

ჰიდროინჟინერია
HYDROENGINEERING
ГИДРОИНЖЕНЕРИЯ

№1-2(15-16)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2013

სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“

დაფუძნებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და საქართველოს საინჟინრო აკადემიის მერ.

სარედაქციო კოლეგია:

საქართველოდან: აკადემიკოსი ა. ფრანგიშვილი, პროფ. ლ. ლოღელიანი (მთ. რედაქტორი), პროფ. ლ. კლიმაშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე), პროფესორები: ა. მოწონელიძე, პ. კერვალიშვილი, ზ. დანელია, ი. ქადარია, თ. გველესიანი, ზ. მეგრელიშვილი, ნ. კოდუა, შ. გაგოშიძე, ზ. გედენიძე, გ. სოსელია, ვ. ნაჭეხია, ნ. ნაცვლიშვილი, მ. გრძელიშვილი, შ. მესტირიშვილი, ო. ფურცელაძე, პ. გიორგაძე, დ. გურგენიძე, ზ. ზალიკაშვილი, მ. ნაცვლიშვილი (პასუხისმგებელი მდივანი), შპს „ჯორჯიან უოთერ ენდ ფაუერის“ ადმინისტრაციული დირექტორი ნ. ბახტაძე, ტექნიკური დეპარტამენტის უფროსი მ. კანდელაკი, გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტის“ დირექტორი ა. გრიგოლიშვილი.

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

EDITORIAL BOARD:

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

USA: Prof. Ardith Maney, Ramesh Kanwar, Amy Kaleita, Steven Freeman, Roy gu, (Aiowa Shtate University).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Грузия: Академик А. Прангишвили, проф. ГТУ Л. Гогелиани (гл. редактор), проф. Л. Климиашвили (зам. гл. редактора), проф: А. Моцонелидзе, П. Кервалишвили, З. Дanelia, И. Кадария, Т. Гвелесиани, З. Мегрелишвили, Н. Кодуа, Ш. Гагошидзе, З. Геденидзе, Г. Соселия, В. Начкебия, Н. Нацвлишвили, М. Грдзелишвили, Ш. Мествиришвили, О. Пурцеладзе, П. Гиоргадзе, Д. Гургенидзе, З. Заликашвили, проф. М. Нацвлишвили (ответственный секретарь), административный директор ООО «Джорджиан уотер энд пауэр» Н. Бахтadze, начальник технического департамента М. Канделаки, директор издательства «Технический университет» А. Григолишвили.

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

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

გამოქვეყნებული მასალის სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013
Publishing House “Technical University”, 2013
Издательский дом “Технический Университет”, 2013

შინაარსი

ჰიდროინჟინერია

ლ. ღოდელიანი. სხვადასხვა სიმკვრივის ნაკადების ჰიდრავლიკის საკითხები	9
ა. ჩოდრო, ნ. მოკლიაკი. დაბალი შემბროვებელი ნახევარსაბუხარი ნაპირის წარმცხვისგან დამცავი და წყალდენის ეკოლოგიური მდგომარეობის გასაუმჯობესებელი ნაბეობა	20
ა. რიაბენკო, თ. გალიჩი, დ. პოპლავსკი. დიფერენციალური განტოლებების გამოყენება თავისუფალი ზედაპირის ტალღოვან ნახტომის გამოსათვლელად	36
ლ. კლიმიაშვილი, გ. სოსელია, თ. კაპანაძე, ნ. სოსელია. მაღალმთიან რეგიონებში კარსტული წარმოშობის წყაროების გამოყენების თავისებურება წყალმომარაგების სისტემებში	45
ც. კენკიშვილი, მ. ონეზაშვილი, ხ. სოსელია. წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მოდელირება პიესომეტრული დაწნევების ბანაწილების საფუძველზე	53
შ. გაგოშიძე, ა. გოგოლაძე, მ. კოდუა. მოუპირკეთებელი არხების სანაპირო ფერდობებზე ბრძივი ტალღების ზემოქმედება	57
ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე, ი. ინაშვილი, ი. კლიმიაშვილი. წვეთური მორწყვის სისტემის მიწების დიამეტრის პარამეტრების განსაზღვრა ნაკადის კონცენტრაციის ბათვალისწინებით	62
ა. საყვარელიძე, ნ. ღუდუშაური, მ. კოდუა. ბაჭიმვისას დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლებზე	66
ი. ყრუაშვილი, დ. გუბელაძე, მ. ნაცვლიშვილი. ტრაპეციული კვეთის არხში ფილტრაციული ხარჯის განსაზღვრის საანბარიშო მოდელი	70
ი. ყრუაშვილი, ი. ინაშვილი, ე. კუხალაშვილი, კ. ბზიაგა. წყლის მიგრაციისა და ნიადაგის მახასიათებლების გავლენა რწყვის რეჟიმზე	79
ნ. კოდუა, ა. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე, გ. ახვლედიანი. დაღბმული სიმძლავრის განსაზღვრა ნამახვანჭმის მაბალითზე საბაზრო ეკონომიკის პირობებში	84

გ. ახვლედიანი. ხეობის ფერდის მდებარეობის საკითხები საღაწნო ბვირების არსებობისას	93
თ. მოსეშვილი, ნ. მეფარიშვილი. ტექსტილური ბოჭკოების ბამოყენება სამშენებლო მასალებში	99
კ. ქოქიაური, ბ. ქოქიაური, შ. მესტერიშვილი. აღამიანის გაბუღვის მიზეზი - ბუნებრივი გაზი თუ უჟანგბადობა.....	105

აბრარული მეცნიერებები

მ. ცინცაძე, ნ. ორჯანელი, ნ. ნატროშვილი. მინერალური საზღოს მნიშვნელობა ცხოველთა კვებაში	109
გ. ცქეიტინიძე, ნ. ნატროშვილი, მ. ცინცაძე. ზოგიერთი ანატომიურ-ფიზიოლოგიური ასპექტი ძაღლის ვეტერინარულ სტომატოლოგიაში	115
ნ. ნატროშვილი, გ. ცქეიტინიძე, მ. ცინცაძე. ზოგიერთი შინაური ცხოველის თვალის მამოძრავებელი აპარატის ანატომიური აგებულება.....	121
ნ. ორჯანელი, მ. ცინცაძე, ნ. ნატროშვილი. ბოცვრის კომბინირებულ საკვებში ხილის ანარჩენის ფქვილის პროცენტული ცვლილება და მისი გავლენა ხორცის ხარისხზე.....	127

CONTENTS

HYDROENGINEERING

L. Gogeliani. HYDRAULICS OF DIFFERENT-DENSITY FLOWS	9
A. Chodro, N. Mokliak. LOW SUBMERGED SPURS, AS A CONSTRUCTION FOR RIVER BANKS DEFENCE FROM WASH-OUT AND IMPROVEMENT OF ECOLOGICAL CONDITION OF WATERCOURSE.....	20
A. Riabenko, O. Galich, D. Poplavski. USE OF DIFFERENTIAL EQUATION FOR THE CALCULATIONS OF WAVY JUMP OF FREE SURFACE.....	36
L. Klimiashvili, G. Soselia, T. Kapanadze, N. Soselia. PECULIARITY OF USING KARST SPRINGS IN WATER-SUPPLY SYSTEM OF MOUNTAINOUS REGIONS.....	45
Ts. Kenkishvili, M. Onezashvili, Kh. Soselia. MODELLING OF WATER-PROVIDING PROCESS OF WATER-SUPPLY SYSTEM ON THE BASIS OF DISTRIBUTION PIEZOMETRIC PRESSURE.....	53
Sh. Gagoshidze, A. Gogoladze, M. Kodua. ABOUT THE ACTION OF LONGITUDINAL WAVES ON BANK SLOPES OF THE SOIL CHANNELS	57
L. Klimiashvili, D. Gurgenidze, I. Inashvili, I. Klimiashvili. DETERMINATION OF PARAMETERS OF DRIP IRRIGATION PIPELINE TAKING INTO ACCOUNT THE CONCENTRATION OF FLOW	62
A. Sakvarelidze, N. Gudushauri, M. Kodua. INFLUENCE OF DEFORMATION VELOCITY ON STRENGTH OF CONCRETE AT DIFFERENT AGES AND DEFORMATION CHARACTERISTICS AT TENSION.....	66
I. Kruashvili, D. Gubeladze, M. Natsvlishvili. THE CALCULATION MODEL FOR DETERMINING SEEPAGE FLOW IN THE TRAPEZOIDAL CHANNEL.....	70
I. Kruashvili, I. Inashvili, E. Kukhalashvili, K. Bziava. IMPACT OF WATER MIGRATION AND SOIL CHARACTERISTICS ON THE IRRIGATION MODE	79
N. Kodua, A. Akhvlediani, A. Gogiladze, G. Akhvlediani. DETERMINATION OF MAXIMUM LOAD CAPACITY INSTALLED ON THE EXAMPLE OF NAMAKHVANI HPP UNDER THE MARKET ECONOMY CONDITION.....	84
G. Akhvlediani. STABILITY PROBLEMS OF SLOPE GORGE INCLUDING PRESSURE TUNNEL	93

T. Moseshvili, N. Meparishvili. APPLICATION OF TEXTILE FIBRES IN BUILDING MATRICES.....	99
K. Kokiauri, B. Kokiauri, Sh. Mestvirishvili. THE REASON OF HUMAN SUFFOCATION – NATURAL GAS, OR NON-OXYGENATION	105

AGRARIAN SCIENCES

M. tsintsadze, N.Orjaneli, N. Natroshvili. THE IMPORTANCE OF MINERAL NUTRITION IN ANIMALS FEEDING.....	109
G. Tskvitinidze N. Natroshvili M. Tsintsadze. SOME ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS IN VETERINARY STOMATOLOGY OF DOG.....	115
N. Natroshvili, G. Tskvitinidze, M.Tsintsadze. ANATOMICAL STRUCTURE OF THE OCULOMOTOR APPARATUS OF SOME ANIMALS.....	121
N. Orjaneli, M. Tsintsadze, N. Natroshvili. THE PERCENTAGE CHANGE OF FLOUR REMAINS POWDER IN COMBINED FOOD OF RABBIT AND ITS IMPACT ON MEAT QUALITY	127

СОДЕРЖАНИЕ

ГИДРОИНЖЕНЕРИЯ

Л.Д. Гогелиани. ВОПРОСЫ ГИДРАВЛИКИ ДВУХ РАЗНОПЛОТНОСТНЫХ ПОТОКОВ.....	9
А.Е. Щодро, Н.Н. Мокляк. НИЗКИЕ ЗАТАПЛИВАЕМЫЕ ПОЛУЗАПРУДЫ КАК СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕРЕГОВ ОТ РАЗМЫВА И УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОТОКОВ.....	20
А.А. Рябенко, О.А. Галич, Д.М. Поплавский. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПРОФИЛЯ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛНИСТОГО ПРЫЖКА	36
Л.Д. Климиашвили, Г.А. Соселия, Т.К. Капанадзе, Н.К. Соселия. ОСОБЕННОСТИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КАРСТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ВЫСОКОГОРНЫХ РЕГИОНАХ	45
Ц.В. Кенкишвили, М.Р. Онезашвили, Х.Р. Соселия. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ	53
Ш.Н. Гагошидзе, А.В. Гоголадзе, М.А. Кодуа. ПРОДОЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В КАНАЛАХ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БЕРЕГОВЫЕ ОТКОСЫ.....	57
Л.Д. Климиашвили, Д.Р. Гургенидзе, И.Ф. Инашвили, И.Л. Климиашвили. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДА СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ С УЧЕТОМ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОТОКА	62
А.В. Сакварелидзе, Н.А. Гудушаури, М.А. Кодуа. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ПРОЧНОСТЬ, ДЕФОРМАЦИЯ, МОДУЛЬ УПРУГОСТИ) БЕТОНА РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ	66
И.Г. Круашвили, Д.О. Губеладзе, М.Н. Нацвлишвили. РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАСХОДА КАНАЛА С ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫМ СЕЧЕНИЕМ	70
И.Г. Круашвили, И.Ф. Инашвили, Э.Г. Кухалашвили, К.Г. Бзиава. ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИИ ВОДЫ И ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВЫ НА РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ.....	79

Н.Д. Кодуа, А.В. Ахвледиани, А.Ш. Гоголадзе, Г.А. Ахвледиани. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ НА ПРИМЕРЕ НАМАХВАНИГЭС В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ	84
Г.А. Ахвледиани. ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ УЩЕЛЬЯ ПРИ НАЛИЧИИ НАПОРНЫХ ТУННЕЛЕЙ.....	93
Т.В. Мосешвили, Н.М. Мепаришвили. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТРИЦАХ.....	99
К.Н. Кокиаури, Б.Н. Кокиаури, Ш.А. Мествиришвили. ПРИЧИНА УДУШЬЯ ЧЕЛОВЕКА – ПРИРОДНЫЙ ГАЗ ИЛИ БЕСКИСЛОРОДНОСТЬ	105

АГРАРНЫЕ НАУКИ

М.А. Цинцадзе, Н.М. Орджанели, Н.Н. Натрошвили. ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ.....	109
Г.А. Цквитинидзе, Н.Н. Натрошвили, М.А. Цинцадзе. НЕКОТОРЫЕ АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ВЕТЕРИНАРНОЙ СТОМАТОЛОГИИ У СОБАК	115
Н.Н. Натрошвили, Г.А. Цквитинидзе, М.А. Цинцадзе. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НЕКОТОРЫХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ	121
Н.М. Орджанели, М.А. Цинцадзе, Н.Н. Натрошвили. ПРОЦЕНТНОЕ СООТНОШЕНИЕ МУКИ ИЗ ФРУКТОВЫХ ОСТАТКОВ В КОМБИНИРОВАННОМ ПИТАНИИ КРОЛИКОВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО МЯСА	127

ჰიდროინჟინერია

УДК 627.841

HYDRAULICS OF DIFFERENT-DENSITY FLOWS

L. Gogeliani

(Georgian Technical University)

Resume: *On the basis of hydrodynamic approach there are constructed systems of equations for two-component flows having different densities. There is studied stability of separable surface. There is given the systems of one-dimensional hydraulic equations.*

Key words: *different density flows; hydrodynamics.*

1. INTRODUCTION

The basis of the hydraulics of flows with different densities are, as known, equations of hydrodynamics. For flows separated by the contact discontinuity surface and superposed or for two flows having different densities in the plan, equations of hydrodynamics are written separately and their interaction is expressed by an equality of pressures, or normal stresses on the contact discontinuity surface.

For the hydraulics of flows with different densities with a continuous density change in the depth, the theoretical basis is an equation of hydrodynamics of two-component flows.

Depending on a direction of the main (prevailing) motion, equations of the hydraulics of flows with different densities are usually written for horizontal flows moving mainly on the hard surface, with not very steep slopes and for vertical flows running down the vertical surface or propagating in the form of jet flows, or torches in a medium, with different density.

Boundary hard surfaces for flows with different densities play a no less important role, than for flows with uniform density. Hence, the resulting one-dimensional equations (equations of the hydraulics of flows of different densities) for quasi-horizontal, quasi-vertical, jet or torch-like flows differ essentially from one another. The initial equations for them are the equations of hydrodynam-

ics, which, when written in co-ordinate terms, differ in form depending on whether they are taken in the Cartesian system (usually for plane and quasi-horizontal flows), or in the cylindrical system, say, for jet flows (certainly, we mean round jets).

Since in what follows we consider the hydraulics of flows with different densities, which are both quasi-horizontal and jet (mainly quasi-vertical) flows and as well as flows with continuously changing density (i.e., without a clearly pronounced interface boundary) and for each of these classes hydraulic equations are derived from equations of hydrodynamics, in this chapter we do not focus on those forms of equations, which will be used below in solving individual concrete problem.

In view of the fact, that in hydraulic engineering and the hydraulics of flows with different densities we most frequently have to deal with quasi-horizontal flows, it is for this class of flows, that we substantiate the significance of hydrodynamic equations, as a theoretical basis of the hydraulics of flows, with different densities.

2. THE BODY OF THE ARTICLE

2.1. EQUATIONS OF HYDRODYNAMICS OF TWO DIFFERENT-DENSITY FLOWS AND THE DYNAMIC CONDITIONS OF THEIR CONTACT INTERACTION

Hydrodynamic equations of two different-density flows separated by the horizontal surface of contact discontinuity, above which is the flow with density ρ_* , velocity u_* , thickness (depth) h_* and below is the flow with density $\rho > \rho_*$, velocity u and thickness h were for the first time described in approximation to an ideal fluid by Helmholtz and somewhat later and independently, by Kelvin. Both used them for the analysis of the stability of the interface between the upper and the lower flow.

Their studies, in all fairness considered classical, formed the basis of many applied works in the areas of dynamic meteorology, oceanology, heat transfer.

Subsequently, there appeared the series of theoretical studies, which dealt with analogous problems but in a more complicated formulation. These in particular were problems for two-layer different-density flows with a free surface of the upper layer of a dropping fluid, three-layer flows, two and three-layer non-colinear flows, flows with variable density at the height of every upper and lower layer and so on. The hydrodynamics of such flows is widely covered in the literature and there is no need to list them as our aim is to focus on the peculiar properties of hydrodynamic equations used for different-density flows.

We consider the quasi-horizontal stream of two different-density flows with an interface also close the quasi-horizontal configuration. The upper flow has practically constant thickness h_* , den-

sity p_* and velocity u ; the lower layer also has almost constant thickness H , density p_* and velocity v ; note that $p > p_*$.

It is assumed, that of all mass forces the flows are subjected to the action of gravity only and the densities ρ and ρ_* are constant.

We write the hydrodynamic equations for each flow separately, assuming, that both of them are incompressible and have no temperature gradients.

Then for the upper flow we have

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = g_i - \frac{1}{\rho_*} \frac{\partial p_*}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\nu_* \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right]; \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0, \quad (2)$$

where p_* is hydrodynamic pressure g is the gravity projection on the i -th co-ordinate axis; ν_* is the virtual viscosity coefficient (i.e. motion can be turbulent and then ν_* is the turbulent viscosity coefficient in case of turbulent flows, $\bar{u}$ is an averaged velocity).

For the lower flow we analogously have

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{\partial v_i v_j}{\partial x_j} = g_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\nu \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \right]; \quad (3)$$

$$\frac{\partial v_j}{\partial x_j} = 0, \quad (4)$$

where all hydrodynamic characteristics have the same meaning as in the preceding system.

In systems (1)-(2) and (3)-(4) we have used the so-called “dummy form of tensor notation” of hydrodynamic equations so that the summation indexes in dynamic equations are meant whenever there is double indexation and with respect to the second index.

In such notation, the above systems look as though they are completely autonomous. But in fact this is not so, because the following condition must be fulfilled on the interface

$$p_k - p_{*k} = (\rho - \rho_*) g^\zeta, \quad (5)$$

where ζ is the shift of the interface ordinate from the equilibrium position and

$$p_k = p + \frac{\partial}{\partial x_k} \left(2\nu \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) - \quad (6)$$

are normal stress components on the interface boundary.

In most cases, normal stresses can be neglected (if only the contact surface is not a discontinuity surface of second kind). Then a dynamic equation, that joins the upper and the lower flow takes a simpler (purely algebraic) form

$$p - p^* = (\rho - \rho^*)g\zeta. \quad (7)$$

Systems (1)-(2) and (3)-(4) are closed if the value ζ is somehow related to the dynamic characteristics of one of the layers of two different-density flows.

This difficulty however does not arise in estimating the interface stability, because there is no need to define the ordinate ζ which is not any longer present in the disturbance frequency equation for waves propagating on the discontinuity surface.

In the general case, systems (1)-(2) and (3)-(4) together with condition (7) or its variety are not yet closed. This nevertheless does not derogate their importance, when we consider at least two fundamental problems of the hydrodynamics of different-density flows, one problem is connected with the interface stability and the other with the use of these systems with the aim of obtaining one-dimensional hydraulic equations of different-density flows for the solution of quite a number of applied engineering problems.

The kinematic conditions on solid boundaries have the obvious meaning – normal as well as tangential components of the velocity on them must be equal to zero. However, a kinematic condition on the interface makes it necessary to express vertical velocity components in terms of interface shift, i.e. if z is the vertical axis, then

$$u_z|_{z=\zeta} = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + u_{x\zeta} \frac{\partial \zeta}{\partial x} + u_{y\zeta} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \quad (8)$$

and

$$v_z|_{z=\zeta} = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + v_{x\zeta} \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v_{y\zeta} \frac{\partial \zeta}{\partial y}, \quad (9)$$

where the values marked by the symbols $u_{x\zeta}$ and $u_{y\zeta}$ denote the longitudinal and horizontal cross components of velocities, while the index ζ means, that the components belong to the interface.

In the general case, because of mathematical difficulties it is impossible to obtain a solution of systems (1)-(2) and (3)-(4) in analytical form.

Even in the case of approximation to the ideal fluid, when the viscosity values ν can be neglected, these equations cannot be solved analytically, in despite of their essentially simplified general form. However, for many important applied problems, the solution of equations of two different-density flows of the ideal fluid turns out possible, for example, for the motion of two different-density flows, when periodic waves propagate on the interface. In addition to the practical value

(the theory of wave motion in rivers, seas, atmosphere), this problem also has theoretical importance since its solution enables us to form a judgment about the hydrodynamic stability of different-density flows with an interface.

Below we consider a problem of this kind and wish to accentuate the fact, that according to Hadamar's principle the stability condition together with the solution existence and uniqueness conditions is the fundamental prerequisite for correct solution of problems of mathematical physics.

2.2. STABILITY OF SURFACE SECTION OF TWO DIFFERENT-DENSITY FLOWS

This problem is formulated in conformity with the work [2], that generalizes to a certain extent the previously obtained results in the sense, that wave disturbances superposed on two-dimensional undisturbed motions of both the upper and the lower flow of different density are assumed to be three-dimensional.

Following [2], we will give an interpretation of the initial data, that somewhat differs from the interpretation, adopted in that work and omit the details of computation, since they will be covered in the sequel, when considering the stability from the standpoint of application – derivation of an aeration criterion of a rapid stream on rapid flows.

In particular we will consider the motion of two longitudinal - uniform different-density flows of a real fluid with densities ρ_* (upper fluid) and ρ .

Longitudinal uniform undisturbed motion means the absence of inertial forces and for a plane flow such motion takes place only when the gravity components are balanced by the turbulent (or viscous) friction components.

Therefore the initial undisturbed motion of these layers are described by the relations

$$g \sin \psi - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}_*}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial z} \right) = 0 ; \quad (10)$$

$$g \cos \psi - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}_*}{\partial z} = 0 ; \quad (11)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_x}{\partial x} = 0 \quad (12)$$

for the upper flow and by analogous relations for the lower flow.

In this system $\sin \psi = i_0$ is the bottom and interface slope in the undisturbed state, and ψ is the angle of bottom slope to the horizon.

Suppose, there arises disturbance in the flows and disturbed motion is then described by a complete system of hydro mechanical equations (1)-(2) for the upper flow and (3-4) for the lower

flow. Hence disturbed motion is three-dimensional non-stationary motion. Let the disturbed motion components be the sum of undisturbed motion components and disturbance components

$$\mathbf{u}_j = \bar{\mathbf{u}}_j + \tilde{\mathbf{u}}_j ; \quad \mathbf{p}_* = \bar{\mathbf{p}}_* + \tilde{\mathbf{p}}_* \quad (13)$$

for the upper fluid and

$$\mathbf{v}_j = \bar{\mathbf{v}}_j + \tilde{\mathbf{v}}_j ; \quad \mathbf{p} = \bar{\mathbf{p}} + \tilde{\mathbf{p}} \quad (14)$$

for the lower fluid.

It is obvious that $\bar{\mathbf{u}}_j$ and $\bar{\mathbf{v}}_j$ have only longitudinal components (i.e., $\bar{\mathbf{u}}_y = \bar{\mathbf{u}}_z = \mathbf{0}$ and $\bar{\mathbf{v}}_y = \bar{\mathbf{v}}_z = \mathbf{0}$).

Let us now substitute (13) and (14) into systems (1)-(2) and (3)-(4) and linearize them assuming for the sake of simplicity, that hydrodynamic resistance forces are small and can be neglected. This leads (with (10)-(12) taken into account) to the system

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\mathbf{u}}_x}{\partial t} + \bar{\mathbf{u}}_x \frac{\partial \tilde{\mathbf{u}}_x}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho_*} \frac{\partial \tilde{\mathbf{p}}_*}{\partial x} ; \\ \frac{\partial \bar{\mathbf{u}}_y}{\partial t} + \bar{\mathbf{u}}_x \frac{\partial \tilde{\mathbf{u}}_y}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho_*} \frac{\partial \tilde{\mathbf{p}}_*}{\partial y} ; \\ \frac{\partial \bar{\mathbf{u}}_z}{\partial t} + \bar{\mathbf{u}}_x \frac{\partial \tilde{\mathbf{u}}_z}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho_*} \frac{\partial \tilde{\mathbf{p}}_*}{\partial z} ; \\ \frac{\partial \tilde{\mathbf{u}}_x}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{\mathbf{u}}_y}{\partial y} + \frac{\partial \tilde{\mathbf{u}}_z}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

for the upper flow and then analogous system for the lower flow.

Moreover, for the interface we have the relations

$$\tilde{\mathbf{u}}_z = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \bar{\mathbf{u}}_x \frac{\partial \zeta}{\partial x} ; \quad (16)$$

$$\tilde{\mathbf{v}}_z = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \bar{\mathbf{v}}_x \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad (17)$$

and the impermeability conditions $\tilde{\mathbf{u}}_z = \mathbf{0}$ for $z = -h$ (h_* is the upper flow thickness) and $\tilde{\mathbf{v}}_z = \mathbf{0}$ for $z=h$ (h is the lower flow thickness).

The dynamic condition on interface (7) yields

$$\tilde{\mathbf{p}} - \tilde{\mathbf{p}}_* = g(\rho_* - \rho) \zeta. \quad (18)$$

There is assumed, that the disturbance components of the upper and lower flows are purely periodic along the x - and y -axes, but with respect to time they may have an increasing amplitude (instability) and then a solution is sought in the form

$$\tilde{\mathbf{u}}_x = \alpha(z) e^{i(\sigma t - k_x x)} \cos k_y y ; \quad (19)$$

$$\tilde{u}_y = \beta(z)e^{i(\sigma t - k_x x)} \sin k_y y ; \quad (20)$$

$$\tilde{u}_z = \gamma(z)e^{i(\sigma t - k_x x)} \cos k_y y ; \quad (21)$$

$$\tilde{p}_* = \delta(z)e^{i(\sigma t - k_x x)} \cos k_y y ; \quad (22)$$

$$\zeta = ae^{i(\sigma t - k_x x)} \cos k_y y . \quad (23)$$

In (19)-(23), k_x and k_y are the wave numbers $k_x = \frac{2\pi}{\lambda_x}$; $k_y = \frac{2\pi}{\lambda_y}$, where λ_x and λ_y are the

linear dimensions of wave disturbances in the direction of x and y , which are real; σ is the frequency

which can be complex.

In that case there arises instability since one of the complex frequency roots when multiplied by $i = \sqrt{-1}$ gives the positive sign in the exponent containing the time t as a multiplier and as the latter increases the wave disturbance amplitudes $\alpha(z)$; $\beta(z)$; $\gamma(z)$ and $\delta(z)$, as well as the interface disturbance ordinate will exponential grow (i.e., the disturbed motion will more and more differ from the undisturbed one). This indicates instability, i.e. that the main undisturbed motion is unrealizable.

The substitution of disturbance components into (15), (16)-(18) and the analogous equations for the lower flow gives (after solving the respective linear equations and defining the integration constants because of the conditions on the impermeable surfaces)

$$\begin{aligned} \tilde{u}_x &= -\frac{k_x}{k} \frac{a(\sigma - k_x \bar{u})}{shkh_*} chk(h_* - z) \cos(\sigma t - k_x x) \cos k_y y ; \\ \tilde{u}_y &= \frac{k_y}{k} \frac{a(\sigma - k_x \bar{u})}{shkh_*} chk(h_* - z) \sin(\sigma t - k_x x) \sin k_y y ; \\ \tilde{u}_z &= \frac{a(\sigma - k_x \bar{u})}{shkh_*} chk(h_* - z) \sin(\sigma t - k_x x) \cos k_y y ; \\ \tilde{p}_* &= -\rho \frac{a(\sigma - k_x \bar{u})}{kshkh_*} chk(h_* - z) \cos(\sigma t - k_x x) \cos k_y y \end{aligned} \quad (24)$$

for the upper flow, and

$$\begin{aligned} \tilde{v}_x &= \frac{k_x}{k} \frac{a(\sigma - k_x \bar{u})}{shkh} chk(z + h) \cos(\sigma t - k_x x) \cos k_y y ; \\ \tilde{v}_y &= \frac{k_y}{y} \frac{a(\sigma - k_x \bar{u})}{shkh} chk(z + h) \sin(\sigma t - k_x x) \sin k_y y ; \\ \tilde{v}_z &= -\frac{a(\sigma - k_x \bar{u})}{shkh} chk(z + h) \sin(\sigma t - k_x x) \cos k_y y ; \end{aligned}$$

$$\tilde{p} = \rho \frac{a(\sigma - k_x \bar{u})}{shkh} chk(z+h) \cos(\sigma t - k_x x) \cos k_y y \quad (25)$$

for the lower flow

For the ordinate of free surface ζ we obtain

$$\zeta = a \cos(\sigma t - k_x x) \cos k_y y, \quad (26)$$

and for the frequency σ -

$$\rho_* (\sigma - k_x \bar{u}_x)^2 cthKh_* + \rho (\sigma - k_x \bar{u}_x)^2 cthkh = (\rho - \rho_*) gk, \quad (27)$$

where $k^2 = k_x^2 + k_y^2$, and a is the wave disturbance amplitude on the interface surface.

The phase velocity of wave disturbance propagation on the interface is

$$c = \frac{\sigma}{k_x}.$$

For it, from (27) we have

$$c = \frac{\rho \bar{v}_x \alpha + \rho_* \bar{u}_x \alpha_*}{\rho \alpha + \rho_* \alpha_*} \pm \sqrt{\frac{\rho - \rho_*}{\alpha \rho + \alpha_* \rho_*} \frac{gk}{k_x^2} - \rho \rho_* \alpha \alpha_* \left(\frac{\bar{u}_x - \bar{v}_x}{\alpha \rho + \alpha_* \rho_*} \right)^2} \quad (28)$$

where $\alpha = cthkh$; $\alpha_* = cthkh_*$.

It is easy to see, that instability occurs if

$$\frac{\rho - \rho_*}{\alpha \rho + \alpha_* \rho_*} \frac{gk}{k_x^2} \leq \rho \rho_* \alpha \alpha_* \left(\frac{\bar{u}_x - \bar{v}_x}{\alpha \rho + \alpha_* \rho_*} \right). \quad (29)$$

For the bounded width of the flow B , the impermeability condition of the lateral surfaces requires, that $\tilde{u}_y$ and $\tilde{v}_y$ be equal to zero for $y = \pm \frac{B}{2}$.

In order, that this condition be satisfied, by (24) and (25) it is necessary, that

$$k_y y \Big|_{y=\pm \frac{B}{2}} = m\pi, \quad (m = 1, 2, 3, \dots).$$

Therefore a stationary wave system can propagate only if

$$\lambda_y = \frac{B}{m}, \quad (30)$$

i.e. wave crest lengths must be multiples of the width of the flows.

Criterion (29) is a certain generalization of the Helmholtz-Kelvin criterion and transforms to the latter for $k_y = 0$, i.e. $\lambda_y \rightarrow \infty$. In that case, $k_x = k$ for large depths too and when α and α_* are equal to unity, (29) takes its original form

$$(\bar{u}_x - \bar{v}_x)^2 > \frac{g}{k} \frac{\rho^2 - \rho_*^2}{\rho \rho_*}. \quad (31)$$

Let us consider a characteristic equation, which in our case, following Acad. N. E. Kochin, we write in the form

$$\rho_*(\sigma - ku)^4 + \rho(\sigma - ku)^2(\sigma - kv)^2\alpha\alpha_* - \rho g k \alpha_*(\sigma - ku)^2 - \rho g k \alpha(\sigma - kv)^2 + (\rho - \rho_*)g^2 k^2 = 0. \quad (32)$$

N.E.Kochin showed, that for $\alpha_* = \text{cthk}h_* = 1$ (this corresponds to a large depth of the upper flow relative to wave disturbances both on the interface and on a free surface) equation (32) splits into two equations

$$(\sigma - ku)^2 - gk = 0; \quad (33)$$

$$\rho_*(\sigma - ku)^2 + \rho(\sigma - kv)^2\alpha - (\rho - \rho_*)gk = 0. \quad (34)$$

As we see, equation (33) does not contain the difference of densities and the value σ defined by this equation corresponds to waves propagating on a free surface of the upper flow

$$\sigma_{1,2} = ku \pm \sqrt{gk}; \quad (35)$$

whereas, according to (34),

$$\sigma = \frac{\rho_* u + \rho \alpha v}{\rho_* + \rho \alpha} k \pm \sqrt{\frac{(\rho - \rho_*)gk}{(\rho_* + \alpha\rho)} - \frac{\rho\rho_*\alpha(u - v)^2 k^2}{(\rho_* + \rho \alpha)^2}} \quad (36)$$

and corresponds to the waves propagating on the interface.

From (36) we obtain the instability criterion

$$(u - v)^2 > \frac{g}{k} \frac{(\rho - \rho_*)}{\rho\rho_*\alpha} (\rho_* + \rho\alpha) \quad (37)$$

coinciding with the Helmholtz-Kelvin criterion for $\alpha=1$. For $\alpha \neq 1$, i.e., for a finite thickness of the upper flow, equation (32) being of fourth order is not solvable and we meet with an insurmountable difficulty in defining the complexity condition for the frequency σ .

For this general case, relation (32) can be represented in the form [5]

$$A_4\sigma^4 + A_3\sigma^3 + A_2\sigma^2 + A_1\sigma + A_0 = 0, \quad (38)$$

where

$$\begin{aligned} A_0 &= (\rho - \rho_*)g^2 k^2 - \rho g x^3(\alpha v^2 + \alpha_* u^2) + \rho_* k^4 u^4 + \alpha \alpha_* \rho k^4 u^2 v^2; \\ A_1 &= -4k^3 \rho_* u^3 - 2k^3 uv(u+v) \alpha \alpha_* \rho + 2\rho g k^2(\alpha v + \alpha_* v); \\ A_2 &= \sigma k^2 \rho_* u^2 + k^2 \alpha \alpha_* \rho (u^2 + v^2 + 4uv) - g\rho k(\alpha + \alpha_*); \\ A_3 &= -4k\rho_* u - 2k\alpha \alpha_* \rho (u+v); \\ A_4 &= \rho \alpha \alpha_* + \rho_*. \end{aligned} \quad (39)$$

Let us estimate the radicals from (36).

For the upper values we can do with the equation

$$A_4\sigma^4 + A_3\sigma^3 + A_2\sigma^2 = 0, \quad (40)$$

or

$$A_4\sigma^2 + A_3\sigma + A_2 = 0. \quad (41)$$

It is not difficult to see, that this equation does not contain the value A_0 , which defines the stabilizing action of gravity and contains $((\rho - \rho^*)g^2k^2)$.

Hence it follows, that equation (4) corresponds to the waves propagating on a free surface and their stability is not in any way connected with the stabilizing effect of gravity.

We write

$$A_2\sigma^2 + A_1\sigma + A_0 = 0, \quad (42)$$

whence we define

$$\sigma_{1,2} = -\frac{A_1}{2A_2} \pm \sqrt{\frac{A_1^2}{4A_2^2} - \frac{A_0}{A_2}}. \quad (43)$$

Hence we conclude, that for the stability to be real-valued, it is necessary that the condition

$$A_1^2 > 4A_0A_2. \quad (44)$$

Since the left-hand side is positive in both cases and the stabilizing effect of gravity for $\rho > \rho^*$ must provide stability for small flow velocities, it is obvious, that inequality (44) is the necessary condition for the interface stability since for $A_0 > 0$ and $A_2 < 0$ or, vice versa, for $A_0 < 0$ and $A_2 > 0$ it is a priori fulfilled.

From (41) we can also define an analogous stability criterion to (44), namely:

$$\frac{A_3^2}{4A_4^2} > \frac{A_2}{A_4} \quad \text{or} \quad A_3^2 > 4A_2A_4. \quad (45)$$

On dividing (44) by (45), we obtain

$$\frac{A_1^2}{A_3^2} > \frac{A_0}{A_4}, \quad (46)$$

or

$$A_0 < \frac{A_1^2}{A_3^2} A_4. \quad (47)$$

In [5], as has already been mentioned, it was proved on the basis of Descartes' theorem, that in the case of pre critical regime of the upper flow the condition

$$A_0 > 0 \quad (48)$$

is a sufficient stability condition.

