერთო H_2S	10	F^-	2	H_2SiO_3	50
Fe^{+2}	10	As	0,6	HBO_2	50

დედამიწაზე არ არსებობს წყალზე მნიშვნელოვანი ნივთიერება. წყლის გარეშე შეუძლებელია სიცოცხლე. ცნობილი ფრანგი მწერალი ეგზიუპერი მიუთითებდა, რომ „წყალი არა მარტო სიცოცხლისათვის აუცილებელი პროდუქტია, არამედ თვით სიცოცხლეა“. ადამიანის ორგანიზმის $2/3$ წყალია; დედამიწის ზედაპირის $3/4$ წყლითაა დაფარული; ხმელეთის 20% კი – თოვლით და ყინულით. წყალზეა დამოკიდებული დედამიწის კლიმატიკ. გარდა იმისა, რომ წყალი სიცოცხლის ელექტრიკა, იგი წარმოადგენს საშენი მასალებისა და ნაკეთობებისათვის ძირითად კომპონენტს. წყალი უნივერსალური გამხსნელია, რაც აიხსნება წყლის მოლეკულის პოლარობით.

წყლის მოლეკულის წყობა სხვადასხვანაირი შეიძლება იყოს. $4^\circ C$ -ზე წყლის მოლეკულები ერთმანეთის გასწვრივ ლაგდება, ამიტომ ამ ტემპერატურაზე წყლის სიმკვრივე მაქსიმალურია. $0^\circ C$ -ზე წყლის მოლეკულები (დიპოლები) წარმოქმნიან სამკუთხედებს, ოთხკუთხედებს და ა.შ. ასეთი განლაგების გამო, მოლეკულებს შორის თავისუფალი სივრცეები წარმოიქმნება, ამიტომ ყინულის სიმკვრივე ($\rho = 0,9998 / \text{სმ}^3$) ნაკლებია წყლის სიმკვრივეზე ($\rho = 1 \text{ \text{მ/სმ}^3}$). წყლის თხევად აგრეგატულ მდგომარეობას (საერთოდ, თხევად აგრეგატულ მდგომარეობას) განაპირობებს წყალბადური ბმა, რომელიც წარმოიქმნება წყალბადის პროტონისა (აქცეპტორი) და ძლიერ ელექტროუარყოფითი ელემენტის გაუზიარებელი ელექტრონული წყვილის (დონორის) ხარჯზე ელექტროსტატიკური მიზიდვით, დონორ-აქცეპტორული მექანიზმით.

იაპონელებმა მსოფლიოს შესთავაზეს ნოვაცია, რომ ავტომობილებში ბენზინის (რომლის წვის პროდუქტები სიცოცხლისათვის მავნებელია) ნაცვლად გამოყენებულ იქნეს წყალბადი, რომლის წვის შედეგად გამოყოფილი წყლის ორთქლი არამც თუ გააჭუჭყიანებს გარემოს, არამედ გაწმინდავს იმ გზას, რომელზედაც კონკურენტული ავტომობილი გაივლის.

3. დასკვნა

1. ბუნებრივი წყლები ძირითადი ანიონის შესაბამისად (მგ/ეგვ/ლ) იყოფა პიდროკარბონატულ, სულფატურ და ქლორიდულ კლასებად. თითოეული კლასი ძირითადად კატიონის მიხედვით იყოფა კალციუმის, მაგნიუმისა და ნატრიუმის ქვეჯგუფებად. ანიონთა და კათიონთა თანაფარდობის მიხედვით, ჯგუფები იყოფა სამ-სამ ტიპად.

I ტიპის წყლები შეიცავს $HCO_3^- > Ca^{+2} + Mg^{+2}$ (მგ/ეგვ/ლ);

II ტიპის წყლებში $HCO_3^- < Ca^{+2} + Mg^{+2} < HCO_3^- + SO_4^{-2}$;

III ტიპში გაერთიანებულია წყლები, რომლებშიც $HCO_3^- + SO_4^{-2} < Ca^{+2} + Mg^{+2}$ ანუ $Cl^- > Na^+$;

IV ტიპისაა წყლები, რომელშიც $HCO_3^- = 0$ (მეტავე ბუნების წყლები);

2. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული 1-ელი ცხრილის მიხედვით (ბუნებრივი წყლის მინერალურ წყლად ჩასათვლელი ნორმები) შესაძლებელია ბუნებრივი წყლის ქიმიური ანალიზით დავადგინოთ არის თუ არა ის მინერალური წყალი;

3. ჩვენი სასიცოცხლო პროდუქტი – სასმელი წყალი უნდა აკმაყოფილებდეს ვგ-3 ცხრილის სტანდარტებს.

4. სანიტარულ-საყოფაცხოვრებო მოხმარების წყალსაცავებში – ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია უნდა კონტროლდებოდეს 3.1 ცხრილის ნორმებით.

ლიტერატურა

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Гидрометиздат, 1970.
2. ერისთავი დ. საქართველოს მინერალური წყლები, თბილისი: საბჭოთა საქართველო, 1966.
3. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод: М.: Недра, 1970.
4. Унифицированные методы анализа вод / Под. ред. Лурье Ю.Ю. М.: Химия, 1970.
5. ლევაგა ა., ცინცაძე გ. ქიმიური ელემენტებისა და მათი ნაერთების გამოყენება. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2007.
6. საქ. პარლამენტის გარემოს დაცვის კომიტეტის მონაცემები – სასმელი წყლის სტანდარტები (ინტერნეტიდან).

შაპ 627.223.6

ლია ნაკადების მოხვეულ უბნებში განივი ცირკულაციის ინტენსივობის განაწილების შესახებ

თ. ამბროლაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ კალაპოტებში ნაკადის მოძრაობის დროს განივ ინტენსივობაზე გავლენას ახდენს ნაკადის სიღრმე საშუალო სიჩქარე და მოხვევის ცენტრალური რადიუსი. შემოთავაზებულია ინტენსივობის საანგარიშო ფორმულა ზემოხსენებული პარამეტრების მხდლელობაში მიღებით. გამრეცხ კალაპოტებში ნაკადის მოძრაობის ინტენსივობის განაწილებაში რაიმე კანონზომიერება არ შეიძლება. აღსანიშნავია, რომ კალაპოტის ფორმირების დამთავრების შემდეგ, ნაკადში განივი ცირკულაციის კლასიკური ფორმის დამთავრების არსებობა არ აღინიშნება.

საკვანძო სიტყვები: ნაკადის მოხვეული უბანი; განივი ცირკულაცია; მიხი ინტენსივობა; შეზნექილი გვერდი; ამოზნექილი გვერდი; მოხვევის ცენტრალური რადიუსი.

1. შესაბამი

პიდრავლიკის ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემაა, კალაპოტის მოხვეულ უბნებში ნაკადის მოძრაობის კანონზომიერებებისა და კალაპოტის ფორმირების საკითხების შესწავალა, რადგან ბუნებრივ პირობებში მდინარეთა მოხვეული უბნები ბევრად სჭარბობს სწორ უბნებს. გარდა ამისა, საირიგაციო სისტემების და დიდი სანაოსნო არხების, პიდროტექნიკური ნაგებობებისა და ნაპირსამაგრი სამუშაოების დაპროექტების დროს აუცილებელია მოხვეულ უბნებში ნაკადის მოძრაობის კანონზომიერებების გათვალისწინება. დია ნაკადების მოხვეულ უბნებში კალაპოტის გარეცხვისა და სფერული ნატანის დალექვის შეწავლას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს კალაპოტის განივი კვეთების ფორმების გაანგარიშებისას. თავის მხრივ, ფსკერის გარეცხვისა და გამორეცხილი ნატანის

დალექვის პროცესი განპირობებულია წარმოქმნილი განივი ცირკულაციით. ამიტომ, ბევრი მკვლევარი განსაკუთრებულ ყურადღებას უთმობდა განივი ცირკულაციის ინტენსივობის განაწილების როგორც თეორიულ, ისე ექსპერიმენტულ შესწავლას. მ. კოშევნიკოვი, იუშმანოვი პ. ჩასინსკი, როზოვსკი, პოტაპოვი, ნ. დანელია და სხვები განივი ცირკულაციის შეფასების კრიტერიუმად მიიჩნევენ ფსკერული დინებების სიმრუდეს, ამასთან თვლიდნენ, რომ ცირკულაციის ინტენსივობაზე გავლენას ახდენს მხოლოდ ნაკადის სიდრმე. ახმედ შუქრი და ემილ მუსონი განივი ცირკულაციის ინტენსივობის კრიტერიუმად მიიჩნევენ განივი დინებების კინეტიკური ენერგიის ფარდობას ნაკადის საერთო კინეტიკურ ენერგიასთან.

ზემოხსენებული მკვლევარების მიერ მიღებული შედეგების და დასკვნების მკვეთრმა სხვადასხვაობამ განაპირობა ჩვენი გადაწვეტილება – ჩაგვეტარებინა ექსპერიმენტული კვლევები ცირკულაციის ინტენსივობის შესწავლის მიზნით.

2. ძირითადი ნაწილი

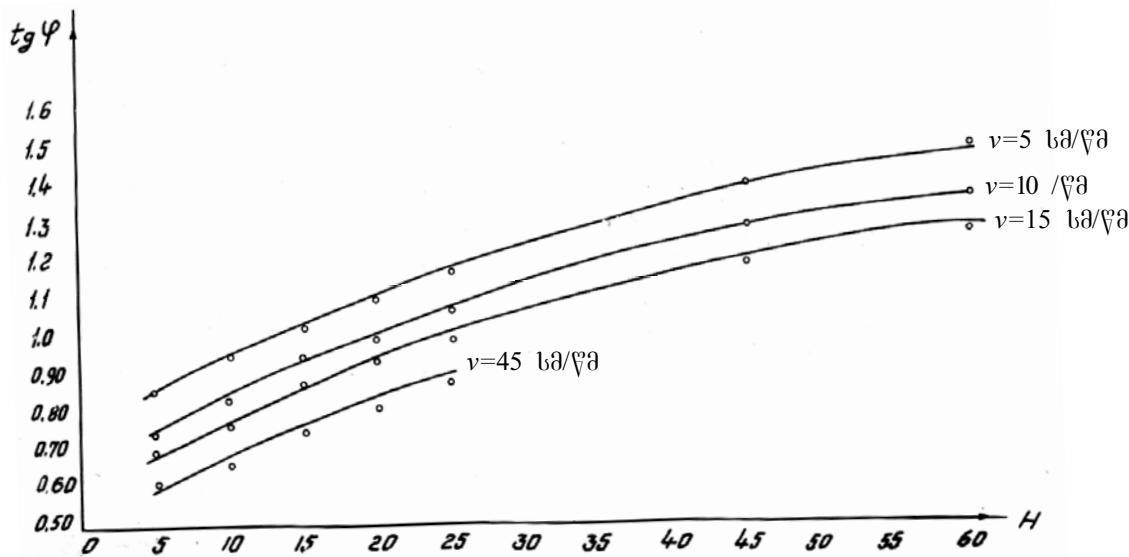
განივი ცირკულაციის ინტენსივობის შესწავლის მიზნით ჩვენს მიერ ცდები ტარდებოდა პიდრავლიკურ დარში, რომელსაც პქონდა ერთი 180° -იანი მოხვეულობა. დარის სიგანე იყო 56 სმ, მოხვეულობის შიგა რადიუსი 56 სმ, ხოლო გარე რადიუსი 112 სმ. დარის სიგანის ფარდობა მოხვევის ცენტრალურ რადიუსთან

$$\text{შეადგენდა} \frac{B}{r_{\text{საშ}}} = 0,67. \quad \text{დარი} \quad \text{იწყებოდა} \quad 8 \quad \text{მეტრი} \quad \text{სიგრძის} \quad \text{სწორხაზოვანი} \quad \text{მიმყვანი}$$

უბნით და მთავრდებოდა 2 მ სიგრძის, ასევე სწორხაზოვანი მონაკვეთით. ფსკერული დინებების მოხაზულობის დადგენის მიზნით, ფსკერზე დატანილი იყო ბადე, რომელიც შედგებოდა ერთმანეთისგან 7 სმ-ით დაშორებული კონცენტრირებული ნახევარწრებისაგან და ყოველ 10° -ზე გატარებული რადიუსებისაგან. ფსკერზე ვუშვებდით სპეციალურ საღებავს, რომლის მოძრაობის ტრაექტორია ფიქსირდებოდა ფოტო - და კინოგადაღებით. განივი ცირკულაციის ინტენსივობაზე მოხვევის რადიუსის გავლენის შესწავლის მიზნით, შემდეგში დარი გაიყო ორ ნაწილად. მიღებული ერთი დარის მოხვეულობის შიგა რადიუსი იყო 56 სმ, გარე რადიუსი 84 სმ; მეორე დარის მოხვეულობის შიგა რადიუსი - 84 სმ, გარე რადიუსი კი - 112 სმ. პირველი დარისათვის $\frac{B}{r_{\text{საშ}}} = 0,4$, ხოლო მეორის 0,29.

მოხვეულობის ცენტრალური ხაზისა და საღებავის გადაკვეთის კუთხე იზომებოდა რამდენიმეჯერ, საანგარიშოდ ვიღებდით საშუალო მნიშვნელობას. განივი

ცირკულაციის ინტენსივობაზე ნაკადის სიღრმის გავლენის დადგენის მიზნით, სწორხაზოვან მიმყვან უბანზე მყარდებოდა მუდმივი სიჩქარე, ხოლო სიღრმე იცვლებოდა 5 სმ-დან 50 სანტიმეტრამდე, 5 სმ-იანი ბიჯით.



ნახ. 1. განივი ცირკულაციის ინტენსივობაზე ნაკადის
სიღრმის გავლენა

მიღებული შედეგები ნათლად გვიჩვენებს ნაკადის სიღრმის მნიშვნელოვან გავლენას განივი ცირკულაციის ინტენსივობაზე, კერძოდ, ნაკადის სიღრმის ზრდასთან ერთად აღინიშნება ინტენსივობის მნიშვნელოვანი ზრდა სიღრმის მოედ დიაპაზონში.