It is not difficult to see, that condition (47) imposes an additional restriction on inequality (48), This suggests an idea, that instability may occur for large values of A_0 and in particular for values larger, than the left-hand part of (47). This issue, as it seems to us, deserves a special investigation involving either a numerical or a physical experiment. However such kind of studies have not been thus far carried out.

Despite the fact, that relation (47) is an approximate one, this does not give us the grounds to regard condition (48) as inconsistent.

3. CONCLUSION

Thus, using the hydrodynamic approach to two superposed flows of fluid, or which is the same, the models of two-layer flow with different-densities changing stepwise at a certain depth, we constructed hydrodynamic systems of equations, studied the stability of their interface and finally illustrated the construction of one-dimensional hydraulic equations on the basis of initial hydrodynamic relations.

REFERENCES

1. Войнич-Сяноженцкий Т.Г. Проблемы устойчивости течения реальной жидкости в каналах конечной глубины//Известия ТНЦГЭИ. Т.1. М.,1968.
2. Войнич-Сяноженцкий Т.Г. Гидравлика устьевых участков рек и взморий бесприливных морей // Труды ЗапНИГМИ, 46(52). Л.:ГИМИЗ, 1989.
3. Laurence Army. The hydraulics of two flowing layers with different densities .Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California,1995.
4. Mackenzie L.Davis, David A.Cornwell. Environmental Engineering. McGRAW.Hill International Edition.2008.
5. LAI, K. K. & WOOD, I. R. A two-layer flow through a contraction. J. Hyd. Res. IAHR 13, 1085. Чугаев Р.Р. Гидравлика. М.-Л.:Энергоиздат, 1984.
6. Картвелишвили Н.А. Неустановившиеся открытые потоки. Л.:ГИМИЗ, 1968.
7. Штеренлихт В.В. Гидравлика. М.: Энергоиздат, 1984.

УДК 556.537:532

НИЗКИЕ ЗАТАПЛИВАЕМЫЕ ПОЛУЗАПРУДЫ КАК СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕРЕГОВ ОТ РАЗМЫВА И УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОТОКОВ

А.Е. Щодро, Н.Н. Мокляк

Резюме: Рассмотрено применение затапливаемых полузапруд как сооружений, которые интенсифицируют вторичные течения и массообмен во всем потоке и активно способствуют переносу наносов к берегу и повышению самоочищающейся способности рек. Даются описание методики и некоторые результаты исследования гидравлической структуры возле таких сооружений. Представлены предложения по использованию затапливаемых полузапруд для указанных целей.

Ключевые слова: паводки; полузапруды; массообмен; методика экспериментальных исследований.

1. ВВЕДЕНИЕ

Актуальной является проблема местного размыва берегов рек. Именно паводки, которые в горных регионах все учащаются, приносят огромный ущерб. Размывы являются причиной разрушения большинства объектов берегоукрепления и других сооружений.

Экологическое состояние средних и малых рек во всех природных зонах также вызывает сегодня большую тревогу, многие из них исчезли с карты нашей страны. Загрязнение речных экосистем приводит к их деградации, поэтому проблема сохранения и оздоровления малых и средних рек является одной из самых острых.

Известно, что защиты берегов от размыва, а также улучшения экологического состояния рек можно достичь путем применения дешевых и технологичных низких затапливаемых

полузапруд [1-4]. Именно эти сооружения, будучи косо расположены относительно набегающего потока, вызывают ряд полезных гидравлических эффектов – возникновение циркуляции в потоке и местного интенсивного винтообразного течения. При направлении полузапруд под углом против потока (рис 1, 2.а) наносы двигаются к берегу и, откладываясь у него, защищают его от размыва. При противоположном направлении, по потоку активнее проявляются водосмесительные свойства сооружения (рис 2, б).

Полузапруды, буны, донные пороги, струенаправляющие щиты, шпоры и другие аналогичные сооружения широко используются в гидротехнической практике. Сооружения такого типа используются как для защиты берегов от размыва, так и для повышения лесосплавных возможностей рек, для нужд судоходства и регулирования движения наносов, а также и в некоторых других случаях.

Вопросам гидравлики потока в искусственно сжатых руслах посвящено большое количество теоретических и экспериментальных исследований. Эти исследования содержат предложения по вопросам определения плановых и вертикальных параметров потока, стесненного сооружением, расчета скоростного режима, вопросам перераспределения



Рис. 1. Защита берега низкими затапливаемыми полузапрудами у с. Добровляны на р. Ломница. Видно занесение межполузапрудных пространств наносами

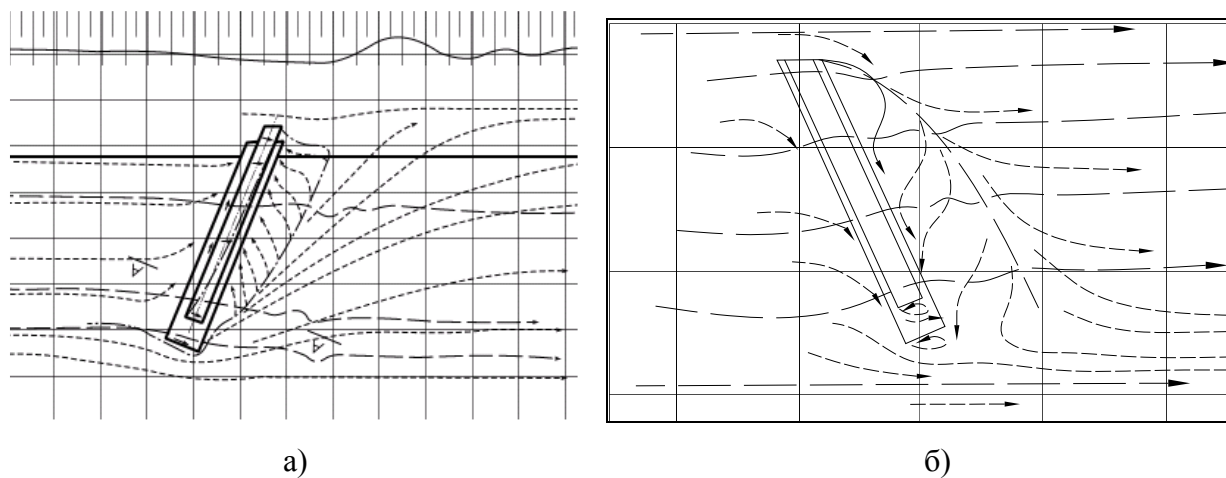


Рис.2 . Схема донных и поверхностных течений за косорасположенными полузапрудами.
(по данным эксперимента. Пунктирные линии со стрелками – траектории придонных струй):
а) – полузапруда установлена против течения, б) – по течению. Относительная высота
сооружения - 0, 25.

расходов воды по сечению речного потока при воздействии на него затопливаемых полузапруд, а также вопросы формирования отрывной зоны за ними. Гидравлические явления при обтекании полузапруды и аналогичных сооружений в потоке изучали: Лосиевский А.И., Розовский И.Л., Баланин В.В., Селезнев В.Н., Кириенко И.И., Победоносцев А.И., Штеренлихт Д.В., Силантьев Б.А., Берглезова С.М., Бондаренко В.С., Фидман Б.А., Ржаницын Н.А., Шинкарук Л. А, Шуминский В.Д. Россинский К. И. и др.

Указанные авторы отмечали особую роль отрывных, пространственных винтовых течений в массообмене, переносе наносов, примесей и активизации биохимических процессов в реке. Причем основным фактором, который обуславливает физическое самоочищение водотоков и является определяющим для химического и биологических процессов, является **массообмен** [3-5].

Несмотря на большой опыт использования полузапруд в гидротехнической практике, работ, поставленных в аспекте прямого использования подводных полузапруд для защиты берегов рек и улучшения массообменных характеристик потока не достаточно. С другой стороны, есть ряд работ, в которых освещаются другие аспекты применения таких сооружений, которые позволяют сделать вывод о формировании достаточно мощного поперечного потока при косом расположении низких полузапруд. Именно такие сооружения инициируют вторичные течения как в непосредственной близости сооружения, так и на

значительном расстоянии от него. Их применение для управления потоками наносов связано именно с такими их свойствами.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Применение полузапруд в контексте нашего исследования может быть оправданным *исходя из следующих преимуществ этих сооружений:*

- для инициации вторичных течений и улучшения массообменных характеристик используется *внутренняя энергия потока*;
- воздействие на поток самой полузапруды достаточно *мягкое и не вызывает существенных размывов и преобразований русла*;
- за сооружением образуется отрывное течение с *высокой интенсивностью турбулентности* и массообмена, как и требуется в контексте цели установки этих сооружений;
- реальна минимизация стоимости сооружений за счет использования *простых и дешевых* конструкций полузапруд, использования местных материалов, сборных конструкций, и т.п.;
- эксплуатация данных сооружений не требует значительных трудозатрат.

Экологическое применение такого типа сооружений также решает следующие *важные задачи:*

- *начального разбавления сточных вод при их выпуске в водоток*;
- *аэрации потока*;
- *регулирования движения донных и взвешенных наносов*;
- *локального и систематического сжатия потока*;
- *защиты русла от размывов и его стабилизация*;
- *увеличение проточности реки и др.*

Благодаря массообмену, в водотоке происходит его дестратификация, аэрация, усиливается разбавление растворенных и взвешенных веществ, выравниваются температурные поля, ускоряется разложение загрязняющих веществ за счет окислительно-восстановительных реакций, переносятся питательные вещества и кислород к живым организмам и отводятся от них продукты жизнедеятельности.

В соответствии с целью исследований, сформулированной выше, основными задачами **экспериментальной части** стало исследование закономерностей формирования структуры потока за косорасположенной полузапрудой и оценка характера массообменных процессов.

Экспериментальные исследования проводились в зеркальном лотке на неразмываемой модели (рис. 3, 4). Масштаб модели составлял примерно 1:30. Уровни воды измерялись с помощью шпигенмасштаба. Скорости измерялись микровертушкой Х -6. Проводилась фото- и видеосъемка. Траектории донных и поверхностных струй исследовались с помощью поверхностных и донных полистирольных поплавков и фиксировались зарисовками в журнале исследований. Отдельные массообменные характеристики (ширина факела рассеивания – потока, который выходит из вальцевой зоны в транзитный поток и расстояние оси этого потока от берега) исследовались путем введения в поток красителя (водного раствора метиленового синего).

Методика экспериментальных исследований основана на теории гидравлического моделирования по Фрудру. Числа Фруда были значительно меньше 1, скорости потока всегда были такими, которые обеспечивали автомодельный режим по числу Рейнольдса по вязкости. В лотке прямоугольного поперечного сечения были установлены полузапруды длиной, обеспечивающей ограниченное сжатие потока (не более 0,3), и при этом, влияние противоположной стенки лотка на явления у полузапруды не проявлялось.

Рабочий участок лотка был подобран так, чтобы входной участок был достаточным по длине для формирования структуры равномерного течения, выходной участок был достаточным для компенсации влияния регулятора в конце лотка. Расход воды измерялся треугольным водосливом. Глубины регулировались жалюзным затвором.

Экспериментальная часть состояла из трех блоков исследований.

В первом блоке были проведены методические исследования. Выявлен характер общего хода гидродинамических процессов. В ходе методических исследований предварительно оценена эффективность применения берегового отверстия, используемого только в случае водосмесительных полузапруд, устанавливаемых по потоку и стенке препятствия (рис.3, 4). На основе анализа результатов предыдущих исследований определены основные параметры и характеристики, требующие детального изучения.

Задачей **второго блока исследований** было установление рациональных параметров берегового отверстия и расстояния до боковой преграды за сооружением, а также была установлена оптимальная высота и угол планового расположения полузапруды. За определяющую характеристику была принята осредненная скорость вдоль гребня модели сооружения. На

основе полученных результатов были построены графики зависимостей, позволяющие установить оптимальные параметры приведенных элементов для конкретных условий.

Третий блок исследований включал: исследование вспомогательных устройств; оптимизацию выбранной системы нескольких полузапруд с принятыми дополнительными конструктивными элементами. Результаты предыдущих экспериментальных исследований позволили нам выбрать параметр оптимизации и установить основные параметры.

При применении теории планирования эксперимента за **параметр оптимизации** была принята ширина зоны водовыброса за полузапрудой (выход факела). Даная геометрическая характеристика потока позволяет с минимальной погрешностью оценить интенсивность поперечной циркуляции потока и величину сопротивления вторичных течений системой затапливаемых полузапруд.

Так как при планировании экспериментов одновременно изменяются несколько факторов, то к ним предъявляются требования совместимости и независимости. В нашем случае мы выделили следующие варьируемые факторы:

- 1 . Длина сооружения, L ;
- 2 . Высота буны, P ;
- 3 . Угол установки буны, α ;
- 4 . Расстояние между бундой l и подпорной стенкой.

В качестве плана эксперимента принята схема типа 2^{k-1} , $k = 4$. В принятом эксперименте каждое значение параметра оптимизации принималось по двум параллельным опытам. Чтобы исключить влияние систематических погрешностей, была принята случайная последовательность при постановке опытов, запланированных в матрице.



Рис. 3. Фотография лабораторной установки с системой полузапруд.

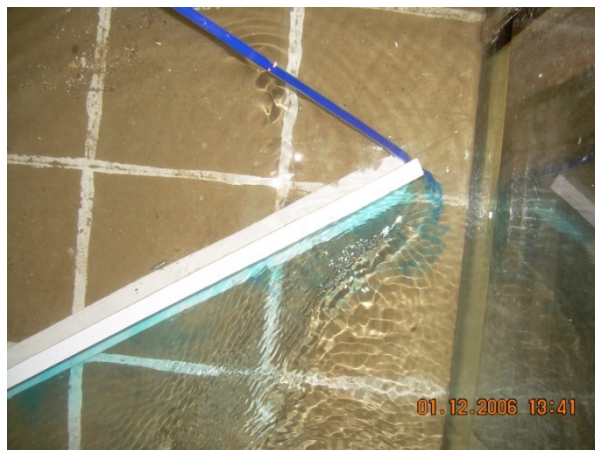


Рис. 4. Фотография втекания потока в пространство за полузапрудой.

Таким образом, результаты экспериментов свидетельствуют, что поток, набегая на полузапруды, резко расширяется за сооружением в пространстве, ограниченном дном, берегами и свободной поверхностью. При этом поток, обтекая полузапруды, отрывается от дна и образует за ней валец с винтообразной внутренней структурой. Он располагается под транзитной струей в придонной области. Транзитная струя, постепенно расширяясь в вертикальной плоскости, на некотором расстоянии от полузапруды достигает дна. В этом месте устанавливается нижняя граница вальцевой зоны.

Имеет место отклонение потока, проходящего над гребнем полузапруды, в поперечном направлении (ближе к нормали гребня полузапруды). Это отклонение составляет поперечный расход воды, который компенсируется обратным течением, происходящим в придонной части потока вдоль низового откоса полузапруды, от корневой ее части к голове. Это течение и является главным фактором и способствует, в основном, интенсификации массообмена.

На подходе к полузапруде во всем потоке, взятом в целом, возникают *циркуляционные течения*, вызываемые отклонением динамической оси потока в неперекрытой сооружением части русла. Появление циркуляционных течений в данном случае может быть объяснено тем, что заторможенные донные струи, в большей степени, чем поверхностные, подвергаются воздействию поперечного градиента давления, действие которого направлено от полузапруды в сторону свободной части русла. Сильнее всего такая циркуляция проявляется вблизи самой водосмесительной полузапруды.

Характерной особенностью обтекания потоком полузапруды, установленной под острым углом вдоль потока, является торцевой расход, который влияет на течение в вальце. Его влияние проявляется в увеличении скоростей v_r в вальце и его расходах, что особенно сильно проявляется в начальной зоне вальца. Если сооружение расположено не против, а по

потoku, то этот расход будет иметь нулевое значение. Мы рекомендуем поэтому устраивать между корневой частью водосмесительной полузапруды и стенкой русла отверстие шириной, равной высоте полузапруды. Это значительно улучшает работу сооружения, создает торцевой расход в вальце и способствует увеличению продольных скоростей за полузапрудой. Влияние отверстия отображено на рисунке 5, а влияние длины сооружения на скорости поступательного движения потока за полузапрудой – на рис. 6. Данные на этих рисунках свидетельствуют о значительных скоростях за сооружением, существенно превышающих скорости бытового потока.

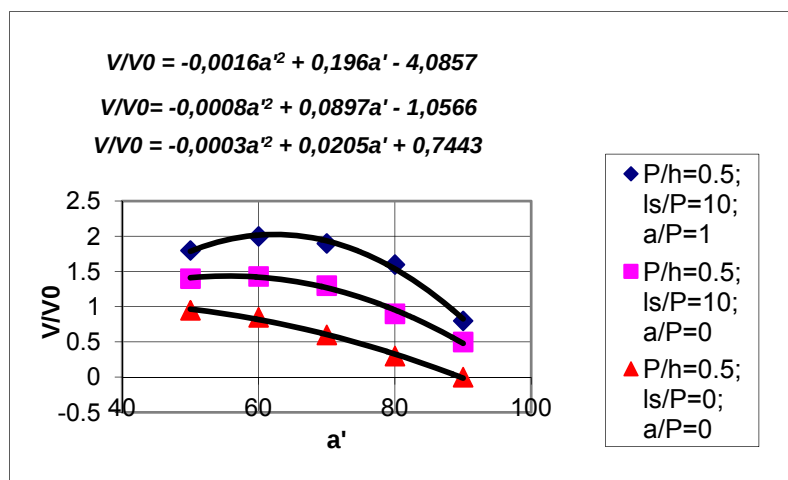


Рис. 5. Влияние ширины берегового отверстия у полузапруды на относительные скорости поступательного движения потока в вальце за ней

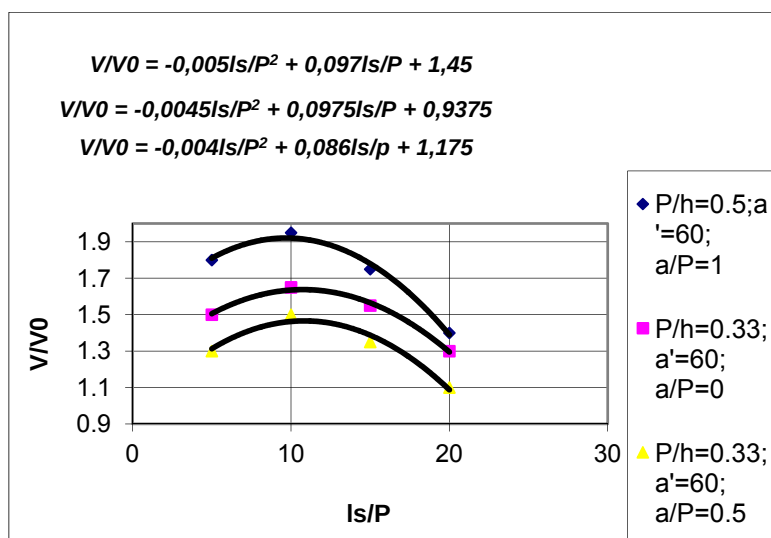


Рис. 6. Влияние относительной длины полузапруды на относительные скорости поступательного движения потока в вальце за ней

Визуальные наблюдения за захватом полистирольных поплавков по ширине границы раздела показывают, что наибольшее количество поплавков, выпущенных в поток у дна, интенсивно захватывается внутрь вихревого вальца в первой трети ширины вальца, а поверхностные поплавки - у головы полузапруды. Такое явление связано с вихревой структурой слоя перемешивания, которая имеет свои закономерные особенности, несмотря на внешнюю хаотичность течения в этой зоне.

Статистическая обработка данных по рассеиванию частиц за полузапрудой позволяет также представить результаты в графическом виде. Параметры проведенных опытов отражены в таблице 1, а распределение частиц индикаторов в створе, удаленном от полузапруды на расстояние 10 глубин,отображено на графиках рис 7, а, б и в, соответственно указанным номерам кривых.

Таблица 1

Параметры опытов по рассеиванию частиц – индикаторов за полузапрудой

<i>№ кривої</i>	<i>Q</i> , л/с	<i>h</i> , см	<i>p</i> , см	<i>l</i> , см	<i>Alfa</i> , град	<i>Yp</i> , см	<i>Xp</i> , см	<i>a</i> , см
1	20	16	10	50	60	10	30	0
2	20	16	5,5	50	45	0	0	7
3	20	16	5,5	50	45	10	20	0
4	20	16	5,5	50	45	0	0	
5	20	14	5,5	50	45	0	0	0
6	20	14	5,5	50	45	0	0	5
7	20	14	5,5	50	45	10	30	
8	20	14	5,5	50	45	10	30	5
9	20	18,2	5,5	50	45	10	20	

Примечания к таблице. *Q* – расход спокойного потока в лотке шириной 1 м и глубиной *h* см; *p* и *l* – высота и длина полузапруды, *Alfa* – угол ее установки; *Yp* и *Xp* – выступ боковой преграды в поток и расстояние преграды от полузапруды, *a* – ширина берегового отверстия.

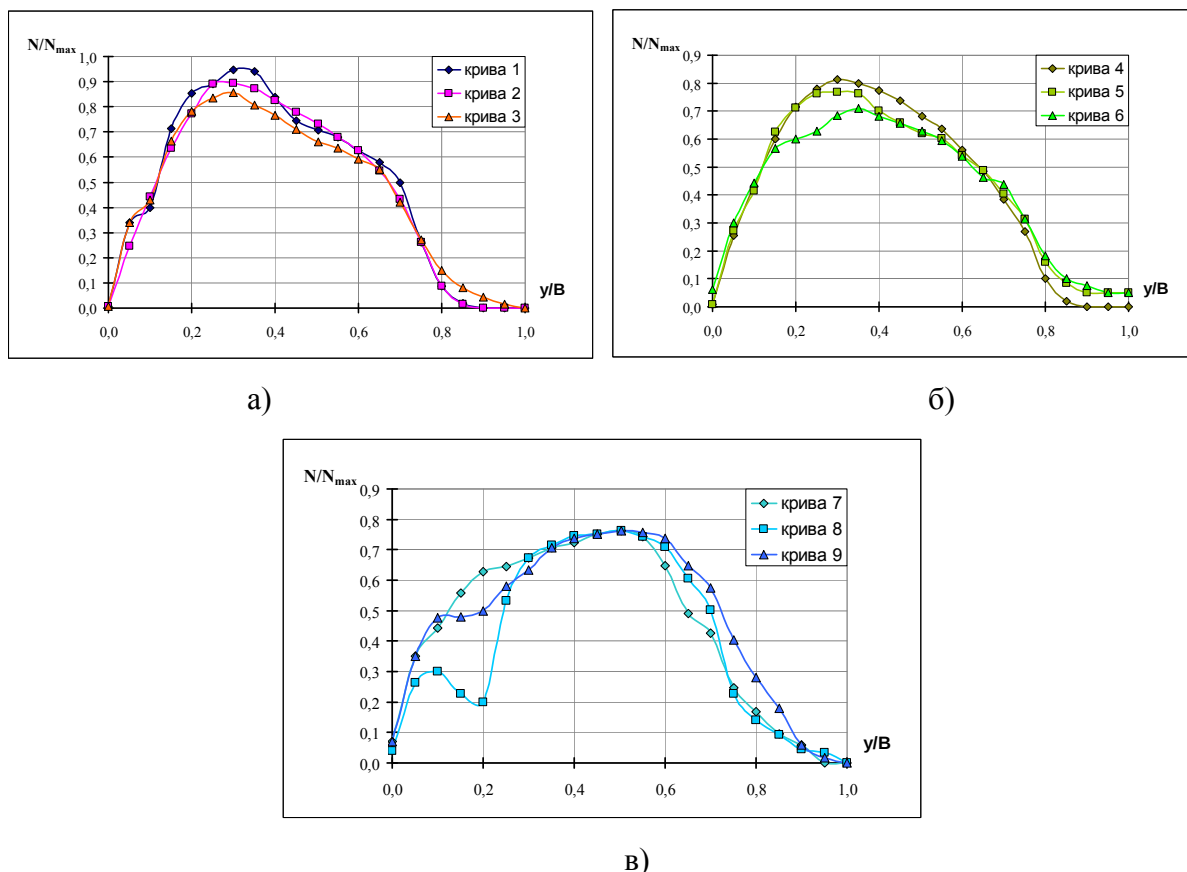


Рис. 7. Результаты опытов по рассеиванию частиц – индикаторов за полузапрудой.

Распределение частиц, выпущенных в начале вальца за полузапрудой, на расстоянии 10 глубин от сооружения (ниже по течению)

Приведенные результаты свидетельствуют о хорошем перемешивании в потоке и эффективности дополнительных устройств – боковой преграды и берегового отверстия. С помощью математической теории планирования эксперимента также были запланированы и проведены серии опытов с пуском частиц – индикаторов. На основе этих опытов нам удалось оптимизировать конструктивную схему и геометрические параметры системы затапливаемых полузапруд.

Интенсивность размыва грунта также изучалась экспериментально. При этом в лаборатории, на размываемой модели, изучались общие закономерности формирования местных размывов, - форма воронки размыва у оголовков полузапруд, темпы развития размыва во времени и сопоставлялись размывы при всех одинаковых условиях, кроме одного варьируемого параметра. Абсолютные значения глубин размыва устанавливались на основе данных натурных наблюдений, например, приведенных в работе [9].

На основе данных о форме воронки в разные моменты времени строились графики изменения расходов наносов, выносимых с единицы площади в активной зоне вымыва грунта. Эта интенсивность равна скорости снижения дна воронки во времени при условии отсутствия оползаний грунта с откосов воронки. Значения интенсивностей размыва, найденные таким образом, отображены на рис. 8.

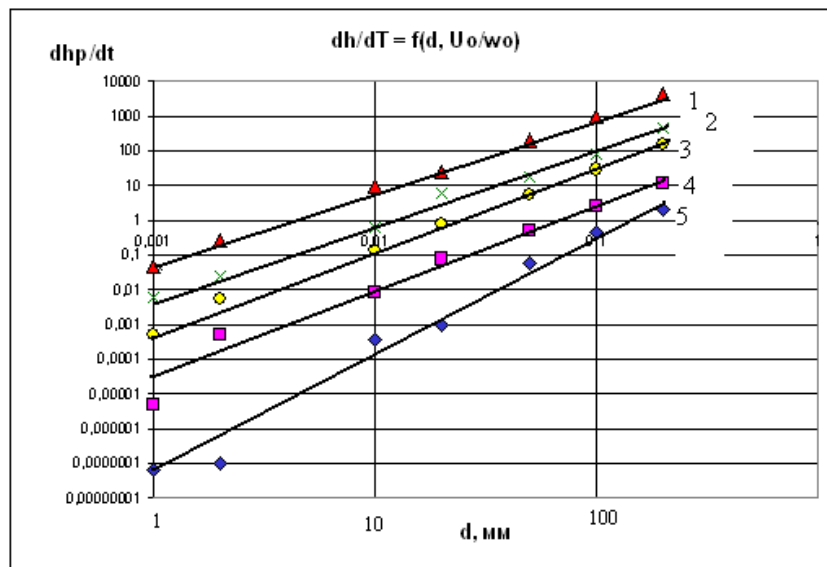


Рис. 8. Относительные значения слоя вымыва однородного и слабо неоднородного грунта у мостовых опор:

1 - $U_0/w_0 = 1,47$, 2 - $U_0/w_0 = 2,08$, 3 - $U_0/w_0 = 3,68$, 4 - $U_0/w_0 = 5,15$, 5 - $U_0/w_0 = 10,00$

Полученная зависимость для сосредоточенного размыва у мостовых опор может служить в качестве универсальной функции вымыва потоком, в котором основным размывающим фактором является донное винтообразное течение. На рисунке видно, что слабо возмущенный поток дает существенно меньшие размывы.

3. Теоретическое описание определяющих процессов

Теоретическое описание гидродинамических процессов, происходящих при обтекании полузапруды, рассмотрено, например, в наших работах [3, 6, 7]. Учитывая особенности течений за косорасположенными донными полузапрудками, нами была разработана упрощенная одномерная модель динамики потока с переменными расходами в области вальца. Эта модель может применяться как инструмент приближенного расчета без применения сложных

программ трехмерной задачи, она позволяет подготовить данные для более быстрого и эффективного расчета по сложной модели.

Упрощенная модель использует гидравлические закономерности, найденные в эксперименте. В частности, закономерности втекания масс воды в валец и вытекание из него, которые описываются гладкими функциональными зависимостями и параметры которых достаточно стабильны. Это позволяет использовать соответствующие зависимости, существенно упрощая общий алгоритм расчета. Используя эмпирические данные по полям скоростей за донными уступами и полузапрудой, найден коэффициент трения между транзитным потоком, обтекающим полузапрудой и вихревой валец за ней, который обуславливает гидравлическое сопротивление основной центральной части вальцевой зоны. Найденные теоретическим путем скорости и соответствующие расходы являются наиболее существенными характеристиками циркуляционного течения, которое инициируется водосмесительной полузапрудой.

Нами была разработана математическая модель осредненных скоростей и расходов потока, как основных характеристик массообмена при применении водосмесительных полузапруд. Была использована математическая модель динамики потока с переменными расходами по длине вальца, которая представлена формулой

$$\rho v d\omega \Delta v + \rho(v - v_1)\Delta q_1 - \rho(v - v_2)\Delta q_2 = \Delta F. \quad (1)$$

Это уравнение нами используется для описания динамики потока, движущегося вдоль полузапруды, косо расположенной относительно основного течения. Уравнение связывает расходы потока, его скорости и размеры поперечного сечения отрывной области. Уравнение по своей сути является уравнением баланса импульсов сил и количества движения потока. Таким образом, оно учитывает и действующие силовые факторы, основными из которых являются перепад давлений и силы трения. Именно перепад давлений можно рассматривать как основной фактор, которым мы можем управлять для регулирования кинематики потока за полузапрудой.

Расходы поступательного течения в отрывной зоне формируются в потоке в зависимости от действующих внешних сил. Уравнение баланса расходов представлено в формуле

$$Q(x) = Q_1(x) - Q_2(x). \quad (2)$$

Это уравнение показывает, что существенными компонентами расхода массообмена является торцевой расход, который в нашей схеме сооружения проникает через боковое отверстие и заходит в отрывную зону, а также расходы, проникающие в валец из транзитного потока через гребень сооружения.

Торцевой расход может рассматриваться как регулируемая величина. А именно, его можно регулировать шириной проема и специальными устройствами, которые увеличивают плавность входа потока в начальную часть отрывной зоны (через торец вальца):

$$\begin{aligned} & \alpha_0 \cdot \Delta \bar{\mathbf{v}} \cdot \bar{\mathbf{v}} \cdot \omega \cdot (1 + A - B) + \alpha_0 \cdot \Delta \omega \cdot (A \bar{\mathbf{v}}_1 - B \bar{\mathbf{v}}_2) = \\ & = -\frac{\Delta \bar{P}}{\rho} + k \cdot u_0 \left[u_0 \cdot \cos(\alpha - \phi) - \bar{\mathbf{v}} \right] \cdot \omega_n \end{aligned} \quad (3)$$

с граничным условием в начале области

$$v|_{x=0} = v_0. \quad (4)$$

Решение уравнения (3) для заданного поля скоростей дает распределение давления вдоль отрывной области. Поэтому нами была поставлена обратная задача - найти распределение скоростей вдоль области в исследуемом нами диапазоне при известном распределении давления. При этом, пользуясь уравнением (3) и задавая поле давлений, мы получали распределение скоростей:

$$\frac{dp}{\rho} = dh_w = CQ^2 dx = C(v \cdot \omega)^2 dx. \quad (5)$$

Уравнение (5) позволяет быстро и надежно определять скорости потока по известному распределению давлений вдоль потока. Некоторые другие аспекты теории рассмотрены, например, в работах [8, 9].

4. Рекомендации по внедрению

На основе результатов исследования мы даем рекомендации по использованию водос-
месительных полужапруд для решения задач экологического характера.

Наши рекомендации позволяют определить принципиальные параметры низких затопливаемых полузапруд и дополнительных устройств, которые улучшают массообмен. В случае, когда параметры сооружения выходят за пределы диапазона экспериментальных исследований, проведенных нами, предлагается простая схема для выполнения гидравлического расчета. Расчеты дают значения скоростей и расходов поперечных течений за полузапрудой, определяется также величина зоны циркуляции за сооружением, которая позволяет получить расстояние между полузапрудами для различных случаев.

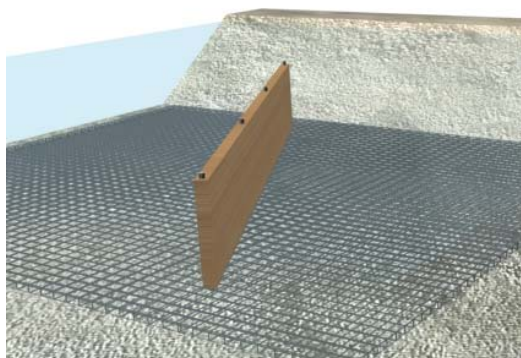
Водосмесительные полузапруды также можно успешно использовать для разных целей, а именно: общей интенсификации массообмена в речном потоке, ликвидации застойных зон, борьбы с цветением и зарастанием водотоков, постепенного разбавления сточных вод,

рассеивания загрязненных стоков за мостовыми переходами. Такие сооружения могут устанавливаться на отдельных участках в пределах населенных пунктов, окультуренных зон, или применяться на большой длине конкретного речного русла (нескольких десятков километров). Также предлагается использовать затапливаемые полузапруды для усиления циркуляции водных масс и окисления загрязнений в аэротенках.

В рекомендациях использованы результаты лабораторных исследований, а также результаты исследований, выполненных И. И. Кириенко, А. Е. Щдро, Л. А. Шинккаруком [6, 12], а также расчеты К. И. Росинского [1, 2, 9].

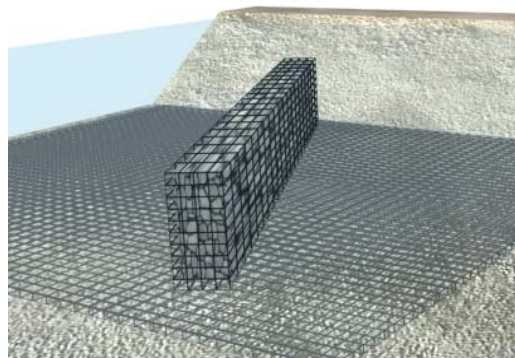
С учетом современных тенденций в гидротехническом строительстве для решения поставленных задач нами предлагаются оригинальные типы конструкций с использованием простых и дешевых материалов (рис.9). Данные конструкции достаточно просты, не требуют значительных капиталовложений при строительстве, являются эффективными и удобными в эксплуатации. Для устройства водосмесительных полузапруд можно использовать следующие облегченные конструкции:

- водосмесительная полузапруда из бетонных блоков;
- полузапруды из габионов;
- полузапруды из железнодорожных шпал;
- полузапруды из полиэтиленовых мешков с песчаными наполнителями;
- полузапруды с брезентово - арматурным экраном;
- полузапруды из полиэтиленовых труб;
- полузапруды из деревянных щитов.



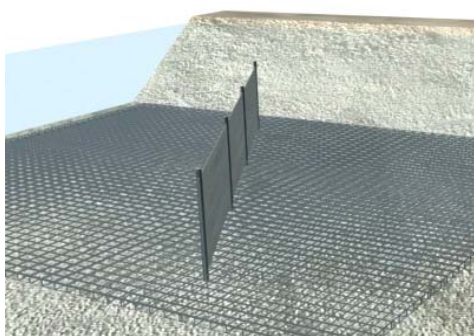
а)

Полузапруды из деревянных щитов



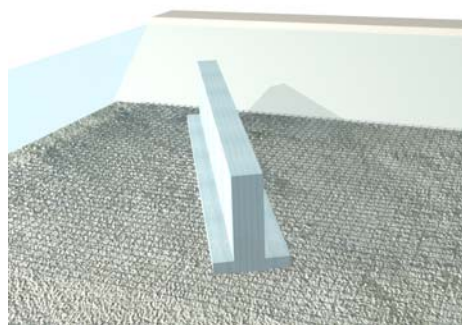
б)

Полузапруды из габионов



в)

Полузапруды из геотекстиля



г)

Полузапруды из бетонных блоков

Рис. 9. Схемы облегченных конструкций водосмесительных полузапруд

Использование данных устройств предварительно апробировано в лабораторных условиях и может быть эффективно использовано как для решения задач экологического характера, так и задач смежных направлений.

Разработана схема для регулирования участка русла горной реки на предгорье, при выходе потока из горных участков, где, как правило, имеет место многорукавный тип руслового процесса. В этом случае необходимым является оптимальное стеснение потока и возбуждение циркуляционных течений, что реализуется приведенной схемой (рис.10).

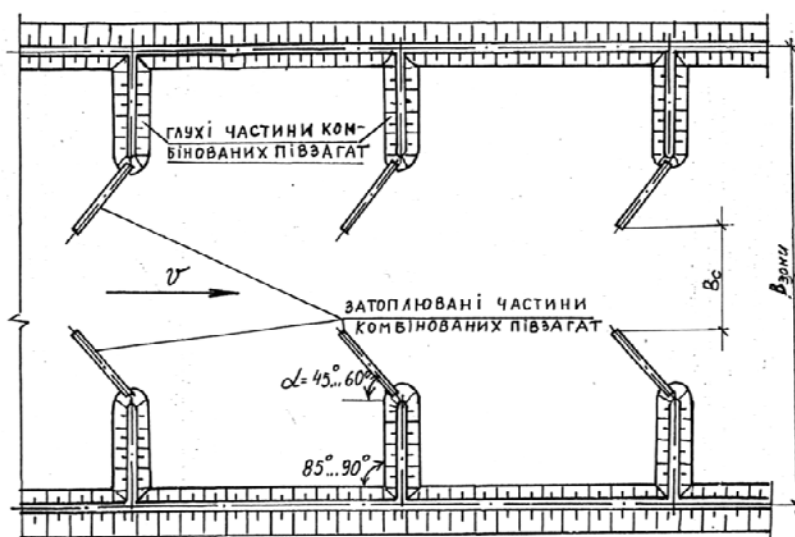


Рис. 10. Рекомендуемая схема создания устойчивого русла при оптимальном его стеснении комбинированными полузапрудками [1]

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирієнко І.І., Шинкарук Л.А., Щодро О.Є., Шумінський В.Д., Шляхи вдосконалення регулювання русел передгірських ділянок річок Українських Карпат. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. Київ, 2002, №1, с. 30-34 .
2. Кириенко И.И., Щодро А.Е., Шуминский В. Д., Шиннарук Л. А. Проектирование низких затопливаемых полужапруд.-В кн.: Гидромелиорация и гидротехническое строительство. Львов: Вища школа, 1981, вып. 9, с.59-64
3. Щодро О.Є., Мокляк М.М., Ходневич Я.В. Покращення екологічного стану малих річок за допомогою затоплюваних напівзагат, Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць. Випуск 1 (37), Рівне 2007, с. 133-142.
4. Мокляк М.М. Застосування затоплюваних водозмішувальних напівзагат для інтенсифікації масообміну в потоці з метою покращення екологічного стану малих річок. Вісник НУВГП. Збірник наукових праць. Випуск 4 (36), Частина 1.Рівне, НУВГП. 2006. – с.143-148.
5. Восстановление и охрана малых рек: Теория и практика/Пер. с англ. А. Э. Габнэляна, Ю. А. Смирнова/Под ред. К. К. Эдельштейна, М. И. Сахаровой.- М.: Агропромиздат, 1989. – 317 с.
6. Щодро О.Є. Комплекс программ до розрахунків місцевого розмиву / О.Є. Щодро // Вісник НУВГП: Збірник наукових праць. - Рівне: НУВГП, 2009. - Частина 1. - Вип. 3 (47). - С. 588-599.
7. Щодро О.Є. Математичне моделювання водних потоків в зоні місцевого розмиву біля річкових гідротехнічних споруд / О.Є. Щодро //Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Міжвідомчий науково-технічний збірник. - Київ: УТУ, 1998. - Випуск 55. - С. 55-61.
8. Математические модели экологии. сложные модели.
<http://grants.rsu.ru/osi/tsure/koi8/ecomth.html>
9. Россинский К.И. и Кузьмин И.А. Решение уравнений диффузии применительно к задачам движения взвешенных наносов. Сб. „Русловые процессы”. Изд-во АН СССР, 1958.
10. Журавлев М.М. Местный размыв у опор мостов / М.М.. Журавлев. - М.: Транспорт, 1984. - 243 с.

УДК 532.592: 517.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПРОФИЛЯ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛНИСТОГО ПРЫЖКА

А.А. Рябенко, О.А. Галич, Д.М. Поплавский

(Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
г. Ровно, Украина)

Резюме: *Выполнено построение профиля свободной поверхности волнистого прыжка на основе дифференциальных уравнений и экспериментальных исследований.*

Ключевые слова: *дифференциальные уравнения; профиль свободной поверхности; волнистый прыжок; околоскритические течения.*

1. ВВЕДЕНИЕ

В классической гидравлике открытых русел различают три состояния безнапорного потока: спокойное (когда глубина потока больше критической глубины $h > h_k$), бурное ($h < h_k$) и критическое ($h = h_k$). Однако многочисленные теоретические и экспериментальные исследования показывают, что в дополнение к такой классификации необходимо выделять еще и особую область околоскритических течений. Околоскритическими течениями называются установившиеся безнапорные потоки жидкости с резкоизменяющимся движением и глубинами, близкими к критической h_k , а также неустановившиеся потоки (волны перемещения) с быстроизменяющимся движением и скоростями, близкими к критической c_k . Для условий плоской задачи критическая глубина находится по формуле (1), а критическая скорость – по формуле Лагранжа (2)

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}, \quad (1)$$

$$c_k = \sqrt{gh_k}, \quad (2)$$

где q – удельный расход, h – глубина потока, g – ускорение свободного падения.

Околокритические течения жидкости могут проявляться в форме совершенного и волнистого прыжков, беспрыжкового сопряжения бьефов, уединенной и кноидальных волн. Названные явления возникают в нижних бьефах низконапорных водосливных плотин, водосбросов и ГЭС, в каналах, безнапорных туннелях, галереях и трубах, на водосливе с широким порогом и в других случаях [1].

Околокритические течения жидкости недостаточно исследованные, а классические теории, применяемые для расчета спокойного или бурного состояний потока, не подходят для этого класса явлений. Это делает проблему исследования околокритических течений весьма актуальной, так как такие течения возникают не только при эксплуатации гидротехнических и гидроэнергетических сооружений, но и в естественных условиях, например, в эстуариях, морях и океанах во время приливно-отливных явлений. Игнорирование особенностей указанных течений при работе гидротехнических сооружений может привести к повреждению таких сооружений, размывам русел и т.д.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

БАЗОВЫЕ УРАВНЕНИЯ

Для плавноизменяющегося потока в горизонтальном прямоугольном канале постоянной ширины чаще всего используются следующие основные уравнения [2, 3].

Уравнение неразрывности

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

где u , v , w – проекции скорости на декартовы оси координат, x , y , z – координаты точек пространства.

Уравнение удельной энергии сечения E для плавноизменяющегося движения имеет следующий вид:

$$E = h + \frac{\alpha V^2}{2g}, \quad (4)$$

где V – средняя скорость, α – коэффициент кинетической энергии (Кориолиса).

Для расчета резкоизменяющегося движения применяется уравнение энергии Серра [3], которое выведено для условий плоской задачи из дифференциального уравнения Эйлера движения жидкости с учетом наклона и кривизны элементарных струек в вертикальной плоскости:

(5)

имеет следующий вид:

(6)

Уравнение момента Серра [3] для резкоизменяющегося движения

(7)

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВОЛНИСТОГО ПРЫЖКА КАК СОВОКУПНОСТИ УЕДИНЕННОЙ И КНОИДАЛЬНЫХ ВОЛН

Волнистый прыжок относится к одному из видов околоскритических течений жидкости. Он характеризуется наличием ряда постепенно затухающих волн на свободной поверхности потока. При этом волны распространяются вниз по течению на большие расстояния, что может привести к размыванию берегов отводящего русла [4]. Для проектирования и эксплуатации различных типов гидротехнических сооружений очень важно знать очертания кривой свободной поверхности прыжка. Наиболее полно очертание свободной поверхности изучено теоретическим путем для таких явлений, как уединенная и кноидальные волны. Накопленные знания об этих течениях часто используют при теоретическом рассмотрении волнистого прыжка и волн перемещения, рассматривая эти явления в виде совокупности уединенной и кноидальных волн.

Еще Фавр [5] высказывал предположение, что первый гребень изучаемых им волн перемещения представляет собой уединенную волну, а следующие за ней волны – кноидальные. Существует несколько вариантов «склеивания» решений уединенной волны и кноидальных волн. В первом случае в качестве сечения, общего для уединенной волны и кноидальных волн, принимается сечение по вершине первой волны волнистого прыжка (рис. 1, точка 3). При этом считается, что от начала прыжка до выбранного сечения явление представляет собой уединенную волну, а после этого сечения – кноидальные волны. Во втором случае «склеивание» происходит в сечении, проходящем через точку изменения кривизны свободной поверхности потока (рис. 1, точка 4).

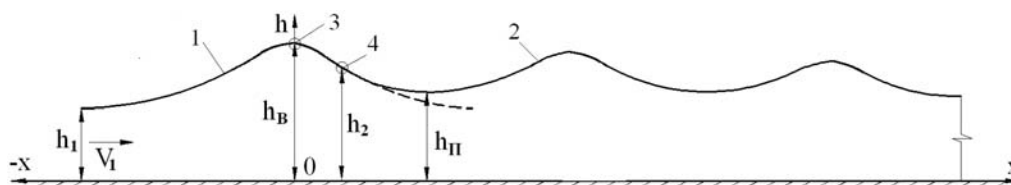


Рис. 1. Схема волнистого прыжка: 1 – уединенная волна, 2 – кноидальные волны

В данной работе приведены некоторые из существующих математических моделей построения свободной поверхности волнистого прыжка методом «склеивания» решений уединенной волны и волнистого прыжка [6, 7, 8].

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЯ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛНИСТОГО ПРЫЖКА

Необходимо подчеркнуть, что глубина под вершиной волны волнистого прыжка может быть намного больше осредненной глубины потока. Такую особенность следует учитывать при проектировании безнапорных гидроэнергетических и гидротехнических сооружений, в пределах которых возможно образование волнистого прыжка. Это существенно необходимо при рассмотрении гидравлических режимов и расчетов очертания свободной поверхности во время работы упомянутых объектов, поскольку от этого зависят высоты оградительных дамб, каналов, безнапорных туннелей, труб, отметки нижних балок мостов и т.д.

Существуют различные методы построения профиля свободной поверхности волнистого прыжка. Рассмотрим некоторые из них.

Метод ВНИИГ (Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева), который заключается в следующем [6]. Свободная поверхность потока до вершины первого гребня волны описывается уравнением уединенной волны

$$\eta = \frac{h}{h_1} = 1 + (Fr_1 - 1) \operatorname{sch}^2 \left(\frac{1}{2} \frac{x}{h_1} \sqrt{3 \frac{Fr_1 - 1}{Fr_1}} \right), \quad (6)$$

а ниже по течению профиль свободной поверхности описывается уравнением кноидальных волн

$$\eta = \frac{h}{h_1} = \eta_n + (\eta_s - \eta_n) \operatorname{cn}^2 \left(\frac{x}{\lambda}, t \right), \quad (7)$$

где $\eta_6 = h_B/h_I$, $\eta_n = h_{II}/h_I$ – относительные глубины под вершиной первого гребня и под подошвой первой впадины волны между первым и вторым гребнями соответственно,

$Fr_1 = \frac{q^2}{gh_1^3}$ – число Фруда в начальном сечении, λ – длина кноидальных волн, t – эллиптический интеграл второго рода, $\text{sch}(x)$ и $\text{cn}^2\left(\frac{x}{\lambda}, t\right)$ – функция гиперболического секанса и эллиптическая функция Якоби амплитуды косинуса соответственно [6].

В основе **метода Хагера-Хутгера** [7] лежит уравнение Бернулли

$$H = h + z + \frac{q^2}{2gh^2} \left(1 + \frac{2hh'' - h'^2}{3} + hz'' - h'z' - z'^2 \right), \quad (8)$$

где H – полная энергия потока, z – геометрическая высота или геометрический напор относительно дна в характерном сечении, h' , h'' – соответственно первая и вторая производные от глубины, а z' , z'' – соответственно первая и вторая производные от геометрической высоты z по длине потока.

После некоторых преобразований из выражения (8) получают следующее дифференциальное уравнение:

$$\left(\frac{dh}{dx} \right)^2 = \frac{3}{Fr_1} \left[-\frac{h^3}{h_1^3} + (2 + Fr_1 - Fr_1\gamma) \frac{h^2}{h_1^2} - (1 + 2Fr_1 - 2Fr_1\gamma) \frac{h}{h_1} + Fr_1 \right]. \quad (9)$$

В **методе Рябенко** [8] для построения профиля свободной поверхности волнистого прыжка используют следующие предпосылки: энергия потока E и момент M остаются постоянными, а глубина в начальном сечении h_1 , число Фруда Fr_1 и коэффициент негидростатичности s_1 в этом же сечении являются известными величинами. Из этих условий определяют глубину под вершиной первой волны

$$h_6 = \frac{h_1}{2} \left[\frac{4s_1 - 1}{3} + Fr_1 + \sqrt{\left(\frac{4s_1 - 1}{3} + Fr_1 \right)^2 - 4Fr_1} \right], \quad (10)$$

где s_I – коэффициент негидростатичности.

В данном методе свободная поверхность до вершины первого гребня описывается уравнением уединенной волны, а ниже по течению – уравнением кноидальных волн. Уединенная волна характеризуется зависимостью

$$\eta = \frac{h}{h_1} = 1 + (Fr_1 - 1) \text{sch}^2 \frac{x}{2h_1} \sqrt{\frac{3(Fr_1 - 3)}{Fr_1}}. \quad (11)$$

При этом необходимым и достаточным условием существования уединенной волны является такая система

$$\left. \begin{array}{l} s_1 = 1, \\ Fr_1 > 1. \end{array} \right\} \quad (12)$$

Кноидальные волны описываются следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{array}{l} \eta = \frac{h}{h_1} = 1 + (\eta_s - 1) \operatorname{cn}^2 \left(\frac{x}{\Delta}, k \right), \\ \Delta = 2h_1 \sqrt{\frac{\eta_s Fr_1}{3(\eta_s^2 - Fr_1)}}, \\ k = \sqrt{\frac{\eta_s(\eta_s - 1)}{\eta_s^2 - Fr_1}}, \\ \eta_s = \frac{1}{2} \left[\frac{4s_1 - 1}{3} + Fr_1 + \sqrt{\left(\frac{4s_1 - 1}{3} + Fr_1 \right)^2 - 4Fr_1} \right]. \end{array} \right\} \quad (13)$$

При этом система уравнений (13) справедлива при выполнении таких условий:

$$\left. \begin{array}{l} s_1 \geq 1, \\ Fr_1 \geq 1. \end{array} \right\} \quad (14)$$

где k, Δ – параметры кноидальных волн.

Используя систему уравнений (13) для построения профиля свободной поверхности уединенной волны, подставляют значения глубины h_1 и числа Фруда Fr_1 начального сечения. А когда рассчитывают профиль свободной поверхности кноидальных волн, подставляют значения глубины подошвы h_n кноидальных волн между первым и вторым гребнями волн и число Фруда при этой глубине Fr_n . В методе Рябенко, в отличие от других, в явном виде (с помощью коэффициента негидростатичности s_1) учитывается возможное отклонение от гидростатики в начальном сечении волнистого прыжка.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования профиля свободной поверхности волнистого прыжка в гидроэнергетической лаборатории Национального университета водного хозяйства и природопользования была проведена серия опытов в прямоугольном лотке, длиной 15,6 м, шириной 1 м и высотой 1,2 м (рис. 2).

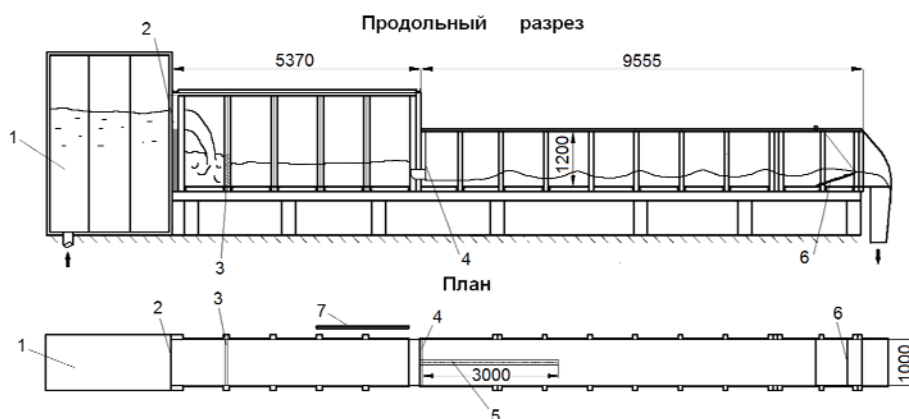


Рис. 2. Схема установки: 1 - голова лотка, 2 - измерительный треугольный водослив, 3 - решетка для гашения энергии потока, 4 - рабочий затвор, 5 - место расположения донных пьезометров, 6 - клапанный затвор для регулирования глубины воды, 7 - щит с пьезометрами

Изучаемое явление образовывалось при вытекании воды из-под затвора с плавным обтекателем. Такой тип затвора используется в лабораторных условиях для устранения вертикального сжатия потока при истечении воды из-под щита. Глубину в нижнем бьефе регулировали с помощью клапанного затвора, установленного в конце лотка. При проведении экспериментов определяли положение кривой свободной поверхности и пьезометрической линии, причем очертание кривой свободной поверхности потока находили с помощью шпитценмасштаба, а пьезометрической линии – посредством донных пьезометров. Приемные отверстия донных пьезометров расположены в планке из органического стекла, длиной 3 м, а их количество составляет 57 шт. Измерение очертания этих кривых производили лишь по оси лотка. Это решение обосновывается тем, что именно по оси лотка наблюдаются максимальные глубины потока с волнообразной поверхностью (у стенок лотка глубины несколько меньше).

Перед началом опыта, пользуясь стандартными шаблонами, поднимали затвор на некоторую фиксированную высоту h_z , далее на установку подавался расход Q , значение которого определяли с помощью тарированного треугольного водослива. Когда гидравлическое явление устанавливалось, с помощью меток на боковых поверхностях лотка фиксировали положения вершин и впадин волнистого прыжка. Затем снимали показания пьезометров и измеряли глубины в точках, расположенных над приемными отверстиями пьезометров. После окончания измерений меняли высоту поднятия затвора, расход воды, глубину нижнего бьефа и повторяли измерения.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ

На рис. 3 для опыта с волнистым прыжком, в начальном сечении которого имеет место негидростатический закон распределения давления ($Q=147,0$ л/с, $h_1=0,12$ м, $Fr_1=1,17$, $s_1=1,06$), нанесены профили свободной поверхности, построенные за вышеприведенными зависимостями, соответствующие экспериментальные точки, а также пьезометрическая линия. При этом совмещение сравниваемых профилей выполнено в сечении, проходящем через вершину первой волны волнистого прыжка.

Сопоставление теоретических и экспериментальных профилей свободной поверхности волнистого прыжка показало следующее. Профили, рассчитанные по методам ВНИИГ и Хагера-Хуттера, близки между собой, но для волнистого прыжка с негидростатикой в начальном сечении они являются существенно заниженными относительно экспериментальных точек. Профиль волнистого прыжка, построенный по методу Рябенко, получается очень близким относительно опытных данных. Указанное расхождение теоретических результатов методов ВНИИГ и Хагера-Хуттера с экспериментальными данными объясняется тем, что рассматриваемые методы не учитывают возможное отклонение от гидростатики в начальном сечении. Метод Рябенко учитывает этот фактор, вследствие чего полученные теоретические результаты дают хорошую сходимость с экспериментальными данными.

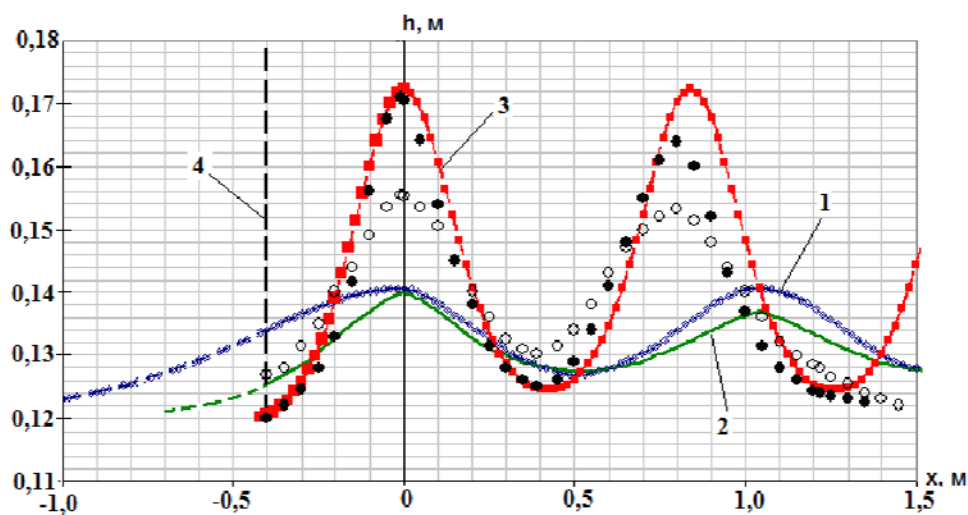


Рис. 3. Профили свободной поверхности волнистого прыжка: 1 – метод ВНИИГ, 2 – метод Хагера-Хуттера, 3 – метод Рябенко, 4 – месторасположения затвора, • – экспериментальные точки кривой свободной поверхности, ○ – экспериментальные точки пьезометрической линии

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Построение профиля свободной поверхности волнистого прыжка можно выполнять методом «склеивания» решений уединенной и кноидальных волн.
2. Методы ВНИИГ и Хагера-Хуттера дают качественно неприемлемые результаты для случая волнистого прыжка с негидростатическим распределением давления в его начальном сечении.
3. Для расчета профилей свободной поверхности волнистого прыжка с негидростатическим распределением давления в начальном сечении можно рекомендовать метод Рябенко.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябенко А.А. Типы, особенности и условия существования околоскритических течений // Гидротехническое строительство. – 1992. – №5. – С. 9-13.
2. Chanson H. The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction// Department of Civil Engineering The University of Queensland, Australia, 2004. – Pp. 54-57.
3. Serre F. Contribution a l'étude des écoulements permanents et variables dans les canaux//La Houille Blanche. –1953. – №3. – P.374-388, №6. – P.830-872.
4. Турсунов А.А. Околоскритическое состояние безнапорных потоков воды// Известия ВНИИГ, т. 90, 1969. – С. 201-224.
5. Favre H. Etude théorique et expérimentale des ondes de translation dans les canaux de couverts. Dunod, 1935.
6. Гидравлические расчеты конструкций, управляющих бурными потоками. Рекомендации для проектирования/ Под общей редакцией Ф.Г. Гунько. Л.: «Энергия» Ленинградское отделение, 1974. – 110 с.
7. Hager W.H., Hutter K. On pseudo-uniform flow in open channel hydraulics. Acta mechanica 53, 1984. – Pp. 183-200.
8. Рябенко О.А. Форми вільної поверхні та умови існування гідродинамічного солітону, самотньої, одиночної і кноїдальних хвиль// Прикладна гідромеханіка. Том 9. 2007. – С. 66-80.

შპს 628.1:551.444

მაღალმთიან რეგიონებში კარსტული წარმოშობის წყაროების ბამოყენების თავისებურება წყალმომარაგების სისტემებში

ლ. კლიმიაშვილი, გ. სოსელია, თ. კაპანაძე, ნ. სოსელია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია მაღალმთიანი რეგიონების კარსტული წყაროების ვოკლუზიური არეებიდან წყლის მიღება და სასმელ-სამეურნეო მიზნებისთვის გამოყენება. კარსტების ღრმულებში ატმოსფერული ნალექების მოხვედრით გამოწვეული კარსტის კედლების ჩამორეცხვის თავიდან ასაცილებლად წელიწადის გარკვეულ პერიოდში საჭიროა კარსტული წყლების დამუშავება რეაგენტის, ფლოკულანტების ან ურეაგენტო მეთოდებით, მექანიკური გაწმენდით, რაც აუმჯობესებს მომხმარებელთან წყლის მიწოდების ხარისხს და საექსპლუატაციო პირობებს. ლაბორატორიული გამოკვლევებით მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე დადგენილია ნაკადის ტურბულენტური მოძრაობის სიჩქარისა და კარსტული ღიობების გამორეცხვისას წარმოშობილი მაღალი სიმღვრიეების (50–260 მგ/ლ) ურთიერთდამოკიდებულება.

საკვანძო სიტყვები: კარსტი; კარსტული წყაროები; რეაგენტი; ფლოკულანტი; ურეაგენტო; მექანიკური; ვოკლუზიური; ინფლუაცია.

1. შესავალი

მიწისქვეშა დინების ჩამოყალიბებაზე ქანების ლითოლოგიური შედგენილობა ახდენს გავლენას. ამ შემთხვევაში ესაა კარბონატული ქანები (კირქვები, მარმარილო, დოლომიტი), რომელთაც აქვს დიდი ბზარების და კარსტული ღრუების წარმოქმნის შესაძლებლობა. ატმოსფერული ნალექები, რომლებიც ხვდება კარბონატული ქანების დაკასტრულ ფართობზე, თითქმის ბოლომდე აღწევს მასივის

სიღრმეში (მიმდინარეობს ინფლუაციის პროცესი - შეღწევადობა) და იხარჯება მიწისქვეშა დინების ფორმირებაზე. ამასთან, მდინარეების ხეობებში განვითარებულ კარბონატულ ქანებში აღინიშნება განსაკუთრებული წყალგაჯერება და მიწისქვეშა დინების მოდული აღწევს დიდ ოდენობას – 10–12 ლ/წმ შიგაკარსტული ქანების გავრცელების ფართობის 1–2კმ-დან (მაგალითად, მდ. „აბაშას“ აუზი და მთა „ხცისას“ მახლობლად). მიწისქვეშა დინების ჩამოყალიბების ანალოგიური პროცესი აღინიშნება საქართველოს მთიანი რეგიონების კარბონატულ დაკასტრულ ქანებშიც.

კარსტი არის დაბზარული ხსნადი მთის ქანების გამოტუტვის პროცესი მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლებით, რომლის შედეგადაც იქმნება რელიეფის უარყოფითი ფორმები მიწის ზედაპირზე და სხვადასხვაგვარი ღრუები, არხები და მღვიმეები სიღრმეში. პირველად ასეთი პროცესები შესწავლილ იქნა ადრიატიკის ზღვის სანაპიროზე, კარსტის პლატოზე – ტრიესტას ახლოს, საიდანაც წარმოიშვა მისი სახელწოდებაც.

საქართველოს კარსტულ ზოლში აღრიცხულია 50-ზე მეტი მძლავრი (50–1000 ლ/წმ) კარსტული წყლების წყაროები. ამ წყაროებიდან უმეტესობა ჯერ კიდევ არასაკმარისადაა გამოკვლეული. ინფილტრაციული წარმოშობის კარსტული წყაროები ზოგჯერ არსებით როლს ასრულებს რესპუბლიკის ზოგიერთი ქალაქის და დასახლებული პუნქტების სასმელი წყლით მომარაგებაში.

2. ძირითადი ნაწილი

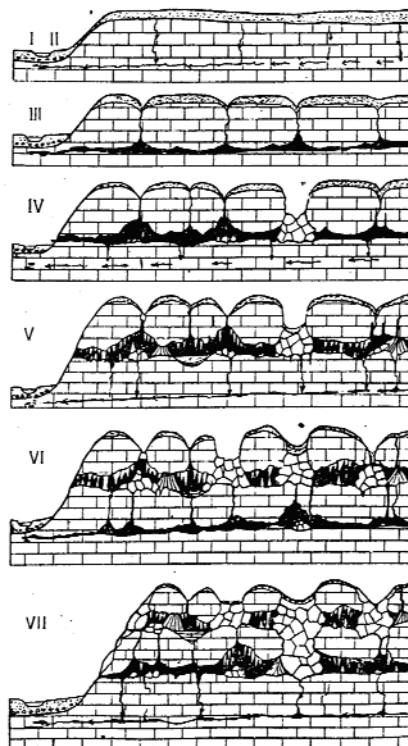
კარსტული წარმოშობის წყაროები, რომლის გამოყენებასაც ვაპირებთ დასახლებული პუნქტებისა და ქალაქების წყალმომარაგებისათვის, საჭიროა ფუნდამენტურად შევისწავლოთ. მათზე ძალიან მწირი მასალაა ამ მიმართულებით, ამიტომ კარსტული წყლების ჰიდროლოგიური შესწავლის შემდეგაც კი სასურველია გავითვალისწინოთ კარსტის ფარგლებში, გამოსასვლელებში წყლის ნაკადის მოძრაობისას ქანების კედლებიდან ჩამორეცხილი კარსტული წყაროების დაბინძურების ხარისხი, მათი შემდგომი ორგანოლექტიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესებისათვის.

წყალმომარაგების მიზნით გამოვიყენეთ მარტვილის რაიონში, ვულკანური წარმოშობის ხეობაში მდებარე ღროულის კარსტული ვოკლუზიური მიწისქვეშა წყლები, რომლის ხარისხობრივი მაჩვენებლები, კერძოდ სიმღვრივე, მიღებულია,

მრავალწლიური დაკვირვების შედეგად, ფონდური ჰიდროლოგიური მასალებიდან და ასევე უშუალო დაკვირვების საფუძველზე: საშუალო მრავალწლიური ხარჯი შეადგენს $Q=0,22$ მ³/წმ, წყალშემკრები აუზის საერთო ფართობი – $13,1$ კმ², წლიური მაქსიმალური ხარჯი – $Q=0,59$ მ³/წმ და იცვლება წელიწადის დროების მიხედვით, მინიმალური სიმღვრივეა $M=30-35$ მგ/ლ, მაქსიმალური – $M_{\text{max}}=260$ მგ/ლ, ხოლო საშუალო სიმღვრივე – $70-75$ მგ/ლ.

წყლის განმავლობაში წყლის სიმღვრივე ცვალებადია, რაც გავლენას ახდენს მომხმარებელზე. კერძოდ, მაღალი სიმღვრივის დროს წელიწადში რამდენიმე კვირა წყალი მომხმარებელს შეფერხებით მიეწოდება. ამ შემთხვევაში საჭიროა წყლის დამუშავება ურეაგენტო ან რეაგენტული მეთოდებით – „ფლოკულანტების“ გამოყენებით, რაც აადვილებს და აიაფებს წყლის დამუშავების ტექნოლოგიურ პროცესს.

კარსტული მღვიმეები ვითარდება წყლების ვერტიკალური ცირკულაციის ზონაში. დიდი კარსტული მღვიმეები წარმოიშობა მღვიმური არხების წყლით სრულად შევსებისას და წყალი მათში ჰიდროსტატიკური წნევით ცირკულირებს (ნახაზი).



კარსტული მღვიმეების წარმოშობის მრავალსაუკუნოვანი დინამიკა

კარსტული წყლების სიმღვრივე დამოკიდებულია ატმოსფერული ნალექების სიხშირესა და სიუხვეზე. კარსტული წყლების გამოსასვლელში უნდა მოეწყოს სიმღვრივის საწინააღმდეგო, სწრაფად ჩამკეტი ურდული. აღნიშნულის მოწყობამდე დავადგინოთ, მღვრიე წყლის წინაღობის კოეფიციენტი თვითდენით წყალდენასა და წყალმიმღები ნაგებობის ელემენტებში, რომელშიც შეიძლება წარმოიქმნა ლამი და სხვა შეწონილი ნაწილაკები კარსტული ქვაბულების გამორეცხვისას, სადაც შეიძლება იყოს დიდი რაოდენობით ორგანული ნაერთებიც. საჭიროა საშემნდ ნაგებობაში გავითვალისწინოთ ლამის რაოდენობა (დაჭერილ ფილტრებსა და თხელფენოვან სალექებში). აღნიშნულის გამოთვლა შეგვიძლია ი. ლევის გამოსახულებით:

$$\gamma_0 = \gamma + \frac{C}{U} p^n. \quad (1)$$

სადაც γ_0 წინაღობის კოეფიციენტი ლამის კონცენტრაციის მიხედვით; C – ნატანის ჰიდრავლიკური სისხო; U – ნაკადის მოძრაობის სიჩქარე ქვაბულის ფარგლებსა და გამოსასვლელთან; P – ნატანის ფარდობითი მოცულობა ნაკადში (% წონის მიხედვით, ცხრილი).

ნაწილაკების ზომა, მმ	შეწონილი ნაწილაკების გაჯერების ხარისხი, %-ებში წონის მიხედვით	გამრეცხი სიჩქარე, მ/წმ
0.25	0.01-0.2	0.85
0.35	0.01-0.2	1.02
0.6	0.1-0.2	1.25
0.9	0.01-0.2	1.42
1.2	0.1-0.2	1.55
2	0.007	1.79
3.2	0.1-0.2	1.98

n ხარისხის მაჩვენებელია და 1-ის ტოლია, თუ კარსტული წყლები დიდად არის გაჯერებული ნატანით და ნაკადის მცირე სიჩქარეებია, ხოლო თუ ნატანით მცირედ არის გაჯერებული და ნაკადის დიდი სიჩქარეებია, მაშინ აიღება 0.5. γ –

წინაღობის კოეფიციენტია ნაკადი არამდვირე წყლის დროს. ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე $\gamma_0=0,531$.

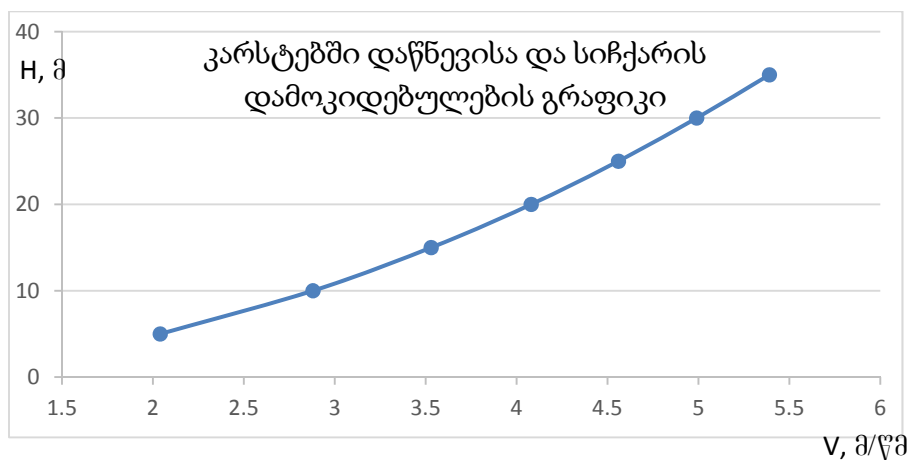
ხშირად კარსტული წყლის განტვირთვის ადგილები ადვილად ექვემდებარება წყალმიმღები ნაგებობის მოწყობას, მაგრამ წლის გარკვეულ პერიოდში კარსტული წყლის ხარისხი იცვლება, იმღვრება და მისი გამოყენება ფერხდება, ამიტომ კარსტული არხებიდან ჩამონარეცხი წყლის გამოსასვლელში შეწონილი ნაწილაკებით გამოწვეული სიმღვრივის გამოსათვლელად გამოვიყენოთ გამორეცხილი ლამის გამოტანის სიჩქარის ფორმულა:

$$v = \sqrt{\frac{2gd_{\text{კკ}}H}{\gamma_0 a l}}, \quad (2)$$

სადაც $d_{\text{კკ}}$ კარსტის გამოსავლის ეკვივალენტური დიამეტრია. ექსპერიმენტული მონაცემებით $d_{\text{კკ}}=0,5-0,9$ მ; H – დაწნევა. კარსტის ქვაბულის შეესებისას ატმოსფერული წაღეკებით და ქვაბულის კედლების გამორეცხვისას დიდი სიმაღლის კარსტებში დაწნევა $10 \div 30$ მეტრია; γ_0 – წინაღობის კოეფიციენტი ლამის კონცენტრაციის მიხედვით.