განივი ცირკულაციის ინტენსივობაზე ნაკადის საშუალო სიჩქარის გავლენის შესწავლის მიზნით მიმყვან სწორხაზოვან უბანზე მყარდებოდა მუდმივი სიღრმე და სიჩქარე იცვლებოდა 5 სმ/წმ-დან 45 სმ/წმ-დე. მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენილია, რომ სიჩქარის გაზრდის შემთხვევაში ფსკერული დენის წირისა და მოხვეულობის ცენტრალური რადიუსის გადაკვეთის φ კუთხე მცირდება ანუ მცირდება განივი ცირკულაციის ინტენსივობა (ნახ. 1). ჩვენი აზრით, ეს მოვლენა გამოწვეულია იმით, რომ სწორხაზოვან უბანზე საშუალო სიჩქარის გაზრდის შემთხვევაში, მოხვეულ უბანში სიჩქარის გრძივი შემდგენის განაწილების უთანაბრობა მცირდება, რაც იწვევს განივი ცირკულაციის ინტენსივობის შემცირებას. განაწილების უთანაბრობის შემცირება მოხვეულობაში აშკარად შეიმჩნევა ჩვენ მიერ ჩატარებულ ცდებში.

მოხვევის რადიუსის გავლენის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ მოხვევის რადიუსის

გაზრდის ანუ ნაკადის სიღრმის მოხვევის რადიუსთან შეფარდების შემცირების შემთხვევაში, ინტენსივობა მცირდება.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, ექსპერიმენტული კვლევების დროს აშკარად შეიძლება განივი ცირკულაციის ინტენსივობის ზრდა შეზნექილი გვერდიდან ამოზნექილი გვერდისაკენ.

ჩვენი აზრით, ფსკერული დინებისა და მოხვეულობის ცენტრალური ხაზის გადაპყოთის პუთხე $\operatorname{tg}\varphi$ წარმოადგენს განივი ცირკულაციის ინტენსივობის კარგ მახასიათებელს მხოლოდ არაგამრეცხი კალაპოტისათვის.

ამრიგად, გლუვი ზედაპირების შემთხვევაში, განივი ცირკულაციის ინტენსივობა დამოკიდებულია ნაკადის სიღმეზე, სიჩქარესა და მოხვევის რადიუსზე. განზომილებათა თეორიის საფუძველზე, შეგვიძლია დავწეროთ, რომ

$$\operatorname{tg}\varphi = f(v_{b,s}, v_0, h, r_{b,s}),$$

სადაც $v_{b,s}$ არის ნაკადის საშუალო სიჩქარე; v_0 – პრაქტიკული შესაძლებელი უმცირესი სიჩქარე; h – ნაკადის სიღრმე; $r_{b,s}$ – მოხვევის საშუალო რადიუსი. განზომილებათა თეორიის თანახმად,

$$0 = \left(\frac{L}{T}\right)^a \left(\frac{L}{r}\right)^b (L)^c (L)^d.$$

აქედან $a = -b$, $c = -d$.

ა და c კოეფიციენტები ექსპერიმენტულად დადგენილია 1 ნახ-დან

$$\operatorname{tg}\varphi = k(v_0/v_{b,s})^{0,15}.$$

სადაც k ითვალისწინებს h/r_c ფარდობას. მისი მნიშვნელობა დგინდება k და $h/r - b$ შორის დამოკიდებულების გრაფიკიდან (ნახ.2)

$$k = 2(v_0/v_{b,s})^{0,25}.$$

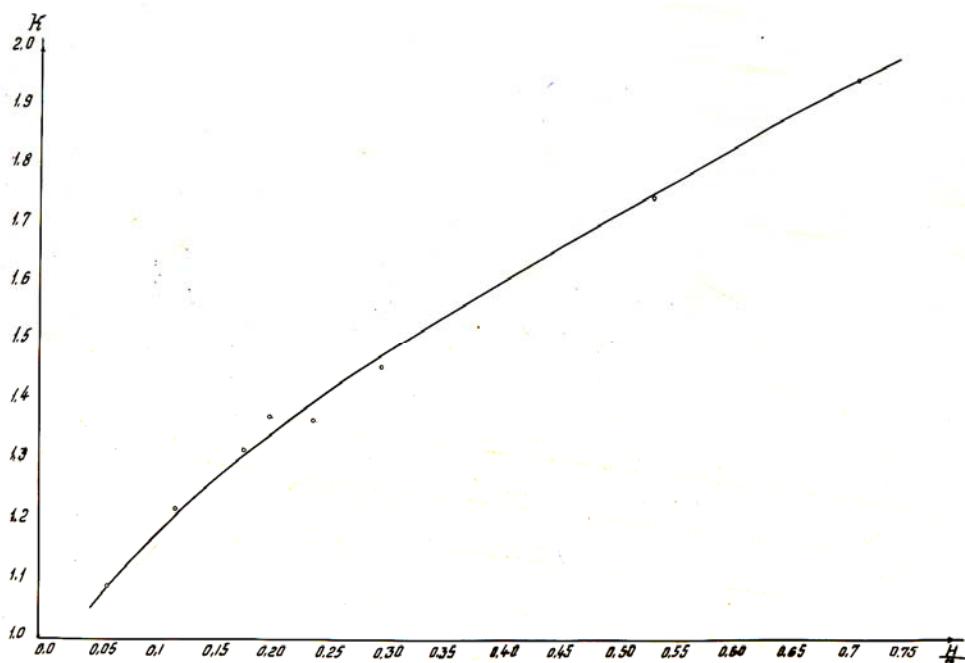
საბოლოოდ მივიღებთ, რომ

$$\operatorname{tg}\varphi = (v_0/v_{b,s})^{0,15} \cdot (h/r_{b,s})^{0,25}.$$

ლაბორატორიული მონაცემების საფუძველზე დავადგენთ a და b -ს საბოლოოდ მივიღებთ

$$\operatorname{tg}\varphi = (v_0/v_{b,s})^{0,18} / (h/r)^{0,25}.$$

ბუნებრივ პირობებში ნაკადის მოხვეულ უბნებზე განივი ცირკულაციის გავლენით ფორმირდება რთული მოხაზულობის კალაპოტის პროფილი. ი. ბადენმა



ნახ. 2

და ვ. როლარქმა მრავალი მდინარის მონაცემების სტატიკური დამუშავებით დაადგინეს, რომ ნატურაში მდინარეთა მოხვეული უბნების $B/r_{\text{საჟ}}$ იცვლება 0,3-დან 0,6; ხოლო მუსონიმ იმავე მეთოდით დაადგინა, რომ მდინარეებისათვის მეანდრირების დროს ძირითადად დამახასიათებელია 180° -იანი მოხვეულობა. ამრიგად, ჩვენი ექსპერიმენტული დანადგარი გეომეტრიულად სრულად შეესაბამება ნატურულ პირობებს. გამრეცხი ფსკერის შექმნის მიზნით, დარების ფსკერი დაფარული იყო 15 სმ სისქის ერთგვაროვანი ქვიშით. მასზე ვატარებდით გარკვეულ ხარჯს. სტაბილური პროფილის ჩამოყალიბების შემდეგ ვამაგრებდით ქვიშის ზედაპირს და ვზომავდით სიჩქარეებს. სიჩქარეები იზომებოდა ძირითადად პიტოს მილით, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გავზომოთ სიჩქარის გრძივი და განივი შემდგენები. თითოეულ ღარში სიჩქარე რამდენიმეჯერ გავზომეთ შტაუეუბელით, რომელიც საშუალებას იძლევა გაიზომოს სიჩქარის სამივე შემდგენი. სიჩქარეს ვზომავდით შვიდ კვეთში ($0^{\circ}, 30^{\circ}, 60^{\circ}, 90^{\circ}, 120^{\circ}, 150^{\circ}$ და 180°). თითოეულ კვეთში ვიღებდით 5 გერტიკალს, ხოლო ვერტიკალზე სიჩქარე იზომებოდა ხუთ წერტილში. განივი ცირკულაციის ინტენსივობა გამოითვლებოდა ფორმულით

$$i_g = v_y^2/v_x^2$$

გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ცირკულაციის ინტენსივობის განაწილება მოხვეულობაში ბევრად უფრო მეტი არათანაბრობით ხასიათდება, ვიდრე სიჩქარის განაწილება. მაქსიმალური სიჩქარეების გეგმაში განაწილება და მაქსიმალური

ინტენსივობის ზონები ერთმანეთს არ ემთხვევა იმის მიუხედავად, რომ შეზნექილ გვერდთან არსებული გარეცხვის ზონები სწორედ განივი ცირკულაციის შედეგია. აღსანიშნავია, რომ სხვა მკვლევარების ექსპერიმენტული გამოკვლევებით დაადგინდა, რომ მაღალი მხები ძაბვის არსებობის ზონები არ ემთხვევა ყველაზე დრმა გარეცხვის ზონებს. არ შეიმჩნევა აგრეთვე რაიმე მკაცრი კანონზომიერება ვერტიკალურზე ე.წ. წერტილოვანი ინტენსივობის განაწილებაში. მხოლოდ გამონაკლის შემთხვევაში, მკვეთრადაა გამოსახული ინტენსივობის ზრდა ნაკადის ზედაპირიდან ფსკერისაკენ.

ამის მიუხედავად, მოხვეულ უბნებში განივი ცირკულაციის განაწილებაში შეიმჩნევა გარკვეული ტენდენციები.

კალაპოტის სიგანისა და მოხვეულობის ცენტრალური რადიუსის ფარდობის $\frac{B}{r_{\text{ს.შ}}}$ შემცირებისას, ნათლად გამოიკვეთება ინტენსიურობის შემცირება. ამ

მოვლენას ადგილი აქვს მოხვეულობის თითქმის $\frac{3}{4}$ -ზე (150° -მდე); ამის შემდეგ, განსაკუთრებით $180^{\circ}-180^{\circ}$ კვეთში შეიმჩნევა საპირისპირო მოვლენა:

$\frac{B}{r_{\text{ს.შ}}}$ შემცირებისას განივი ცირკულაციის ინტენსივობა იზრდება. ეს მოვლენა

შეიძლება აიხსნას შემდეგი გარემოებით. რაც მეტია $\frac{B}{r_{\text{ს.შ}}}$ სიდიდე, მით უფრო სწრაფად ვითარდება განივი ცირკულაცია. ინტენსიობა მაქსიმუმს აღწევს მოხვეულობის შეაში. ამასთან ერთად, იზრდება გარეცხვის ინტენსივობა, განივი ცირკულაციის ენერგია და მის ქვემოთ შეიმჩნევა ცირკულაციის ინტენსივობის კლება.

ამრიგად, რაც უფრო მცირეა $\frac{B}{r_{\text{ს.შ}}}$, ე.ო. დამრეცია მოხვეულობა, ცირკულაციის

ინტენსივობა თანდათანობით იზრდება და მაქსიმუმს აღწევს მოხვეულობის ბოლოში. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ დამრეცი მოხვეულობების დროს ($\frac{B}{r_{\text{ს.შ}}} = 0,4$

და $\frac{B}{r_{\text{ს.შ}}} = 0,29$) მოხვეულობის ბოლოს 180° -კვეთში შეიმჩნევა ზოგადი

კანონზომიერება - ინტენსივობის შემცირება ამოზნექილი გვერდიდან შეზნექილი გვერდისაკენ. როგორც ვხედავთ, ეს სურათი სიჩქარეთა განაწილების სურათის საპირისპიროა. როგორც ცნობილია, მოხვეულობის ბოლოში სიჩქარე იზრდება

ამოზნექილი გვერდიდან შეზნექილი გვერდისაკენ. ეს ეხება როგორც ვერტიკალზე საშუალო სიჩქარეებს, ისე ფსკერულ სიჩქარეებს.

განსაკუთრებული აღნიშვნის დირსია შემდეგი მოვლენა – მოხვეულობაში განივი ცირკულაცია იწვევს კალაპოტის ფორმირებას. ფორმირების დამთავრების შემდეგ, სიჩქარეების გაზომვამ გვიჩვენა, რომ განივი ცირკულაციის ერთიანი ხრახნი მოხვეულობის არც ერთ უბანზე არ გვხვდება. შეიმჩნევა ნაკადის ზოგადი გადახრა ამოზნექილი გვერდისაკენ გარკვეული კუთხით; რაც უფრო დამრეცია მოხვეულობა, მით ნაკლებია ეს კუთხე.

3. დასკვნა

1. მყარი კალაპოტების გლუვი ზედაპირებისათვის განივი ცირკულაციის ინტენსივობა დამოკიდებულია ნაკადის სიღმეზე, სიჩქარესა და მოხვეულობის რადიუსზე. მიღებულია ინტენსივობის საანგარიშო ფორმულა ზემოხსენებული პარამეტრების გათვალისწინებით;
2. დეფორმირებად კალაპოტში განივი ცირკულაციის ინტენსივობა გამოითვლება $\frac{v_x^2}{v_y^2}$ ფარდობით, რომელსაც წერტილოვან ინტენსივობას უწოდებენ. წერტილოვანი ინტენსივობის როგორც ნაკადი სიგანეში, ისე ვერტიკალზე განაწილებისას არ შეიმჩნევა გამოკვეთილი კანონზომიერება;
3. კალაპოტის ფორმირების დამთავრების შემდეგ, კალაპოტის არც ერთ უბანზე არ გვხვდება გამოკვეთილი განივი ცირკულაცია; შეიმჩნევა მხოლოდ ნაკადის გადახრა ამოზნექილი გვერდისაკენ.

ლიტერატურა

1. Данелия Н. Ф. Формирование русла на изгибе потока методом поперечной циркуляции.
2. Розовский И. Л. Движение воды на повороте открытого потока // Из. АН УССР/ Киев, 1957.
3. Shuckry A. The flour around bends in stable channels. Proceedings ACSE №6 1949.
4. Emil Mosoni. Secondary currents in subsequent mode bends. International association for hydraulic research.

კაშხლის მიმღებარე ტერიტორიაზე არსებული რეკვესტის მდგრადობის შესახებ

მ. თევზაძე, დ. პაპავა, თ.პაპავა

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია ენგურჰესის თაღოვანი კაშხლის მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული სასიმაღლო საყდები ქსელის (მაღალი სიზუსტის ნიველობის საფუძველი) ფუნდამენტური რეპერების ჯგუფის მდგრადობის (უცვლელობის) საკითხები. გამოთქმულია და თეორიულად დასაბუთებულია, რომ ასეთი პასუხსაბეჭის თბილქების მონიტორინგისთვის უმჯობესია გამოყენებულ იქნება არა სამრეპერიანი, არამედ მრავალრეპერიანი ჯგუფი, რაც საშუალებას მოგვცემს გავზარდოთ ჭარბი განაზომების რაოდენობა, რომელთა მეშვეობით გაცილებით ამაღლდება განაზომთა სიზუსტის შეფასების საიმედოობა.