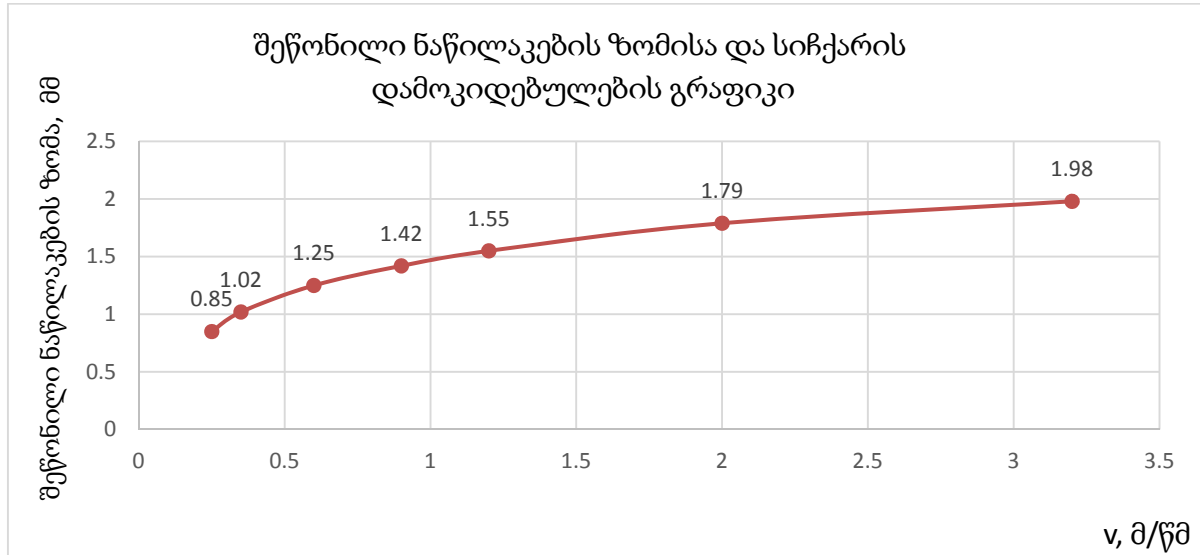
ქვემოთ მოცემულია გრაფიკები, რომლებიც დამუშავებულია მარტვილის რაიონში მდებარე ღროულის კარსტული წყლების ხარისხობრივ მაჩვენებლებსა და სხვადასხვა ლიტერატურიდან მოძიებული შეჯერებული ინფორმაციის საფუძველზე.

გრაფიკი ასახავს დაწნევის მიხედვით სიჩქარის ზრდას და გავლენას ახდენს შეწონილი ნაწილაკებისა და ლამის გამოტანილ რაოდენობაზე.

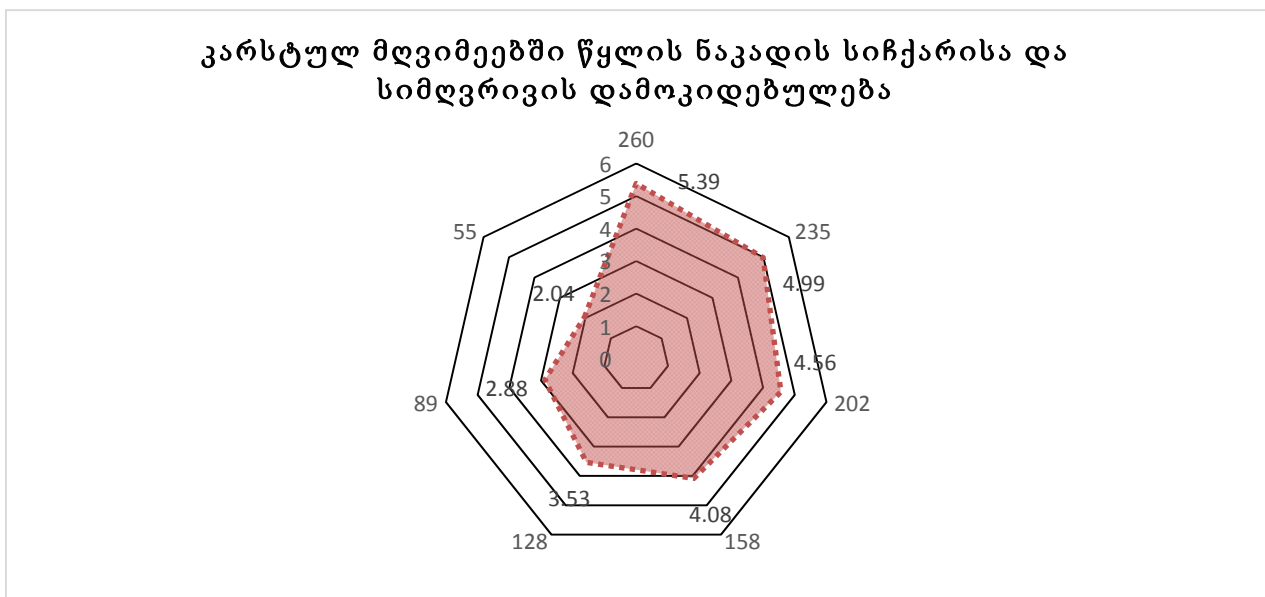


გამორეცხილი შეწონილი ნაწილაკების გრანულომეტრიული შედგენილობა და ლამის ჰიდრაულიკური სისხო დაზუსტებულია გრანულომეტრზე. ექსპერიმენტმა

ცხადყო, რომ დიდი სიჩქარის დროს კარსტიდან გამოტანილი შეწონილი ნაწილაკების ზომები იზრდება.



წარმოდგენილ დიაგრამაზე მოცემულია წყლის ნაკადის სიჩქარისა და სიმღვრივის დამოკიდებულება – სიმღვრივე იზრდება კარსტში ატმოსფერული ნალექების სიჩქარის ზრდასთან ერთად.



დასავლეთ საქართველოს მთიანეთში დიდი რაოდენობის კარსტული წარმონაქმნებია. მათი წყალმომარაგებისათვის გამოსაყენებლად ქ. ჭიათურისთვის

შესწავლილ და დამუშავებულ იქნა კარსტული წყლები „ღრუდოს“ წყაროებზე, სადაც დაგეგმარდა და აშენდა წყალმიმღები ნაგებობები და მასთან ერთად საწმენდ ნაგებობათა კომპლექსი ურეაგენტო გაწმენდის ტექნოლოგიით.

აღსანიშნავია, რომ სათავე ნაგებობებმა თითქმის ორი წელი იმუშავა, შემდგომ გამოვიდა მწყობრიდან ანტროპოგენული ზემოქმედების შედეგად, რაც გამოიწვია კარსტული სისტემის ერთ-ერთი მღვიმის ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებამ. დაბინძურებული კარსტის “შახტში” ასხამდნენ გადამუშავებულ საპოხ-საცხებ მასალას, ნავთობ-პროდუქტებს გაუთვინცობიერებლად. ამიტომ, საჭიროა კარსტული არეალის დაცვა, თუ იგი გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის, სათანადო სანიტარიული ზონებითა და მოსახლეობის ინფორმირებით კარსტული წყლების შესახებ.

3. დასკვნა

კარსტული წყლების მიღების მეთოდოლოგია ითვალისწინებს მათი წარმოშობის არეალს, მიღებული წყლების გამოყენებას სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის, დამუშავება-გაწმენდის ისეთი კომპლექსის შექმნას, რომელიც საშუალებას იძლევა მოხმარებელს მივაწოდოთ ეკოლოგიურად სუფთა წყალი.

მაღალმთიან რეგიონებში კარსტული წარმოშობის წყაროების გამოყენებისას დადგენილია კარსტული მღვიმის კედლების ჩამორეცხვის დროს გამოტანილი ლამის თავისებურება, ნატანის გრანულომეტრიული შედგენილობა და მათი მოქმედება ნაგებობებზე, კერძოდ წყალსაწმენდ სისტემაზე. საქართველოს პირობებისათვის პირველად იქნა განხილული კარსტულ მღვიმეებში წყლის ნაკადის, სიმღვრივისა და ნატანის ურთიერთდამოკიდებულება.

ლიტერატურა

1. ი. ბუაჩიძე. საქართველოს მიწისქვეშა წყლები. Гидрогеология СССР, Т. X. Грузинская ССР. М., 1970.
2. Владимирова Л.А. Водный баланс Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1974.
3. Геология СССР. Т.Х. Грузинская ССР. Тбилиси: Недра, 1979.
4. Инструкция по применению классификации. эксплуатационных запасов подземных вод и месторождениям питьевых и технических вод. М., 1985.
5. Справочное руководство гидрогеолога. М.: Недра, 1967.
6. Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ 2 и 3 поясов зон санитарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения // под ред. Н.Н. Лапшина и А.Е. Орадовской. М., 1983.
7. Кузмин И.А., Луконин Е.И. Гидрология и гидрометрия. Л.: Гидрометиздат, 1974.
8. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников // Под редакцией К. А. Михайлова, А. С. Образовского. М.: Стройиздат, 1976 г.
9. Кутателадзе Н. Г. Гидравлический расчет усовершенствованного типа донного водоприемника – пескогравиеловки. Тбилиси, 1982г.
10. ფონდური მასალები ღრუქლის კარსტებზე. Плотников Н.И. Подземные воды - наше богатство. Москва, 1990г.
11. Исследование процесса очистки до питьевого качества карстовых вод “Грудно” на отстойно - фильтровальной установке и разработка технического задания для составления рабочего проекта реконструкции очистной станции Грудского водопровода города Чиатура - Заключительный отчет Т. П. Лабарткава. Ответственный исполнитель к. т. н. доцент Г. А. Соселия. Тбилиси, 1990 год.

შპს 628.1

წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მოდელირება პიეზომეტრული დაწნევების ბანაჟილების საფუძველზე

ც. კენკიშვილი, მ. ონეზაშვილი, ხ. სოსელია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირებისა და სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექციის შესაძლებლობა საკონტროლო-მასხიათებელ წერტილებში, ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე.

წყალმომარაგების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში გამოსაყენებლად შედგენილია წყლით უზრუნველყოფის ზოგადი მოდელის ალგორითმი და მისი ბლოკ-სქემა.

საკვანძო სიტყვები: წყალმომარაგების სისტემა; წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მოდელირება; ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვა; პიეზომეტრული დაწნევა.

1. შესავალი

წყალმომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება რთულ და ძნელად ფორმალიზებად საინჟინრო ამოცანათა კლასს მიეკუთვნება.

ქვემოთ მოცემულია ამოცანის შესაძლო გადაწყვეტა წყალმომარაგების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში გამოსაყენებლად.

2. ძირითადი ნაწილი

მიზნის მისაღწევად წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ოპერა-

ტიული მართვისას სადისპეტჩერო პერსონალმა აქტიურად უნდა გამოიკვლიოს ლოგიკური „არამკვეთრი“ მსჯელობები, რომლებიც ფორმალურად სპეციალისტ-ექსპერტთა გადაწყვეტილებებია და ასახულია ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების ვერბალური, კერძოდ ჰარინგტონის საპროგნოზო სკალის შესაბამისად. ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების აღნიშნული სკალა ხასიათდება გარკვეული შუალედური მნიშვნელობებითაც, რომელთა მიხედვით შესაძლებელია აგებულ იქნეს საკვლევი პროცესის დიაგნოსტიკური შეფასების დესკრიფციული (აღწერითი) ტიპის მოდელები. სკალური გრადაციები, როგორც აღნიშნეთ ნაწილდება გრადაციულ მნიშვნელობებში, რომელთა გამოყენება მიზანშეწონილია გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში:

$d \in 1,00$ - პარამეტრის მაქსიმალურად შესაძლო (დასაშვები) დონე, რომელიც ყოველთვის არ მიიღწევა;

$d \in 1,00 \div 0,80$ - პარამეტრის დასაშვები და მაღალი დონე, რომელიც ყოველთვის არ მიიღწევა;

$d \in 0,80 \div 0,60$ - პარამეტრის დასაშვები და კარგი დონე, რომელიც იმაზე მეტია, რის მიღწევასაც ცდილობენ;

$d \in 0,37$ - პარამეტრის მოცემული დონე (შეესაბამება პარამეტრის იმ მდგომარეობას, რომელიც მიღებული უნდა იქნეს);

$d \in 0,37 \div 0,0$ - პარამეტრის არადასაშვები (ცუდი) დონე.

ეს კატეგორიები შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს სპეციალური სკალების თანახმად (0–შეესაბამება პროცესის აბსოლუტურად მიუღებელ სიტუაციურ მდგომარეობას, ხოლო 1–პროცესის ძალიან კარგ სიტუაციურ მდგომარეობას).

ფიზიკურად, მომხმარებელთა წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის ხარისხობრივ-სიტუაციური მდგომარეობა შეიძლება გაიზომოს მხოლოდ ირიბად, წყლის მიწოდებისა და განაწილების ფუნქციური სქემის (ან სქემათა ერთობლიობის) შემადგენელი ელემენტების საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე (დროის მოცემულ მომენტში), ამიტომ დიაგნოსტიკური ტიპის დესკრიფციული მოდელები აგებული უნდა იქნეს მხოლოდ პიეზომეტრული დაწნევების, როგორც საკონტროლო-საზედამხედველო პარამეტრის ცვლილების, განსაზღვრის არეში. პიეზომეტრული დაწნევების ცვალებადობის დასაშვები არე, როგორც მომხმარებელთა მიერ დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მახასიათებელი ტექნოლოგიური პარამეტრი, შერჩეული უნდა იქნეს ოპერატორ-დისპეტჩერის (ექსპერტის) მიერ განვითარებული დონისა და სუბიექტურ-ხარისხობრივი ფსიქოფიზიკური სახის უპირატესობათა გაზომვებისა და შეფასებათა საფუძველზე, იმის მიხედვით, თუ დრო-

ის მოცემულ მომენტში რამდენად შესაძლებელია საკვლევი პროცესის მისაღები სიტუაციური მდგომარეობის შენარჩუნება მოქმედი ნაგებობის ეფექტური ფუნქციონირების რეჟიმის ველში. ქვემოთ მოგვყავს დესკრიფციული მოდელის აგების პროცედურა სასურველობის უნიმოდალური ფუნქციის გამოყენებით, რომელიც ემყარება პიეზომეტრული დაწნევების (საკონტროლო-მახასიათებელი პარამეტრის) შესაძლო ცვლილების ორმხრივი შეზღუდვის არის გამოყენების პირობას – $H_{\text{მინ.}} < H < H_{\text{მაქს.}}$. დესკრიფციული ტიპის მოდელის აპროქსიმაციისათვის შერჩეული სასურველობის არე შეიძლება აღიწეროს შემდეგი ფუნქციით:

$$d_i = e^{-e^{-(b_0 + b_1 H_i^{\text{პარგო}})}}, i = \overline{1, m},$$

სადაც b_1 საძიებელი კოეფიციენტებია; H – საანალიზო პიეზომეტრული დაწნევის პარამეტრის მნიშვნელობა; e – ექსპონენტის ნიშანი. თუ ამ გამოსახულებაში $\exp$ -ს გადავწერთ $\exp(x)$ -ის სახით, მაშინ საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული დაწნევის ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების დესკრიფციული მოდელი ჩაიწერება შემდეგი სახით:

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

სადაც b_0 და b_1 კოეფიციენტები შემდეგნაირად განისაზღვრება:

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

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

სადაც $H_2^{\text{ცუდი}}$ საკონტროლო წერტილში პიეზომეტრული დაწნევის სასაზღვრო არასასურველი ანუ „ცუდი“ სიდიდე (როდესაც $d_1^{\text{ცუდი}} = 0,2$), ხოლო $H_1^{\text{პარგო}}$ დაწნევის სასაზღვრო სასურველი ანუ „კარგი“ მდგომარეობის ამსახველი სიდიდეა (როდესაც $d_2^{\text{პარგო}} = 0,8$).

Hi ფაქტობრივი დაწნევების შესაბამისი დიფერენციული ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებები ხასიათდება შემდეგ სკალარულ გრადაციებში: როდესაც $d \in [0, 0-0,37]$ – აღინიშნება დაწნევის „ცუდი“ სიტუაციური მდგომარეობა; როდესაც $d \in [0,37-0,63]$ – აღინიშნება დაწნევის „დამაკმაყოფილებელი“ სიტუაციური მდგომარეობა; როდესაც $d \in [0,63-1]$ – აღინიშნება დაწნევის „კარგი“ და „ძალიან კარგი“ სიტუაციური მდგომარეობა.

რეალურ სიტუაციაში საკონტროლო წერტილების მიხედვით (სასურველობის დიფერენციული ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასებების მიხედვით) განისაზღვრება ხარისხობრივი შეფასების ინტეგრირებული მაჩვენებელი, როგორც დიფერენციული შეფასების საშუალო გეომეტრიული შეწონილი სიდიდე:

$$D_i = \prod_{i=1}^m d_i^{1/m}, i = \overline{1, m}$$

სადაც D_i საკონტროლო წერტილების ერთობლიობაა $i = \overline{1, m}$ ინტეგრალური შეფასების მიხედვით ხასიათდება ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების იმავე სკალური გრადაციებით, რომელიც დაწნევების მოცემული განაწილების შემთხვევაში მაქსიმუმისაკენ უნდა მიისწრაფოდეს და დროის მოცემულ მომენტში ინარჩუნებდეს შედარებით სტაბილურ დონეს:

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

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

დაწნევების განაწილების პროცესში დამყარებული წყლით უზრუნველყოფის პროცესის ოპერატიული კორექცია პროცედურულად შეიძლება განხორციელდეს განსახილველი საკონტროლო წერტილებით შედგენილი სამოდელო დამოკიდებულების სასურველობის მოთხოვნილი არის შესაბამისად, რომელიც აგრეთვე ხასიათდება ზემომოყვანილი იმავე ხარისხობრივ-კრიტერიული შეფასების სკალური გრადაციებით:

$$d_i = \exp \left[-\exp \left(-b_0 - b_1 H_i^{\text{უაქბ}} \right) \right] = d_{\text{სასურვ.}}$$

3. დასკვნა

ამრიგად, წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება და სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექცია შეიძლება დაემყაროს საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილებას. აღსანიშნავია, რომ ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყლით უზრუნველყოფის პროცესის კორექცია რეალურად შეიძლება განხორციელდეს სასურველობის მოთხოვნილ არეში როგორც ცალკე აღებული სქემისთვის, ასევე გარკვეულ ფუნქციურ სქემათა ერთობლიობის შემთხვევაში.

წყალმომარაგების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში გამოსაყენებლად შედგა წყლით უზრუნველყოფის ზოგადი მოდელის ალგორითმი და ბლოკ-სქემა.

UDC 626.9

ABOUT THE ACTION OF LONGITUDINAL WAVES ON BANK SLOPES OF THE SOIL CHANNELS

Sh. Gagoshidze, A. Gogoladze, M. Kodua

(Georgian Technical University)

Resume: *Alongshore waves are dominant in an open river and maritime canals. For water area, from one side limited by arbitrarily sloped shore endlessly running deep into the sea, they were studied by Stoke, but due to significant mathematic difficulties for total depth canals the amount of accurate solutions is limited by just some private cases, which are hardly applicable in practical use.*

Some results of an approximate solution of the problem about propagation of along-shore waves, laying over the stationary flow in trapezoidal canal are presented. The solution is based on the application of direct Galerkin-Kantorovich method in three-dimension linear equations for wave hydromechanics, written in cylindrical co-ordinate system. The obtained solutions maintain the three-dimension structure of the waves over the shore slope and lead to the results easily applied in the design.

Key words: *longitudinal waves; flow; canal depth; slope deformation.*

1. INTRODUCTION

Longitudinal waves are the dominating ones in open maritime and navigation river channels. For the area having only one side bounded by an arbitrarily sloping wall, these waves were studied by Stokes [1], but because of great mathematical difficulties for channels of finite depth, the quantity of exact solutions is limited only to a few particular cases [1] - [4], which are difficult for practical use.

Below we present some of our results of approximate solution of the problem on propagation of longitudinal waves, imposed on a stationary flow in a trapezoidal channel and show how to these waves action on the bank slope, of a trapezoidal channel build of loose soil.

2. THE BODY OF THE ARTICLE

The solution is based on the application of the Galerkin-Kantorovich direct method [5] to three-dimensional linear equations of wave hydromechanics, written in a cylindrical system of coordinates x, r, α (see Fig. 1), where x is the longitudinal co-ordinate; r is the radius vector

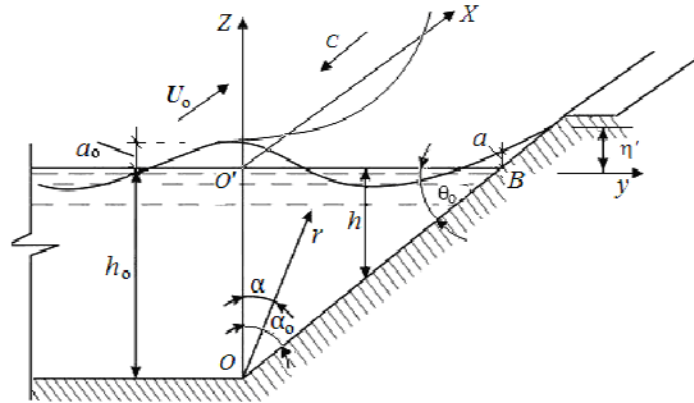


Fig. 1. Design diagram of alongshore waves in trapezoidal channel

taking its origin on the line of intersection of the bank slope, with the channel bottom and acting in the sector bounded by the vertical z -axis and the bank slope towards the horizon; α is a polar, angle that varies from $\alpha = 0$ on the z -axis to $\alpha = \alpha_0$ - on the bank slope plane. The following expressions were obtained for the velocity potential (φ) and vertical deviations of the free surface (η) of longitudinal waves:

$$\varphi = U_0 x \pm a_0 \frac{g}{\sigma - kU_0} \frac{\cosh(kr)}{\cosh(kh_0)} \frac{\cos m(\alpha - \alpha_0)}{\cos(m\alpha_0)} \cos(\sigma t \pm kx); \quad (1)$$

$$\eta = a_0 \frac{\cosh(kh_0 / \cos \alpha)}{\cosh(kh_0)} \frac{\cos m(\alpha - \alpha_0)}{\cos(m\alpha_0)} \sin(\sigma t \pm kx), \quad (2)$$

where U_0 is the stationary flow velocity; h_0 and a_0 are respectively the flow depth and the wave amplitude, given in the rectangular part of the channel; $\sigma = 2\pi/\tau$ is the wave disturbance frequency; τ is the period of time; $k = 2\pi/\lambda$ is the wave number; λ is the length of a longitudinal wave; the signs " $\pm$ " correspond to the propagation of counter-flow waves and waves, which direction coincides with that flow; m is the so-called transverse wave number, on which depends the wave surface configuration crosswise the channel. In particular, if in a channel there are propagated relatively short waves, for which the number m is defined by the asymptotic relation

$$m = \left(\frac{kh_0}{\cos \alpha_0} - \frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

then the free water surface acquires the mode of standing wave oscillations. These oscillations have longitudinal stationary nodal lines, the number of which over the bank slope is calculated by the integer part of the number n defined by the equality

$$n = \frac{m\alpha_0}{\pi} + \frac{1}{2}. \quad (4)$$

For all values of n we use the limit dispersion relation

$$(\sigma - kU_0)^2 = gk \cos \alpha_0 \cdot \tanh(kh_0 / \cos \alpha_0), \quad (5)$$

whereas the connection between the wave amplitudes on the bank line a and above the bank slope base a_0 is expressed by the relation

$$\frac{a}{a_0} = \left| \frac{\cosh(kh_0 / \cos \alpha_0)}{\cosh kh_0 \cdot \cos m\alpha_0} \right|, \quad (6)$$

according to which a is always larger, than a_0 and much exceeds a_0 in the presence of short waves, i.e. for large kh_0 . In that case, the equation of free surface near the bank asymptotically leads to the results calculated by the Stokes relation. Also, if the wave steepness on the shoreline is

$$\frac{a}{\lambda} \geq \frac{\tan \theta_0}{2\pi e \cos \theta_0}, \quad (7)$$

where $e = 2.718$ is the Neper number, than above the shoreline waves will wet the bank slope only with destroyed crests. Graphic picture (7) is provided in Fig. 2.

According to Fig.1. Even for very steep coast slope, in particular, for the slope with an angle dipping to the horizon $\theta_0 = 60^\circ$, the maximum steepness of the alongshore waves at the shoreline does not exceed $\frac{a}{\lambda} = 0.2$. In larger alongshore wave steepness, above the shoreline, will wet the slope of the slope at 60° only with broken ridges.

Using these relations and estimating the static stability of the bank slope of a trapezoidal channel built of loose soil, we can come to the conclusion, that by washing-out the bank slope of the channel long waves give a concave shape (Fig. 3), whereas relatively short longitudinal waves give it a convex shape (see Fig. 4).

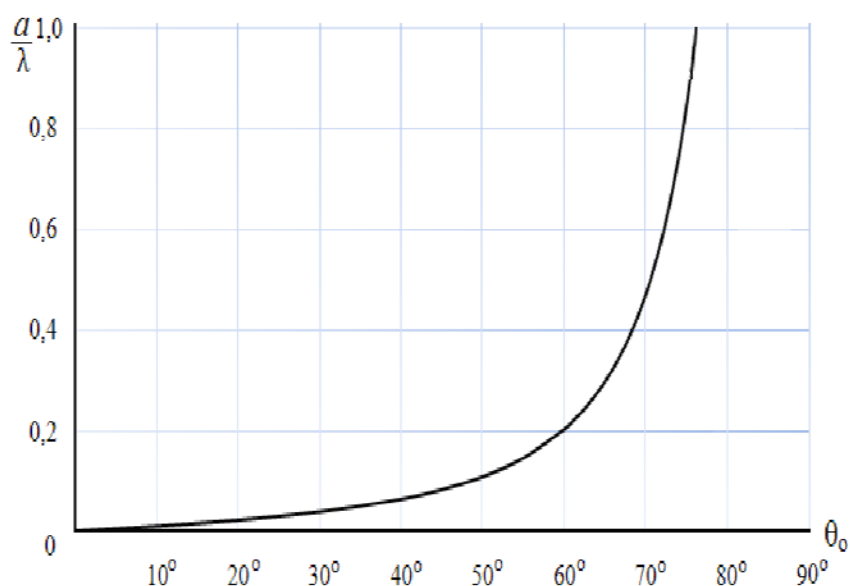


Fig. 2. Limit steepness of the wave crest above the shoreline of trapezoidal channel

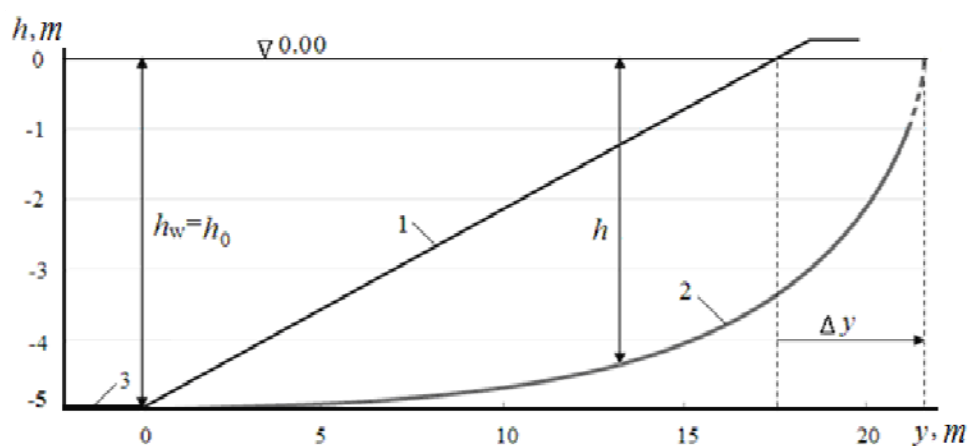


Fig. 3. A typical outline of the washed-out coastal slope by the long alongshore waves 1- initial (designed) contour of the coastal slope; 2- contour of the washed-out slope; 3- channel invert.

For a relatively short waves the calculation is conducted by the following initial data: an initial depth of a channel $h_0=5m$; designed sense of ratio of inclination $m_0=\cot\theta_0=3.5$; average particle size of channel soil $d=0.5\cdot 10^{-4}m$; relative density of water and soil particles in suspension state $\gamma=1ton/m^3$ и $\gamma'=1.6ton/m^3$; length and amplitude of an alongshore wave $\lambda=4.0m$ and $a=0.35m$.

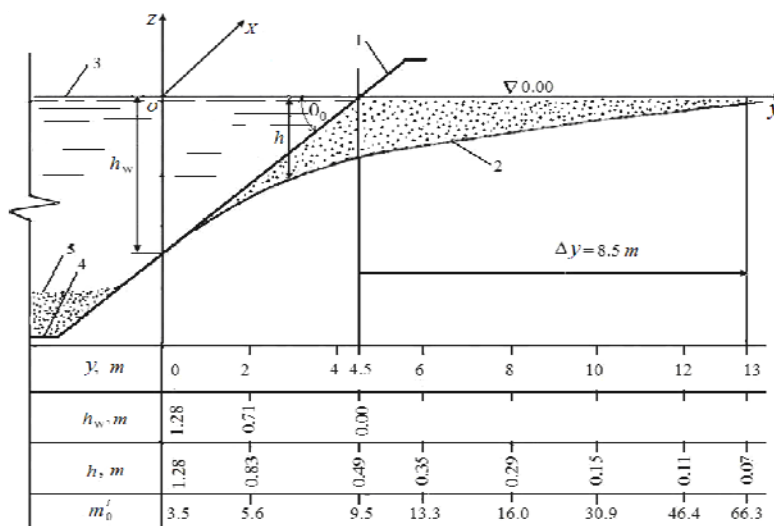


Fig. 4. Deformation contour of a coastal slope of one of the sea channel

1 – Design contour of the coastal slope; 2 – washed-out coastal slope; 3 – surface of the water in the channel; 4 – designed channel invert; 5 – deposited soil; designed water depth; h - water depth after wash-out of the slope; y – transverse co-ordinates counted from a vertical, where there is no wash-out of the coastal slope ($h_w=1,3$ m); m_0' - laying of a slope of washed-out coast.

3. CONCLUSION

Thus, there was considered the action of longitudinal waves on bank slopes of the soil channels.

The results of the calculation were in accordance with data of full-scale monitoring of wash-out of the coasts of seaport channel.

REFERENCES

1. Lamb G. Hydrodynamics. M: Gostekhizdat, 1947.
2. Constantin A. Edge waves along a sloping beach // J. Phys. A: Math. Gen. 34. 2001.
3. Johnson R.S. Some contributions to the theory of edge waves // J. Fluid Mech. Vol 524. 2005.
4. Practical manual in ocean dynamics. Edited by A.V. Nekrasov and E.N. Pelinovski, Sankt-Petersburg: Gidromteozdat. 1992.
5. Kantorovich L.V., Krilov V.N. Approximate methods of higher analysis/ M.: Fizmatgiz. 1962.

UDC 628.1

DETERMINATION OF PARAMETERS OF DRIP IRRIGATION PIPELINE TAKING INTO ACCOUNT THE CONCENTRATION OF FLOW

L. Klimiashvili, D. Gurgenidze, I. Inashvili, I. Klimiashvili

(Georgian Technical University)

Abstract: *There are received the equations of pipeline diameter of drip irrigation system and water-supply schedule, taking into consideration the concentration of flow. As a result, irrigation mode and acceptable limits of duration of irrigation have been reasonably proved.*

Key words: *drip irrigation; diameter of pipeline; concentration of flow; flow rate; duration of irrigation.*

1. INTRODUCTION

According to the water consumption, agriculture significantly exceeds all other sectors of the national economy and water industry.

Water use in agriculture primarily covers irrigation, water-supply and watering issues. Besides the above-mentioned, water consumption, drainage, drainage run-off with the salty soil and other water outfall measures are included in the use of water resources, i.e., water consumption of agriculture in the country is determined by the degree of development of land reclamation, which in turn depends on the application of modern technologies.

It should be mentioned, that among the modern reclamation activities, the drip irrigation by itself performs the prior technology, especially in arid and semiarid regions.

The main advantages of drip irrigation imply its higher efficiency, rational use of irrigation water, fertilizer, energy and labor.

Drip irrigation - is a system for supplying water and nutrients directly to the specified area of land occupied by the root zone of agricultural plants. Water is fed through a developed distribution system, lateral pipelines and drip lines and drippers, that are installed directly at the foot of each plant.

In addition, such irrigation-fertilization system allows application of the balanced amount of nitrogen, potassium and other nutrients during each stage of crop development.

Provision of fertilizers along with the irrigation water leads to more uniform distribution of enriched irrigation water to the humid layer of soil. Moisturizing layer of soil, located in the zone of the main mass of roots, has a certain horizontal and vertical dimensions, depending on the type of soil and irrigation rate. During fertilization, only rows with certain width are moisturized, that saves water, prevents weed growth, reduces the cost of maintaining the ground against weed growing.

The regime of drip irrigation should be considered as a set of elements to ensure that agricultural crops readily supplied with irrigation water during the growing season. The elements of drip irrigation regime include number of irrigation dates (irrigation scheduling), irrigation mode, upper and lower limits of the estimated soil moisture, average date and time of regular irrigation, duration of inter-irrigation period for a specific agricultural crop, region, climate, soil and economic conditions.

2. THE BODY OF THE ARTICLE

MATERIALS AND METHODS

It should be noted, that during the mixing of fertilizer with pure water, the concentration of irrigation water is increased, which affects both the irrigation rates, and the technical parameters of drip irrigation system.

The consumption of the concentration (water-fertilizer) can be expressed as [1]

$$S = \frac{Q_F}{Q_W + Q_F}, \quad (1)$$

Where: S - concentration;
 Q_F - fertilizer consumption (m^3/sec);
 Q_W - flow rate of pure water (m^3/sec).

According to the equation (1) we get, that the consumption of the fertilizers in the water supply system will be

$$Q_F = \frac{Q_W S}{1 - S}. \quad (2)$$

Transforming the equation (2), we get

$$Q_S = \frac{Q_W}{1 - S}. \quad (3)$$

According to the received equation (3) it is evident, that the rate of solution flow is directly proportional to rate of pure water flow and concentration.

Transforming the equation (3), we get, equation of diameter of pipeline of the drip irrigation system

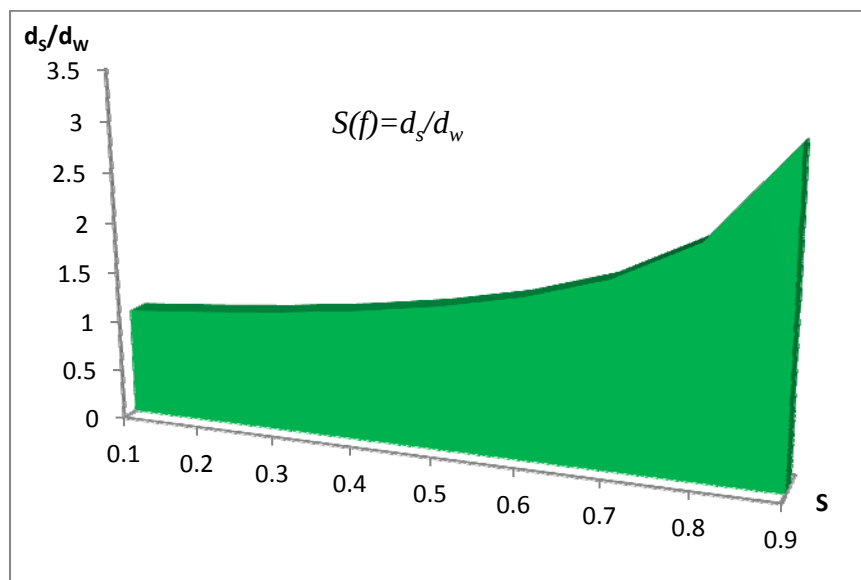
$$d_s = d_w \sqrt{\frac{1}{1-S}}, \quad (4)$$

Where: S is concentration;

d_s - diameter of the drip pipe for the flow enriched with fertilizers (mm);

d_w - diameter of the drip pipe for the pure water flow (mm).

Using the above-mentioned equation (4), it is possible to compute the pipeline diameter for solution flow of drip irrigation system taking into account flow rate of pure water.



The graph illustrates, that for supply of normalized solution during the certain period using the drip irrigation system, it is necessary to increase the diameter of the pipe-line, which is economically unprofitable. Therefore, an alternative option is to correct the irrigation scheduling.

The irrigation scheduling to supply normalized pure water, can be determined by means of the following equation [2]

$$t = \frac{v}{Tq} = \frac{KE - \mu P}{Tq} \omega, \quad (5)$$

Where: T is period between irrigation, expressed in days;

q - flow rate of dripper (l/h),

- t - duration of the operation of system, expressed in days;
 E - evapotranspiration (mm);
 P - precipitation during the certain period (mm);
 ω - irrigated area (m²);
 v - volume of applied water (l);
 μ - coefficient of observation upon the precipitation.

Substituting (5) and (3) we get

$$t = \frac{(KE - \mu P)\omega}{Q_w}(1 - S). \quad (6)$$

Where: S is concentration;
 Q_w - flow rate of pure water (m³/c).

3. CONCLUSION

Using the above received equation it is possible to regulate schedule of supply water and fertilizers, that are necessary for growing and development of agricultural crops.

REFERENCES

1. I. Kruashvili, E. Kukhalashvili, I. Inashvili. Establishment of optimum parameters of the irrigation mode at application of the drip irrigation for reception of ecologically pure production. Proceedings of the international scientific conference on “food safety problems”, Tbilisi, 2009.
2. G. Tugushi. Agricultural hydroengineering reclamation. Georgian Agricultural University, Tbilisi, 1986.