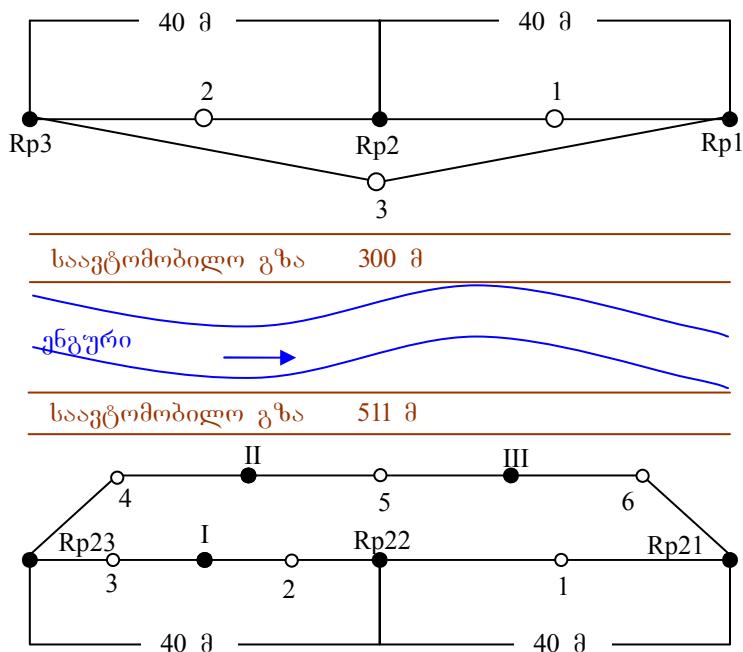
საკვანძო სიტყვები: სასიმაღლო ქსელი; ფუნდამენტური რეპერი; ერთეული წონა; რეპერების ჯგუფი.

1. შესავალი

მსხვილი საინჟინრო ნაგებობის ტერიტორიაზე მყარი რეპერების შექმნას ყოველთვის ენიჭებოდა და ამჟამადაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. სასიმაღლო ქსელის (მაღალი კლასის ნიველობის საფუძველი) შექმნა-დაპროექტებას წინ უნდა უსწრებდეს ყოველმხრივი შესწავლა რაიონის გეოლოგიური პირობებისა და მშენებლობის გენერალური გეგმის. სწორედ, ასეთი შესწავლისა და მრავალმხრივი სხვადასხვა გამოკვლევის საფუძველზე შეიქმნა სასიმაღლო ქსელი ენგურის თაღოვანი კაშხლისთვის.

2. მირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ გამოსავალი საყდენი ქსელის სიმაღლისთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ფუნდამენტური რეპერების ჯგუფს. საერთოდ ფუნდამენტური რეპერები ორი ტიპისაა. ჩვენ შემთხვევაში, გამოყენებულია კლდის რეპერები, როცა კლდე 1.0 – 1.8 მეტრ სიღრმეზეა. დადგენილია, რომ ერთნაირ (გრუნტის ხასიათი, წყლის დონე, გაყინვის სიღრმე) გარემო პირობებში სიმაღლის სტაბილურობის მხრივ, კლდის რეპერები საკმაოდ საიმედოა.



დროთა განმავლობაში შესაძლებელია, მაღალი სიზუსტის ნიველობის მონაცემების საშუალებით, გამოკვლეულ იქნეს რეპერების მდგრადობის (სიმყარის) ხარისხი. აღნიშნულის მისაღწევად განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ფუნდამენტურ და ასევე, კლდის რეპერებს.

ენგურის უნიკალური თაღოვანი კაშხლის საყდენი მაღლივი ქსელი წარმოდგენილია სამი ურთიერთდამოუკიდებული ჯგუფით, რომლებიც განლაგებულია სხვადასხვა ნიშნულებზე, კაშხლის ტანიდან 1.5 – 2.0 კმ-ის დაშორებით. თითოეული ჯგუფი შედგება ერთნაირი კონსტრუქციის სამი რეპერისაგან. ისინი ფაქტიურად წარმოადგენენ საგეგმო-სასიმაღლო ქსელის კლდეში ჩამაგრებულ მპპ-ს ტიპის მარკას.

აღმატების განსაზღვრა თითოეულ ჯგუფში ხდებოდა მაღალი სიზუსტის ნიველობის მეშვეობით, ოთხი პორიზონტით პირდაპირ და შებრუნებულ მიმართულებებში. გაზომვები ტარდებოდა Koni – 007 ნიველირის გამოყენებით და შექმნილი იყო ყველა პირობა მაღალი სიზუსტის სამუშაოების ჩასატარებლად.

ენგურჰესზე გამოყენებული სასიმაღლო ძირითადი რეპერების ჯგუფების ჩამაგრების სქემა სტანდარტულია და ითვლება, რომ ეს სქემა იძლევა რეპერების მდგრადობის განსაზღვრის საშუალებას, ამავე დროს ითხოვს გაზომვების ჩატარების მინიმალურ რაოდენობას. აქვე უნდა აღვინიშნოთ, რომ მთავარია ჯგუფის რეპერების სტაბილურობის საიმედოობის გამოვლენა. ცნობილია, რომ აღნიშნული სტაბილურობის დადგენაზე გავლენას ახდენს აღმატებების გაზომვების შეცდომა და იმისთვის, რომ გამოვამჟდავნოთ რეპერების მდგრადობა (გადაადგილება) აუცილებელია ვიცოდეთ გეოდეზიური გაზომვების სიზუსტე, რომელთა საიმედოობის განსაზღვრა პირდაპირაა დამოკიდებული ჯგუფში ჭარბ გაზომვებზე.

სამრეპერიან ჯგუფში არის ერთი ჭარბი განაზომი. იმის გამო, რომ წელიწადში გაზომვების რაოდენობა მცირეა, ხოლო საჭიროა მინიმუმ 20 ჭარბი განაზომი და ამას წლები დასჭირდება, ალბათ უმჯობესი იყო მრავალრეპერიანი (ვთქათ, 6 ან 8 რეპერი) ჯგუფის შექმნა.

იმის გამო, რომ ჩვენს შემთხვევაში მრავალრეპერიანი ჯგუფის შექმნა შეუძლებელი იყო მყარ კლდოვან ქანებში, იძულებული გავხდით აგვერჩია სამრეპერიანი ჯგუფი, სადაც ჭარბი განაზომის მიღება უნდა ჩაგვეტარებინა 20 ციკლი გაზომვებისა და განგვესაზღვრა 60 აღმატება, რაც გაცილებით მეტია, ვიდრე რვარეპერიან ჯგუფში ჩატარებული გაზომვები.

პირველ რიგში, საჭიროა განვსაზღვროთ აღმატების გაზომვის სიზუსტე, ჯგუფში 26 ციკლის გაზომვიდან, შემდეგი ფორმულით: $m_h = \sqrt{\frac{[f^2/n]}{N}}$, სადაც f არის შეუკვრელობა ჯგუფში, მმ; n – აღმატებების რიცხვი; N – გაზომვების ციკლების რაოდენობა.

პირველი ჯგუფის მდგრადობის შეფასებისათვის ჩატარებულია თითოეული ციკლის განაზომების გაწონასწორება პარამეტრული მეთოდით. ქსელი გაწონასწორებულ იქნა როგორც თავისუფალი, დეტალური შესრულების გარეშე; შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ გაზომილი სიდიდეების წონა შერჩეულია მ. პისკუნოვის ნაშრომიდან, რომელიც შეესაბამება მზერის სხივის სიგრძეს. წონის

$$\text{მატრიცა იღებს შემდეგ სახეს } P = \begin{vmatrix} 7.7 & & \\ & 7.7 & \\ & & 2.7 \end{vmatrix}, \text{ ფსევდოშებრუნებული მატრიცის}$$

პირველი ჯგუფი გამოითვლება $\bar{B} = \bar{B}^{-1} - \frac{1}{m^2} \times I$ ფორმულით და გამოისახება ასე:

$$= \begin{vmatrix} 0.0451 & -0.0146 & -0.0307 \\ -0.0146 & 0.0286 & -0.0146 \\ -0.0307 & -0.0146 & 0.0451 \end{vmatrix}.$$

აღნიშნული მატრიცა საშუალებას იძლევა ყოველ ციკლში გამოვითვალოთ რეპერების \bar{H} გაწონასწორებული ნიშნულები, გაზომილი აღმატებების V შესწორებები, მინიმიზირებული ფუნქციის $V^T PV$ სიდიდე და ერთეული წონის საშუალო კვადრატული შეცდომა $\bar{\sigma}$, შემდეგი ფორმულებით:

$$\bar{H} = \tilde{H} + \Delta \bar{H}, \quad V = \Delta h - A \Delta \bar{H}, \quad V^T PV = \Delta h^T P \Delta h - \Delta H^T \Delta W,$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{V^T PV}{n-m+1}}$$

სადაც \tilde{H} რეპერების ნიშნულების მიახლოებული მნიშვნელობაა; $\Delta \bar{H}$ - მათი შესწორების ვექტორია; Δh - აღმატებების შესწორების ვექტორია; A - შესწორებათა განტოლებების კოეფიციენტების მატრიცა; n და m - შესაბამისად განტოლებათა რაოდენობა და შესწორებათა განტოლებების სისტემაში უცნობთა რიცხვი.

შემდგომ გამოითვლება გამოსავალ ციკლთან შედარებით თითოეული რეპერის ჯდომები S_{ij} და მათი შესაბამისი დაშვებები, შემდეგი ფორმულით

$$S_{ij}^0 = 3 \sqrt{\frac{\sigma_i^2 + \sigma_0^2}{\bar{P}_j}},$$

სადაც i ციკლში ერთეული წონის დისპერსიის შეფასებაა;

σ_i^2 - დისპერსიის შეფასება გაზომილი ერთეული წონის i ციკლში;

σ_0^2 - დისპერსიის შეფასება გაზომილი ერთეული წონის საწყის ციკლში;

\bar{P}_j - j რეპერის წონა გაწონასწორებიდან, რომელიც ტოლია $(B_{ij}^+)^{-1}$.

თუ $S_{ij} \leq S_{ij}^0$, მაშინ რეპერების ნიშნულების სხვაობა სხვადასხვა ციკლებს შორის ითვლებოდა გაზომვების შემთხვევით შეცდომებად, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი – რეალურ ჯდომებად (დეფორმაციებად).

ზემოთ აღწერილი მეთოდიკით გაანგარიშებულია მეორე ჯგუფიც.

ცხრილი 1

ციკლი	ჯდომები, მმ					
	პირველი რეპერი		მეორე რეპერი		მესამე რეპერი	
	S	S ⁰	S	S ⁰	S	S ⁰
ჯგუფი I						
28	0		0		0	
29	- 0.07	0.10	0	0.08	+ 0.07	0.10
30	- 0.07	0.10	+ 0.05	0.08	+ 0.03	0.10
31	+ 0.03	0.11	- 0.01	0.09	- 0.03	0.11
32	- 0.04	0.10	<u>+ 0.14</u>	0.08	- 0.09	0.10
33	- 0.02	0.10	+ 0.07	0.08	- 0.06	0.10
34	- 0.08	0.16	<u>+ 0.13</u>	0.12	- 0.05	0.16
35	- 0.08	0.11	<u>+ 0.14</u>	0.09	- 0.06	0.11
36	- 0.08	0.11	<u>+ 0.16</u>	0.09	- 0.08	0.11
37	- 0.05	0.12	<u>+ 0.17</u>	0.10	- 0.12	0.12
38	- 0.08	0.24	<u>+ 0.24</u>	0.19	- 0.16	0.24
39	<u>- 0.12</u>	0.10	<u>+ 0.26</u>	0.08	<u>- 0.14</u>	0.10
40	0	0.19	<u>+ 0.22</u>	0.15	<u>- 0.22</u>	0.19
41	<u>- 0.13</u>	0.12	<u>+ 0.33</u>	0.10	<u>- 0.20</u>	0.12
42	<u>- 0.13</u>	0.10	<u>+ 0.30</u>	0.08	<u>- 0.17</u>	0.10
43	- 0.01	0.11	<u>+ 0.20</u>	0.09	<u>- 0.19</u>	0.11
44	- 0.09	0.10	<u>+ 0.32</u>	0.08	<u>- 0.23</u>	0.10
45	- 0.05	0.11	<u>+ 0.36</u>	0.09	<u>- 0.30</u>	0.10
46	- 0.07	0.12	<u>+ 0.40</u>	0.10	<u>- 0.33</u>	0.12
47	- 0.04	0.16	<u>+ 0.31</u>	0.13	<u>- 0.27</u>	0.16

1-ელი ცხრილის გაგრძელება

ციკლი №	ჯდომები, მმ					
	პირველი რეპერი		მეორე რეპერი		მესამე რეპერი	
	S	S ⁰	S	S ⁰	S	S ⁰
ჯგუფი №1						
48	- 0.12	0.10	+ 0.46	0.08	- 0.34	0.10
49	- 0.11	0.10	+ 0.35	0.08	- 0.24	0.10
50	- 0.10	0.12	+ 0.36	0.10	- 0.26	0.12
51	- 0.04	0.10	+ 0.40	0.08	- 0.36	0.10
52	- 0.09	0.10	+ 0.45	0.08	- 0.36	0.10
53	- 0.05	0.11	+ 0.43	0.09	- 0.38	0.11

ცხრილი 2

ციკლი №	ჯდომები, მმ					
	პირველი რეპერი		მეორე რეპერი		მესამე რეპერი	
	S	S ⁰	S	S ⁰	S	S ⁰
ჯგუფი II						
28	0		0		0	
29	- 0.05	0.09	+ 0.15	0.08	- 0.11	0.09
30	+ 0.04	0.10	- 0.04	0.08	- 0.01	0.10
31	+ 0.04	0.05	+ 0.04	0.04	- 0.08	0.05
32	- 0.02	0.04	+ 0.07	0.04	- 0.05	0.04
33	- 0.01	0.05	- 0.06	0.04	+ 0.08	0.05
34	+ 0.05	0.04	- 0.03	0.04	- 0.02	0.04
35	- 0.06	0.08	- 0.09	0.06	+ 0.15	0.08
36	+ 0.02	0.04	- 0.04	0.03	+ 0.02	0.04
37	0	0.12	- 0.06	0.13	+ 0.06	0.12
38	+ 0.04	0.11	- 0.19	0.10	+ 0.15	0.11
39	- 0.04	0.19	- 0.18	0.16	+ 0.22	0.19
40	+ 0.06	0.09	- 0.19	0.08	+ 0.13	0.09
41	- 0.04	0.13	- 0.08	0.11	+ 0.12	0.13

ანალიზით დადგინდა, რომ ორივე ჯგუფის რეპერების ვერტიკალური დეფორმაციები (ჯდომები) დასაშვებზე ნაკლებია (არა უმეტეს 0.5 მმ). გაზომვების სიზუსტე საკმაოდ მაღალია და საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ რეპერების მოძრაობა, რომელიც 0.1 მმ-ს აღემატება.