შპს 691. 32

ბაჭიმვისას დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლებზე

ა. საყვარელიძე, ნ. ღუდუშაური, მ.კოდუა

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: შესწავლილია გაჭიმვისას სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლებზე დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა. გაჭიმვაზე ცდები ჩატარდა უნივერსალურ მანქანა „ინსტრან-1115-ზე“ დეფორმაციის სიჩქარეთა დიდ დიაპაზონში – $2,13 \cdot 10^{-7} \div 2,13 \cdot 10^{-1} \text{ 1/წმ}$. გამოიცადა ნიმუშები – „ბრტყელი“ რვიანები $W=4,7\%$ ტენზომეტრულით (მასის მიხედვით). ნიმუშების ასაკი იყო 28 და 60 დღე. თითოეულ სიჩქარეზე გამოიცადა ორივე ასაკის 6–6 ნიმუში, სულ 36 – ოცდარვა დღის და 36 – სამოცი დღის.

ჩატარებული გამოკვლევით დადგინდა, რომ გაჭიმვისას სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცის, დეფორმაციის და დრეკადობის მოდულების სიდიდეზე დეფორმაციების სიჩქარე (სიჩქარეთა გამოკვლევულ დიაპაზონში) სუსტად მოქმედებს.

საკვანძო სიტყვები: ბეტონი; დეფორმაცია; გაჭიმვა; სიჩქარე; ასაკი; სიმტკიცე; დრეკადობის მოდული.

1. შესავალი

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებში გამოსაყენებელი ძირითადი მასალის – ცემენტისფუძიანი კომპოზიტების სხვადასხვა (ტრადიციული და ახალი სახის ბეტონები) გამოკვლევის მიზანია სხვადასხვა ასაკის ბეტონის გაჭიმვისას დაადგინოს სიმტკიცის, დეფორმაციის და დრეკადობის მოდულების დამოკიდებულება დეფორმაციების სიჩქარეზე.

გამოცდები გაჭიმვაზე ჩატარდა დეფორმაციის 5 სხვადასხვა სიჩქარეზე, რომლებიც ერთმანეთისგან ხარისხით განსხვავდება. დეფორმაციის სიჩქარეთა სიდიდეები პრაქტიკულად მთლიანად მოიცავს სტატიკური დატვირთვების დიაპაზონს.

გამოიცადა „ბრტყელი“ რვიანის ფორმის ნიმუშები: სისქე – 50მმ, სიგანე მუშა ნაწილში – 70მმ, საერთო სიგრძე – 530მმ. გამოცდის წინ ნიმუშების ასაკი 28 და 60 დღე იყო. დადგინდა სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცის, ზღვრული დეფორმაციის და დრეკადობის მოდულის სიდიდეები დეფორმაციის სიჩქარეთა დიაპაზონში.

2. ძირითადი ნაწილი

გაჭიმვისას სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლებზე ჩატარდა (სიმტკიცე, ზღვრული ფარდობითი დეფორმაცია, დრეკადობის მოდული) დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა.

გამოცდები ჩატარდა უნივერსალურ მანქანა „ინსტრან-1115-ზე“. აღნიშნულ მანქანაზე შესაძლებელია გაჭიმვაზე ნიმუშები გამოიცადოს ხუთი ერთმანეთისგან ხარისხით განსხვავებული დეფორმაციის სიჩქარის დროს. აღნიშნული მანქანა საშუალებას იძლევა მასალები პრაქტიკულად გამოვცადოთ მთელ დიაპაზონში.

ნიმუშები მზადდებოდა მძიმე ბეტონისგან, რომლის შედგენილობა მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

ბეტონის შედგენილობა და მასალების ხარჯი 1მ³-ზე

მასალის სახეობა	მასალის ზომები	მასალის რაოდენობა 1მ ³
1	2	3
გრანიტის ღორღი	5-14მმ	820კგ
ცემენტის ქვიშა	0,14-5მმ	930კგ
პორტლანდცემენტი	აქტივობით 450	400კგ
წყალი	სასმელი	180 ლიტრი

ბეტონის ნარევი მზადდებოდა სტანდარტულ ბეტონსარევეზე [1]. გაჭიმვაზე გამოიცადა „ბრტყელი“ რვიანები: სისქე – 50მმ და საერთო სიგრძე – 530მმ, სიგანე

მუშა ნაწილში – 70მმ. ნიმუშების დასამზადებლად გამოყენებული იყო სპეციალური დასაშლელი ლითონის ფორმები [1].

რვიანების დამზადებისას ვიბრაციის ხანგრძლივობა 60წმ იყო [1], დამზადების შემდეგ ყველა ნიმუში მოათავსეს „სტანდარტულ“ პირობებში. „სტანდარტულად“ მიღებულია შემდეგი გარემო: ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა $\phi=100\%$, $T=20\pm1,5^{\circ}\text{C}$. ასეთ პირობებში ნიმუშების დახანება ხდებოდა კვლევის მეთოდით განსაზღვრული დროის განმავლობაში. შემდეგ ნიმუშები გამოიცადა გაჭიმვაზე დეფორმაციის სხვადასხვა სიჩქარის დროს.

ჩატარდა გამოცდის ორი სერია: პირველ სერიაში გამოიცადა 28 დღის და $W_0=4,7\%$ (მასის მიხედვით), მეორე სერიაში კი – 60 დღის და $W_0=4,7\%$ (მასის მიხედვით) ტენშემცველობის ნიმუშები. ორივე სერიის ნიმუშების გამოცდა ჩატარდა: $2,13\cdot10^{-7}\text{1/წმ}$; $2,13\cdot10^{-6}\text{1/წმ}$; $2,13\cdot10^{-5}\text{1/წმ}$; $2,13\cdot10^{-4}\text{1/წმ}$ და $2,13\cdot10^{-3}\text{1/წმ}$ დეფორმაციების სიჩქარეების დროს, ე.ი. გამოცდები ტარდებოდა 5 სხვადასხვა სიდიდის დეფორმაციის სიჩქარეებზე, რომლებიც ერთმანეთისგან ხარისხით განსხვავდება. ექსპერიმენტებში თითოეულ ასაკსა და დეფორმაციის სიჩქარეზე გამოიცადა 6 ტყუპისცალი ნიმუში.

პირველ სერიაში გამოიცადა 28 დღის ასაკის 36 ნიმუში; მეორე სერიაში – 60 დღის 36 ნიმუში.

ყველა დეფორმაციის სიჩქარეზე გამოცდისას დადგინდა ნიმუშების (მასალის) სიმტკიცის, ფარდობითი დეფორმაციის ზღვრული სიდიდეები და განისაზღვრა დრეკადობის მოდულები. სამივე დადგენილი პარამეტრი 6 ტყუპისცალი ნიმუშის გამოცდის შედეგების გასაშუალოებული სიდიდეებია.

ექსპერიმენტების შედეგები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

სხვადასხვა ასაკის ბეტონის მექანიკური მახასიათებლები დეფორმაციის სხვადასხვა სიჩქარის დროს გაჭიმვისას

დეფორმაციის სიჩქარე $1/\text{წმ}$	სიმტკიცე σ , მპა	ზღვრული დეფორმაციები $\epsilon\cdot10^{-6}$	დრეკადობის მოდ- ული $E\cdot10^4$ მპა
1	2	3	4
28 დღის ნიმუშები			
$2,13\cdot10^{-7}$	3,5	130	3,20

გაგრძელება

1	2	3	4
$2,13 \cdot 10^{-6}$	3,5	124	3,41
$2,13 \cdot 10^{-5}$	3,8	128	3,30
$2,13 \cdot 10^{-4}$	4,0	122	3,61
$2,13 \cdot 10^{-3}$	4,1	123	3,81
60 დღის ნიმუშები			
$2,13 \cdot 10^{-7}$	3,8	130	3,51
$2,13 \cdot 10^{-6}$	4,1	12	3,70
$2,13 \cdot 10^{-5}$	4,1	124	3,80
$2,13 \cdot 10^{-4}$	4,2	115	4,00
$2,13 \cdot 10^{-3}$	4,3	110	4,15

ცხრილში მოცემულია ორივე ასაკის ბეტონის მექანიკური მაჩასიათებლები, რომელთა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დეფორმაციის სიჩქარის 4 ხარისხით გაზრდისას (ჩვენს შემთხვევაში $2,13 \cdot 10^{-7} \div 2,13 \cdot 10^{-3}$ 1/წმ ბეტონის გაჭიმვაზე) 28 და 60 დღის ნიმუშებისთვის იზრდება, შესაბამისად, 17,1 და 13,2%-ით. ზღვრული ფარდობითი დეფორმაციები ორივე ასაკის ნიმუშებისათვის უმნიშვნელოდ იცვლება.

დრეკადობის მოდულები კი ორივე ასაკის ბეტონისთვის, დეფორმაციის სიჩქარის ცვლილების მიღებულ ზღვრებში, 28 და 60 დღის ასაკის ბეტონისთვის, შესაბამისად, 12,1 და 11,9%-ით იზრდება.

3. დასკვნა

ჩატარებულმა გამოცდებმა გვიჩვენა, რომ სხვადასხვა ასაკის ბეტონის გაჭიმვისას სიმტკიცის, ზღვრული ფარდობითი დეფორმაციის და დრეკადობის მოდულის სიდიდეებზე დეფორმაციის სიჩქარე (სტატიკური დატვირთვის მთელ დიაპაზონში) სუსტ გავლენას ახდენს.

ლიტერატურა

1. Сакварелидзе А.В. Некоторые задачи механики строительных композиционных материалов. Монография. Тбилиси: Мецниереба, 1999.

შპს 53.082.1

ტრაპეციული კვეთის არხში ფილტრაციული ხარჯის განსაზღვრის საანგარიშო მოდელი

ი. ყრუაშვილი, დ. გუბელაძე, მ. ნაცვლიშვილი
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: *მელიორაციული სისტემის დაპროექტებისა და მშენებლობისას ნიადაგ-გრუნტში ტენიანობის დინამიკისა და გრუნტის წყლის რეჟიმის პროგნოზი ემყარება წყლის ბალანსის მეთოდის გამოყენებას. ნაშრომში შეტანილი ჰიდროგეოლოგიური სქემისათვის, არხში უსასრულოდ მცირე წყლის სიღრმით რეალიზებულ იქნა ტრაპეციული კვეთის არხიდან ფილტრაციული ხარჯის განსაზღვრა. ეს საანგარიშო მოდელი ანალოგიურია ინფილტრაციის კინემატიკური სურათისა და შეესაბამება მიწისქვეშა ნაკადების თავისუფალზედაპირიანი ნაკადების დაუმყარებელ რეჟიმს.*

საკვანძო სიტყვები: *ფილტრაცია; ტრაპეციული არხი; წყლის ბალანსი; ტენიანობის დინამიკა.*

1. შესავალი

ქვეყნის აგრარული პოლიტიკის სწორად წარმართვის მიზნით აუცილებელ ღონისძიებად მიგვაჩნია საქართველოში საირიგაციო ინფრასტრუქტურის განვითარება, სამელიორაციო სისტემების მშენებლობა, რეაბილიტაცია, მოვლა-შენახვა და ექსპლუატაცია, რომელიც დაკავშირებულია დიდი მოცულობის მატერიალურ დანახარჯებთან და ითვალისწინებს წყლის რესურსების ოპტიმალურ გამოყენებას და ეფექტური საირიგაციო სისტემების მშენებლობას, აგრარულ დარგში სახელმწიფოს მიერ მნიშვნელოვან სტრატეგიულ ხედვას.

2. ძირითადი ნაწილი

განხილულია შეუტბორავი (თავისუფალი) და შეტბორილი (წყალგაუჟვრებელი) სქემების ერთობლიობა დანარჩენი ჰიდროგეოლოგიური სქემების ინტეგრაციით და მიღებული შედეგები, კომპლექსური პოტენციალის ფუნქციის გამოყენებით, დაექვემდებარა ანალიზურ გადაწყვეტას.

კომპლექსური პოტენციალი

$$\omega = \phi + i\psi = -\frac{Q}{\pi}\Omega = -\frac{Q}{\pi}(\phi + i\psi), \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \phi &= -\frac{\pi}{Q}\phi, \\ \psi &= -\frac{\pi}{Q}\psi \end{aligned} \quad (2)$$

სადაც ϕ და ψ არის ღინების წირების და თანაბარდაწნევიანი ზედაპირების პოტენციალი; Q – სრული ფილტრაციული ხარჯი არხის სველი პერიმეტრიდან, მ³/წმ; θ_2 მონაკვეთიდან ხარჯი აღნიშნულია Q -თი, ხოლო 0 წერტილში [1] – ψ და ψ_0 , ამიტომ

$$\psi_0 = \frac{\pi Q_1}{Q}. \quad (3)$$

თავისუფალი ზედაპირის გასწვრივ $\omega = -kz$ და $\Omega = \frac{k\pi z}{Q}$. X განისაზღვრება [1] შემდეგი ფორმულით:

$$X = \frac{4MQ}{\pi k} \left\{ \lambda \sin Q \left[l^n + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{l(2n+1)^\eta}{(2n+1)^2} \right] - \frac{1}{4} \left[l^n - 2l^\eta + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{l(2n-1)^\eta}{(2n-1)^2} \right] \right\} + \frac{Q}{2K}, \quad (4)$$

სადაც $\eta = \frac{k\pi z}{Q}$ არის ღინების წირებისა და თანაბარდაწნევიანი ზედაპირების პოტენციალი; a და n – მუდმივი კოეფიციენტები; Q – სრული ფილტრაციული ხარჯი არხის სველი პერიმეტრიდან, მ³/წმ.

როცა - $z=0$, $X=b/2$, მაშინ

$$B = \frac{Q}{k} - \frac{8\mu Q}{\pi k} \left\{ \lambda \sin Q \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{(2n+1)^2} \right] - \frac{1}{4} \left[2 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{1}{(2n-1)^2} \right] \right\}, \quad (5)$$

ხოლო

$$h = \frac{4\mu Q}{\pi k} \left\{ \lambda \sin Q \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n a_n}{(2n+1)^2} \right] - \frac{1}{4} \left[2 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{1}{(2n-1)^2} \right] \right\}. \quad (6)$$

სათანადო გარდაქმნებით მიიღება:

$$Q = \mu_o k (B + 2h), \quad (7)$$

სადაც μ_o არის კოეფიციენტი, რომელიც აიღება შესაბამისი ცხრილებიდან.

მოყვანილი თეორიული გადაწყვეტა ემყარება მათემატიკური ფიზიკის ამოცანის ფორმალიზაციას და მართებულია მხოლოდ იმ ფოროვანი სხეულისთვის, რომლის ფილტრაციის კონტურები აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობებს.

თავისუფალი ფილტრაციის გამოსათვლელად ა. კოსტიაკოვმა ჩამოაყალიბა შემდეგი სახის ფორმულა:

$$Q = kl \left(b + 2h_o \sqrt{1 + m^2} \right). \quad (8)$$

μ განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\frac{1}{\mu} = 1 - \frac{1}{1,5(1 + B/2h_o)} + \frac{1}{D(1 + B/2h_o)^3}, \quad (9)$$

სადაც D აიღება შესაბამისი ცხრილიდან.

6. ვერიგინის მიხედვით

$$Q = kl(B + Ah_o). \quad (10)$$

კაპილარული ძალების გათვალისწინებით ფილტრაციული დანაკარგების განსაზღვრა ემყარება ჰიპოთეზას, რომლის თანახმად ფილტრაციულ ნაკადში ჩართულია კაპილარული ქობი და გადაწყვეტა ძირითადად მიღებულია ტრაპეციული არხის განივკვეთებისათვის, თუმცა ავტორები თვლიან, რომ მიღებული შედეგების გამოყენება შესაძლებელია სხვა ფორმის არხებისთვისაც.

B/h_o მცირე მნიშვნელობის საანგარიშო დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$Q = kl(B + A\bar{h}), \quad (11)$$

სადაც A კოეფიციენტი განისაზღვრება B/h_o თანაფარდობიდან, ხოლო $\bar{h}$ მნიშვნელობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\bar{h} = h_0 + \alpha h_j, \quad (12)$$

სადაც

$$\alpha = 0,75 \div 1,0.$$

ნ. ვერიგინის და ბ. რიზენკამფის მონაცემების შედარება გვაძლევს, რომ კაპილარული ძალები ვერიგინის მიხედვით უმნიშვნელოა. კაპილარული ძალების გათვალისწინებით ფილტრაციული დანაკარგები

$$Q = kl \left(b + 2\beta h_0 \sqrt{1+m^2} \right), \quad (13)$$

სადაც β არის შემასწორებელი კოეფიციენტი და ითვალისწინებს ფერდობის გვერდით წყალშთანთქმას. აიღება $1,1 \div 1,4$ ფარგლებში. ამ კოეფიციენტის მნიშვნელობა მით მეტია, რაც უფრო მაღალია გრუნტის კაპილარული პოტენციალი.

ცნობილია, რომ წყალგამტარობა ნაწილობრივ შევსებულ ზონაში მკვეთრად განსხვავდება გრუნტის წყლების მოძრაობისაგან. არსებიდან თავისუფალი ფილტრაციისათვის საანგარიშო ფორმულებში საჭიროა შეტანილ იქნეს სათანადო კორექტივები.

დანაკარგების განსაზღვრისათვის მიზანშეწონილია კაპილარული წყალგამტარობის შეცვლა გამტარობით, სრული წყალგაჯერების პირობებში, რადგან წყალგამტარობა გაცილებით მცირეა სრული წყალშეტბორვის ზონაში, ამიტომ ფორმულაში მაქსიმალური კაპილარული აწევის სიმაღლის შეყვანა ფილტრაციული დანაკარგების გაზრდილ სიდიდეს იძლევა.

ამის გამო, კაპილარული აწევის სიმაღლე საჭიროა შეიცვალოს ე.წ. $\alpha \cdot h_j$ დაყვანილი სიმაღლით, სადაც $\alpha \approx 0,3$. შესაბამისად გვექნება:

$$Q = kl' \left(b + 2\beta h_0 \sqrt{1+m^2} \right). \quad (14)$$

მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული მონაცემების შედარებამ (მათ შორის ლაბორატორიულმაც) აჩვენა, რომ ქვემოთ მოყვანილი დამოკიდებულება ყველაზე უკეთ პასუხობს ფილტრაციული დანაკარგების ხარჯის განსაზღვრას:

$$Q = kl \left[1 + \left(0,5 h_j / B \right) \right] (B + 2h_0). \quad (15)$$

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ბუნებრივ-გეოტექნიკურ კალაპოტში გამავალი არსებიდან ფილტრაციის საანგარიშო ჰიდრავლიკური მოდელი ემყარება დაშვებას, რომლის მიხედვითაც ფილტრაციული ნაკადი უპირატესად მოძრაობს გრავიტაციული ძალის გავლენით და უგულებელყოფილია სიჩქარის პორიზონტალური მდგენე-

ლი, რაც გულისხმობს, რომ არხის ფსკერიდან გარკვეულ მანძილამდე ეკვიპოტენციური ზედაპირი მკვეთრად ჰორიზონტალურია, ხოლო დინების წირები მისი ორთოგონალური. ამასთან, დავეუშვით ჰიპოთეზა, რომლის მიხედვითაც ჰიდრავლიკურად უხელსაყრელესი არხის განივკვეთი ხასიათდება ცოცხალი კვეთის ფართობის მაქსიმუმით, რომელსაც შეესაბამება სველი პერიმეტრის მინიმალური მნიშვნელობა, ამიტომ ასეთი არხიდან ფილტრაციული ხარჯი სავარაუდოდ უნდა იყოს მინიმალური, თუმცა ასეთ დაშვებას, თუნდაც ლოგიკური დასაბუთების გარეშე, არ იზიარებს ბევრი მკვლევარი.

ტოლფერდა ტრაპეციული არხის განივკვეთის ფართობისა და სველი პერიმეტრის ფორმულის გაწარმოებით და $\frac{d\omega}{d\beta} = 0$ და $\frac{df}{d\beta} = 0$ პირობების გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\frac{d\omega}{d\beta} = 2h\beta \frac{dh}{d\beta} + h^2 + 2mh \frac{dh}{d\beta} = 0, \quad (16)$$

$$\frac{df}{d\beta} = \beta \frac{dh}{d\beta} + h + 2\sqrt{1+m^2} \frac{dh}{d\beta} = 0. \quad (17)$$

(16) და (17) განტოლებათა სისტემის ამოხსნით გვექნება, რომ ჰიდრავლიკურად უხელსაყრელესი კვეთისათვის

$$\beta = \frac{b}{h} = 2(\sqrt{1+m^2} - m). \quad (18)$$

გაანგარიშებისათვის საჭიროა შეირჩეს ვირტუალური სწორკუთხა კვეთის გაბარიტები, რომელსაც ექნება ისეთივე გამტარუნარიანობა, რაც რეალურ ტრაპეციულ არხს. წყლის ნაკადის თანაბარი მოძრაობის შემთხვევაში ხარჯი შეიძლება გამოვთვალოთ უწყვეტობის პირობიდან

$$Q = \omega V = h^2 (b + mh) C \sqrt{RI}. \quad (19)$$

თუ მივიღებთ, რომ

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \quad (20)$$

სადაც n არის ხორკლიანობის კოეფიციენტი, მაშინ შეიძლება დავეწეროთ:

$$Q = \frac{1}{n} h (b + mh) R^{\frac{2}{3}} \sqrt{I}. \quad (21)$$

ვირტუალური სწორკუთხა კვეთისათვის, რომლის სიგანეა b_0 , განსაზღვრული ჰიდროდინამიკური ბადის მიხედვით თავისუფალი ფილტრაციის ზონაში, h_0 წყლის სიღრმის არხში გამტარუნარიანობა (ხარჯი) განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$Q_0 = \frac{1}{n} b_0 h_0 R_0^{\frac{2}{3}} \sqrt{I}. \quad (22)$$

(18)-ის გათვალისწინებით, (21) და (22) გამოსახულებათა ურთიერთგატოლებით და სათანადო გარდაქმნებით, რომელიც ასევე მოიცავს ჰიდრაულიკურ რადიუსებს, მივიღებთ

$$\frac{(b_0 h_0)^{\frac{5}{3}}}{(b_0 + 2h_0)^{\frac{2}{3}}} = a h^{\frac{8}{3}}, \quad (23)$$

სადაც

$$a = \frac{\left(2\sqrt{1+m^2} - m\right)^{\frac{5}{3}}}{\left(1+m^2 + \sqrt{1+m^2} - m\right)^{\frac{2}{3}} \sqrt[3]{4}}.$$

(23) განტოლებიდან კონკრეტული მონაცემებისათვის, შერჩევის წესით ან სათანადო გრაფიკების შედგენით, α კოეფიციენტის მიხედვით, ადვილად განისაზღვრება h_0 სიდიდე.

ფილტრაციის პროცესის საწყის სტადიაში ანუ გრუნტის ფორების წყალშეღებამდე წყლის გადაადგილებაში ერთდროულად მონაწილეობს როგორც გრაფიტაციული, ასევე კაპილარულ-ოსმური და სხვა კატეგორიის ძალები. ფილტრაციული ხარჯის განსაზღვრისათვის დაუმყარებელი რეჟიმის ამ სტადიაზე ფილტრაციის სიჩქარე შეიძლება გამოვსახოთ, როგორც გრადიენტის ფუნქცია ან კიდევ სიჩქარე – დროის ფუნქცია. პირველ შემთხვევაში ფილტრაციის ხვედრითი ხარჯი

$$q = K_0 \frac{Z + h_0 + \sum h}{Z} b_0. \quad (24)$$

მეორე შემთხვევაში

$$q = K_t b_0. \quad (25)$$

K_t -ს განსაზღვრისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ რომელიმე განტოლებით ან ჩვენ მიერ აპროქსიმირებული შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$K_t = K_0 + (K' - K_0) \exp(-\alpha t). \quad (26)$$

ხვედრითი ხარჯი (24)-ის მიხედვით Z -ის ზრდასთან ერთად მცირდება ანუ, რაც უფრო დიდ სიღრმეზე გადაადგილდება ფილტრაციის ნაკადის ფრონტი, მით უფრო მცირდება გრადიენტი. (25) ფორმულის მიხედვით, ხვედრითი ხარჯის ცვალებადობა აისახება (26) კანონით, რაც ნიშნავს, რომ t ზრდასთან ერთად მცირდება K_t და უახლოვდება K_0 . მაშასადამე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ დაუმყარებელი ფილტრაციული რეჟიმის პირობებში ხარჯი გრადიენტის ან დროის ფუნქციაა, თუმცა ზემოთ წარმოდგენილი ინტერპრეტაციით ადვილი მისახვედრია, რომ გრადიენტიც დროის ფუნქციაა და ის მუდმივი ხდება, როცა გრუნტის ფორების წყალგაჯერებასთან ერთად ფილტრაციული ნაკადის ფრონტი დაეყრდნობა გრუნტის წყლის სარკის ზედაპირს.

ფილტრაციის გაანგარიშების შემდგომი ეტაპი პირობითად ეფუძნება დამყარებული რეჟიმის საანგარიშო მოდელს, რომლის თანახმად $\sum h$ პოტენციული ნულის ტოლია და Z გაუტოლდება არხის ფსკერიდან გრუნტის წყლის ზედაპირამდე H მანძილს.

ფილტრაციის სიჩქარე დროის ნებისმიერ მომენტისათვის

$$\frac{dz}{dt} = K_0 \frac{h_0 + Z}{Z}. \quad (27)$$

დიფერენციალური განტოლების (27) ინტეგრირება სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით ($t=0, Z=0$) გვაძლევს:

$$t = \frac{1}{k_0} \left(Z + h_0 \ln \frac{h_0}{h_0 + Z} \right). \quad (28)$$

ფილტრაციული ნაკადის გადაადგილებით საშუალო სიჩქარე $Z=H$ სიმძლავრეზე (მანძილზე) ტოლი იქნება:

$$\bar{V} = K_0 \frac{H}{H + h_0 \ln \frac{h_0}{h_0 + H}}. \quad (29)$$

გამოსახულებიდან ჩანს, რომ გრადიენტის მნიშვნელობა ერთზე მეტია, რადგან ერთზე ნაკლები რიცხვის ლოგარითმი უარყოფითი სიდიდეა და ეს, თავის მხრივ, ნიშნავს, რომ თავისუფალი ფილტრაციის რეჟიმი ზემოგანხილულ საანგარიშო სქემაში შესაბამისი სასაზღვრო პირობებით არ ფიქსირდება. მიუხედავად ამისა, საინჟინრო პრაქტიკისათვის მისაღები სიზუსტით შეიძლება დროის გარკვეულ ინტერვალში გავიგოთ ფილტრაციული ხარჯი და შესაბამისი გრუნტის წყლის

დონის ცვალებადობა. ცხადია, გრუნტის წყლის დონის თავისუფალი ზედაპირის მოხაზულობა და „ბორცვის“ სიგრძის რადიუსი დამოკიდებული იქნება გრუნტის ფილტრაციულ თვისებებზე. სიჩქარე $\bar{V}$ თანდათან იზრდება და თეორიულად მიისწრაფვის უსასრულობისაკენ, ამიტომ სიჩქარის საშუალო მნიშვნელობას განვსაზღვრავთ წინასწარ დანიშნული ΔH -სათვის.

ვირტუალური კვეთის მეთოდი საშუალებას იძლევა, რეალური გეოტექნიკური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების გათვალისწინებით, მოვახდინოთ ფილტრაციული დანაკარგების პროგნოზი ე.წ. საწყისი ჭეშმარიტი ფიზიკური გრადიენტის გათვალისწინებით.

ფილტრაციის სიჩქარეს ვერტიკალური დაღმავალი მიმართულებით, საწყისი გრადიენტის გათვალისწინებით, ჩავწერთ შემდეგი დიფერენციალური განტოლებით:

$$\frac{dV}{dt} = k \left(\frac{H}{z} - I_0 \right), \quad (30)$$

სადაც H აერთიანებს გრავიტაციულ-კაპილარულ, ოსმურ, ელექტროქიმიურ და სხვა პოტენციალებს.

განიხილება მხოლოდ საწყისი გრადიენტის გავლენის შეფასება დამყარებული ფილტრაციის რეჟიმზე, ამიტომ, კონკრეტულ შემთხვევაში, მათემატიკური ფორმალიზაციის გარეშე, წინაღობის ხაზოვანი კანონის ფარგლებში, პროცესის აღწერისათვის განვიხილავთ შემდეგი სახის დიფერენციალურ განტოლებას:

$$\frac{dz}{dt} = k \left(\frac{h_0 + z}{z} - I_0 \right). \quad (31)$$

(31)-ის ინტეგრირება, სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით, გვაძლევს

$$t = \frac{1}{k(1-I_0)^2} \left[z(1-I_0) + \ln \frac{h_0}{h_0 + z(1-I_0)} \right]. \quad (32)$$

როცა $I_0=0$, მაშინ (32) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$t = \frac{1}{k} \left(z + h_0 \ln \frac{h_0}{h_0 + z} \right), \quad (33)$$

$$t = \frac{h_0}{k} \left(\eta + \ln \frac{1}{1+\eta} \right), \quad (34)$$

სადაც $\eta = \frac{z}{h_0}$

ა6

$$t = \frac{h_0}{k} [\eta - \ln(1 + \eta)] . \quad (35)$$

(35) განტოლების გამოყენებით განისაზღვრება აერაციის ზონის წყალშევის დრო, ხოლო დროის პროგნოზი, საწყისი გრადიენტის გათვალისწინებით, (32)-ის მიხედვით, აღემატება (35)-ით გაანგარიშებულს და ის მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია l_0 -ის სიდიდეზე.

3. დასკვნა

მიღებული შედეგი განსაზღვრავს ფილტრაციული დანაკარგის რაოდენობას, რომლის საიმედოობა უკავშირდება ინტეგრალური ჰიდროფიზიკური პარამეტრის საწყისი გრადიენტის გათვალისწინებას საანგარიშო ჰიდრომექანიკურ მოდელში.

ლიტერატურა

1. Губеладзе Д.О., Круашивили И.Г. Критические скорости течения в земляных каналах при наличии фильтрации// Труды Груз. СХИ, «Орошение земель в горных условиях Грузии», 1985, с. 53-58.
2. Yamada T. Kawabata. A theoretical study on the resistance law of the flow over a porous layer. Proc.JSGE. N 525. pp.69-80 (in Japanese). M4. 1982.
3. Walters G.Z., Manam V.P. Hydrodynamic effects Of see page on bed particles л.Hydr.Div.Proc.ASCE.vol.97 pp.421-459, 1971.

შპს 53.082.1

წყლის მიგრაციისა და ნიადაგის მახასიათებლების გავლენა რწყვის რეჟიმზე

ი. ყრუაშვილი, ი. ინაშვილი, ე. კუხალაშვილი, კ. ბზიავა

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნიადაგში წყლის მოძრაობის თავისებურებები ხშირად ვერ თავსდება სწორხაზოვანი ფილტრაციისათვის დამახასიათებელი კანონზომიერებების ფარგლებში, რაც გარკვეულ გავლენას ახდენს მორწყვის რეჟიმის მახასიათებლებზე. განსაკუთრებით საყურადღებოა ფილტრაციული პროცესის მჭიდრო კორელაციური კავშირი ამა თუ იმ პარამეტრთან და მისი გავლენა მორწყვის რეჟიმზე. გრუნტის ნაწილაკებზე წყლის აფსკების გარშემორტყმის გათვალისწინებით შემოთავაზებულია მოდელი, რომლის საფუძველზე მიღებულია მორწყვის ნორმისა და ხანგრძლივობის საანგარიშო დამოკიდებულებები.

საკვანძო სიტყვები: ფილტრაცია; რწყვის რეჟიმი; კაპილარობა.

1. შესავალი

ბუნებრივი რესურსების მართვას და მის რაციონალიზაციას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების სფეროში. ირიგაციაში ისეთი დეფიციტური რესურსის გამოყენება, როგორიცაა წყალი, დამოკიდებულია ნიადაგის მახასიათებლებსა და ამა თუ იმ სასოფლო-სამეურნეო კულტურის წყალმოთხოვნილებაზე.

2. ძირითადი ნაწილი

კვლევის ობიექტი და მეთოდოლოგია

მეცნიერთა თანამედროვე შეხედულებით, ნიადაგი, მარცვლოვან-ფოროვანი სხეულია და მისი მყარი სისტემის ღარებს შორის შეიძლება სხვადასხვა კატეგორიის წყალი განთავსდეს. აქედან გამომდინარე, ნიადაგის ფორებში წყლის ფილტრაციის კანონზომიერება ხშირად ვერ თავსდება ნიუტონური სითხეებისათვის დამახასიათებელი წინააღობის კანონის ჩარჩოში. ამიტომ, ფილტრაციის მოვლენის სრულად ასახვის მიზნით, საჭიროა აღნიშნული პროცესის პრინციპულად განსხვავებულ მოდელებთან ადაპტაცია [1].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ფუძეების შესწავლისას აუცილებელი ხდება დარსის კანონის გამოყენება და ზღვრების დადგენა, რომლის საფუძველზე ნიადაგში ფილტრაციას მას შემდეგ აქვს ადგილი, როცა დაწნევის გრადიენტი გადააჭარბებს გარკვეულ სიდიდეს. ამ სახის ფილტრაციული მოვლენა, ძირითადად, განპირობებულია მინერალური ნაწილაკების გარშემო წარმოქმნილი დრეკადი თვისებებისა და მნიშვნელოვანი სიბლანტის მქონე ბმული წყლის აფსკებით. ასეთი წყლის მოძრაობაში მოყვანა დამატებით დატვირთვას მოითხოვს, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია ბმული წყლის სისტემის შემცირება და აქტიური ფორიანობის გაზრდა. აღსანიშნავია, რომ ნიადაგ-გრუნტის კომპლექსურ მახასიათებლებსა და საწყის გრადიენტს შორის ცალსახა კავშირის დასადგენად ჩატარებული კვლევების საფუძველზე გამოვლენილ იქნა, რომ ნიადაგის ფოროვან სისტემებში წარმოქმნილი ფილტრაციის განსაკუთრებული თავისებურება გამოწვეულია ბმული წყლის ურთიერთქმედებით ნიადაგ-გრუნტის მყარი ნაწილაკების მნიშვნელოვან ფართობთან.

ნიადაგ-გრუნტის მინერალური ნაწილაკების ზედაპირზე ზემოქმედების შედეგად წყალი ახალ თვისებებს იძენს, რომლებიც ჩვეულებრივისაგან რადიკალურად განსხვავდება. კერძოდ, სხვადასხვა ძალის გავლენით წყალი იძენს კვაზიმყარი სხეულის თვისებებს, ავლენს ანომალიებს და ხასიათდება ძვრისადმი წინააღმდეგობის უნარით.

როდესაც ნიადაგის კაპილარობა მიღოვანი სისტემითაა წარმოდგენილი, წყლის მოძრაობის მოდელის გამოყენების საფუძველზე [3], ნიადაგ-გრუნტში წყლის გა-

დაადგილების ასაღწერად მიღებულ იქნა, რომ გარკვეულ მილში (კაპილარში) წყლის მოძრაობის სიჩქარე [2, 3]

$$V = \frac{\gamma i R^2}{2\mu} \left(1 - \frac{r_0}{R}\right)^2 \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3} \frac{r_0}{R}\right), \quad (1)$$

ხოლო წყლის ხარჯი

$$Q = \frac{\gamma i R^2}{2\mu} \omega \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3} \frac{r_0}{R}\right). \quad (2)$$

როცა ω ფართობი წარმოდგენილია X მილოვანი სისტემით, მაშინ წყლის ხარჯი

$$Q = V \pi R^2 \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3} \frac{r_0}{R}\right) X. \quad (3)$$

იმ შემთხვევაში, როცა საანგარიშო ხარჯი ფილტრაციული წყლის ხარჯის ტოლია, მაშინ ნაკადის ფილტრაციის სიჩქარე იქნება:

$$V_{\text{ფ}} = V n \left(1 - \frac{r_0}{R}\right)^2 \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3} \frac{r_0}{R}\right), \quad (4)$$

სადაც $V_{\text{ფ}}$ ფილტრაციული წყლის სიჩქარეა (მ/წმ); V – მილოვან სისტემაში ნაკადის საშუალო სიჩქარე (მ/წმ); R – მილოვანი სისტემის ცალკეული მილსადენის რადიუსი (მ); n – ნიადაგის გრუნტის ფორიანობა.

(4) განტოლებაში მარჯვენა წევრი $\left(1 - \frac{r_0}{R}\right)^2$ აღნიშნავს აქტიურ ფორიანობას.

ფილტრაციული ნაკადის სიჩქარისა და საშუალო სიჩქარის ტოლობის შემთხვევაში შეგვიძლია მივიღოთ, რომ

$$n = \frac{1}{2n_{\text{აქტ}} - 2\sqrt{n_{\text{აქტ}} + 1}}. \quad (5)$$

(5)-ს გათვალისწინებით (4)-ში, მივიღებთ

$$V_{\text{ფ}} = V n \left(2n_{\text{აქტ}} - 2\sqrt{n_{\text{აქტ}} + 1}\right). \quad (6)$$

შესაბამისად, წყლის ხარჯი

$$Q = \omega \frac{V_{\text{ფ}}}{\left(2n_{\text{აქტ}} - 2\sqrt{n_{\text{აქტ}} + 1}\right)^2}. \quad (7)$$

არასწორხაზოვანი ფილტრაციის შემთხვევაში ფილტრაციის ხარჯი

$$Q = \omega V_{\text{з}} \left(1 - \frac{I_0}{I} \right), \quad (8)$$

სადაც I_0 დაწნევის საწყისი გრადიენტი; I - დაწნევის სრული გრადიენტი.

(7) განტოლების (8)-თან გატოლებით, ფარდობა საწყის გრადიენტსა და სრულ გრადიენტს შორის ფორიანობის გათვალისწინებით, იქნება:

$$\frac{I_0}{I} = \frac{\left(2n_{\text{ძბ}} - 2\sqrt{n_{\text{ძბ}} + 1} \right)^2 - 1}{\left(2n_{\text{ძბ}} - 2\sqrt{n_{\text{ძბ}} + 1} \right)^2}. \quad (9)$$

როგორც (9) დამოკიდებულების ანალიზი გვიჩვენებს, როცა ნიადაგ-გრუნტის ფორიანობა $n \leq 0.10$, მაშინ ფილტრაციას ადგილი არ აქვს და ნაკადის მოძრაობაში მოსაყვანად აუცილებელია დამატებითი გარე ძალების გაზრდა.

საირიგაციო ფართობზე განლაგებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მორწყვის რეჟიმი სარწყავ სისტემაში მისაწოდებელი წყლის ხარჯის დინამიკის მაჩვენებელია.

t მორწყვის პერიოდში წყლის საჭირო ხარჯი

$$Q = \frac{a\omega m}{t}, \quad (10)$$

სადაც Q წყლის ხარჯია ($\text{მ}^3/\text{წმ}$); ω - სარწყავი ფართობი (ჰა); a - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს საერთო ფართობზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურის განთავსებას; t - მორწყვის დრო დღე-ღამეში; m - მორწყვის ნორმა ($\text{მ}^3/\text{წმ}$).

(7)-ს გატოლებით (10)-თან გვექნება:

$$m = \frac{KI \left(1 - \frac{I_0}{I} \right) t}{\left(2n_{\text{ძბ}} - 2\sqrt{n_{\text{ძბ}} + 1} \right)^2 a}. \quad (11)$$

ვინაიდან მორწყვის ნორმა, მცენარის სახეობის მიხედვით, ნიადაგის გასატენიანებელი ფართობის სიდიდის ფუნქციაა, შესაბამისად, სხვადასხვა ნიადაგ-გრუნტის H გატენიანების შრის სისქე, ნიადაგსა $\beta_{\text{მაჟს}}$ და $\beta_{\text{მინ}}$ ტენტევალობებთან კავშირში, K ფილტრაციის კოეფიციენტის სხვადასხვა მნიშვნელობის დროს, როდესაც $m = AH(\beta_{\text{მაჟს}} - \beta_{\text{მინ}})$ [3], იქნება:

$$H = \frac{KI \left(1 - \frac{I_0}{I}\right) t}{aA (\beta_{\text{მკს}} - \beta_{\text{მონ}}) (2n_{\text{მტ}} - \sqrt{2n_{\text{მტ}} + 1})^2}. \quad (12)$$

მორწყვის ხანგრძლივობა დღე-ღამეში

$$t = \frac{aAH (\beta_{\text{მკს}} - \beta_{\text{მონ}}) (2n_{\text{მტ}} - \sqrt{2n_{\text{მტ}} + 1})^2}{KI \left(1 - \frac{I_0}{I}\right)}. \quad (13)$$

3. დასკვნა

მიღებული (11), (12) და (13) ფორმულებით შესაძლებელია განისაზღვროს მორწყვის რეჟიმის პარამეტრები ნიადაგ-გრუნტებისა და წყლის მოძრაობის მახასიათებლების გათვალისწინებით.

ლიტერატურა

1. ი. ყრუაშვილი, ე. კუხალაშვილი, ი. ინაშვილი, კ. ბზიავა. ნიადაგ-გრუნტებში წყლის მოძრაობისა და მიგრაციის ჰიდროეკოლოგიური ასპექტები. საერთაშორისო კონფერენციის „აგრობიომრავალფეროვნების დაცვა - სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარება“ სამეცნიერო შრომათა კრებული. თბილისი, 2010 წ., გვ. 282-286;
2. ი. ყრუაშვილი, ე. კუხალაშვილი, ი. ინაშვილი, კ. ბზიავა, გ. ნატროშვილი. ფილტრაციის თავისებურებანი ნიადაგ-გრუნტებში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული №67, 2012 წ., გვ. 226-231;
3. ი. ყრუაშვილი, ე. კუხალაშვილი, ი. ინაშვილი, კ. ბზიავა, გ. ნატროშვილი. ნიადაგ-გრუნტში წყლის ფილტრაციის ანომალიებთან დაკავშირებული საკითხების შესწავლა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული №67, 2012 წ., გვ. 231-237.

შპს 626/627

დადგენილი სიმძლავრის ბანსაზღვრა ნამახვანჰესის მაბალითზე საბაზრო ეკონომიკის პირობებში

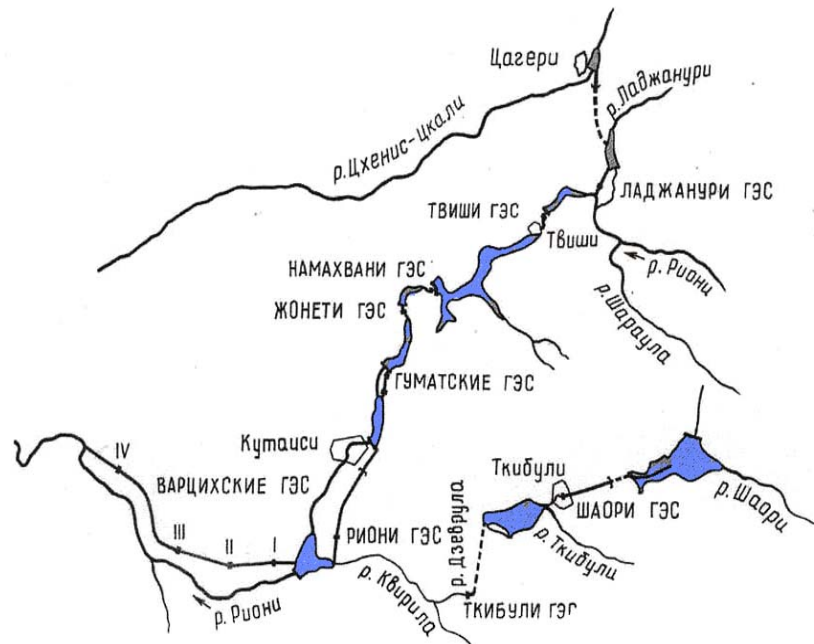
ნ. კოდუა, ა. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე, გ. ახვლედიანი
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: საბაზრო ეკონომიკის პირობებში რეკომენდებულია ჰესების ეკონომიკური ეფექტურობის დადგენა, სუფთა მიმდინარე ღირებულებისა და ამონაგების შიგა ნორმის კრიტერიუმების გამოყენებით. სტატიაში დასაბუთებულია, რომ ნამახვანჰესის დადგენილი სიმძლავრე, საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, 230 მგვტ-ია. ამ სიმძლავრის პირობებში დადგენილია ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის, შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდებში, ტარიფები. მათი შესაბამისი საშუალო შეწონილი ტარიფი 6.81 ცენტ/კვტსთ-ია.

საკვანძო სიტყვები: ჰესებზე დადგენილი სიმძლავრე; ტარიფის დადგენა; ნამახვანჰესი.

1. შესავალი

ჰესებზე დადგენილი სიმძლავრის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა დამოკიდებულია ენერგოეკონომიკურ ფაქტორებზე. იგი განსხვავებული მეთოდოლოგიით წარმოებს იმის მიხედვით, თუ როგორია ჰესის სქემა და იმ ელექტროენერგეტიკული სისტემის შემოდგომა-ზამთრის დატვირთვის გრაფიკი, რომელშიც მან უნდა იმუშაოს. ქვემოთ განვიხილავთ კაშხლური სქემით განხორციელებული ნამახვანჰესისთვის (მდინარე რიონი) დადგენილი სიმძლავრის შერჩევის საკითხს, როდესაც იგი ელექტროენერგიას აწოდებს მომხმარებელს შემოდგომა-ზამთრის სეზონში არსებული გაზრდილი მოთხოვნილების გათვალისწინებით.



მდინარე რიონზე ჰესების კასკადი

2. ძირითადი ნაწილი

კაშხლური სქემით განხორციელებული ჰესებისთვის დადგენილი სიმძლავრის სიდიდეს მნიშვნელოვნად განაპირობებს შექმნილი წყალსაცავის მოცულობის შესაძლებლობები, მდინარის ჩამონადენის უთანაბრობის დასარეგულირებლად. წყალსაცავის მოცულობის გაზრდას, ე.ი. რეგულირების ხარისხის გაზრდას, მიუყვართ დადგენილი სიმძლავრის გაზრდამდე. ეს ხორციელდება კაშხლის სიმაღლის მომატებით, რაც იწვევს კაპიტალდაბანდების ზრდას. ამის გამო, კაშხლის ეკონომიკურად გამართლებული სიმაღლის დასადგენად მიზანშეწონილია მისი სიმაღლე ვზარდოს რაღაც ინტერვალში, ვთქვათ, 5მ ბიჯით და ყოველი სიმაღლისათვის განესაზღვროს წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობა და საანგარიშო დაწნევა. შედეგად მივიღებთ დადგენილი სიმძლავრის სიდიდეს. ასეთ გაანგარიშებებში წინასწარ ცნობილია დადგენილი სიმძლავრის ეკონომიკურად გამართლებული გარანტიის დონე.

ამგვარად, აღნიშნული მიდგომის პირობებში, ნამახვანჰესისთვის დადგენილი სიმძლავრის დასადგენად გვრჩება, საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტე-

მის დატვირთვის გრაფიკის მიხედვით, განსაზღვრული მოთხოვნების დაკმაყოფილება ნაწარმოები ელექტროენერგიის ისეთი ტარიფებით, როდესაც საანგარიშო პერსპექტივაში (ე.ი. მშენებლობის დამთავრების პერიოდისათვის) მისი გასაღება უზრუნველყოფილი იქნება (ტარიფების მისაღებ დონეს საქართველოში სემეკი განსაზღვრავს).

შემოდგომა-ზამთრის სეზონში საქართველოში ელექტროენერგიის დეფიციტი გვაქვს, რაც უფრო გაღრმავდება საანგარიშო პერსპექტივაში, ხოლო გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში – დადებითი ბალანსი. დადგმული სიმძლავრის ეკონომიკური ეფექტურობის კრიტერიუმით განსაზღვრისას მხედველობაში მიიღება არა მარტო ჩვენი ენერგოსისტემის გაზრდილი მოთხოვნილება (პერსპექტივაში), არამედ ელექტროენერგიის გასაღების შესაძლებლობები მეზობელ ელექტროენერგეტიკულ სისტემებში (თურქეთი, აზერბაიჯანი, ჩრდილოეთ კავკასია). ვინაიდან ამ ქვეყნებში ელექტროენერგიის ღირებულება მეტია, ვიდრე საქართველოში, მიზანშეწონილია (თუ ეს შესაძლებელი იქნება), ჩვენი სისტემის მუშაობის საიმედოობის მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილების გათვალისწინებით, ელექტროენერგიის ექსპორტირების შესახებ გადაწყვეტილება მივიღოთ საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემისთვის დადგენილი ზღვრული ტარიფების მიხედვით. თუ აღმოჩნდება, რომ ნამახვანჰესის რომელიმე სავარაუდო დადგმული სიმძლავრისათვის გენერირებული ელექტროენერგიის ღირებულება ნაკლები ან ტოლია, საქართველოში ელექტროენერგიის წარმოების განვითარების გათვალისწინებით, გამოთვლილ ზღვრულ ღირებულებაზე, ცხადია, ნამახვანჰესის მშენებლობა ეკონომიკურად ეფექტური იქნება. მისი გამომუშავების ნაწილის გასაღება მეზობელ ელექტროენერგეტიკულ სისტემებში მნიშვნელოვნად გაზრდის როგორც ინვესტორის შემოსავალს, ასევე ქვეყნის ბიუჯეტს. ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, ნამახვანჰესზე ოპტიმალური დადგმული სიმძლავრის დასადგენად განხილულ იქნა შესაძლო სიმძლავრეების შემდეგი შვიდი მნიშვნელობა: 180, 200, 230, 235, 240, 260 და 280 მგვტ. სიმძლავრის ამ მნიშვნელობებისათვის სათითაოდ გამოთვლილ იქნა 95%-იანი და 50%-იანი უზრუნველყოფის მქონე გამომუშავებები (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

სამშენებლო და სამონტაჟო სამუშაოთა ღირებულება, \$ მლნ

	სიმძლვრე მგვტ	გამომუშავება 95%-იან უზრუნველყოფის წლისთვის, მლნ კვტ/სთ			გამომუშავება 50%-იან უზრუნველყოფის წლისთვის, მლნ კვტ/სთ		
		შემოდგ ომა- ზამთარი	გაზაფხულ - ზაფხული	წლიური	შემოდგომ ა- ზამთარი	გაზაფხუ ლ- ზაფხული	წლიური
		1	2	3	4	5	6
1	180	130	679	810	300	705	1005
2	200	132	712	844	276	745	1021
3	220	129	727	855	267	774	1041
4	230	138	730	868	264	786	1051
5	235	126	716	843	232	786	1038
6	240	119	716	831	249	787	1034
7	260	121	786	837	239	767	1008
8	280	113	727	802	232	745	974

დადგმული სიმძლავრის სიდიდესა და შესაბამის გამომუშავებას შორის, აგრეთვე დადგმულ სიმძლავრესა და მისი განხორციელებისათვის საჭირო დანახარჯებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკები ნაჩვენებია ნახაზზე.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, დადგმული სიმძლავრის ზრდის დროს მშენებლობაზე გასაწევი დანახარჯები თითქმის წრფივი კანონით იზრდება, მაშინ, როდესაც წლიური გამომუშავება როგორც 95%-იანი უზრუნველყოფის მქონე წლიური ჩამონადენით, ასევე 50%-იანი უზრუნველყოფის მქონე ხარჯებით, ჯერ იზრდება და შემდეგ დიდი სიმძლავრის პირობებში ნელ-ნელა მცირდება. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ტურბინის დიდი სიმძლავრის შემთხვევაში ხდება ჩამონადენის მთლიანი ათვისება და შემოდგომა-ზამთრის სეზონში წყალსაცავის 2-3 თვეში დაცლა.

ცხრილი 2

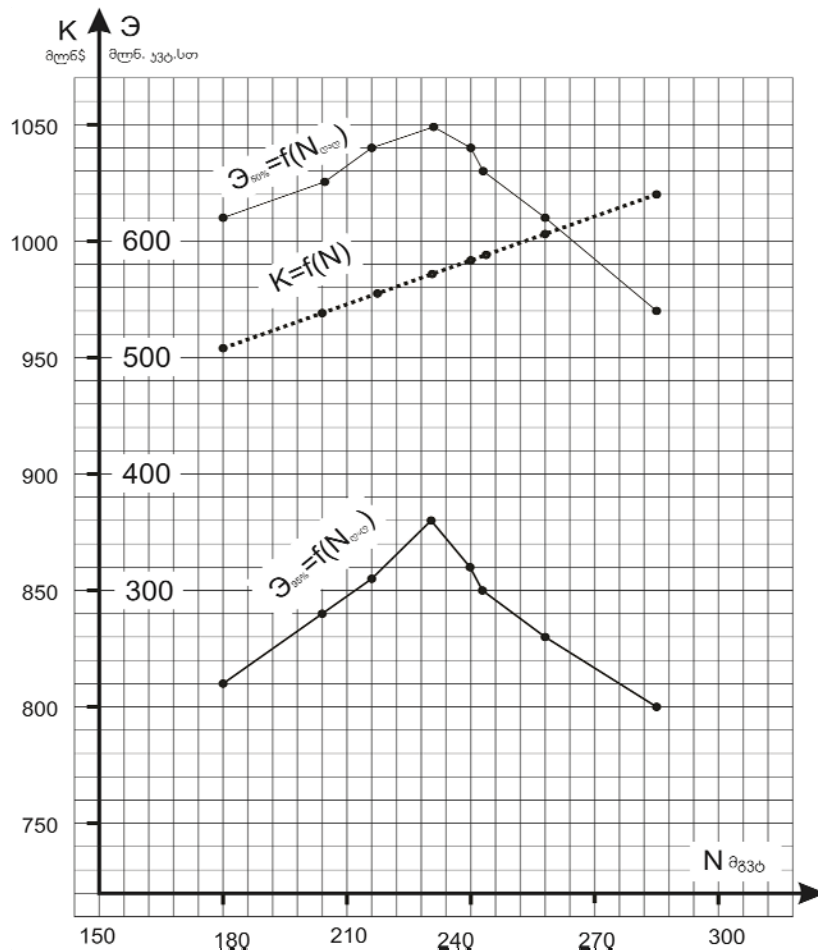
სამშენებლო და სამონტაჟო სამუშაოთა ღირებულება, \$ მლნ

№	შესასრულებელ სამუშაოთა დასახელება	დადგმული სიმბლავრების ვარიანტი, მგვტ							
		180	200	220	230	235	240	260	280
1	ელექტრული და მექანიკური მოწყობილობები	110.3	122.3	138.8	145.1	160.1	170.3	180.2	190.5
2	გაუთვალისწინებელი ხარჯები, 20%	20.6	24.4	26.8	29.4	32.0	34.1	36.3	38.4
3	ჯამური ხარჯები	130.9	146.7	165.6	174.5	192.1	202.4	210.5	228.9
4	ჰიდროტექნიკური ნაგებობები	312.0	315.4	318.8	325.0	321.4	322.2	325.0	329.0
5	გაუთვალისწინებელი ხარჯები, 20%	62.4	63.1	63.8	64.1	64.3	64.5	65.0	65.8
6	ჯამური ხარჯი	374.4	378.5	382.6	384.6	385.7	386.7	390	394.8
7	$\Sigma(6 + 3)$	505.3	525.2	548.2	559.1	577.8	589.1	600.5	623.7
8	30% (7)	151.6	157.6	164.5	169.7	173.3	176.7	180.1	187.1
9	70% (7)	353.7	367.7	383.7	391.4	404.5	412.4	420.4	436.6

შემდეგ, რამდენიმე თვის განმავლობაში, სანამ გაზაფხულის ჩამონადენით წყალსაცავის გავსება დაიწყება, ჰესი მუშაობს მკვდარი მოცულობის დონით, ე.ი. მინიმალური დაწნევით, რაც გამომუშავებული ენერგიის შემცირებას იწვევს.

წყალსაცავის დამუშავება-ავსების რეჟიმზე დიდ გავლენას ახდენს სისტემისათვის, დაძაბული სადღეღამისო დატვირთვის გრაფიკში, საპროექტო ჰესის მიერ დასაფარავი პიკური დატვირთვის ხანგრძლივობა. ანგარიშებში გავითვალისწინეთ რა ამჟამად პიკში არსებული დეფიციტური ზონის ხანგრძლივობა, ყველა განს-

ახილველი სიმძლავრისათვის გარანტირებულ დასაფარავ ხანგრძლივობად ნამახვანპესზე მიჩნეულ იქნა 4–6 სთ.



გაზაფხულ-ზაფხულის სეზონისათვის გარანტირებული სიმძლავრით დასაფარავი ზონა გამოითვლება მოდინებული ხარჯის მიხედვით. თუ აღმოჩნდება, რომ საშუალო თვიური მოდინებული ხარჯი მეტია პესის ტურბინების გამტარუნარიანობაზე, მის ზედმეტ ნაწილს წყალსაში გაატარებს და ენერგიას არ მოგვცემს. ასეთ შემთხვევას ადგილი ექნება მცირე დადგმული სიმძლავრის დროს.

მიზანშეწონილია, გარანტირებული სიმძლავრით გამომუშავებული ელექტროენერგია, შემოდგომა-ზამთრის და გაზაფხულ-ზაფხულის სეზონებისათვის, შეფასდეს განსხვავებული ტარიფებით, რაც ინვესტირებული კაპიტალის რეალურად ამოღების ხანგრძლივობას მისაღები სიზუსტით განსაზღვრავს.

საქართველოში შემოდგომა-ზამთრის და გაზაფხულ-ზაფხულისათვის არ არის შემოღებული განსხვავებული ტარიფები. გაანგარიშებებში გამოყენებულ იქნა სა-

შუალო შეწონილი ტარიფის მნიშვნელობები, რომლებიც, ზამთარ-ზაფხულის ტარიფების ნებისმიერი თანაფარდობის შემთხვევაში, ცალ-ცალკე განსაზღვრავს ზამთრისა და ზაფხულის ტარიფებს, თუ ცნობილია მთლიანი წლიური გამომუშავების რა ნაწილს შეადგენს ზამთრის გარანტირებული გამომუშავება და რა ნაწილს – ზაფხულის.

ელექტროენერგიაზე ტარიფები რომ განესაზღვროთ, ყველა განსახილველი სიმძლავრის შესაბამისი გამომუშავების მიხედვით, აუცილებელია ვიცოდეთ გაწეული კაპიტალის რა ნაწილი მოხმარდა ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობას და რა ტურბინა-გენერატორისა და ელექტრომოწყობილობების შეძენა-დამონტაჟებას, რადგან საქართველოს საგადასახადო კოდექსით მათ ამორტიზაციაზე სხვადასხვა პროცენტული განაკვეთებია გათვალისწინებული. ასეთი მონაცემები მოცემულ მნიშვნელობათა გამოყენებით მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ელექტროენერგიაზე ტარიფის დასადგენ გაანგარიშებებში, როდესაც საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ეკონომიკური ეფექტურობის კრიტერიუმად ვიყენებთ მიზანშეწონილი სუფთა მიმდინარე ღირებულებისა და რენტაბელობის შიგა ნორმის მისაღებ კრიტერიუმებს, საჭიროა ვიცოდეთ ფინანსური ამორტიზაციის პერიოდი. მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია კაპიტალდაბანდების ოდენობასა და ინვესტორის სურვილზე იმის შესახებ, თუ რა პერიოდს მიიჩნევს იგი მიზანშეწონილად ინვესტირებული თანხის ამოსაღებად. ეს პერიოდი, როდესაც საქმე გვაქვს კაპიტალტევადი ობიექტის განხორციელებასთან, იცვლება 20–30 წლის ფარგლებში. გარდა ამისა, ტარიფის სიდიდეზე გავლენას ახდენს მშენებლობის დაფინანსების სქემა. განვითარებული კაპიტალისტური ეკონომიკის მქონე ქვეყნებში კაპიტალტევადი ობიექტების მშენებლობის დაფინანსება მეტწილად ხორციელდება აქციონერული კაპიტალით. გარდამავალი ეკონომიკის მქონე ქვეყნებში კი ხშირად იყენებენ პროექტისმიერ დაფინანსებისას. საქართველოში ასეთი სქემით დაფინანსების განხორციელებისათვის ხელშემწყობი კანონები არ არსებობს და ამიტომ მიზანშეწონილია ვისარგებლოთ წილობრივი კაპიტალის დაფინანსების სქემით, როდესაც მშენებლობისათვის საჭირო კაპიტალი შედგება კერძო კაპიტალისა და ბანკის სესხისაგან. კერძო კაპიტალის წილი ჯამურ კაპიტალდაბანდებაში იცვლება 20–50%-ის ფარგლებში. რაც მეტია კერძო კაპიტალის წილი, ბანკს შეუძლია მით უფრო დაბალი საპროცენტო განაკვეთით გასცეს სესხი, რადგან ბანკისთვის თანხის დაბრუნე-

ბის რისკ-ფაქტორი მცირდება. ასეთ შემთხვევაში ბანკის სასესხო თანხის საპროცენტო განაკვეთი იცვლება 7–9 %-ის ფარგლებში, ხოლო კერძო კაპიტალის საპროცენტო განაკვეთი 12–15%-ის ფარგლებში. ჩვენს ანგარიშებში ბანკის სესხის საპროცენტო განაკვეთად მიჩნეულია 8%, ხოლო კერძო კაპიტალის მიზანშეწონილ საპროცენტო განაკვეთად – 13%.

ტარიფის დასადგენად გაანგარიშებები შესრულდა სემეკისთვის ჩვენ მიერ რეკომენდებული საანგარიშო პროგრამით. მშენებლობისათვის საჭირო ჯამური კაპიტალდაბანდების, ასევე სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების ღირებულების გათვალისწინებით შესრულებულ გაანგარიშებათა შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ელექტროენერგიაზე ყველაზე დაბალ ტარიფს ვღებულობთ, როდესაც დადგმული სიმძლავრე 230 მგვტ-ია. სრული დანახარჯის მიხედვით გაანგარიშებისას ტარიფი 6.81 ცენტი/კვტსთ ტოლია.

ცხრილი 3

**ტარიფები ცენტი/კვტსთ განსახილველი დადგმული
სიმძლავრეების მიხედვით**

№	სიმძლავრე, მგვტ	50%-იანი უზრუნველყოფის პირობებში
		სრული დანახარჯის მიხედვით, ცენტი/კვტსთ
1	180	0.0968
2	200	0.0871
3	220	0.0710
4	230	0.0681
5	235	0.0822
6	240	0.0981
7	260	0.1159
8	280	0.1300

ინვესტორს მშენებლობის დაფინანსების შესახებ ხელშეკრულების დადების პერიოდში შეუძლია რამდენადმე შეცვალოს ფინანსური ამორტიზაციის პერიოდი, სარგებლის საპროცენტო განაკვეთი და რეიტინგის შესაბამისად მოიზიდოს სასეს-

ხო კაპიტალი დაბალ პროცენტებში. მაგრამ ყველა ასეთი გადაწყვეტილება მიმართული უნდა იყოს ტარიფის შესამცირებლად, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში საქონლის რეალურად გასაღების რისკი გაიზრდება. შესაბამისად, გაიზრდება ინვესტირებული თანხის დაფარვის რისკიც. მიგვაჩნია, რომ ყველა მოყვანილი ამოსავალი მონაცემების შესაძლო ცვლილებებს ნაანგარიშები ტარიფების შემცირება შეუძლია მხოლოდ 5%-ის ფარგლებში, რაც ნამახვანჭესის მშენებლობის შესახებ გადაწყვეტილების საიმედოობას მხოლოდ უმნიშვნელოდ გაზრდის. ეს ნიშნავს, რომ ინვესტორი ორიენტირებული უნდა იყოს გენერირებული ელექტროენერგიის ჭარბი ნაწილის მეზობელ ქვეყნებში მაღალი ტარიფით ექსპორტირებაზე.

3. დასკვნა

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში რეკომენდებული ეკონომიკური ეფექტურობის კრიტერიუმების სუფთა მიმდინარე ღირებულების ამონაგების შიგა ნორმის გამოყენებით და საქართველოს ენერგოსისტემის დატვირთვის გრაფიკის გათვალისწინებით დასაბუთებულია, რომ ნამახვანჭესის დადგენილმა სიმძლავრემ მიზანშეწონილია 230 მგვტ შეადგინოს. ამ სიმძლავრის პირობებში დადგენილია ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის, შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდებში, ტარიფები. მათი შესაბამისი საშუალო შეწონილი ტარიფი 6.81 ცენტ/კვტსთ შეადგენს. ეს მხოლოდ ოდნავ აღემატება საქართველოს ენერგოსისტემისათვის სემეკის მიერ დამტკიცებულ გენერაციის ზღვრულ ტარიფს. მშენებლობის დამთავრების პერიოდისათვის, მოსალოდნელი ტარიფის ზრდის გათვალისწინებით, და იმის გათვალისწინებით, რომ მეზობელ ქვეყნებში სარეალიზაციო ტარიფი გაცილებით დიდია, ცხადია, ნამახვანჭესის მშენებლობა ინვესტორისთვის რეალურად ეკონომიკურ ხელსაყრელ პირობებს ქმნის.

შპს 622.272

ხეობის ფერდის მდგრადობის საკითხები სადაწნეო გვირაბის არსებობისას

გ. ახვლედიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: გვირაბის გარემომცველი ზონის ცემენტაცია მძლავრი საინჟინრო საშუალებაა, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია როგორც ფილტრაციული დანაკარგის შემცირება, ასევე ხეობის ფერდის პოტენციურად საშიშ ზედაპირებზე მდგრადობის მარაგის გაზრდა. ენგურჰესის გვირაბისათვის მიღებულ იქნა მასივისა და ცემენტაციური ზონის ფილტრაციის კოეფიციენტთა ფარდობის კრიტიკული პარამეტრი.

საკვანძო სიტყვები: ფილტრაციული მოცულობითი ძალა; ეფექტური ძაბვა; ენგურჰესის სადაწნეო გვირაბი; ხეობის ფერდის მდგრადობა.

1. შესავალი

მასივში განვითარებული ფილტრაცია გვირაბის გარშემო ქმნის დეპრესიის ზედაპირს, რომლის ფარგლებში ადგილი აქვს კლდოვანი გრუნტის შეტივტივებას, გვირაბის კონცენტრაციის ზონებში ძაბვების გადანაწილებას და მასალის ძვრის მახასიათებლების გაუარესებას. აღნიშნული პროცესები მნიშვნელოვანია იმ შემთხვევაში, როდესაც ფერდში არსებობს ხეობის მიმართულებით ორიენტირებული დაცურების სიბრტყე. ამ მხრივ ფილტრაციული პროცესები მნიშვნელოვნად რეაგირებს ფერდის მდგრადობის მარაგზე გაუარესების მიმართულებით.

2. ძირითადი ნაწილი

აღნიშნულ საკითხს მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს გვირაბის მოკეთების შიგა ზედაპირზე მოქმედი ჰიდროსტატიკური წნევის სიდიდე, ფერდის გეოლოგიური აღნაგობა (ანიზოტროპია, სხვადასხვა შრეებრიობა) და გვირაბის გარემომცველი ცემენტაციური ზონა. ექსპლუატაციის პერიოდში, ზოგადად, ადგილი აქვს ცემენტაციური ზონის ეფექტურობის ვარდნას, რომლის მიზეზი მასივში ბზარების გახსნა, ასევე გამოტუტვის და სუფოზიური პროცესების განვითარებაა. აღნიშნული საკითხები

აქტუალურია ენგურჰესის გვირაბისათვის, სადაც ცალკეულ უბნებში, ექსპლუატაციის პერიოდში, მოხდა ფილტრაციული დანაკარგის ზრდა. ეს საკითხები მნიშვნელოვანია ენერგეტიკული თვალსაზრისით და მასივის მდგრადობის მხრივ, მით უფრო, როდესაც ფერდის შრეებრიობა დაცურების სიბრტყის ორიენტაციისაა.

ენგურჰესის სადაწნო გვირაბის მაგალითზე მოცემულია ფერდის მდგრადობაზე გაანგარიშების შედეგები დაცურების პოტენციურად საშიშ ზედაპირებზე, მასივისა და ცემენტაციური ზონის ფილტრაციის კოეფიციენტთა ფარდობის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის, $K_m/K_{gc} = 2 \div 10$ [1].

ენგურჰესის სადაწნო გვირაბის ტრასა გადის რთულ გეოლოგიურ გარემოში. აღსანიშნავია, რომ აქ ადგილი აქვს ქანების შრეებრიობას, რომელიც ანიზოტროპიულ მასივს წარმოადგენს, რომლის გამოსატულება იცვლება ბზარიანობის მიხედვით. ანიზოტროპიის კოეფიციენტი ხასიათდება მაღალი მნიშვნელობით, 1.4–1.6. საცდელი ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად მიღებულ იქნა, რომ გამაგრებითი ცემენტაციის შედეგად ანიზოტროპიის კოეფიციენტი დაყვანილია მინიმუმამდე - 1.04 [2].

“მოკეთება-მასივი” სისტემის გაანგარიშება ჩატარებულია მასივის საწყისი დაძაბული მდგომარეობის, გვირაბის ზედაპირზე მოქმედი ჰიდროსტატიკური წნევის და ფილტრაციული მოცულობითი ძალების (შემატივტივებული წნევის) გათვალისწინებით. ძვრაზე მდგრადობა შეფასებულია ეფექტური ძაბვის მიხედვით:

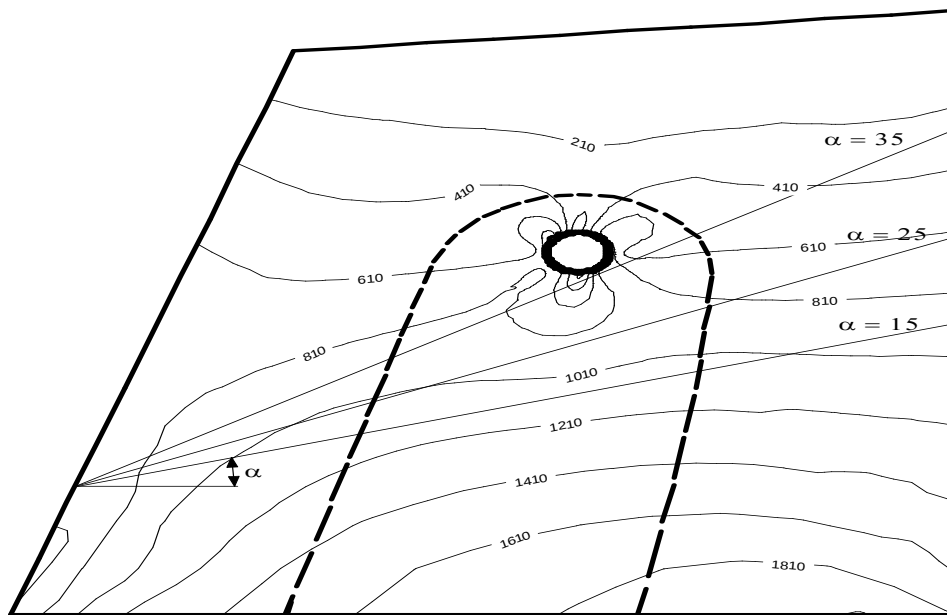
$$K = \frac{(\sigma - p) \operatorname{tg} \varphi + cF}{\tau_c},$$

სადაც σ ნორმალური ძაბვაა ძვრის ზედაპირზე; p – ფილტრაციული წნევა, $\operatorname{tg} \varphi$, c – ხახუნის კოეფიციენტი და ხვედრითი შეჭიდულება ძვრის ზედაპირზე; F – ძვრის ზედაპირის ფართობი; τ_c – მხები ძაბვის საანგარიშო მნიშვნელობა ძვრის ზედაპირზე. სამშენებლო ნორმების მიხედვით I და II კლასის ობიექტებისათვის ძვრაზე მდგრადობის მარაგი უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას: $K > 1.25$ [3].

ფილტრაციული მოცულობითი ძალების მასივზე ზემოქმედება განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

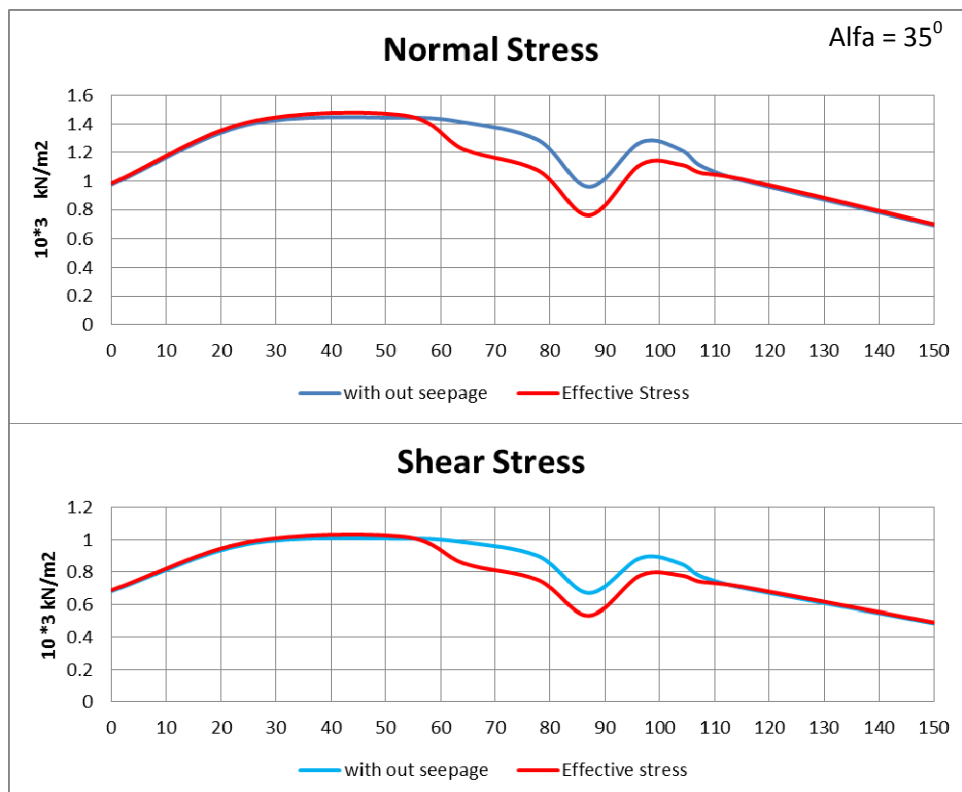
$$\begin{cases} p_x = -\alpha_2 \frac{\partial h}{\partial x}, \\ p_y = \alpha_2 \left[(1 - n) - \frac{\partial h}{\partial y} \right], \end{cases}$$

სადაც p_x , p_y – ფილტრაციული მოცულობითი ძალების მდგენელებია ღერძების მიმართ; α_2 – უკუწნევის ეფექტური ფართობის კოეფიციენტი; n – მასალის ფორიანობა; $\frac{\partial h}{\partial x}$, $\frac{\partial h}{\partial y}$ – წნევის გრადიენტები ღერძების მიმართ.