უნდა აღინიშნოს, რომ ორივე ჯგუფში აღმოჩნდა თითო რეპერი, რომლებმაც არ განიცადეს ცვალებადობა, ხოლო დანარჩენებში ხდებოდა გარკვეული გადაადგილება. ასეთი შედეგი კიდევ ერთხელ ადასტურებს 6- ან 8- რეპერიანი ჯგუფის გამოყენების სარგებლიანობას.

ძირითადი (გამოსავალი) რეპერების საგრძნობი გადაადგილებების (ჯდომების) მიზეზის გამოსაკვლევად ჩატარდა მრავალფაქტორიანი კოლერაციული ანალიზი ორივე ჯგუფის ყველა რეპერისთვის. ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც შეყვანილ იქნა ანალიზში, შემდეგია: დაკვირვებების დაწევის დონე – T, წყალსაცავში წყლის დონე – H, კაშხლის ტანში ჩასხმული ბეტონის რაოდენობა – Q და ჰაერის ტემპერატურა – t⁰. ანალიზი გაკეთდა ვ. განშინის ცნობილი მეთოდიკის მიხედვით. აქ აღარ მოვიყვანთ ცნობილ ფორმულებს და ვეებერთელა გაანგარიშებებს, მხოლოდ განვიხილავთ ამ გამოთვლების ანალიზის შედეგებს.

ორივე ჯგუფის პირველ რეპერებზე (Rp1 და Rp21) სხვადასხვა ფაქტორების მოქმედების გამო, რამე სახის მკვეთრი მოძრაობის დაფიქსირება ვერ მოხერხდა და ამდენად, შესაძლებელია ისინი ჩაითვალოს მდგრადად (მყარად, უძრავად).

რაც შეეხება დანარჩენ (Rp2, Rp3, Rp22 და Rp23) რეპერებს, მათ ვერტიკალურ მოძრაობაზე (დეფორმაციაზე) მოქმედებდა შემდეგი ფაქტორები: გარემო ტემპერატურა, წყლის დონე წყალსაცავში და ბეტონის რაოდენობა კაშხლის ტანში.

3. დასკვნა

ზემოთ თქმულის განზოგადების შემდეგ, შეიძლება გამოტანილ იქნეს შემდეგი დასკვნა:

1. მართალია, რეპერები ჩაბეტონებულია კლდეში, მაგრამ არ არის იმდენად დრმად, რომ მასზე არ იქონიოს გავლენა გარემოს ტემპერატურამ; ეს კი მოქმედებს მათ სტაბილურობაზე.

2. ჩვენი აზრით, ორივე ჯგუფი იმყოფება წყალსაცავთან შედარებით ახლოს და ამდენად, მისი გავლენა მაინც შესამჩნევია.

3. როგორც აღვნიშნეთ, სასურველია ორივე ჯგუფში, თუ ეს შესაძლებელია, გაიზარდოს რეპერების რაოდენობა, რაც საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ ჭარბი განაზომების საკმარისი რაოდენობა. ასევე მიგვაჩნია, რომ უნდა შეიცვალოს ჯგუფების კონსტრუქცია.

4. სასურველია ქვედა გზის 1, 2 და 3 რეპერების ჯგუფის გასაკონტროლებლად, დაახლოებით 1-1.5 კმ-ით გადატანილ იქნება და დამონტაჟდეს ახალი ჯგუფი, რომლის საშუალებითაც 2-3 წელიწადში ერთხელ მაინც უნდა ჩატარდეს საკონტროლო გაზომვები.

ლიტერატურა

1. Ганьшин В.Н., Стороженко А.Ф., Ильин А.Г. и др. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов. М.: Недра, 1981.
2. Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. М.: Недра, 1980.
3. M. Tevzadze, S. Piralishvili On the study of the Inguri arch dam settlements by geodetic methods. Luxembourg, 1998.

УДК 621.332

КОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА НА ИНГУРИГЭС И АНАЛИЗ ЕЁ НАДЁЖНОСТИ

Д. Д. Доборджинидзе, Л. В. Киквадзе

(Грузинский технический университет)

Резюме: Внедрение коммуникационной сетевой системы на ИнгуроГЭС представляет собой сложную задачу из-за приличных расстояний между подсистемами, которые находятся в Зугдиди, Саиберио и Джвари. В связи с этим при проектировании сети особое внимание было уделено решению вопроса надёжности системы.

Ключевые слова: коммуникационные системы; сети энергосистем; показатели надёжности; множества; графы; связность.

1. ВВЕДЕНИЕ

Формальным объектом изучения в теории надёжности являются технические изделия, которые мы можем представлять себе как сложные технические системы, устройства, а также их элементы - структурно неделимые составные части. Простые системы – это составные части, которые в рамках данной публикации не имеет смысла дальше дифференцировать с точки зрения возникновения, наступления и локализации отказов. Напротив, системы, имеющие структуру, следует рассматривать с точки зрения только что названных критериев как составленные из подсистем. Если структурная детализация системы проведена так глубоко, что подсистемы имеют характер простых систем, то эти подсистемы называем элементами.

В технологических схемах многочисленных реальных систем появляются структуры, которые называются «сети». Это особенно характерно для систем, элементы которых территориально удалены друг от друга. В качестве примеров можно назвать сети энергосистем, коммуникационные и вычислительные сети, системы трубопроводов для воды, газа или нефти, сети шоссейных или железных дорог. Обеспечение работоспособности такого рода систем является важной задачей. Поэтому анализу надежности сетевых структур придается большое значение. Основное внимание обычно уделяется следующим задачам:

1. Определение характеристик, существенных для анализа надёжности сетевых структур и разработка эффективных методов их вычисления.
2. Построение сетевых структур, оптимальных относительно теоретико-надёжностных и экономических критериев.

В нашей статье рассматриваются вопросы первой задачи. Трудно, однако, в рамках одной статьи изложить материал так, чтобы его можно было непосредственно использовать на практике. Дело в том, что применение изложенных алгоритмов требует уже для «малых» сетей привлечения ЭВМ и, следовательно, подготовки программного обеспечения. Наша цель – познакомить читателя с основными задачами анализа надёжности сетей энергосистем и изложить методы их решения.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Формально под сетевой структурой понимается взвешенный граф с множеством узлов U и ребер K , который может быть как ориентированным, так и неориентированным. Обычно веса приписываются ребрам, хотя иногда это делают и с узлами. В рассматриваемых нами задачах весами являются коэффициенты готовности. Будем равноправно использовать термины «сетевая структура», «сеть», «сетевой график».

На рис. 1. показана радиальная структура. Такие структуры типичны для энергетических и коммуникационных сетей. С центральным узлом 1 с помощью ребер связаны узлы 2,3,..., m . Узел 1 может означать центральную электростанцию первичной сети. Узлы 2,3,..., m являются центрами (подстанциями) вторичных сетей, причем «соединение» из них также связано ребрами. Ребра в этом случае означают линии электропередач (в коммуникационных сетях – кабельные соединения). Отказы и тем самым неработоспособность узлов и ребер могут быть обусловлены техническими неполадками, но возможны и внешние воздействия. Для практики интересно, например, знать вероятность того, что несмотря на возможные отказы определенных узлов и ребер, любая пара абонентов может получить соединение.

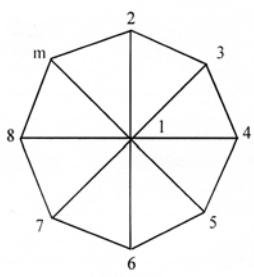


Рис. 1. Радиальная структура

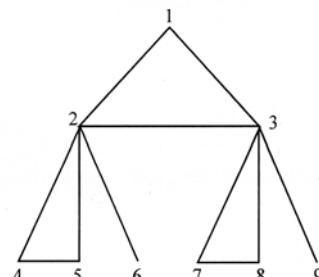


Рис. 2. Модифицированная иерархическая структура

На рис. 2 показана модифицированная иерархическая структура. Предположим, что она представляет собой систему обеспечения электропитанием некоторой территории. Пусть узел 1 означает центральную подстанцию определенного района, который должен снабжать всех пользователей. Прочие узлы – это места разветвлений системы передачи энергии, соединяющей с потребителями. Отказы вновь могут носить как внутренний (износ и старение), так и внешний характер. Здесь интересен вопрос, с какой вероятностью каждый потребитель соединен с остальной сетью. То есть:

1. Вероятность связности двух заданных узлов u и v (вероятность $P(u,v)$ связности “ $u-v$ ”).

Она определяет вероятность того, что существует, по крайней мере, один исправный путь между узлами u и v .

2. Вероятность связности узла u с сетью (вероятность $P(u, U)$ связности “ $u-U$ ”).

Она определяет вероятность того, что существует, по крайней мере, один исправный путь между узлом u и всеми остальными узлами сети.

3. Вероятность полной связности (вероятность $P(U,U)$ связности “ $U-U$ ”).

Она определяет вероятность того, что между двумя произвольными узлами сети существует, по крайней мере один исправный путь. Другими словами, $P(U,U)$ есть вероятность того, что каждый узел сети достижим из любого другого узла.

Относительно исследуемых сетевых структур сделаем следующие предположения.

1. Все узлы абсолютно надёжны.
2. Ребра находятся либо в «рабочеспособном», либо в «нерабочеспособном» состояниях.

Вероятность парной связности $P(u, v)$ между двумя узлами u и v есть вероятность того, что узел v достижим из узла u . В предположениях 1 и 2 любой ненаправленный или частично направленный граф сводится к эквивалентному направленному, при замене каждого ненаправленного ребра (i,j) с коэффициентом готовности p на два взаимно независимых ребра (i,j) и (j, i) , также имеющих коэффициент готовности p .

С учетом предположения 2 предположение 1 не ограничивает общность, поскольку если коэффициент готовности узла не задан сразу равным 1, то этого можно добиться формально соответствующим изменением коэффициента готовности ребер.

Для того чтобы все ребра были существенны с точки зрения вычисления вероятности $P(u, v)$, будем определять вероятность парной связности только для p -графов, так как граф называется p -графом относительно узлов u и v , если

- а) каждое ребро содержится, по крайней мере, в одном пути из узла u в узел v ;
- б) база (антибаза) состоит только из узла $u(v)$.

В заданной сетевой структуре р-графы могут содержаться как подграфы, зависящие от входного узла u и или выходного узла v . Узлы и ребра, которые не принадлежат р-графам относительно узлов u и v , не влияют на вероятность $P(u, v)$.

Примером р-графа относительно узлов u и v служит рис. 3, на котором показана направленная мостиковая структура.

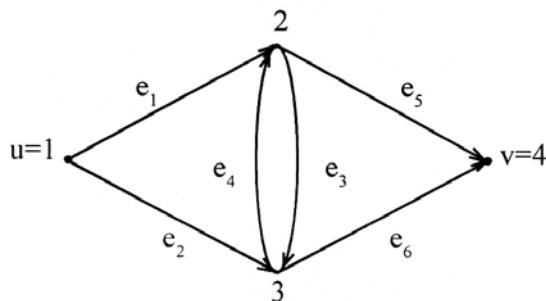


Рис. 3. Направленная мостиковая структура

Множество ее элементов $\{e_i, i=1,2,\dots,n\}$ образовано всеми ребрами графа, поскольку по определению, узлы абсолютно надёжны. Пусть Z_i – индикатор случайного состояния элемента e_i :

$$Z_i = \begin{cases} 1, & \text{если ребро } e_i \text{ работоспособно,} \\ 0, & \text{если ребро } e_i \text{ отказалось} \end{cases}$$

Пусть $\underline{z}=(z_1,\dots,z_n)$ – реализация вектора $\underline{Z}=(Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$. Соответствующая структурная функция $\varphi=\varphi(\underline{z})$ равна 1 тогда и только тогда, когда существует, по крайней мере, один исправный путь, соединяющий узлы u и v .

Множество минимальных путей задано множеством всех ациклических путей M_1, M_2, \dots, M_w от узла u к узлу v (в дальнейшем называемых минимальными путями). Тогда

$$\varphi(\underline{z}) = \prod_{j=1}^w \prod_{\{i: e_i \in m_j\}} z_i, \quad (1)$$

отсюда

$$P(u,v)=E(\varphi[\underline{Z}]). \quad (2)$$

И вычисление парной связности можно осуществить переходом к соответствующей линейной форме.

Аналогично

$$P(u,v)=E\left(\prod_{j=1}^w \prod_{\{i: e_i \in \sigma\}} Z_i\right), \quad (3)$$

где $\sigma_1, \sigma_1, \dots, \sigma_s$ - совокупность соответствующих минимальных сечений. Минимальное сечение σ_1 в этом частном случае является множеством ребер, обладающих следующим свойством: если все ребра, входящие в сечение σ_i - неработоспособны, то не существует исправного пути из узла u в узел v . Если же одно из этих ребер работоспособно, то существует, по крайней мере, один такой путь. (Предполагается, что все ребра, не входящие в сечение σ_j , работоспособны).

Задача определения минимальных сечений может быть сведена к отысканию минимальных путей (и наоборот). Основу для этого образуют правила де Моргана:

$$\overline{E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_n} = \overline{E_1} \cup \overline{E_2} \cup \dots \cup \overline{E_n}, \quad (4)$$

$$\overline{E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_n} = \overline{E_1} \cap \overline{E_2} \cap \dots \cap \overline{E_n} \quad (5)$$

Здесь $E_i, i=1,2, \dots, n$ ($n > 1$) - случайные события, а $\overline{E_i}$ - их дополнения. Для того чтобы применить эти правила, положим

$$M_i = \{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{iw}\}, a_{ij} = \{Z_{ij}=1\}$$

и

$$A_i = a_{i1} \cap a_{i2} \cap \dots \cap a_{iw}, \quad (6)$$

причем Z_{ij} есть по определению индикатор случайного состояния ребра e_{ij} . Таким образом $\overline{a_{ij}} = \{Z_{ij} = 0\}$ и согласно правилу (4)

$$\overline{A_i} = \overline{a_{i1}} \cup \overline{a_{i2}} \cup \dots \cup \overline{a_{iw}}. \quad (7)$$

Событие $A_i(\overline{A_i})$ означает, что минимальный путь M_i исправен (неисправен). Отсюда

$$A_i = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_w \quad (8)$$

означает случайное событие, состоящее в том, что узел v достижим из узла u . Построение минимальных сечений осуществляется в три этапа:

1. Случайное событие \overline{A} в соответствии с правилом (5) представляется в виде

$$\overline{A} = \overline{A_1} \cap \overline{A_2} \cap \dots \cap \overline{A_w}.$$

2. В эту формулу подставляются значения \overline{A}_j , найденные с помощью выражения (7).

3. Полученное выражение приводится к следующему, однозначно определенному с точностью до последовательности «компонент» виду

$$\overline{A} = \prod_{i=1}^s B_i, \quad (9)$$

где

$$B_i = \overline{a_{i1}} \cap \overline{a_{i2}} \cap \dots \cap \overline{a_{is_i}}, \quad (10)$$

причем для фиксированных i событие $\overline{a_{ij}}$, $j=1,2,\dots,s_i$ наступает ровно один раз.

Согласно выражению (9) не существует исправного пути из узла u в узел v тогда и только тогда, когда наступает, по крайней мере, одно из событий B_i , $i=1,2,\dots,s$. Поэтому множества индексов i_1, i_2, \dots, i_s взаимно однозначно соответствуют сечениям $\sigma_i = \{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{is_i}\}$.

Случайное событие A , определенное с помощью выражения (8) равносильно существованию, по крайней мере, одного исправного пути от узла u к узлу v . Если минимальные пути известны, то можно вычислить вероятность парной связности на основе следующего соотношения

$$P(u,v) = P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_w) \quad (11)$$

Для достижимости из узла u всех прочих узлов направленного сетевого графа (вероятность связности узла с сетью) необходимо и достаточно, чтобы существовало, по крайней мере, одно направленное дерево, все ребра которого работоспособны. Поэтому нужно лишь вычислить вероятность $P(u,U)$ связности узла с сетью для t -графа.

Относительно узла u t -граф – это направленный граф, обладающий тем свойством, что каждое из его ребер принадлежит одному из направленных деревьев с вершиной u . Что касается вычисления вероятности $P(u,U)$, t -граф является монотонной системой, поскольку в нем все ребра существенны. Соответствующие минимальные пути заданы с помощью направленных деревьев с вершиной u . Поэтому уравнения вида (2) и (3) вновь применимы для вычисления вероятности $P(u,U)$, если обозначить через M_1, \dots, M_w совокупность направленных деревьев, а через A_i случайное событие, состоящее в том что все ребра, принадлежащие множеству M_i работоспособны.

Направленная мостиковая структура на рис. 3 является t -графом относительно узла 1 . С учетом независимости состояния ребер вероятность связности узла с сетью определяется как

$$\begin{aligned} P(1,U) = & p_1 p_2 p_5 + p_1 p_2 p_6 + p_1 p_3 p_6 + p_2 p_4 p_5 + p_1 p_3 p_5 + p_2 p_4 p_6 - p_1 p_2 p_3 p_5 - \\ & - p_1 p_2 p_3 p_6 - p_1 p_2 p_4 p_5 - p_1 p_2 p_4 p_6 - p_1 p_3 p_5 p_6 - p_2 p_4 p_5 p_6 - \\ & - p_1 p_2 p_5 p_6 + p_1 p_2 p_3 p_5 p_6 + p_1 p_2 p_4 p_5 p_6 \end{aligned}$$

в частности для $p_i = p$, $i=1,2,\dots,6$ получим

$$P(1, U) = P^3 (6-7p+2p^2) \quad (12)$$

Вероятность полной связности $P(U,U)$ – это вероятность того, что сетевой граф связан. Такого рода характеристики интереса обычно только в ненаправленных сетевых структурах.

При вычислении вероятность $P(U,U)$ применима теория монотонных систем. В этом случае множество минимальных путей задано с помощью множества деревьев сетевого графа. Если обозначить эти деревья через M_1, M_2, \dots, M_n то вероятность $P(U,U)$ снова можно вычислить с помощью формулы (2).

Вероятность полной связности для нашей мостиковой структуры (рис 3) когда $p_i=p$, $i=1,2,\dots,5$ получается

$$P(U, U) = p^3 (8 - 11p + 4p^2)$$

где p_i коэффициент готовности ребра e_i .

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достиныства технических устройств и изделий решающим образом определяются надёжностью и возможностью поддерживать их в исправном состоянии. Возрастающая степень автоматизации производства придаёт этим критериям все большую значимость. Математическая теория надёжности сильно развилась и продолжает быстро прогрессировать. Статья рассматривает один из интересных математических моделей и безусловно представляется предметом интереса для инженеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера. – 1977 г.
2. Андре Анго. Математика для электро- и радиоинженеров. – 1967 г.
3. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надёжности. Пер. С. Анг.- 1969.
4. Richard H. Myers, Harold M. Gordy, Reliability engineering for electronic systems – London 1998.
5. Ф. Байхельт, Н. Франкен. Надёжность и техническое обслуживание. – 1988 г.

ლვაჭლმოსილი მეცნიერები

თ ი ლ მ ი ვ ა



ღრმაღ პატივუემულო
ბატონი ალექსანდრე!

საქართველოს საინჟინრო აკადემია გუ-
ლითადად გილოცავთ დაბადების 70 და წარ-
მატებული სამეცნიერო-პედაგოგიური მო-
დებართულის 45 წლისთაგა.

ჩვენთვის დიდად დახსაფახებელია თქვენი¹²
საზოგადოებრივი, სამეცნიერო-პედაგოგიური და პრაქტიკული მიღწევები საქართველოს
ტრანსპორტის განვითარების საქმეში, რაც ფართო საზოგადოებისთვის არის ცნობილი.

ყველასათვის სამაგალითოა თქვენს მიერ განვითარეთ გზა დამწეული ინჟინრიდან
მინისტრამდე, რიგით ლაბორატორიან დამწეული პროფესორამდე. ამაგე დროს
თქვენი მოღვაწეობა არის ჭეშმარიტად ერთგნული, რადგან ყოველთვის დგანართ იქ
სადაც ქვეყანას ძლიერ სჭირდება.

თქვენ რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში მუშაობდით საქართველოს სააგ-
ტომთბილო ტრანსპორტის სამინისტროს ხელმძღვანელ თანამდებობებზე; იყავით სატ-
გირთო გადაზიდვების სამმართველოს უფროსი, მინისტრის მოადგილე. განსაკუთრებით
აღსანიშნავია, რომ თქვენ იყავით დამთუკიდებელი საქართველოს ტრანსპორტის პირველი
მინისტრი.

თქვენ დააფუძნეთ საქართველოში ერთ-ერთი პირველი საერთაშორისო მუდგრი-
მოდაღური გადაზიდვების განმახორციელებელი სატრანსპორტო-საექსპედიტორო ფირმა
და საფუძველი ჩაუყარეთ ჩვენში სატრანსპორტო-ლოგისტიკურ საქმიანობას. თქვენმა
დიდმა ძალისხმებამ ქართველი გადამზიდავებისათვის გაადგილო ეფრთხის და აზიის
სატრანსპორტო ბაზარზე აღვილის დამკიდერება. ამან განაპირობა თქვენი არჩევა
საქართველოს სააგტომთბილო გადამზიდავთა ასოციაციის პრეზიდენტის თანამდებობაზე.
თქვენი ხელმძღვანელობით ამ ასოციაციამ ხერით უდღებელი წარმატებებს მიაღწია.

გეტად მნიშვნელოვანია თქვენი სამეცნიერო-პედაგოგიური მოღვაწეობა; მრავალი წლის მანძილზე მუშაობთ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სააგტომობილო ტრანსპორტის კათედრაზე, იყაფით სატრანსპორტო ფაკულტეტის დეკანი. საქართველოსთვის ერთ-ერთ ყველაზე ძნელბედობის პერიოდში ყველაინაირად უწყობდით ხელს პროფესიურასა და სტუდენტობას, რათა სახწაფლო პროცესი წარმართულიყო შეფერხების გარეშე.

განსაკუთრებით აღხანიშნავია თქვენი დამსახურება საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ჩამოყალიბებასა და მართვაში. თქვენი აქტიურობის შედეგად მრავალი საინჟინრო პროექტი დამუშავდა და მუშავდება. თქვენ წარმატებით ხელმძღვანელობით საინჟინრო აკადემიის სატრანსპორტო სისტემების განვითარებას, ამჟამად კი საინჟინრო აკადემიის გიცე-პრეზიდენტის პოსტზე მყოფი უზარმაზარ ძალისხმეულის ახმართ ეროვნული მეცნიერების განვითარების მამული შეიძლება.

თქვენ ხართ ჭეშმარიტი წარმომადგენელი ქართული ინტელიგენციისა. თქვენი ავტორიტეტი ემყარება დიდ ნიჭეა და ფართო ერუდიციას, მიზანსწრაფულობას და შრომისმოყვარეობას, პრინციპულობას და კაცომოყვარეობას. გამორჩეულმა თვისებებმა დახმარებილ მჭერმეტყველებასთან და განუმეორებელ პირად ხიბლოთან ერთად მოგიბოგათ თქვენს ირგვლივ მყოფთა სიყვარული და პატივისცემა.

ბატონო აღვენები, გულითადად გილოცავთ ღირსშესანიშნავ იუბილებ, გისურვებთ ჯანმრთელობას, დიდხანს სიცოცხლეებს და ისეთივე ნათელი და შემოქმედებითი წარმატებებით აღხაგხე ცხოვრებას, როგორითაც დღემდე მოხვედით.

საქართველოს საინჟინრო

აკადემიის პრეზიდენტი, აკადემიკოსი

ა. ფრანგიშვილი

რევერატები

შაპ 62-05

ძალაშის მეურნეობის მომსახურების სფერო. ა. ფრანგიშვილი, ზ. გასიტაშვილი, მ. ხართიშვილი // პიდროინერია, №2(6), 2008, გვ. 6-21.

შემოთავაზებულია მუნიციპალური წარმონაქმნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ინდიკატორული სისტემა, შემოგანილია ცალკეულ ინდიკატორთა შეფასება მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის დასახასიათ-ებლად. მოცემულია მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის შეფასების საინფორმაციო ბაზის სტრუქტურა, რომელიც სარაიონო მონაცემებს ეყრდნობა. აგებულია კლიენტ-სერვერული იერარქიულ მონაცემთა ბაზების სისტემა. ილ.1, ლიტ. დას. 8

შაპ 62-05

მუნიციპალიტეტის - ძალაშის ერთიანი საინფორმაციო კონცეფცია. ა. ფრანგიშვილი, ზ. გასიტაშვილი, მ. ხართიშვილი // პიდროინერია, №2(6), 2008, გვ. 22-31.

შემოთავაზებულია მუნიციპალიტეტის ერთიანი საინფორმაციო კონცეფციის ორგანიზების პრინციპები, განხილულია კონცეფციის მიზნები, ინფორმაციული სისტემის შექმნის პრინციპები, ინფორმაციული სისტემის სტრუქტურა და ტექნიკური სახე. ცხრ. 1, ლიტ. დას. 5.

შაპ 627.841

ჰალოსოლები მდინარის შესართავიან ფრესკის დონის დაწევისას. ლ. ლოდელიანი, კ. მაღრაძე, ა. ჩიტაძე. // პიდროინერია, №2(6), 2008, გვ. 32-35.

განხილულია, უმოქცეო ზღვების მდინარეთა შესართავებში ფსკერის ჩაღრმავების შემოხვევაში წარმოქმნილი ჰალოსოლის მათემატიკური მოდელი. სხვადასხვა სიმკვრივის ორი ნაკადის ურთიერთობა განპირობებულია სიმკვრივის ჰორიზონტალური გრადიენტისა და მდინარის ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის დახრილობით. ძირითადი აქცენტი კეთდება მარილიანობის გავრცებაზე მდინარის ფსკერის სიღრმის მატებისას შემოსახვლელ კვეთთან მიმართებაში. ლიტ. დას. 2.

შაპ 627.841

შევიერი გარემოსათვის დინამიკის განტოლება, რომელიც ხასიათდება პლასტიკურობის თვისებებით. ლ. ლოდელიანი, კ. მაღრაძე. // პიდროინერია, №2(6), 2008, გვ. 36-45.

მოცემულია განტოლებები, რომლებიც აღწერენ სიღემეზე წნევის განაწილების პიდროსტატისტიკის კანონს, წყალგაჯერებულ ფხვიერ გარემოში, რომელსაც ახასიათებს შეჭიდულობა მდოვრედ ცალკეულ გარემოში.

მოცემულია განზოგადებული განტოლება და მისი ადაპტაცია ჩანაწერის მაქსიმალურად მოსახერხებულ ფორმაში, რეზერვუარში მთის ქანების ზვავ-მეწყერული მასის ჩამოქცევის ამოცანის გადასაწყვეტად: ლიტ. დას. 4.

შაპ 349.9

დამშებავებული სტრუქტური სარჩევნორაციო ხსნარების თერმოქიმიური შერბილება ლაბორატორიულ პირობებში. ზ. მეგრელიშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, გ. ნაცვლიშვილი // პიდროინებინერია, №2(6), 2008, გვ. 46-50.

ნატრიუმ-კატიონიტური ფილტრების რეგენერაციისათვის ნატრიუმის სულფატის სინარის გამოყენება იწვევს მაღალი სიხისტის მქონე ჩამდინარე წყლებში კალციუმის სულფატისა და მაგნიუმის სულფატის არსებობას. ამ წლებში კალციუმის სულფატისა და მაგნიუმის სულფატის არსებობით, ამ წყლებში კალციუმის სულფატის კონცენტრაცია 34 კერ აღემატება საანგარიშოს. ასეთი წყლების გადაგდება იწვევს წყალსატევებისა და ნიადაგის დაბინძურებას და, გარდა ამისა, რეაგენტის - ნატრიუმის სულფატის, დანაკარგებს. ცხრ. 1.

შაპ 628.1

წყლის ეკოლოგიური მქსამრთიზების შესახებ. ლ. ქობულაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, გ. ნაცვლიშვილი // პიდროინებინერია, №2(6), 2008, გვ. 51-55.