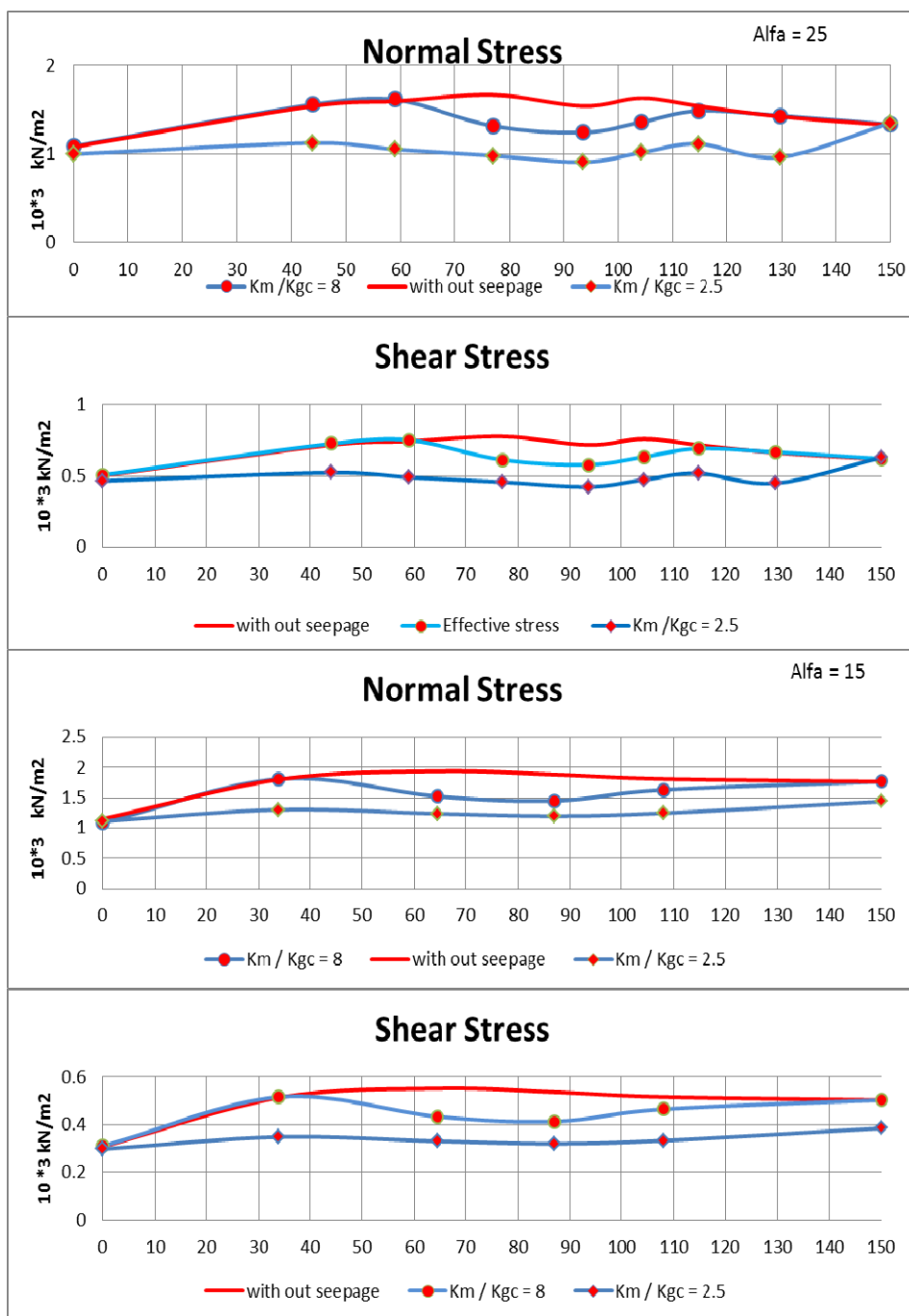
ნახ. 1. მაქსიმალური მხეები ძაბვების განაწილება მასივში დეპრესიის ზედაპირის არსებობის გათვალისწინებით, როცა $K_m/K_{gz} = 2.5$

გაანგარიშების შედეგების მიხედვით, ხეობის ფერდში მაქსიმალური მხეები ძაბვები გარკვეულად მიჰყვება დაცურების პოტენციურად საშიშ ზედაპირებს (ნახ. 1).

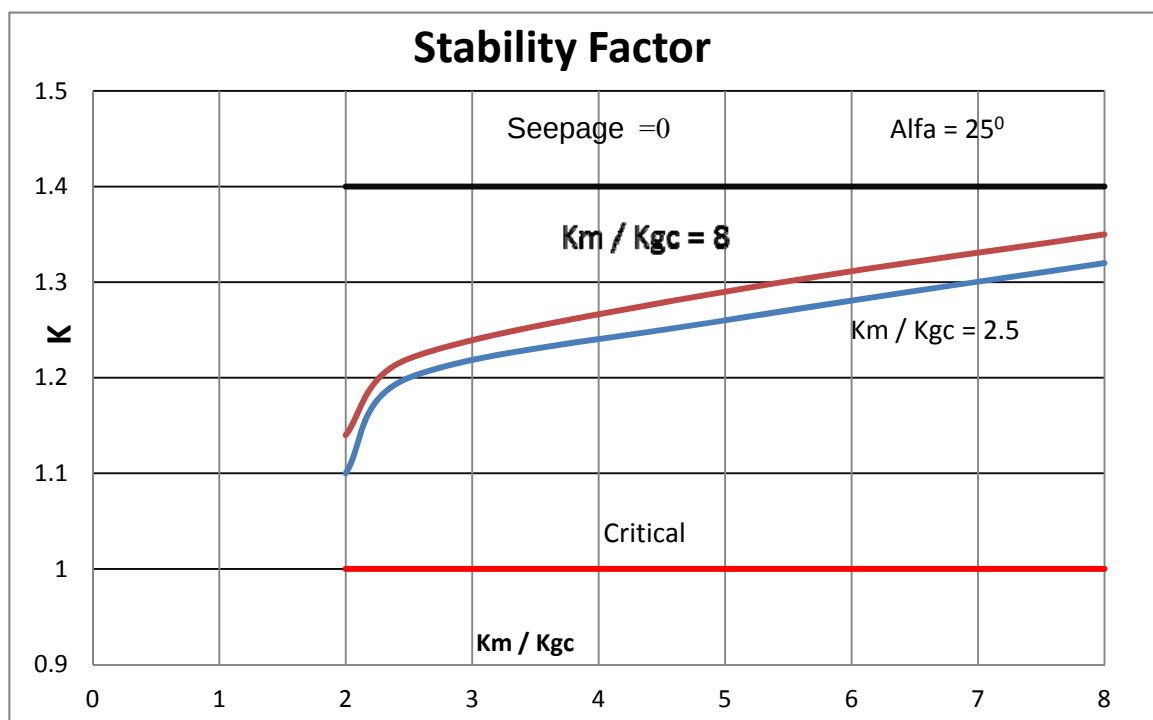


ნახ. 2. ნორმალური და მხეები ძაბვების განაწილება პოტენციურად საშიშ ზედაპირზე, როცა $K_m/K_{gz} = 2.5$ ($\alpha = 35^\circ$)

დაცურების პოტენციურად საშიშ ზედაპირებზე ძაბვების განაწილების ეპიურების (ნახ. 2, 3) ანალიზი აჩვენებს, რომ K_m/K_{gz} ფარდობის ზრდისას ფილტრაციის არეში მცირდება ეფექტური ნორმალური და მხები ძაბვები, მცირდება დამჭერი ძალები და, შესაბამისად, ძვრაზე მდგრადობის მარაგი. როდესაც ფარდობა $K_m/K_{gz} = 2.5$ -ია, მარაგი კრიტიკულ მნიშვნელობას უახლოვდება (ნახ. 4).



ნახ. 3. ნორმალური და მხების ძაბვების განაწილება პოტენციურად საშიშ ზედაპირზე, როცა $\alpha=15^\circ$; $\alpha=25^\circ$



ნახ. 4. მდგრადობის მარაგის დამოკიდებულება

K_m / K_{gz} ფარდობაზე, როცა $\alpha = 25^\circ$

3. დასკვნა

• წყალქვეშა მოკეთების არსებობის პირობებში, მასივში განვითარებული ფილტრაციული ძალების ზემოქმედებით, მნიშვნელოვნად იცვლება ხეობის ფერდის დაძაბული მდგომარეობა. შესაბამისად, დაცურების პოტენციურად საშიშ ზედაპირებზე მდგრადობის მარაგის შეფასებისათვის საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს ეფექტური ძაბვები.

• ენგურჰესის სადაწნო გვირაბის მაგალითზე მიღებულ იქნა, რომ K_m / K_{gz} ფარდობის ზრდისას, როდესაც დეპრესიის ზედაპირის გაბარიტები მცირდება, მდგრადობის მარაგი იზრდება. როდესაც ფარდობა აღწევს $K_m / K_{gz} = 2.5$, მარაგი კრიტიკულ მნიშვნელობას უახლოვდება, ხოლო $K_m / K_{gz} = 4$ – ფარდობა მისაღებია, რომლის დროს კმაყოფილდება მდგრადობის პირობები.

• ამდენად, გარემომცველი ზონის ცემენტაცია არის მძლავრი საინჟინრო საშუალება, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია ფილტრაციული დანაკარგების შემცირება და პოტენციურად საშიშ ზედაპირებზე მდგრადობის მარაგების გაზრდა, რაც დაპროექტების დროს უნდა იქნეს გათვალისწინებული.

ლიტერატურა

1. მ. ყალაბეგიშვილი, გ. ახვლედიანი. სადაწნო გვირაბების ფილტრაციული ანალიზი გამაგრებითი ცემენტაციის ხარისხის გათვალისწინებით // „მშენებელი“, №4(31). თბილისი 2013წ. (გვ.115-120).
2. Чумбуридзе Г.К., Ашихмен В.А., Амиридзе Н.В., Пронина Л.Э., Арутюнова М.З. Качество цементации в напорно-деривационном туннеле ИнгуриГЭС// Гидротехническое строительство, № 3, 1988, с.9-14.
3. Руководство по проектированию гидротехнических туннелей. Москва: Стройиздат, 1982.-286 с.

УДК 691

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТРИЦАХ

Т.В. Мосешвили*, Н.М. Мепаришвили**

((*Кутаисский государственный университет им. А. Церетели

**Грузинский технический университет)

Резюме: *Композиционные материалы на текстильной основе успешно используются в различных отраслях промышленности, в том числе и в строительстве. Потребность в легковесных конструкционных материалах, обладающих высокой прочностью, жесткостью и надежностью является основной причиной использования в качестве арматуры текстильных волокон. Базальтовые и полипропиленовые фибры успешно заменяют металлическую арматуру и улучшают физико-механические свойства бетона. Бетон считают хрупким и ломким материалом, однако, добавление волокон повышает его пластичность и уменьшает возможность появления трещин, увеличивает сопротивление удару и устойчивость к истиранию.*

Ключевые слова: *текстильные композиты; устойчивость бетона; физико-механические свойства бетона; теплоизоляция; морские сооружения и сооружения.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Композиционные материалы на текстильной основе представляют собой особый класс современных материалов, которые успешно используются в различных отраслях промышленности. Успех применения во многом определяется потребностью в легковесных конструкционных материалах, обладающих высокой прочностью, жесткостью и надежностью. Кроме того, выбор традиционных текстильных технологий в настоящее время вызывает большой интерес из-за потенциальной возможности производства сетчатобразных заготовок для изготовления высококачественных текстильных конструкционных композитов.

Текстильные композиты представляют собой комбинацию высокой прочности и жесткости. Из-за низкого удельного веса, высокого отношения прочности и жесткости к весу, данные материалы превосходят по свойствам металлы. Текстильные композиционные материалы успешно используются в различных отраслях промышленности, таких как автомобиль-, корабель-, машино-, авиастроение, гражданское строительство, медицина и др.

Большинство строителей при работе с бетоном часто сталкиваются с проблемами, такими как пластическая усадка и оседание, действие мороза (на раннем этапе). А при дальнейшей эксплуатации проявляются такие свойства, как низкая устойчивость к замерзанию/оттаиванию, слабое сопротивление удару, подверженность истиранию, высокое проникновение воды и химических веществ. Расширение областей и объемов применения бетона в строительстве, ужесточение условий эксплуатации конструкций из него требует постоянного совершенствования его прочности, трещиностойкости, сопротивления ударным и динамическим воздействиям, абразивному износу и т.д.

Одной из важных задач современного бетоноведения является создание эффективных материалов с повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами. Перспективным видом таких материалов являются композиты. Обширный класс композитных материалов представляют дисперсно-армированные бетоны. Дисперсное армирование производится волокнами (фибрами), равномерно распределенными по объему строительной матрицы. Для этого используются различные виды металлических волокон, неметаллических волокон минерального или органического происхождения. Изделия из таких бетонов можно изготавливать без армирования стальными сетками и каркасами, что значительно упрощает технологию изготовления, снижает трудоемкость [1].

Технология объемного армирования насчитывает тысячелетия. Это солома в саманных домах, конский волос в кладочных растворах крепостей и замков и т. д. Сегодня эта технология выходит на новый качественный уровень. Современная текстильная промышленность дает возможность создавать волокна с заранее заданными физико-механическими свойствами.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Фибра представляет собой текстильный материал в виде волокон или узких полос, применяемый для дисперсного армирования бетонных конструкций. При этом повышается сопротивление растяжению, истиранию, ударным нагрузкам. Фибра может быть стальной,

стеклянной, базальтовой, полимерной. Полимерная фибра - волокна, получаемые из синтетических полимеров - полиэтилена, полипропилена, полиамидов, полиэфиров, поливинилового спирта. В настоящее время стальная и стеклянная фибра уступила место текстильным волокнам. Наиболее распространенными являются методы армирования бетона базальтовыми и полипропиленовыми волокнами [2].

Базальтовые волокна - материал, получаемый из природных минералов путем их расплава и последующего преобразования в волокно без использования химических добавок. Существует два основных типа базальтового волокна — штапельное и непрерывное. Одним из наиболее важных параметров штапельного базальтового волокна является диаметр, который существенно влияет на важнейшие свойства изделий из него: теплопроводность, звукопоглощение, плотность и др. Технические характеристики базальтовых волокон, применяемых в армировании бетона:

Диаметр единичного волокна, мкм 20 - 400

Длина, мм 6, 12, 18, 24

Тип замасливателя 4С

Массовая доля замасливателя, не менее % 0,3

Массовая доля влаги, не более % 1,0

Диапазон рабочих температур, оС от -260 до +700

Гигроскопичность, не более % 0,2

При добавлении волокнистых материалов из базальтового волокна для приготовления бетонной смеси, волокна равномерно распределяются по всему объему смеси и заметно стабилизируют процесс ее поризации. После твердения и после пропаривания, прочность образцов с добавкой волокна в количестве 1% от массы твердого компонента составила 0,63 МПа при плотности образцов 300 кг/м³.

При введении базальтового волокна наблюдаются следующие эффекты: устойчивость процесса поризации, отсутствие усадочных трещин и трещин напряжения, увеличение прочности газобетона неавтоклавного твердения, отсутствие даже незначительной усадки, как при схватывании смеси, так и во время всего периода твердения, равномерность пористой структуры. По сравнению с обычным бетоном, базальтовый фибробетон имеет в несколько раз более высокие показатели: ударной и усталостной прочности; прочности на растяжение; трещиностойкости; морозостойкости; водонепроницаемости; жаропрочности и пожаростойкости. Базальтовая фибра обеспечивает трехмерное упрочнение бетона, по сравнению с традиционной арматурой, которая обеспечивает лишь двухмерное упрочнение.

Опыт применения базальтовой фибры показал, что вводить в пенобетон ее можно любым из указанных способов:

1. Фибра засыпается в бетоносмеситель (миксер) в сухую смесь перед добавлением воды. Для более качественного распределения волокон необходимо засыпать фибру частями в щебень во время перемешивания.
2. Фибра добавляется небольшими порциями в бетон при замесе непосредственно в миксер.

Необходимо отметить, что с использованием первого способа можно добиться более однородного распределения фибры в бетоне [3].

Как известно, трещины в бетоне формируются в течение первого этапа усадки (в пластичном состоянии) и соответственно являются причиной низкой целостности и прочности бетона. Эти трещины формируются в первые 24 часа после того как бетон был уложен. Усадка и трещины усадки могут быть не обнаружены и спустя несколько дней. Они часто покрыты завершающей отделкой или просто недостаточно широки, чтобы их можно было увидеть до тех пор, пока бетон и раствор будут садиться (осаждаться) дальше или нагрузка заставит эти слабые трещины развиться в видимые. Причины возникновения трещин в том, что существующее напряжение превышает прочность бетона.

Армирование бетона полипропиленовыми волокнами уменьшает возможность появления трещин. Полипропиленовые волокна - синтетические волокна, получаемые формованием из расплава полипропилена. Они обладают хорошими теплоизоляционными и эластичными свойствами, по устойчивости к двойным изгибам превосходят полиамидные волокна, стойки к действию кислот, растворов щелочей, органических растворителей, имеют термо- и светостойкость.

Полипропиленовые волокна являются армирующей добавкой в бетонные и растворные смеси. Волокна могут улучшить свойства смеси, обеспечить вторичное армирование и в особенности контроль усадки (образование трещин). Волокно уменьшает выделение воды посредством более эффективного контроля гидратации, тем самым снижая внутренние нагрузки. Благодаря контролю за выходом воды на поверхность, снижается образование трещин при пластическом оседании. Технические данные волокон:

Длина - 6 мм, 12 и 18мм

Диаметр - 18-26 мкм

Форма - круглая, гофрированная

Плотность - 0,91 г/см³

Модуль Юнга - 4158 МПа

Прочность на растяжение - 557 Мпа

Температура размягчения - 160°C.

Рекомендуется применять волокна на начальном этапе перемешивания бетонной смеси. Волокна вносят в бетон незначительное количество воздуха. Эти воздушные пузырьки позволяют свободной воде, которая может замерзнуть, расширяться и сжиматься в цикле заморозание/оттаивание. Таким образом снижается разрушительный эффект мороза на раннем этапе. Волокна, повышая устойчивость бетона к пластическому растрескиванию, уменьшают количество водных каналов в бетоне, и в результате снижения проницаемости придают большую устойчивость к промерзанию. Добавление волокон контролирует перемещение воды в бетоне, обеспечивая более эффективную гидратацию цемента, и повышает прочность на сжатие в первый день. Улучшенный контроль за выделением воды помогает предотвратить поднятие на поверхность цемента и песка. Эти мелкие частицы делают поверхность очень хрупкой и чувствительной к морозу.

Бетон, содержащий волокна, имеет значительно большее сопротивление удару и устойчивость к раскалыванию по сравнению с обычным бетоном. Как правило, бетон считают хрупким и ломким материалом, однако добавление волокон повышает его пластичность. Повышенное сопротивление удару и устойчивость к раскалыванию бетона с волокнами могут быть приписаны большому количеству энергии, поглощенной при натяжении волокон после образования трещин в цементном растворе. Таким образом, волокна обеспечивают большую защиту от разрушения краев соединений в бетонных плитах покрытий и сборных железобетонных конструкциях. Его свойства, увеличивающие сопротивление удару, означают, что волокна можно использовать в тяжелой промышленности, военных целях для повышения взрывоустойчивости и в местах повышенной сейсмической активности.

Применение полипропиленовых волокон увеличивает устойчивость бетона к истиранию, которая через 6 часов повышается примерно на 10% и в целом может быть выше на 30%. Это зависит от содержания цемента и качества заполнителя. Способность волокон контролировать перемещение воды в бетонной смеси уменьшает возможность сегрегации мелких частиц цемента и песка, что обеспечивает более эффективную гидратацию цемента и в сочетании с лучшим сцеплением цементного раствора дает более прочную и долговечную поверхность. Типичное применение волокон для повышения устойчивости к истиранию - морские заграждения и сооружения, углехранилища и другие сферы использования бетона, где постоянная эрозия ведет к износу поверхности [4].

Одним из наиболее ярких достижений последнего времени является начало промышленного производства нового полимера - так называемого сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Волокно из этого полимера прочнее стали (на растяжение) в 10 раз, полипропилена - в 15 раз. Его модуль упругости при растяжении - около 2 500 Н, что намного выше, чем у бетона. Таким образом, это волокно может выполнять роль эффективной арматуры бетонов.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, текстильную фибру следует использовать во всех типах бетонных покрытий (как наружных, так и внутренних), где необходимо предотвратить появление пластических усадочных трещин. Большой популярностью пользуется фибра в дорожном строительстве. Бетон с содержанием волокон обладает лучшим сцеплением, чем обычный бетон. Текстильные волокна находят применение в бетоне для промышленных складов, гидротехнических сооружений, наружных площадок, в бетонных плитах перекрытий, объектах нефтехимической промышленности, мостах, монолитных конструкциях, бетонных плитах фундаментов, железобетонных сваях, прессованных и отливаемых изделиях, в строительных растворах и штукатурке, торкрет-бетоне, в печатном декоративном бетоне, в материалах для ремонта бетона, а также местах повышенной сейсмической активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Высшая школа, 1987.
2. Бочарников А.С. Армированные композиционные материалы на основе цементных вяжущих для конструкций защитных сооружений. Липецк, 2004.
3. Базальтовая фибра. www.trans-snab.ru
4. Инновации в армировании бетона. <http://xn-80aabbqh1auj3ar4n.xn-p1ai/cp21733>

შპს 504.3.06

ადამიანის გაბუღვის მიზეზი - ბუნებრივი გაზი თუ უშანბალობა

კ. ქოქიაური, ბ. ქოქიაური, შ. მესტვირიშვილი
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია ის შესაძლო შემთხვევები, თუ რა შედეგი და საფრთხე შეიძლება მოჰყვეს ბუნებრივი გაზის გაჟონვას ჰერმეტიკულად დახურულ სათავსში. ასევე, შესაძლებელია თუ არა ამ მიზეზით ადამიანის გაგუდება ან რა პირობები უნდა შეიქმნას ამისათვის; როდის არის გაჟონვა აფეთქებასაშიში და რა გავლენას ახდენს ნაშვი პროდუქტების კონკრეტული რაოდენობა ადამიანის ორგანიზმზე.

საკვანძო სიტყვები: გაზი; ჟანგბადი; გაგუდება; კონცენტრაცია.

1. შესავალი

ბუნებრივი გაზი ბევრ სიკეთესთან ერთად საფრთხესაც შეიცავს. ამიტომ, უსაფრთხოების დაცვას გაზომარაგების სისტემების ექსპლუატაციის დროს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება. აღნიშნულის გამო, განვიხილეთ მოსახლეობის მიერ გაზის ხელსაწყოების გამოყენების შემთხვევები. საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში სხვადასხვა მიზეზით დაგროვილმა გაზმა შეიძლება გამოიწვიოს მისი აფეთქება, ადამიანის გაგუდება და სხვა. ქვემოთ მოყვანილია კრიტიკული შემთხვევების ანალიზი.

ბუნებრივი გაზი უსუნო, უფერო (1,2 3) და არამომწამლავი გაზია (არ შეიცავს ისეთ შხამიან მინარევებს, როგორიცაა გოგირდწყალბადი (H_2S), ამიაკი (HN_3), წყალბადციანმჟავა (HNC), ნახშირჟანგი (CO) და სხვა), რადგან მოპოვების შემდეგ, სანამ მომხმარებელს მიაწვდიან, მისი გაწმენდა ხდება (ა. მუსერიძე, გაზომარაგება). მიუხედავად ამისა, მისი მოხმარებისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა, რადგან აფეთქებასაშიშია, თუ გარკვეული შეფარდებით შერეულია ჰაერთან. გარდა ამისა, საშიშროება მდგომარეობს იმაშიც,

რომ, როდესაც ბუნებრივი გაზი დახურულ სათავსში ხდება ნაწილობრივ იკავებს ჟანგბადის ადგილს, რის გამოც ადამიანი განიცდის ჟანგბადის ნაკლებობას, რაც აძნელებს სუნთქვას და, გაზის დიდი კონცენტრაციის შემთხვევაში, ხდება ადამიანის გაგუდება.

2. ძირითადი ნაწილი

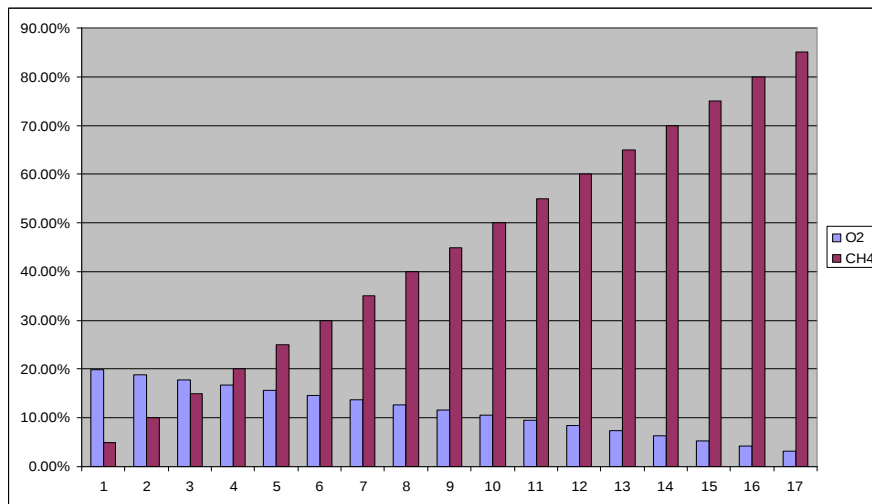
ქვემოთ განხილულია ის შესაძლო შემთხვევები, რა შეიძლება მოჰყვეს ბუნებრივი გაზის გაჟონვას დახურულ სათავსში; შესაძლებელია თუ არა ამ მიზეზით ადამიანის გაგუდება ან რა პირობები უნდა შეიქმნას ამისათვის; ასევე, როდის არის ის აფეთქებასაშიში და რა გავლენას ახდენს ნამწვი პროდუქტების ჭარბი რაოდენობა ადამიანის ორგანიზმზე.

პირობითად ავიღოთ 60 მ³ მოცულობის მქონე ჰერმეტიკულად დახურული სათავსი, სადაც ჰაერისა და გაზის ინფილტრაციას ადგილი არ აქვს. ბუნებრივი გაზის ჭარბი წნევა კი დაბალი წნევის ქსელში, რითაც მოსახლეობა მარაგდება, 0,03 ატმ არ აღემატება. თუ სათავსში დგას გაზქურა და ღიად არის დატოვებული მისი ერთი სანთურა, მაშინ გაზის გამოდინება გაგრძელდება მანამ, სანამ სათავსში არსებული წნევა არ გაუთანაბრდება გაზის ქსელში არსებულ წნევას. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში ეს სიდიდე 0.03 ატმ უდრის. საშუალოდ ერთი სანთურის საათური ხარჯი 0.25 მ³/სთ-ია. საკმარისია სათავსში ბუნებრივი გაზის დაგროვების რაოდენობამ 3%-ს მიაღწიოს, რომ სანთურიდან გაზის გამოსვლა შეწყდება წნევათა სხვაობის არარსებობის გამო (3% აფეთქების ქვედა ზღვარზე ნაკლებია). ამ პირობის შესაქმნელად კი საჭიროა 1.8 მ³ გაზის გამოდინება, რის დაგროვებასაც ერთი სანთურა დაახლოებით 7.2 სთ მოანდომებს.

ცნობილია, რომ ჰაერის ნარევი ბუნებრივი გაზის კონცენტრაციის 19%-ით გაზრდისას, რომლის დროსაც ჟანგბადის პროცენტული მაჩვენებელი დაახლოებით 21-დან 17 %-მდე დაეცემა, ადამიანი უჟანგბადობას განიცდის და შესაძლოა გაიგუდოს (ა. მუსერიძე გაზმომარაგება). როგორც უკვე აღვნიშნეთ, 60 მ³ მოცულობის მქონე სათავსში, რომელიც ჰერმეტიკულად არის დახურული, ბუნებრივი გაზის კონცენტრაცია მოცემულ პირობებში მიაღწევს რა კრიტიკულ 3%-ს, სანთურიდან გაზის გამოდინება შეწყდება, ჟანგბადის პროცენტული მაჩვენებელი 20.37%-მდე დაეცემა, რაც სიცოცხლისთვის საფრთხეს არ წარმოადგენს, მაგრამ

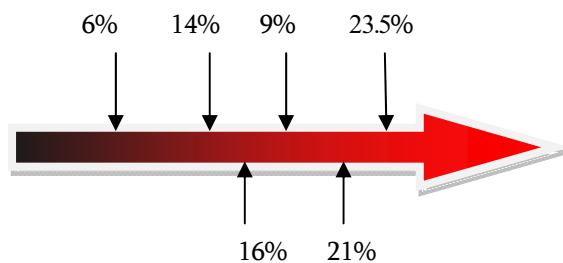
იგივე არაპერმეტულ სათავსში ბუნებრივი გაზის აფეთქების ქვედა 5%-იან ზღვრამდე მიღწევისას, რასაც ერთი სანთურა აღნიშნულ (60მ³) მოცულობაში 12 სთ-ზე მეტ დროს მოანდომებს, ჟანგბადის კონცენტრაცია 19.95%-მდე შემცირდება. ასეთ შემთხვევაში არსებობს უფრო აფეთქების საშიშროება, ვიდრე უჟანგბადობის მიზეზით ადამიანის გაგუდვის საფრთხე, ვინაიდან ჟანგბადის აღნიშნული პროცენტული მაჩვენებელი სიცოცხლისთვის ზიანის მომტანი არ არის.

დახურულ სათავსში ბ/გაზის პროცენტული რაოდენობის ზრდის შესაბამისად ჟანგბადის კონცენტრაციის კლების გრაფიკი



ე.ი. ნებისმიერ მოცულობაში ბუნებრივი გაზის რაოდენობის ყოველი 5%-ით გაზრდა იწვევს ჟანგბადის კონცენტრაციის 1.05%-ით შემცირებას.

ჟანგბადის დეფიციტი აფერხებს ადამიანის აზროვნებას და თრგუნავს სუნთქვას

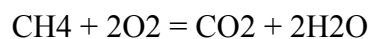


1. ჟანგბადი 6% – გაძნელებული სუნთქვა, სწრაფი სიკვდილი;
2. ჟანგბადი 14% – არასრულფასოვანი აზროვნება, სწრაფი დაღლა;
3. ჟანგბადი 16% – შესუსტებული/დათრგუნული აზროვნება და სუნთქვა;
4. ჟანგბადი 19%–მინიმალური უსაფრთხოების ზღვარი;
5. ჟანგბადი 21% – ნორმალური მდგომარეობა;

6. ჟანგბადი 23,5% – ჟანგბადი გამდიდრებულია – ხანძარსაშიშროება.

ჟანგბადის დეფიციტი შეიძლება შეიქმნას არა მხოლოდ ბ/გაზის დაგროვების მიზეზით, არამედ მისი დაწვის შედეგადაც, თუ წვისთვის საჭირო ჰაერის აღება სათავსიდან მოხდება, ასევე, თუ ნამწვი პროდუქტების გამოყოფა მოხდება სათავსში. ამ ორივე პროცესის ერთდროული მიმდინარეობისას კი გაცილებით სწრაფად დაიკლებს ჟანგბადის კონცენტრაცია.

1 მ³ ბ/გაზის სრული დაწვისთვის საჭიროა 2 მ³ ჟანგბადი:



ვინაიდან წვისთვის საჭირო ჟანგბადის მიწოდება რეალურად ჰაერიდან ხდება, იგივე 1 მ³ ბ/გაზის დაწვისთვის საჭირო იქნება 10 მ³ ჰაერი (ჰაერში ჟანგბადის პროცენტული წილი 1/5-ია). ბ/გაზის წვა, რომელიც მიმდინარეობს ისეთ გარემოში, სადაც არ ხდება მუდმივად ან პერიოდულად ჰაერის შემოდინება, გამოიწვევს ჟანგბადის დეფიციტს, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს არასრულ წვას, რომლის დროსაც გამოიყოფა ნახშირბადის ოქსიდი (CO) - ძლიერმომწამლავი გაზი (2). მდგომარეობა მეტად სავალალო იქნება, თუ წვის პროდუქტების გამოყოფა (დაგროვება) სათავსშივე მოხდება, რადგან ადამიანის სიცოცხლისთვის საფრთხეს წარმოადგენს როგორც არასრული წვის პროდუქტები (CO), ასევე სრული წვის პროდუქტებიც (CO₂), როდესაც მათი შემცველობა ჰაერში გარკვეულ პროცენტულ მაჩვენებელს მიაღწევს.

ნახშირბადის ოქსიდი CO - ძლიერი მომწამლავი გაზი. ჰაერთან ერთად შესუნთქვისას აქტიურად უერთდება სისხლში ჰემოგლობინს, რის შედეგადაც უუნარო ხდება გადაიტანოს ჟანგბადი ორგანიზმის ქსოვილებისკენ. მისმა 0,5%-0,8%-მდე შემცველობამ ჰაერში შესაძლოა ადამიანის დაღუპვა გამოიწვიოს.

ნახშირბადის დიოქსიდი CO₂ – როგორც ბუნებრივი გაზის, ასევე ნებისმიერი ნახშირბადშემცველი საწვავის სრული წვის პროდუქტი. ჰაერში მისი 7%-დან 8%-მდე შემცველობა გამოიწვევს ჟანგბადის მნიშვნელოვან შემცირებას, რასაც, თავის მხრივ, მოჰყვება თავბრუსხვევა, ღებინება, ყურებში ხმაური, თვალების გაღიზიანება; შესაძლოა გრძნობის დაკარგვა და გაგუდვაც კი.

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში ნაჩვენებია მათი გავლენა ადამიანის ორგანიზმზე. ცხრილიდან ჩანს, რომ ჰაერში CO და CO₂ აირების შემცველობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე. განსაკუთრებით საშიში მდგომარეობაა ჰაერში 6-დან 10 მგ/ლ, CO-ის — 7–10 % CO₂ შემცველობის დროს.

ადამიანზე CO და CO₂-ის ზემოქმედების გავლენა
(ა. ცაგარელი. გაზმომარაგება)

ადამიანზე ზემოქმედების ხანგრძლივობა და ხასიათი შესუნთქვის დროს	აირის შემცველობა ჰაერში		
	CO		CO ₂
	%	mg/l	%
რამდენიმე საათი შესამჩნევი გავლენის გარეშე	0,001-0,01	0,0125-0,125	0,5-1
მსუბუქი მოწამვლის ან ლორწოვანი გარსის გაღიზიანების ნიშნები 2-3 საათის შემდეგ	0,01-0,02	0,125-0,25	2-3
სერიოზული მოწამვლის საშიშროება 30 წუთის შემდეგ	0,2-0,3	2,5-3,75	4-5
სიცოცხლისათვის საშიშროება ხანმოკლე ზემოქმედების დროს	0,5-0,8	6,25-10	7-10

3. დასკვნა

სტატიაში მოყვანილი და გაანალიზებულია ის შესაძლო პირობები, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს ჟანგბადის დეფიციტი (დახურულ სათავსში), ასევე ის საფრთხეები, რაც წარმოიშობა ადამიანთან მიმართებაში, იქნება ეს მოწამლევა, გაგუდება თუ გაზის აფეთქების საშიშროება. თითოეული ეს შემთხვევა გამოსახულია გრაფიკებისა და ცხრილების სახით.

მოცემული შემთხვევები ცხადყოფს, თუ რაოდენ მნიშვნელოვანია იმ უსაფრთხოების ზომებისა და ნორმების გატარება, რომელიც უნდა განხორციელდეს გაზის ექსპლუატაციის სამსახურებისა და მომხმარებლების მიერ.