განხილულია თანამედროვე ეტაპზე წყლის ეკოლოგიური ექსპერტიზის შესაძლებლობები და ადნიშნულია სირთულეები, რომლებიც დაკავშირებულია ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარებისას მრავალპროფილიანი დარგების სპეციალისტების გამოყენებასთან.

შემოთავაზებულია კომპლექსური მიღებომა, რომელიც ითვალისწინებს ექსპერტიზის სამუშაოთა ჩატარებას არა ცალკეული მეთოდებისა და მეთოდიკების გამოყენებით, არამედ სასამართლო ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩარჩოში, დასკვნისა და რეკომენდებული პროცესით განვითარებული დონისძიებების ორ ეტაპად შედგენას.

რეკომენდებულია ეკოლოგიური ექსპერტიზის არსებული მეთოდოლოგიის საფუძველზე, ცალკე მიმართულებად ჩამოყალიბდეს სასამართლო ეკოლოგიური ექსპერტიზა. ლიტ. დას. 3.

შაპ 621.315.592

წრიციგად-დეფორმირებად ზუმბზე მდებარე გადაჯვარების პრეპარის გაანგარიშება. თ. ქქვა // პიდროინებინერია, №2(6), 2008, გვ. 56-60.

შემოთავაზებულია გადაჯვარებინებული კოჭოვანი საძირკვლების გაანგარიშების მეთოდიკა. დადგენილია წრფივ განტოლებათა სისტემა კოჭების ურთიერთგადაკვეთის წერტილებში წარმოქმნილი უცნობი ძალების განსაზღვრის მიზნით. ამის შემდეგ, თითოეული კოჭი მასზე მოდებული დატვირთვებით განიხილება და გაიანგარიშება დამოუკიდებლად, როგორც კოჭი თავისუფლად მდებარე წრფივად-დეფორმირებად ფუძეზე. განხილულია კონკრეტული მაგალითი. ილ. 1, ლიტ. დას. 4.

შაპ 628.1

წყლის მიწოდებისა და განაზიდების სისტემების ოპტიმიზაციის ამოცანები დამატებითი მოთხოვნების გათვალისწინების შესახებ. ი. ცარციძე, ნ. კიკაჩევიშვილი // პიდროინებინერია, №2(6), 2008, გვ. 61-68.

განხილულია წყლის მიწოდებისა და განაზიდების სისტემების ამოცანების ოპტიმიზაციის მაგალითების გაანგარიშების დროს დამატებითი პირობების, კერძოდ ტექნიკური ხასიათის და ადგილობრივ ბუნებრივ-ეკონომიკურ მოთხოვნათა გათვალისწინების შესაძლებლობა; როგორებიცაა შეზღუდვა: მოთხოვნილ სიმძლავრეზე, კაპდაბანდებებზე, ტუმბოს

აწევის სიმაღლეზე, გეოდეზიური ნიშნულების გათვალისწინებაზე, არსებული მიღსა-დენების და ხელსაყრელი მასალის მიღების შერჩევაზე, ადგილობრივი ეკონომიკური ხასიათის პირობებზე და სხვ. ლიტ. დას. 3.

შაპ 627.841

კაშხალზე ბანსაკუთრებული პიღროდინამიკური (ტალღური) დატვირთვის აღმა-თური გეფასების მათოდიკის შემუშავების შესახებ. თ. გველესიანი, ზ. ციხელაშვილი, თ. ყირიმლიშვილი-დავითაშვილისა // პიღროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 69-74.

შემოთავაზებულია ექსტრემალური გეოდინამიკური პროცესების (მიწისძვრების, მეწყერების და სხვ) დროს კაშხალზე მოქმედი განსაკუთრებული ტალღური (პიღრო-დინამიკური) ზემოქმედების განსაზღვრის ძირითადი მეთოდები დეტერმინისტული და ალბათური მიღვიმების საფუძველზე. ამასთან, მცირე ინფორმაციის შემთხვევაში აღმა-თური შეფასების აქცენტი კეთდება მოთხოვნილი სარწმუნოებით მიღებული საანგარიშო პარამეტრების მნიშვნელობების შეფასების პარამეტრული და არაპარამეტრული კრიტგ-რიუმების კომპლექსური გამოყენების შესაძლებლობაზე. ლიტ. დას. 9.

შაპ 53.082.1

კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთქმედების თეორიული პლანირების სიმეტრიული ჭალის შემთხვევაში. მოყვანილი დინამიკური სქემის გამოყენებით მიღებულია ძირითად კალაპოტსა და მდინარის ჭალურ ნაკადებში საშუალო მხები ძაბვების საანგარიშო დამოკიდებულებები უფრო ზოგადი შემთხვევებისათვის-სხვადასხვა სიმაღლეების არასიმეტრიული ჭალების არსებობის დროს. ჩატარებულია მათი ანალიზი. ილ. 1, ლიტ. დას. 4.

შაპ 53.082.1

ბრიგადური ზონის ბავლენის დადგენა უდაწეო მოძრაობის პინემატიკურ ეფექტები. ზ. დანელია, მ. თოფურია, გ. მელქაძე // პიღროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 84-91.

განხილულია გრიგალური ზონის გაჩენა, ძირითადი კალაპოტის და ჭალური ნაკადის შეხება სიბრტყეში, კალაპოტის კიდის გასწვრივ იწვევს მასათა ცვლას ამ ნაკადებს შორის. ამ გრიგალების მოწყვეტა და მისი გადაადგილება ძირითად ნაკადში არის მასათა ცვლის დამატებითი პირობა. დადგენილია გრიგალის გავლენა მის შემოსაზღვრულ არეზე და არის სიგანგ, რაც შედარებულია სპიცინის მიერ ჩატარებულ ცდებთან. ცხრ. 1, ლიტ. დას. 7.

შაპ 53.082.1

კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთქმედება. მ. თოფურია // პიღროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 92-101.

განხილულია მდინარის ძირითადი კალაპოტური და ჭალური ნაკადების ურთიერთქმედებით გამოწვეული ეფექტი, რაც იწვევს ძირითად ნაკადში სიჩქარეების შემცირებას და ჭალური ნაკადის სიჩქარეების გაზრდას. მოვლენა ცნობილია, როგორც

“კინემატიკური ეფექტი ჭალურ ნაკადში”. იგი განპირობებულია ჭალური და კალაპოტური ნაკადების სიჩქარეებს შორის დიდი სხვაობით, რაც იწვევს მათ შემხებ სიბრტყეში ვერტიკალური გრიგალების გაჩენას და მისი გავლენით, სითხის მასათა ცვლას აღნიშნულ ნაკადებს შორის. ილ. 1, ლიტ. დას. 7.

შაპ 621.314.5.001.8

ჰესის აღჭურვა 063მსტირების ლიზინგური სქემის ბამოყენებით. ა. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე, გ. ახვლედიანი // პიდროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 102-115.

საქართველოს ეკონომიკაში შექმნილ კრიზისულ სიტუაციაში აუცილებელია: ტერიტორიული ბაზის განახლების არატრადიციული მეთოდების ძიება, ენერგეტიკული კომპლექსის საწარმოების ძირითადი ფონდების სწრაფი მოდერნიზაცია და მათ ირგვლივ საინვესტიციო საქმიანობის გამოცოცხლება. ჩვენი აზრით, ამ დონისძიებების განხორციელების ერთ-ერთი პილაზე პერსპექტიული მეთოდია ურთიერთობის ლიზინგური სქემები. ცხრ. 2, ლიტ. დას. 3.

შაპ 627.841

არარეგულარობის მქონე მართვულობა ვიღის გაანგარიშების შესახებ. კ. დოლიძე // პიდროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 116-123.

განხილულია არარეგულარობის მქონე ფილების გაანგარიშების საკითხი, როცა ფილა შედგება სხვადასხვა სიმტკიცის ცალკეული ელემენტებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია იდეალური სახსრების საშუალებით. მოცემულია გადამწყვეტ განტოლებათა სისტემა ამოხსნილი განზოგადებული მაკლორენის მწყრივის მეშვეობით, რომელიც ავტომატურად ითვალისწინებს შეუდლების წერტილებში ფუნქციისა და მათი წარმოებულების ნახტომების სიდიდეს. ილ. 1, ლიტ. დას. 7.

შაპ 69.05(0758)

გაჟიმვისას სხვადასხვა ტენიამცეველობის ზრილმარცვლოვანი ბეტონის მექანიკურ მახასიათებლებზე დეცორმაციის სიჩქარის ბაზლენა. ა. საყვარელიძე, ი. გიორგაძე, ლ. ლოლაძე // პიდროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 124-127.

გამოკვლეულია გაჭიმვისას სხვადასხვა ტენიამცეველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მექანიკურ მახასიათებლებზე (სიმტკიცე, ზღვრული დეფორმაცია, დრეკადობის მოდული) დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა. გაჭიმვაზე ცდები ჩატარებულია უნივერსალურ მანქანაზე ინსტრონ-1115 დეფორმაციის სიჩქარის 5 ერთმანეთისაგან ხარისხით განსხვავებული სიჩქარის დროს - $2.13 \cdot 10^{-7} \text{ } 1/\text{მ} \div 2.13 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/\text{მ}$. ცხრ. 1, ლიტ. დას. 1.

შაპ 69.05(0758)

ბეტონის ძვრის ცოცვადობის გირთვის მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს მასალის ასაკს. ა. საყვარელიძე, ნ. ლუდუშაური, მ. ტურძელაძე // პიდროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 128-132.

შემუშავებულია ბეტონის ცოცვადობის ბირთვების აღმწერი ახალი ტიპის გამოსახულებები, ლოგარითმული ფუნქციების გამოყენებით. შემუშავებული ბეტონის ცოცვადობის ბირთვების აღმწერი გამოსახულებები ითვალისწინებს მასალის ასაკს. ცხრ. 4, ლიტ. დას. 2

შაპ 629.11.012

სამრეწველო როგორც გის აღმდრავი მექანიზმების ზოგიერთი მიზნითადი კარამეტრის შესრულების საკითხები. გ. ნათბილაძე, მ. კახიანი // ჰიდროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 133-140.

განხილულია სამრეწველო რობოტების აღმდრავების სახეობები და მათი მართვის თვისებურებები. მოცემულია რეკომენდაციები პროცესის ოპტიმალური პარამეტრების უზრუნველყოფისთვის, ძრავის სიმძლავრის მაქსიმალურად გამოყენების მიზნით. გარკვეული დაშვებებისა და მიახლოების საფუძველზე განხილულია სრ-ის მუშაობის მაგალითი კოორდინატთა სფერულ სისტემაში, მოცემულია დამოკიდებულებები ზოგიერთი ძირითადი პარამეტრის განსაზღვრისთვის: აღმდრავის სიმძლავრის მდრუნავი კოორდინატის, გადაცემათა რიცხვის და სხვ. ილ. 1. ლიტ. დას. 2.

შაპ 338.244

პერსონალის მართვა ელექტრონულ მედიაში. მ. რამაზაშვილი, კ. რამაზაშვილი // ჰიდროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 141-146.

განხილულია შრომითი რესურსების მართვა ელექტრონული მედიის მაგალითზე. მოცემულია სამაუწყებლო სადგურებში ჩამოყალიბებული ადამიანური რესურსების მართვის განყოფილების საქმიანობა, კადრების დაგეგმვის, შერჩევის, მომზადების საკითხები; კადრების მოზიდვა როგორც ორგანიზაციის მუშაკებიდან, ისე გარეშე ორგანიზაციებიდან და სხვ. ლიტ. დას. 3.

შაპ 627.841

ნავის-სტრატეგისათვის პირგელი სასაზღვრო ამოცანის რიცხვითი ამოხსნა. მ. სარაშვილი // ჰიდროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 147-159.

განხილულია ნავიგ-სტრატეგის განტოლებისათვის პირგელი სასაზღვრო ამოცანის რიცხვითი ამოხსნა უსასრულო წრიული ცილინდრისათვის. გამოყენებულია ჩვენს მიერ მიღებული ნავიგ-სტრატეგის განტოლების ამონასსნის ზოგადი წარმოდგენის ფორმულა, გამოსახული ორი პარმონიული ფუნქციის საშუალებით. მიღებულია ნაშთითი წევრების შეფასების ფორმულები. შედგენილია პროგრამა ალგორითმულ ენა ფორმულანზე და მიღებულია რიცხვითი შედეგები. აგებულია სიჩქარის ვექტორისა და მაბვის ვექტორის შემდგენების გრაფიკები, როდესაც ცილინდრული მილი შევსებულია 20°C ტემპერატურის გლიცერინით, რომლის სიბლანტის კოეფიციენტი $\mu = 8,7$. ილ. 1. ლიტ. დას. 8.

შაპ 546.212

ყვალი გუნდის მშვინიერება. ა. ლეჭავა, გ. ბიჭიაშვილი // ჰიდროინჟინერია, №2(6), 2008, გვ. 160-164.

მოცემულია ბუნებრივი წყლის მინერალურ წყლად ჩასათვლელი ნორმები და საქართველოს მინერალური წყლების (როგორც რაოდენობა 3000-ს აღემატება) ქიმიური შედგენილობა. განხილულია ბუნებრივი წყლების კლასიფიკაცია, რისთვისაც შემოღებულია ინდექსები.

მოცემულია ძირითადი მოთხოვნები სასმელი წყლისადმი და ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია სანიტარულ - საყოფაცხოვრებო მოხმარების წყალსაცავებში. ცხრ. 4, ლიტ. დას. 6.

შაპ 627.223.6

ლია ნაკადების მოხვეულ უბნებში განივი ცირკულაციის 06ტენივობის განაწილების შესახებ. თ. ამბოლაძე // პიდროინუინურია, №2(6), 2008, გვ. 165-171.

ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ კალაპოტებში ნაკადის მოძრაობის დროს განივი ინტენსივობაზე გავლენას ახდენს ნაკადის სიღრმე, საშუალო სიჩქარე და მოხვევის ცენტრალური რადიუსი. შემოთავაზებულია ინტენსივობის საანგარიშო ფორმულა ზემოხსენებული პარამეტრების მხედველობაში მიღებით. გამრეცხ კალაპოტებში ნაკადის მოძრაობისას ინტენსივობის განაწილებაში რაიმე კანონზომიერება არ შეიმჩნევა. აღსანიშნავია, რომ კალაპოტის ფორმირების დამთავრების შემდეგ, ნაკადში განივი ცირკულაციის კლასიკური ფორმის დამთავრების არსებობა არ აღინიშნება. ილ. 2, ლიტ. დას. 4.

შაპ 528

პაშელის მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული რეავრების მდგრადობის შესახებ.

მ. თევზაძე, დ. პაპავა, თ. პაპავა // პიდროინუინურია, №2(6), 2008, გვ. 172-179.

განხილულია ენგურჲესის თაღოვანი კაშხლის მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული სასიმაღლო საყდები ქსელის (მაღალი სიზუსტის ნიველობის საფუძველი) ფუნდამენტური რეპერების ჯგუფის მდგრადობის (უცვლელობის) საკითხები. გამოთქმულია და თეორიულად დასაბუთებულია, რომ ასეთი პასუხსაგები ობიექტების მონიტორინგისთვის უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს არა სამრეპერიანი, არამედ მრავალრეპერიანი ჯგუფი, რაც საშუალებას მოგვცემს გავზარდოთ ჭარბი განაზომების რაოდენობა, რომელთა მეშვეობით გაცილებით ამაღლდება განაზომთა სიზუსტის შეფასების საიმედოობა. ილ. 1, ცხრ. 2, ლიტ. დას. 3.

შაპ 621.332

საკომუნიკაციო ქსელური სისტემა ენგურის პეტაზე და მისი საიმედოობის ანალიზი. დ. დობორჯგინიძე, ლ. კიკვაძე // პიდროინუინურია, №2(6), 2008, გვ. 180-186.

ენგურის პეტაზე საკომუნიკაციო ქსელური სისტემების დანერგვა წარმოადგენს რთულ ამოცანას იმ ქვესისტემებს შორის საკმაოდ დიდი მანძილების გამო, რომლებიც მდებარეობს ზუგდიდში, საბერიოსა და ჯვარში. ამის გამო, ქსელების დაპროექტებისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა დაეთმო სისტემის საიმედოობის საკითხის გადაწყვეტას. ილ. 3, ლიტ. დას. 5.

РЕФЕРАТЫ

УДК 62-05

СФЕРА ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА. **Прангишвили А.И., Гаситашвили З.А., Хартишвили М.П.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 6-21.

Предложена индикаторная система социально-экономического развития муниципального образования. Представлены: оценка отдельных индикаторов для характеристизации социально-экономического положения населения; структура информационной базы для оценки социально-экономического положения населения, которая основана на районных данных. Создана серверно-потребительская система иерархических баз данных. Ил. 1, библ. 8 назв.

УДК 62-05

ЕДИНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ГОРОДА-МУНИЦИПАЛИТЕТА. **Прангишвили А.И., Гаситашвили З.А., Хартишвили М.П.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с.22-31.

Предложены принципы организации единой информационной концепции муниципалитета, где рассмотрены цели концепции, принципы создания информационной системы, структура информационной системы и её технический вид. Табл. 1, библ. 5 назв.

УДК 627.841

ГАЛОКЛИНЫ ПРИ ПОНИЖЕНИИ ДНА В ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКАХ РЕК. **Гогелиани Л.Д., Маградзе К.С., Читадзе А.Д.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 32-35.

В статье представлена математическая модель взаимодействия пресных (речных) и солёных (морских) вод в приусьтевых участках рек, при понижении дна последних выше устьевидных створов бесприливных морей. Взаимодействие вод определено воздействием возникновения горизонтального градиента плотности и существованием уклона свободной поверхности потока. Основной акцент делается на воспроизведение распределения солености с учетом углубления дна в речной области. Библ. 2 назв.

УДК 627.841

УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ, ОБЛАДАЮЩЕЙ И СВОЙСТВАМИ ПЛАСТИЧНОСТИ. **Гогелиани Л.Д., Маградзе К.С.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 36-45.

Приведены уравнения, описывающие гидростатический закон распределения давления по глубине водонасыщенной сыпучей среды, обладающей сцеплением при плавно изменяющемся движении.

Дается обобщенное уравнение и адаптация его к наиболее удобной форме записи для решения задач вторжения обвально-оползневой массы горной породы в водоем. Библ. 4 назв.

УДК 349.9

К ВОПРОСУ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО УМЯГЧЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ СУЛЬФАТНЫХ РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ РАСТВОРОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ. **Мегрелишвили З.И., Климиашвили Л.Д., Нацвлишиви М.Н.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 46-50.

Применение для регенерации натрий-cationитовых фильтров раствора сульфата натрия приводит к образованию сульфатных сточных вод с высокой общей жесткостью. Это обусловлено наличием в сточных водах сульфата кальция и сульфата магния. Концентрация сульфата кальция в этих водах в 3-4 раза превышает расчетную растворимость. Сброс таких вод приводит к загрязнению водоемов и почв, и кроме того, к потере реагента - сульфата натрия. Табл. 1.

УДК 628.1

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ВОДЫ. **Кобулашвили Л.Л., Климиашвили Л.Д., Нацвлишиви М.Н.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 51-55.

Рассмотрены возможности экспертизы на современном этапе и отмечены сложности, связанные с привлечением специалистов множества профилей при проведении экологической экспертизы с составлением заключения и рекомендаций профилактического характера в два этапа.

Рекомендовано – формировать отдельным направлением судебную экологическую экспертизу на основе существующей методологии проведения экологической экспертизы. Библ. 3 назв.

УДК 621.315.592

РАСЧЕТ ПЕРЕКРЕСТНЫХ БАЛОК, ЛЕЖАЩИХ НА ЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ. **Кикава Т.Р.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 56-60.

Предложена методика расчета этих балочных фундаментов. Составлена система линейных уравнений для определения неизвестных сил, возникающих в узлах пересечения балок. После этого каждая балка с приложенными на нее силами рассматривается и рассчитывается самостоятельно, как балка, лежащая на линейно-деформируемом основании. Рассмотрен конкретный пример расчета. Построены эпюры изгибающих моментов и реактивных давлений грунта. Ил. 1, библ. 4 назв.

УДК 628.1

УЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ. **Царцидзе Ю.Ш., Кикачишвили Г.Е.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 61-68.

При расчете примеров оптимизации задач систем подачи и распределения воды рассмотрена возможность учета дополнительных условий технического характера и местных природно-экономических требований, таких как ограничения: на требуемую мощность, капиталовложения, на подъем насоса в высоту, на учет геодезических отметок, на выбор существующих трубопроводов и труб из выгодного материала, на условия местного экономического характера. Библ. 3 назв.

УДК 627.841

О РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ОСОБОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ (ВОЛНОВОЙ) НАГРУЗКИ НА ПЛОТИНУ. **Гвелесиани Т. Л., Цихелашвили З.И., Киримлишвили-Давиташвили Т.Т.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 69-74.

Предлагаются основные методы определения особых волновых (гидродинамических) нагрузок на плотину при экстремальных геодинамических процессах (землетрясения, оползни и др.) на основании детерминистического и вероятностного подходов. При этом, в случае вероятностной оценки, делается акцент на комплексное применение как параметрических, так и непараметрических критериев оценки достоверности принятых в расчетах значений параметров, в случае малой информации. Библ. 9 назв.

УДК 53.082.1

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РУСЛОВЫХ И ПОЙМЕННЫХ ПОТОКОВ И ИХ ДИНАМИЧЕСКАЯ СХЕМА. **Данелия З.Н., Топурия М.В., Мелкадзе Г.Н.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 75-83.

В теоретическом труде Гачечиладзе Г. и Данелии З. рассмотрено теоретическое исследование взаимодействия руслового и пойменных потоков в случае двусторонней симметрической поймы. Использованием приведенной в этом труде динамической схемы в основном русле и пойменном потоке реки приняты расчетные зависимости средних напряжений для более общих случаев – во время наличия асимметрических пойм разных высот. Приведен их анализ. Ил. 1, библ. 4 назв.

УДК 53.082.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИХРЕВЫХ ШНУРОВ НА КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТ БЕЗНАПОРНОГО ДВИЖЕНИЯ. **Данелия З.Н., Топурия М.В., Мелкадзе Г.Н.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 84-91.

Возникновение выхревого шнура, соприкосновение основного русла с пойменным потоком, в плоскости вдоль борта русла вызывают смену масс между этими потоками. Отрыв этих вихрей и их перемещение в основном потоке являются дополнительным условием смены масс. Установлено влияние вихря на его пограничную зону и ширину зоны, что сравнивается с опытами, проведенными Спрыцыным. Табл. 1, библ. 7 назв.

УДК 53.082.1

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РУСЛОВОГО И ПОЙМЕННЫХ ПОТОКОВ. **Топурия М.В.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 92-101.

Рассмотрен эффект, вызванный основным русловым и пойменными потоками реки, что вызывает уменьшение скоростей в основном потоке и рост скоростей пойменного потока. Это явление известно как “кинематический эффект в пойменном потоке”. Он обусловлен большим различием между скоростями руслового и пойменного потоков, что вызывает вертикальные вихри в плоскости их касания и под их влиянием происходит смена масс жидкости между этими потоками. Ил. 1, библ. 7 назв.

УДК 621.314.5.001.8

ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ГЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИЗИНГОВОЙ СХЕМЫ ИНВЕСТИРОВАНИЯ. **Ахвледиани А.Г., Гоголадзе А.Д., Ахвледиани Г.А.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 102-1115.

В кризисной ситуации, сложившейся в экономике Грузии, необходимы: поиск нетрадиционных методов обновления материальной базы, ускоренная модернизация основного фонда предприятий энергетического комплекса и оживление вокруг них инвестиционной деятельности. На наш взгляд, одним из наиболее перспективных методов для осуществления этих мероприятий являются лизинговые схемы взаимоотношений. Табл. 2, библ. 3 назв.

УДК 624.073

К РАСЧЕТУ НЕРЕГУЛЯРНОСТИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛИТЫ. **Долидзе К.М.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 116-123.

Рассмотрен вопрос расчета плит, имеющих нерегулярность, когда плита состоит из отдельных элементов разной прочности, которые связаны друг с другом посредством идеальных шарниров. Даётся система уравнений, решенная с помощью обобщенного ряда Маклорена, которая автоматически предусматривает величину скачков функции и ее производных в точках сопряжения. Ил. 1, библ. 7 назв.

УДК 69.05(0758)

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА РАЗЛИЧНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ. **Сакварелидзе А.В., Георгадзе И.М., Лоладзе Л.Е** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 124-127.

Рассмотрено влияние скорости деформации на механические характеристики (прочность, граничная деформация, модуль упругости) мелкозернистого бетона с различным влагосодержанием при растяжении.

Испытания на растяжение проведены на универсальной машине Инстрон-1115 при 5 отличающихся по времени друг от друга скоростях деформации $2,13 \cdot 10^{-7} \text{ 1/c}$ $2,13 \cdot 10^{-3}$. Табл. 1, библ. 1 назв.

УДК 69.05(0758)

МОДЕЛЬ ЯДРА ПОЛЗУЧЕСТИ СДВИГА БЕТОНА, УЧИТЫВАЮЩАЯ ВОЗРАСТ МАТЕРИАЛА **Сакварелидзе А.В., Гудушаури Н.А., Турдзеладзе М.И.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 128-132.

Исследованы вопросы ползучести бетона различного возраста при кручении. Проведены эксперименты на ползучесть образцов – цилиндров ($=70 \text{ ммж} = 610 \text{ мм}$) различного возраста. $t_0=3,7,14,28,60$ и 180 суток, при постоянных влажности $W=4.7\%$ (по массе) и температуре $T=20\pm1^{\circ}\text{C}$. Табл. 4, библ. 2 назв.

УДК 629.11.012

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ. **Натбилаадзе В.Ш., Кахиани М.Р.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 133-140.

Рассмотрены виды приводов промышленных роботов и особенности их управления. Даются

рекомендации для обеспечения оптимальных параметров процесса с целью наиболее полного использования мощности двигателя. На основе определенных допущений и приближений рассмотрен пример работы ПР в сферической системе координат, даются зависимости для определения некоторых основных параметров: мощности привода, вращательной координаты, передаточного числа и др. Ил. 1, библ. 2 назв.

УДК 338.244

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ В ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИИ. **Рамазашвили М.,**
рамазашвили К. // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 141-146.

Рассмотрено управление трудовыми ресурсами на примере электронной медицины. Показана деятельность: по управлению людским ресурсом в отделе вещательных станций, планированию кадров, вопросам выбора и подготовки; привлечению кадров как из работников организации, так и из других. Библ. 3 назв.

УДК 627.841

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПЕРВОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА. **Харашвили М.Г.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 147-159.

В работе рассмотрено численное решение первой краевой задачи для уравнений Навье-Стокса для бесконечного круглого цилиндра. Использована формула общего представления решения уравнения Навье-Стокса, которое записывается в виде комбинации двух гармонических функций. Получены формулы оценки остаточного члена. Составлена программа на алгоритмическом языке «Фортран» и получены числовые результаты. Построены графики составляющих для вектора скорости и вектора напряжения в случае, когда цилиндрическая труба наполнена глицерином температуры 20°С, коэффициент вязкости глицерина $\mu = 8,7$ П. Ил. 1, библ. 8 назв.

УДК 546.212

ВОДА-КРАСОТА ПРИРОДЫ. **Лежава А.П., Бичиашвили Э.Э.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 160-164.

Приведены нормы, защитанные в качестве минеральной воды среди природных вод (количество которой превышает 3000) и дается ее химический состав. Рассмотрена классификация природных вод, для чего внесены индексы.

Даны основные требования к питьевой воде, допустимые концентрации присутствующих в водохранилищах некоторых вредных веществ, для бытового потребления. Табл. 4, библ. 6 назв.

УДК 627.223.6

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОПЕРЕЧНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА ПОВОРОТАХ ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ. **Амброладзе Т.А.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 165-171.

Мерой интенсивности поперечной циркуляции для неразмывающих русел является угол пересечения донными по токами центральной линии поворота ($tg\varphi$). Экспериментально установлено, что интенсивность поперечной циркуляции возрастает с увеличением глубины потока и с уменьшением центрального радиуса закругления, а с увеличением средней скорости потока интенсивность уменьшается. Предложена зависимость для определения $tg\varphi$ с учетом этих факторов.

Ил. 2, библ. 4 назв.

УДК 528

УСТОЙЧИВОСТЬ РЕПЕРОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ПЛОТИНЕ ТЕРРИТОРИИ. **Тевзадзе М.Н., Папава Д.Г., Папава Т.Г.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с.172-179.

Известно, что для создания высокой опорной основы важное значение имеет выбор схемы расположения фундаментальных или скальных реперов.

В работе рассмотрено состояние скальных реперов, расположенных на территории высотной арочной платины ИнгуроГЭС в виде трехреперных кустов.

Анализ геодезических измерений позволяет сделать вывод: для того чтобы надежно выявить устойчивость реперов, необходимо знать точные геодезические измерения, надежность определения которых прямо зависит от избыточных измерений в кусте. Для получения надежных оценок точности необходимо иметь не менее двадцати избыточных измерений, а это возможно при создании многореперных кустов. Ил. 1, табл. 2, библ. 3 назв.

УДК 621.332

КОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА НА ИНГУРИГЭС И АНАЛИЗ ЕЁ НАДЁЖНОСТИ. **Доборджинидзе Д. Д., Киквадзе Л. В.** // Гидроинженерия, №2(6), 2008, с. 180-186.

Внедрение коммуникационной сетевой системы на ИнгуроГЭС представляет собой сложную задачу из-за приличных расстояний между подсистемами, которые находятся в Зугдиди, Саиберио и Джвари. В связи с этим при проектировании сети особое внимание было уделено решению вопроса надёжности системы. Ил. 3, библ. 5 назв.

SUMMARIES

UDC 62-05

THE SPHERE OF CITY ECONOMY SERVICE. **A.Prangishvili, Z.Gasitashvili, M.Khartishvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 6-21.

Indicated system for social-economical development of municipal formation has been suggested, the estimation of individual indicators for characterization of social-economical condition of population has been introduced. The structure of informational basis for estimation of social-economical condition of population based on district data has been presented. The customer-server system of hierarchical database has been created. Ill.1, bibl.8.

UDC 62-05

COMMON INFORMATIONAL CONCEPTION OF METROPOLIS - MUNICIPAL BOROUGH. **A.Prangishvili, Z.Gasitashvili, M.Khartishvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 22-31.

The principles of organization of common informational conception for the municipal borough have been proposed where the goals of the conception, the principles of informational system creation, the structure of informational system and its technical aspects have been considered. Tabl.1, bibl.5

UDC 627.841

HALOCLINES AT BOTTOM LOWERING IN ESTUARIAL SECTIONS OF RIVERS. **L.Gogeliani, K.Magradze, A.Chitadze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 32-35.

Mathematical model of haloclines formed in case of bottom lowering in the estuaries of tideless seas is described. The interaction of two, different density streams is stipulated by horizontal gradient of density and the inclination of river streams free surface. The major accent is put on salinity spread in case of river depth increase in relation of entrance profile. Bibl.2.

UDC 627.841

EQUATIONS OF THE DYNAMICS OF LOOSE MEDIUM HAVING PLASTICITY PROPERTIES AS WELL. **L.Gogeliani, K.Magradze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 36-45.

The equations are presented describing hydrostatic law of pressure distribution on the depth of water-saturated loose medium characterized with adhesion at smoothly changing motion. A generalized equation and its adaptation to the most convenient form of record is proposed for solution of the problems of intrusion of landslip-landslide rock masses into reservoir. Bibl.4.

UDC 349.9

ON THE PROBLEM OF THERMO-CHEMICAL SOFTENING OF WASTE SULFATE REGENERANTS IN LABORATORY CONDITIONS. **Z.Megrelishvili, L.Klimiashvili, M.Natsvlishvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 46-50.

Using of sodium sulfate solution for regeneration of sodium-cationite filters leads to the formation of sulfate waste waters with high general hardness. This is conditioned with the existence of calcium sulfate and magnesium sulfate in waste water. Calcium sulfate concentration in these waters 3-4 times exceeds the

designed data. The discharge of such waters leads to the pollution of ground and reservoirs and to the loss of reagent – sodium sulfate. Tabl.1.

UDC 628.1

ON ECOLOGICAL EXPERTISE OF WATER. **L.Kobulashvili, L.Klimiashvili, M.Natsvlishvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 51-55.

The possibilities of expertise on the contemporary stage are considered and the difficulties connected with employment of various profile specialists in ecological expertise of water are noted. A complex approach is proposed which implies conducting expertise works using not only separate methods and techniques but within legal ecological expertise, with drawing up conclusions and recommended preventive measures. It is recommended to form a separate direction of legal ecological expertise on the basis of the existing methodology of ecological expertise. Bibl.3.

UDC 621.315.592

CALCULATON OF CROSS BEAMS LYING ON LINEARLY-DEFORMED FOUNDATION. **T.Kikava** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 56-60.

Calculation method of cross beams foundation is proposed. The system of linear equations for determination of unknown forces appearing in the nodal points of beam crossing is stated. After this, each beam with the applied forces is considered and calculated separately as the beam freely lying on linearly-deformed foundation. A specific example of the calculation is considered. The curves of bending moments and ground bearing pressure are drawn. Ill.1, bibl.4.

UDC 628.1

ON CONSIDERATION OF ADDITIONAL REQUIREMENTS IN THE PROBLEMS OF OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY AND DISTRIBUTION SYSTEMS. **I.Tsartsidze, N.Kikacheishvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 61-68.

When calculating water supply and distribution systems in the view of selecting the optimal alternative, a mathematical model is constructed which includes major conditions describing physical essence of the problem. But, during the actual design work a number of additional requirements is often accounted for. Microsoft Excel program gives the tools to account for specific technical, environmental and economic aspects of the task at hand, such as constraints on: electricity supply, investment, pump head, available pipes, etc. For each of these constraints a special equation or inequality is written and added to the major mathematical model and calculations are done with consideration of these constraints. Bibl.3.

UDC 627.841

ON WORKING OUT OF THE METHOD OF PROBABILISTIC ESTIMATION OF SPECIAL HYDRODYNAMIC (WAVE) LOADS ON DAMS. **T.Gvelesiani, Z.Tsikhelashvili, T.Kirimlishvili-Davitashvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 69-74.

The methods for prediction of special wave (hydrodynamic) loads on dams in extreme geodynamic processes (earthquake, landslides, etc.) based on the deterministic and probabilistic approaches are proposed. In case of probabilistic estimation, complex use, both of parametric and nonparametric criteria of accuracy estimation is emphasized in conditions of scarce information. Bibl.9.

UDC 53.082.1

THEORETICAL INVESTIGATION OF RIVER BED AND FLOODPLAIN STREAMS INTERACTION AND THEIR DYNAMIC SCHEME. **Z.Danelia, M.Topuria, G.Melkadze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 75-83.

Theoretical research of bed stream and floodplain stream interaction in case of double symmetrical floodplain is considered. Using the given dynamic scheme, the calculating dependences of average stresses in main bed streams and floodplain streams are obtained for general cases of existence of non-symmetrical different height floodplains. The results of the analysis are presented. Ill.1, bibl.4.

UDC 53.082.1

ESTIMATION OF VORTEX CORD ACTION ON KINEMATIC EFFECT OF FREE WATER MOTION. **Z.Danelia, M.Topuria, G.Melkadze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 84-91.

The creation of vortex cord in the contact plane of main bed and floodplain streams along bed edge causes mass exchange among these streams. The failure of these vortices and their displacement in the main bed is an additional factor of mass exchange. The effect of vortex cord on surrounding area and its width is established and compared with the experiments carried out by Spitsin.Tabl.1, bibl.7.

UDC 53.082.1

INTERACTION OF RIVER BED AND FLOODPLAIN STREAMS. **M.Topuria** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 92-101.

The effect of main river bed stream and floodplain stream interaction which causes the reduction of main stream velocities and the increase of floodplain stream velocities is discussed. This phenomenon is known as "kinematical effect in floodplain stream" and is stipulated with considerable difference between the velocities of floodplain and river bed streams. This fact provokes the creation of vertical vortexes in contact plane and water mass variation between the mentioned streams. Ill.1, bibl.7.

UDC 621.314.5.001.8

REQUIPMENT OF HES USING LEASING SCHEME OF INVESTMENTS. **A.Akhvlediani, A.Gogoladze, G.Akhvlediani** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 102-115.

In crisis situation developed in the economy of Georgia it is necessary to find nontraditional methods of renewal of material basis, speeding up of modernization of basic funds of power complex enterprises and revival of investment activity. In our opinion, one of the most perspective methods for realization of these measures is leasing which unites all elements of foreign commerce credit and investment operations. Tabl.2, bibl.3.

UDC 627.841

CALCULATION OF IRREGULARITY OF RECTANGULAR PLATES. **K.Dolidze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 116-123.

The problem of calculation of irregularity of plates is considered when the plate consists of different strength separate elements connected with ideal joints. The system of calculation equations is solved with

Mac-Loren generalized series which automatically considers the values of jumps of functions and their derivatives in junction points. Ill.1, bibl.7.

UDC 69.05(0758)

THE EFFECT OF DEFORMATION VELOCITY ON MECHANICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT MOISTURE CONTENT FINE-GRAINED CONCRETE AT TENSION. **A.Sakvarelidze, I.Giorgadze, L.Loladze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 124-127.

The effect of deformation velocity on mechanical indices (strength, ultimate deformation, module of elasticity) of fine-grained concrete at tension is investigated. Tests were conducted on universal testing machine "Instron 1115" at five levels of deformation velocities: $2.13 \cdot 10^{-7}$ l/sec; $2.13 \cdot 10^{-6}$ l/sec; $2.13 \cdot 10^{-5}$ l/sec; $2.13 \cdot 10^{-4}$ l/sec; $2.13 \cdot 10^{-3}$ l/sec. Tabl.1, bibl.1.

UDC 69.05(0758)

MODEL OF CONCRETE SHEAR CREEP CORES CONSIDERING MATERIAL AGE. **A.Sakvarelidze, N.Gudushauri, M.Turdzeladze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 128-132.

New type expressions describing concrete creep cores have been elaborated using logarithmic functions. Tests on concrete creep of sample-cylinders were conducted considering material age $t_0=3,7,14,28,60,180$ days, permanent humidity $w=4.7\%$ (by mass) and temperature $T=20 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Tabl.4, bibl.2.

UDC 629.11.012

ON THE PROBLEM OF STUDYING OF SOME MAIN PARAMETERS OF DRIVE MECHANISMS OF INDUSTRIAL ROBOTS. **V.Natbiladze, M.Kakhiani** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 133-140.

The types of industrial robots drives are considered and their peculiarities are discussed. The recommendations are given for establishment of optimal parameters of the process for more full utilization of drive capacity. On the basis of some assumptions and approaches an example of industrial robot working in spherical system of coordinates is discussed, the relations for determination of some main parameters (driving power, rotary coordinate, gear-ratio, etc.) are given. Ill.1. bibl.2.

UDC 338.244

PERSONNEL MANAGEMENT IN ELECTRON MEDIA. **M.Ramazashvili, K.Ramazashvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 141-146.

Labor resources management is discussed on example electron media. Any organization relies on the work of qualified personnel work, as the success depends on well trained personnel. The manager has to select personnel correctly for working in the department, elaborate methodology to check personnel intelligence and experience, increase workers motivation and use various forms of stimulation. This will result in the increase of efficiency and make the activity successful. Bibl.3.

UDC 627.841

NUMERICAL SOLUTION OF FIRST BOUNDARY PROBLEM FOR NAVIES-STOCKS EQUATION. **M.Kharashvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 147-159.

The numerical solution of the first boundary problem for Navies-Stocks equation is examined for unlimited circular cylinder. The general expression of the solution of Navies-Stocks equation which is

written as the combination of two harmonic functions is used. The program of algorithm language “Fortran” is made up and numerical results are obtained. Graphs of velocity and stress vector components are built for the case when the cylindrical tube is filled with glycerin on 20° C temperature. The coefficient of glycerin viscosity is $\mu = 8.711$. Ill.1, bibl.8.

UDC 546.212

WATER – CHARM OF NATURE. **A.Lezhava, E.Bichiashvili** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 160-164.

The standards allowing to consider natural water as mineral water and chemical composition of mineral waters of Georgia (their quantity being over 3000) are given. Classification of natural waters is considered the indices being adopted. The basic requirements to drinking water and maximum allowable concentration of some harmful substances in sanitary residential use water reservoirs are given. Tabl.4, bibl.6.

UDC 627.223.6

TRANSVERSE CIRCULATION INTENSITY DISTRIBUTION ON OPEN STREAMS CURVED SECTIONS. **T.Ambroladze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 165-171.

Experimental researches proved that at stream flow in river-bed stream depth and mean speed and central radius of curvature effect on transverse intensity. Calculation formula of intensity is proposed with above mentioned parameters taken into account. On stream flow in washing bed no regularity is noted in intensity distribution. It should be mentioned that after ending of bed formation the ending of classical form of transverse circulation is not noted in the stream. Ill.2, bibl.4.

UDC 528

STEADINESS OF REFERENCE POINTS LOCATED ON THE TERRITORY ADJACENT TO THE DAM. **M.Tevzadze, D.Papava, T.Papava** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 172-179.

It is known that in order to make a high bearing base the choice of scheme of location of fundament or bedrock reference points is very important. The condition of bedrock reference points located on the territory of high-altitude arch dam of Inguri HES is examined as three-reference-point groups. The analysis of geodetic survey allows to draw a conclusion that in order to reliably determine steadiness of reference points it is necessary to know accuracy of geodetic data, the reliability of which directly depends on surplus surveys in the group. In order to obtain reliable appraisal of accuracy it is necessary to have not less than 20 surplus surveys possible when creating multi-reference-point groups. Ill.1, tabl.2, bibl.3.

UDC 621.332

COMMUNICATION NETWORK SYSTEM ON ENGURI HES AND ANALYSIS OF ITS RELIABILITY. **D.Doborjginidze, L.Kikvadze** // Hydroengineering, N 2(6), 2008, p. 180-186.

The provision of the efficiency of network systems, such as that of Enguri electric power station, is an important problem. As system failure may happen because of internal network reasons as well as because of external action. Therefore it is imperative to provide calculation of probability values of interconnection of separate units of network, unit connection to network and connection to each unit of network (full connection). The article provides for arriving as a decision by theory of graphs. Network structures are regarded as radial and modified hierarchical structures and by mathematical apparatus of graph's theory all the above mentioned problems are solved. Ill. 3, bibl.5.

რედაქტორები: ნ. მემარიაშვილი, ო. სემიკინა,
გ. პრეობრაჟენსკაია, ნ. ცენტერაძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა: დ. სამხარაძის

გადაეცა წარმოებას 01.11.08. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 10.12.08. ბეჭდვა
ოფსეტური. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 13. ტირაჟი 500
ეგზ. შეკვეთა №