ლიტერატურა

1. ა. მუსხერიძე. გაზმომარაგება, I ტომი. თბილისი, 1974 წ. II ტომი -1979 წ.
2. ა. ცაგარელი. გაზმომარაგება. თბილისი, 2006 წ.
3. А. Ионин. Газоснабжение. Москва: Стройиздат, 1975 г.

აბრარული მეცნიერებები

შპს 59

მინერალური საზრდოს მნიშვნელობა ცხოველთა კვებაში

მ. ცინცაძე, ნ. ორჯანელი, ნ. ნატროშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ცხოველთა კვებაში ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მინერალური საზრდოობაა. ნაშრომში მოცემულია ნახშირწყლების ზოგადი დახასიათება, მისი კლასიფიკაცია და როლი ცხოველთა კვებაში.

საკვანძო სიტყვები: ნახშირწყლები; გლუკოზა; ფრუქტოზა; ამილაზა; პექტოზები; პექსოზები; დი-; მონო-; პოლისაქარიდები; ცილები; ცხიმები; უჯრედისი.

1. შესავალი

ცხოველთა ზრდა-განვითარება, პროდუქტიულობა და პროდუქციის ხარისხი, საერთოდ მათი ცხოველქმედება ნივთიერებისა და ენერგიის მიმოცვლის პროცესების მრავალფეროვანი კანონზომიერებით განისაზღვრება. ისინი ბიოლოგიურ კანონებს ექვემდებარება და მცენარეულ საფუძველს წარმოადგენს ცხოველთა მოშენებისა და კვების სრულყოფილი მეთოდების შექმნისთვის. ცხოველთა საზრდოობა მისი ფიზიოლოგიური ფუნქციაა, რომელიც მიმართულია ულუფების შემადგენელი საზრდო ნივთიერებების შეთვისებისა და გამოყენების ასამაღლებლად.

ფიზიოლოგიისა და ბიოქიმიის სფეროში ინტენსიური კვლევების შედეგად მიღწეული წარმატებების საფუძველზე მნიშვნელოვნად გაფართოვდა იმ მეცნიერებათა როლი და მნიშვნელობა, რომლებიც ინტენსიურად სწავლობდნენ სასოფლო-სამეურნეო ცხოველთა საზრდოობას.

ამრიგად, ცხოველთა კვების მეცნიერული საფუძვლები მეცხოველეობის წარმოების გაძღოლის აუცილებელი წინაპირობაა როგორც მსხვილ, ასევე წვრილ ფერმერულ მეურნეობებში.

როცა ცხოველები, მოთხოვნილების შესაბამისად, უზრუნველყოფილი არიან ენერგიის, პროტეინის, ცხიმების, ნახშირწყლების და სხვათა ნედლეულით, მაშინ მათი მაღალი პროდუქტიულობა გარანტირებულია.

ნაშრომში შევეხებით ცხოველთა ნახშირწყლოვან საზრდოობას.

2. ძირითადი ნაწილი

მცენარეული მშრალი საკვები ნივთიერების ძირითადი კომპონენტი უაზოტო ნივთიერებაა, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი (80%) ნახშირწყლებს უკავია. ნახშირწყლები სხვადასხვა ნაერთის დიდი ჯგუფია, განსხვავებული თვისებებით და როლით, რომელსაც ცხოველის ორგანიზმში ასრულებს.

მცენარეული წარმოშობის საკვები ნახშირწყლები ერთმანეთისაგან განსხვავდება როგორც ფიზიკური, ისე ქიმიური თვისებებით, ასევე ცხოველის საჭმლის მომნელებელ აპარატში მიმდინარე გარდაქმნებით და ნივთიერებათა მიმოცვლაში შესრულებული ხარისხის დონით. ნახშირწყალი შედგება ნახშირბადისაგან, ჟანგბადისა და წყალბადისაგან. დაყოფილია შემდეგ ჯგუფებად:

1. მონოსაქარიდები - შედის პენტოზები (არაბინოზა, ქსილოზა, რიბოზა) და ჰექსოზები (გლუკოზა, ფრუქტოზა, გალაქტოზა, მინოზა);

2. დისაქარიდები - საქაროზა, მალტოზა, ლაქტოზა, ცელეზიოზა;

3. ტრისაქარიდები – რაფინოზა;

4. პოლისაქარიდები - აერთიანებს პენტოზანებს და ჰექსოზანებს, რომელშიც შედის უჯრედისი, ინულინი, გლიკოგენი, სახამებელი და დექსტრინი. პოლისაქარიდებიდან საკვებში გვხვდება ჰემიცელულუზა, ლიგნინი, ფისები. ნახშირწყლები ნივთიერებათა მიმოცვლაში შესრულებული როლის მიხედვით იყოფა ენერგეტიკულ და სტრუქტურულ ნივთიერებად.

- ენერგეტიკულს მიეკუთვნება: სახამებელი, საქაროზა, გლუკოზა, ფრუქტოზა და სხვა.

- სტრუქტურულს – ლაქტოზა, მანოზა და სხვა.

ცხოველთა საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში, გარდაქმნების მიხედვით,

ცნობილია ადვილად შესათვისებელი ნახშირწყლები, რომელთაც მიეკუთვნება მონოსაქარიდები, დისაქარიდები და პოლისაქარიდებიდან სახამებელი, ხოლო ძნელად შესათვისებელს მიეკუთვნება ყველა პოლისაქარიდი, სახამებლის გარდა.

ნახშირწყლების მონელების საბოლოო პროდუქტი უმთავრესად გლუკოზაა, რომელიც სისხლში შეიწოვება იმ შემთხვევაში, თუ ორგანიზმს მიეწოდა იმაზე მეტი, ვიდრე მოთხოვნილებითაა გათვალისწინებული. მისი ნაწილი გროვდება ღვიძლში გლიკოგენის სახით. დანარჩენი გლუკოზა სისხლის მეშვეობით ვრცელდება ორგანიზმში და შედის ქსოვილების უჯრედში, სადაც ასევე გლიკოგენის სახით განლაგდება, ე.ი. გლიკოგენი ცხოველის ორგანიზმში სათანადო ნახშირწყალია, მაგრამ მისი განლაგება ღვიძლსა და ქსოვილებში შეზღუდულია. კუნთებში მისი შემცველობა 2% არ აღემატება, ხოლო ღვიძლში – 18%-ს. გლუკოზა ორგანიზმისთვის აუცილებელი წყაროა ძირითადი სამუშაოს შესრულების დროს. ნახშირწყლები გარდაქმნის შედეგად იჟანგება ნახშირორჟანგად და წყლად, მონაწილეობს ქსოვილთა უჯრედების სუნთქვაში. ამასთან, გამოთავისუფლებული ენერგია უზრუნველყოფს კუნთოვანი ქსოვილის შეკუმშვის პროცესს. საკვებში ნახშირწყლების შემცველობა განსხვავებულია, მაგალითად, სახამებელი ბევრია კარტოფილში, საქაროზა – ჭარხალში, სტაფილოში და სხვა ძირხვენულში, ცელულუზა (უჯრედისი) – უხეშ საკვებში (თივა, ჩაღა, ნამჯა და სხვა) ლაქტოზა – რძეში. მინოზას შეიცავს ხორბლის და ქერის მარცვლები და სხვა. სასოფლო-სამეურნეო ცხოველთა კვების პრაქტიკაში ნახშირწყლოვანი საზრდოობა პროხისათვის ხასიათდება ნედლი უჯრედისის, სახამებლის და შაქრების, ხოლო ღორის, ცხენის, ბოცვრის და ფრინველისათვის მხოლოდ – ნედლი უჯრედისის შემცველობის მიხედვით.

მცოხნავი ცხოველი ნახშირწყლებს საჭიროებს არა მარტო, როგორც ენერგიის წყაროს მიმოცვლითი გარდაქმნისათვის, არამედ ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტია ფაშის მიკროფლორის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. ფაშის მიკროფლორა მეტად მგრძნობიარეა მიღებულ ნახშირწყლებზე, ვინაიდან მასზეა დამოკიდებული როგორც მისი შედგენილობა და აქტიურობა, ასევე დუდილის შედეგად მიღებული პროდუქტების რაოდენობა და შედგენილობა. საკვებში შემაგალი ნახშირწყლები (სახამებელი, გლუკოზა, მალტოზა, ფრუქტოზა და სხვა)

აუცილებელია ცხოველებისათვის, როგორც ენერგიის წყარო და განსაზღვრავს ენერგეტიკის საზრდოობის დონეს. ორგანიზმში 1g ნახშირწყლების

დაუანგვისას (დაწვისას) გამოიყოფა საშუალოდ 17 კჯ ენერგია. აღნიშნული ნახშირწყლები ასევე მოქმედებს ცილებისა და ცხიმების მიმოცვლის ინტენსიურობაზე. ლაქტოზა, გალაქტოზა, მანოზა, რაფინოზა და სხვა ნახშირწყლები, როგორც სტრუქტურული საშენი მასალა, შედის უჯრედების, ორგანოებისა და ქსოვილების შედგენილობაში. ხელს უწყობს ორგანიზმში ამინომჟავების სინთეზს, საკვებიდან კალციუმის შეთვისების ორჯერ ზრდას, აჩქარებს ძვლოვანი ქსოვილის გაძვალეების პროცესს და მონაწილეობს გენოტიპის გადაცემაში.

მცოხნავი ცხოველისათვის ნახშირწყლები საჭიროა ფაშვში არსებული მიკროფლორის ცხოველმყოფელობისათვის, რომლებიც დამოკიდებულია ულუფის ნახშირწყლოვან შემცველობაზე.

უჯრედისის ნორმირებისათვის ითვალისწინებენ საკვებსა და ულუფაში ნეიტრალურ დეტერგენტულ (ნდუ) და მჟავურ-დეტერგენტულ (მდუ) უჯრედისებს. პირველ ჯგუფს ანუ ნდუ-ს მიაკუთვნებენ ცელულუზას და ლიგნინს, რომლებიც არ იხსნება მჟავურ დეტერგენტში. რაც უფრო მცირეა მჟავურ-დეტერგენტული უჯრედისი (მდუ), მით მაღალია უხეში საკვების ენერგიისა და საზრდო ნივთიერებების მონელება.

მეორე ჯგუფს ანუ მდუ-ს მიეკუთვნება ისეთი ნახშირწყლები, რომლებიც არ იხსნება ნეიტრალურ დეტერგენტში. რაც უფრო მცირეა ნეიტრალური დეტერგენტული უჯრედისი, მით უფრო მეტ უხეშ საკვებს ჭამს ცხოველი და ამიტომ ნდუ-ის დაბალი შემცველობა სასურველია.

ფურისათვის რძის ცხიმოვანობის გენეტიკურად განპირობებული დონის შესანარჩუნებლად მნიშვნელოვან ფუნქციას ასრულებს ულუფის შემადგენელი არა თვით უჯრედისი, არამედ ცხოველის წინა კუჭში მისი მიკრობული დაშლის პროდუქტები. ამ დროს წარმოქმნილი დაბალმოლეკულური აქროლადი ცხიმოვანი მჟავები (ძმრის, პროპიონის და ერბოს) შეიწოვება სისხლში, შედის სარძევე ჯირკვლებში და მონაწილეობს მიღებული რძის საერთო ცხიმის დაახლოებით ნახევრის სინთეზში. როდესაც ულუფა შედგენილია ისეთი საკვებით, სადაც უჯრედისი არ არის საკმარისი რაოდენობით, ეს ცხოველებში ნერწყვის გამოყოფის შესუსტებას იწვევს, რაც, თავის მხრივ, ამცირებს ფაშვის მუავიანობას, რის შედეგადაც ფაშვში მცირდება ძმარმჟავას წარმოქმნა, რომელიც რძის ცხიმის ძირითადი წყაროა. ერთკამერიანი კუჭის მქონე

ცხოველებში (ღორი, ცხენი და სხვა), აგრეთვე ფრინველებსა და ხორცის მჭამელ ცხოველებში უჯრედის უზრუნველყოფს ნაწლავის ტრაქტის პერისტალტიკას, მის არასაკმარის რაოდენობას მიეყვართ ნაწლავის პერისტალტიკის მოშლამდე და კუჭ-ნაწლავის სხვადასხვა დაავადებამდე. უჯრედის უკმარისობა, მაგალითად, მაწოვარი ქუბის ულუფაში იწვევს აგალაქტიას (რძის გამოყოფის სრულ შეწყვეტას) დაგოჭიანების შემდეგ. საკვები ნახშირწყლების ჯგუფიდან ცხოველებისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება პექტინებს, რომლებიც ხასიათდება ბაქტერიციდული თვისებებით. ორგანიზმში ისინი ითვლება სხვადასხვა მავნე ნივთიერების გაუვნებლობის ელემენტად (ფენოლი და სხვა). პექტინები ასევე ხელს უწყობს ორგანიზმიდან მძიმე ლითონების გამოყოფას.

პექტინები მოიპოვება როგორც ჭარხალში, სტაფილოში, ასევე ხილში (ვაშლი და სხვა).

3. დასკვნა

წარმოდგენილია ყველა დეტალი ნახშირწყლების შესახებ ცხოველთა საკვებში, ასევე ცხოველის ორგანიზმში მიმდინარე პროცესებზე. ვნახეთ რაოდენ აუცილებელია მეცხოველე სპეციალისტისათვის, სხვა საზრდო ნივთიერებებთან ერთად, ნახშირწყლოვანი საზრდოობის შესწავლა, რითაც მოიხსნება მეცხოველეობის პრობლემები და გაიზრდება მისი პროდუქტიულობა. ნახშირწყლოვანი საზრდოობის დაუფლება და პრაქტიკაში განხორციელება ერთ-ერთი წინაპირობაა მეცხოველეობის ეფექტურობის გაზრდისათვის.

ლიტერატურა

1. გ. ბოგდანოვი. სასოფლო-სამეურნეო ცხოველთა კვება. თბილისი, 1990 წ.
2. დ. თოდუა და სხვები. სასოფლო-სამეურნეო ცხოველთა საზრდოობის ბიოლოგიური საფუძვლები. თბილისი, 2010 წ.

УДК 591.4

НЕКОТОРЫЕ АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ВЕТЕРИНАРНОЙ СТОМАТОЛОГИИ У СОБАК

Г.А. Цквитинидзе, Н.Н. Натрошвили, М.А. Цинцадзе

(Грузинский технический университет)

Резюме: *Настоящая работа посвящена некоторым анатомо-топографическим и физиологическим аспектам зубной системы собаки. Рассмотрено строение молочных и постоянных резцов, клыков и коренных зубов (премоляров и моляров). Определены особенности строения и топографии зубов собаки в сравнительном аспекте. Приведены сроки прорезывания молочных и постоянных зубов, что является одним из определяющих факторов возраста животного. Установлено, что в основном сроки эти стабильны почти для всех наблюдаемых нами пород собак. Исключение представляют мелкие породы, в нашем случае у щенков породы чихуахуа мы наблюдали появление первых зубов в 5-6 недель. Важным аспектом при оценке экстерьера собаки является форма прикуса, поэтому в предлагаемой работе рассмотрены часто встречающиеся формы прикусов.*

Ключевые слова: *резцы; клыки; премоляры; моляры; молочные зубы; постоянные зубы; прикус.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Для ветеринарного специалиста понятие здоровая собака - это все признаки здорового животного - хорошая подвижность четвероногого питомца, блестящая и лоснящаяся шерсть, чистые и ясные глаза, слегка влажный и холодный нос. Здоровая собака реагирует на зов хозяина, охотно выполняет команды, все органы работают нормально. Однако, перечисляя все признаки здорового состояния животного, зачастую ветеринарный врач упускает из виду характеристику состояния зубов. Обращает внимание на это только в том случае, когда клинические признаки конкретно указывают на патологию в полости рта. Из всех заболеваний

органов и систем болезни зубов являются той группой заболеваний, где чаще всего признаки наблюдаются лишь тогда, когда болезнь зашла слишком далеко, когда затрагиваются не только зубы, но и органы, окружающие их. Поэтому хорошие клинические признаки здоровья собаки не всегда являются достоверными по отношению к состоянию зубов.

Ветеринарная стоматология тесно связана с другими науками, на базе которых она развивается. Анатомия и физиология - первоначальные слагаемые большого комплекса, без учета которого невозможно изучение патологии органов зубочелюстной системы. Патологическая анатомия и патологическая физиология дают возможность изучать особенности течения воспалительных и других процессов в ротовой полости. Нельзя познать инфекционный процесс в зубной системе и ее защитных приспособлениях без данных по микробиологии, вирусологии и микологии.

В основе ветеринарной стоматологии лежит знание развития, строения и физиологии головы, и ротовой полости в частности [4]. Это позволяет ветеринарному врачу представлять картину не только анатомо-топографического строения пасти собаки, физиологических процессов, происходящих в ней, но и выявлять все отклонения органов полости рта.

Зубная система в своей совокупности у различных видов млекопитающих имеет настолько характерные особенности, что может быть использована как важнейший морфологический признак вида. Знание анатомо-топографических особенностей строения и функции зубочелюстной системы необходимо для правильного понимания вопросов профилактики и лечения различных стоматологических заболеваний у собак. Нормальное функционирование зубной системы возможно лишь в том случае, если зубы расположены в правильном порядке, имеют соответствующий здоровый вид, прилегающие ткани в надлежащем состоянии, животное хорошо принимает корм. Все это можно определить в том случае, если знать строение всего жевательного аппарата. Знание зубочелюстной системы необходимо не только ветеринарным специалистам, но кинологам-экспертам для определения экстерьерной особенности собаки, заводчикам различных пород, а также и владельцам домашних питомцев.

В настоящем труде рассмотрены анатомо-физиологические особенности строения зубной системы собак.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения анатомо-физиологических особенностей зубной системы собак были использованы методы анатомического препарирования и морфометрии, а также опыт работы ветеринарной клиники «Зооплаза» г.Тбилиси.

Объектом исследования являлись собаки различных пород и возрастов от трех-месячного до десятилетнего возраста.

2.2. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании анализа, полученного в результате обработанных нами объектов исследования, были установлены анатомо-физиологические параметры зубной системы собаки.

Зубная система у собак дифференцирована на три типа зубов - резцы, клыки и коренные зубы. Последние в свою очередь делятся на ложнокоренные зубы, или премоляры, и настоящие коренные, или моляры. Все они располагаются в строго определенной последовательности, следуя друг за другом. На резцовой кости верхней челюсти находятся резцы. За ними идут клыки, затем премоляры и моляры. Последние три группы располагаются на верхнечелюстной кости. Такая же последовательность зубов имеется и на нижней челюсти, где все зубы лежат на нижнечелюстной кости. Верхние и нижние зубы формируют, соответственно, верхнюю и нижнюю аркаду зубов [5,6] .

Общее число зубов обозначается зубной формулой. Она показывает в виде дроби число резцов, клыков, премоляров и моляров на одной стороне по сагиттальной линии верхней и нижней челюстей. Зубная формула типична не только для каждого вида животного, но и для молодого и взрослого животного. Возрастная особенность зубной формулы заключается в том, что в периоде эволюции в зубной системе появилась смена зубов. Вначале появляются молочные зубы, которые заменяются на постоянные. Особенность молочного периода зубов в том, что в это время отсутствуют моляры и зубная формула будет писаться без них.

Согласно нашим данным, у всех исследованных нами животных общее количество постоянных зубов составляло 42, а молочных, соответственно -32.

Как известно, зуб собаки делится на три анатомические части: коронку, находящуюся в ротовой полости, корень лежащий в альвеолах и расположенную между ними шейку.

Зубы собак, в отличие от зубов других животных, не соприкасаются своими коронками (исключение - последние коренные зубы). Промежутки между ними представлены в виде треугольников, вершина которых обращена к десне, а основание - к режущей части коронки зуба. Зубной ряд верхней челюсти несколько наклонен вперед и наружу. Это положение обуславливает веерообразное расположение коронок и сближение корней. Зубной ряд нижней челюсти характеризуется тем, что резцы и клыки располагаются более перпендикулярно по отношению к альвеолярному отростку нижней челюсти, а коренные зубы несколько наклонены в полость рта [1,2,3] .

Строение зубной системы и все ее физиологические процессы являются исключительно важным элементом не только экстерьера собаки, но и показателем общего развития организма. Значительные отклонения в количестве зубов, их форме, качестве прикуса, а также отклонения во времени появления молочных зубов и смена этих зубов на постоянные могут свидетельствовать о нарушениях генетической конституции не только отдельного животного, но и всей линии или семейства, к которому оно относится. О качестве развития молочных зубов у собак судят по следующим показателям: время появления молочных зубов; количество молочных зубов; качество прикуса в молочный период зубов; выпадение молочных зубов и прорезывание постоянных зубов.

В месячном возрасте появляются первые молочные зубы. Их появление в этом возрасте свидетельствует о нормальном развитии щенка. Молочные зубы появляются постепенно в определенной последовательности. Зная последовательность их появления и время нахождения в полости рта, можно примерно определить возраст щенка .

На наших препаратах у щенков до четырех недель зубы отсутствовали. В возрасте более четырех недель появляются клыки. В пять и более недель прорезываются резцы и премоляры.

У щенков чихуахуа мы наблюдали появление первых зубов в 5-6 недель [5,6].

Все они, как и постоянные зубы, располагаются по группам в определенной последовательности. В период роста молочных зубов формируется прикус. У некоторых пород собак, таких как кавказская овчарка, прикус может незначительно меняться, когда, например, ножницеобразный прикус переходит в клещеобразный прикус, или наоборот. Однако аномальное проявление прикуса можно наблюдать уже с месячного возраста. Неправильное расположение молочных зубов в зубной аркаде приводит к тому, что молочные зубы при соприкосновении челюсти с твердым нёбом травмируют его, что мы и наблюдали на примере щенка кавказской овчарки.

При достижении щенком 4-месячного возраста молочные зубы начинают выпадать, а на их смену приходят постоянные зубы в количестве 42. Увеличение числа постоянных зубов достигается за счет прорезывания 10 коренных зубов, у которых отсутствует молочный период развития.

К 6–7-месячному возрасту период смены молочных зубов на постоянные практически заканчивается. На смену 32 молочным зубам приходят 42 постоянных зуба, что является стандартным числовым показателем у собак.

Кинологам и всем, кто профессионально занимается содержанием, разведением или дрессировкой собак, хорошо известно, что одним из основных параметров при оценке собаки является правильный прикус, соответствующий данной породе. Прикусом, как известно, называется смыкание зубов верхней и нижней челюсти. Неправильный прикус считается серьезным недочетом или даже дефектом и может служить поводом для выбраковки собаки как для племенного воспроизводства, так и для служебной деятельности. Существует пять основных видов прикуса:

1. Ножницеобразный прикус. Встречается у большинства пород собак и у всех диких хищников. Это самый крепкий прикус, который позволяет с легкостью хватать и удерживать добычу. При этом прикусе при сомкнутых челюстях резцы нижней челюсти своими передними сторонами примыкают к задней стороне резцов верхней челюсти и примерно на треть длины перекрываются ими. Клыки нижней челюсти входят в промежутки между окрайками (клыки нижней челюсти входят в промежутки между окрайками и клыками верхней челюсти, образуя так называемый замок) [5].

2. Недокус. Из-за недоразвития нижней челюсти ее резцы не доходят до линии верхних, образуя между ними пустое пространство. Клыки нижней челюсти неплотно примыкают к окрайкам верхней челюсти образуя заметный зазор.

3. Перекус. При этом прикусе, резцы нижней челюсти выдвигаются вперед за линию верхних, клыки нижней челюсти, выдвигаются вперед, плотно примыкают к окрайкам (чем быстро стирают их).

4. Прямой или клещеобразный прикус. Это когда при смыкании челюстей верхние и нижние резцы упираются друг в друга, напоминая смыкание клещей, а не ножниц. Смыкающиеся поверхности быстро стираются и к 5 годам это сильно заметно.

5. Бульдожий прикус. Из-за укорочения и недоразвитости лицевых костей черепа верхняя челюсть укорочена и часто приподнята кверху, нижняя челюсть сильная, хорошо развита, или удлиненная, лодкообразная. (ярко выраженный представитель — бульдоги).

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Зубная система у собак дифференцирована на три типа зубов - резцы, клыки и коренные зубы, последние в свою очередь делятся на ложнокоренные зубы, или премоляры, и настоящие коренные, или моляры. Все они располагаются в строго определенной последовательности, следуя друг за другом.

2. Согласно нашим данным, у всех исследованных нами животных, общее количество постоянных зубов составляло, 42, а молочных, соответственно -32. На наших препаратах у щенков до четырех недель зубы отсутствовали. В возрасте более четырех недель появляются клыки. В пять и более недель прорезываются резцы и премоляры. У щенков чихуахуа мы наблюдали появление первых зубов в 5-6 недель.

3. У догов, бульдогов, боксеров, пекинесов наблюдался т.н. «щучий прикус». Остальные породы имели «ножницеобразный» прикус. Прикус немецкой овчарки можно считать самым нормальным зубным аппаратом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баджиашвили З., Рамишвили Г. Форма, количество корней и бугров, кровоснабжение и иннервация зубов кавказской овчарки// Сборник трудов Грузинского сельскохозяйственного университета, т.37. Тбилиси, 2006, с. 184-186 (на грузинском языке).
2. Рамишвили Г., Цквитинидзе Г., Баджиашвили З., Тортладзе Л. Анатомические особенности количества корней верхнечелюстных зубов кавказской овчарки // Известия аграрной науки, 2007, т.5, № 4, с. 67-70.
3. Рамишвили Г., Цквитинидзе Г., Баджиашвили З. Блокада регионарных- нервов в хирургии ротовой полости кавказской овчарки// Известия аграрной науки, 2008, т.6, № 4, с. 45-49.
4. Скрынников В.В. Проекционная топографическая анатомия головы// Труды Киргизского с.х. института, т.3, вып.1, 1970, с.10-14.
5. Фольмерхауз Б., Фревейн Й. Анатомия кошки и собаки. Москва, 2003, 579 с., с.183-188.
6. Хрусталева И.В. и др. - Анатомия домашних животных. Москва, 2000. – 430с.

УДК 591.4:599.75

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НЕКОТОРЫХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

Н.Н. Натрошвили, Г.А. Цквитинидзе, М.А. Цинцадзе

(Грузинский технический университет)

Резюме: *В представленной статье приведены результаты исследования мышц глазного яблока и век собаки, кошки и кролика. Установлено, что глазодвигательный аппарат исследованных нами животных состоит из семи мышц: четырех прямых (латеральной, медиальной, дорсальной и вентральной), двух косых (дорсальной и вентральной) и мышцы, оттягивающей глазное яблоко. Определены строение и топография каждой из мышц. Также изучены мышцы век: круговая, мышца век, наружный и внутренний подниматели верхнего века и оттягиватель угла глаза. Выявлены также видовые особенности строения и топографии мышц глазного яблока и век собаки, кошки и кролика. Данные исследований помогут ветеринарным специалистам в проведении различных хирургических манипуляций и лечении данных видов животных.*

Ключевые слова: *мышцы глазного яблока; глазодвигательный аппарат; круговая мышца век; наружный и внутренний подниматели верхнего века.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Значение органа зрения огромно, он позволяет свободно ориентироваться в пространстве, помогает добывать пищу, передвигаться, а в случае нападения обороняться. Заболевания же глаз могут привести к частичной или полной потере зрения, преждевременной выбраковке и даже падежу животных. Кроме того снижаются прирост массы, продуктивность, требуются дополнительные затраты на содержание таких животных, которые не безопасны и для человека. В связи с этим важное значение приобретает всестороннее овладение теоре-

тическими и практическими навыками по офтальмологии у животных. Однако все это возможно только при условии четкого представления анатомо-топографического строения и физиологических особенностей органа зрения у животных [6]. Глазодвигательный аппарат относится к вспомогательным органам глазного яблока и является сложноустроенным высокоспециализированным образованием. Глаз приводят в движение семь поперечно-полосатых мышц, точная и тонко дифференцированная работа которых обеспечивает животному возможность ориентировки во внешней среде. Общеизвестно, что зрительное восприятие представляет собой активный процесс, в осуществлении которого важная роль принадлежит моторике глазных мышц. Исследованиями, выполненными с позиций биофизики и кибернетики, доказано, что зрение вообще не было бы возможно, если бы не постоянный тремор глаза, незаметный при обычном наблюдении. Собака, кошка и кролик, кроме всего, являются классическими лабораторными животными. Именно поэтому выбор объектов исследования с нашей точки зрения является обоснованным, т.к. моделирование многих хирургических операций, а также физиологических исследований происходит именно на указанных видах животных [5].

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись представители двух отрядов класса млекопитающих - плотоядных (собака, кошка) и грызунов (кролик), по пять животных каждого вида. Исследования проводились на трупах половозрелых животных обычными анатомическими методами.

2.2. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что глазодвигательный аппарат млекопитающих животных состоит из семи мышц: четырех прямых, двух косых и оттягивателя глазного яблока.

Все мышцы глазного яблока, за исключением вентральной косой, начинаются в области зрительного отверстия по соответствующим сторонам глазного яблока и прикрепляются сухожилиями к экватору склеры. В области зрительного отверстия, у верхушки глазницы сухожилия всех четырех прямых мышц объединяются и образуют т.н. «сухожильное кольцо». Сухожилия мышц частично вплетаются в твердую мозговую оболочку, окружающую зрительный нерв[1,3,4].

Латеральная прямая мышца глаза собаки, кошки и кролика представляет собой довольно мощный мышечный пласт. Она начинается длинным округлым сухожилием у латерального края зрительного отверстия от специального костного выступа; граничит с медиальной, дорсальной и вентральной прямыми мышцами глаза. Достигая глазного яблока, латеральная прямая мышца прикрепляется к латеральной поверхности склеры.

Медиальная прямая мышца глаза является самой мощной среди мышц глазного яблока. У своего начала она прикрыта дорсальной косой и дорсальной прямой мышцами глазного яблока. Она располагается у медиальной стенки глазницы. Медиальная прямая мышца широким плоским сухожилием прикрепляется к дорсальному и вентральному краям зрительного отверстия и к фиброзному влагалищу зрительного нерва. В начальной части медиальная прямая мышца окружает зрительный нерв с вентральной, медиальной и, частично, дорсальной поверхностей. Дорсальный край мышцы граничит с дорсальной прямой мышцей и внутренним поднимателем верхнего века, вентральный – с вентральной и латеральной прямыми мышцами глаза. Достигнув глазного яблока, эта мышца переходит в широкое сухожилие и прикрепляется к медиальной поверхности склеры [2,5].

Дорсальная прямая мышца глазного яблока у всех исследованных нами животных – самая тонкая из прямых мышц. Дорсальная прямая мышца берет начало от дорсо-латерального края зрительного отверстия. Медиально она граничит с дорсальной косой, медиальной прямой мышцами и внутренним поднимателем верхнего века. Своей начальной частью дорсальная прямая мышца прилежит к дорсо-латеральной поверхности зрительного нерва. Прикрепляется мышца широким тонким сухожилием к дорсальной поверхности склеры, прикрывая при этом сухожилие дорсальной косой мышцы глаза.

Вентральная прямая мышца у собаки, кошки и кролика проксимально крепится к вентро-медиальному краю глазничной щели. Медиально вентральная прямая мышца граничит с начальными частями дорсальной косой, латеральной и медиальной прямых мышц. Следуя рострально, она проходит под мышечное брюшко вентральной косой мышцы, где, сужаясь, переходит в плоское сухожилие и прикрепляется к вентральной поверхности склеры.

Дорсальная косая мышца, в отличие от остальных мышц, представляет веретенообразной формы мышцу, узкую с концов и широкую в середине мышечного брюшка. Сама указанная мышца прикрывает внутренний подниматель верхнего века. На границе начальной и средней трети глазницы мышца отклоняется дорсо-медиально. В области проксимальной части глазницы она сужается, принимая форму тяжа. Далее направляется в сторону хря-

щевое блока, затем перекидывается через него под прямым углом, поворачивает латерально, превращается в сухожилие и косо крепится на склере вблизи от места прикрепления дорсальной прямой мышцы глаза.

Вентральная косая мышца глазного яблока представляет собой короткую, мощную мышцу. Вентральная косая мышца берет начало от краев специального отверстия, образованного верхнечелюстной и небной костями. Направляясь к глазному яблоку, она прикрывает вентральную прямую мышцу и латеральную порцию оттягивателя глазного яблока. Дистальное сухожилие вентральной косой мышцы разделено на две части. Одна из частей проходит по наружной поверхности сухожилия латеральной прямой мышцы и прикрепляется к склере у его дорсального края. Другая часть проходит под вентральный край латеральной прямой мышцы, где прикрепляется к склере недалеко от места прикрепления латеральной прямой мышцы глаза.

Оттягиватель глазного яблока берет свое начало в глубине глазничной щели. Следуя рострально, основная часть оттягивателя глазного яблока делится вначале на две части, которые, в свою очередь, на уровне латерального края зрительного отверстия дают начало четырем порциям (дорсальная, вентральная, латеральная, медиальная), расположенным в промежутках между прямыми мышцами глаза .

Дорсальная порция располагается в промежутке между латеральной и дорсальной прямыми мышцами глаза и ближе к латеральной прямой мышце.

Вентральная порция (самая крупная) пересекает мышечное брюшко латеральной прямой мышцы с его внутренней поверхности почти поперек, после чего проходит по направлению к глазному яблоку. Вентральная порция заполняет промежуток между вентральной прямой и медиальной прямой мышцами глаза, прилегая к ним своими краями.

Латеральная порция после отделения от основной части оттягивателя глазного яблока прилегает вначале к внутренней поверхности латеральной прямой мышцы, а затем пересекает ее вдоль мышечного брюшка. По выходе из-под мышечного брюшка латеральной прямой мышцы латеральная порция направляется к глазному яблоку, где прикрепляется к склере в промежутке между латеральной и вентральной прямыми мышцами глаза. В месте прикрепления латеральная порция прикрыта мышечным брюшком вентральной косой мышцы.

Медиальная порция, после отделения от основной части оттягивателя глазного яблока, направляется под дорсальную прямую мышцу и выходит у ее медиального края, после чего прикрепляется к склере в промежутке между медиальной и дорсальной прямыми мышцами глаза.

У кошки в двух случаях (левая сторона) между латеральной и медиальной порциями оттягивателя глазного яблока отмечались соединительные мышечные пучки. У собаки на двух препаратах от основных порций оттягивателя глазного яблока отделялись дополнительные мышечные пучки. На одном препарате дополнительные мышечные пучки отделялись от дорсальной и латеральной порций. У кролика деление на порции происходит только в средней трети глазницы [2,4,5,6].

Мышцы век - в эту категорию мышц входят: круговая мышца век, наружный и внутренний подниматели верхнего века и оттягиватель угла глаза.

Круговая мышца век образована пучками циркулярно расположенных мышечных волокон, окружающих глазную щель. Она состоит из двух частей - дорсальной и вентральной, расположенных соответственно в верхнем и нижнем веке.

Внутренний подниматель верхнего века по функции принадлежит к мышцам век, а топографически располагается в глазнице. Начинается эта мышца в области зрительного отверстия и заканчивается в виде широкого плоского сухожилия в глазнице. У кролика данная мышца в проксимальной части глазницы делится на две ножки, которые в дальнейшем переходят в сухожилие и самостоятельно закрепляются на верхнем веке. У собаки и кошки такого разделения мы не наблюдали.

Наружный подниматель верхнего века состоит из двух частей- медиальной и латеральной. Большая медиальная часть находится в верхнем веке, а меньшая латеральная вплетается в волокна оттягивателя угла глаза.

Оттягиватель угла глаза- короткая пластинчатая мышца, которая начинается от височной фасции, направляется к латеральному углу глаза и своими волокнами вплетается в круговую мышцу глаза.

Следует отметить, что отдельные мышцы глазного яблока сначала лежат очень близко друг от друга, соприкасаясь своими краями, затем по мере приближения к глазному яблоку они начинают расходиться и образуют подобие воронки. Прямые мышцы прикрепляются к склере в определенной последовательности, в виде разворачивающейся спирали.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Глазодвигательный аппарат собаки, кошки и кролика состоит из 7 мышц: прямых (латеральная, медиальная, дорсальная, вентральная), 2 косых (дорсальная и вентральная) и

оттягивателя глазного яблока. У кролика деление на порции оттягивателя глазного яблока происходит только в средней трети глазницы.

2. В толще век заложены следующие мышцы: круговая мышца век, внутренний и наружный подниматели верхнего века, оттягиватель угла глаза.

3. У плотоядных (собака, кошка) глазодвигательный аппарат развит сильнее чем у грызунов (кролик).

4. Имеются видовые особенности в строении век у кролика - внутренний подниматель верхнего века делится на две порции, которые затем вплетаются в верхнее веко.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамамтавишвили Д.Г. Материалы к хирургической анатомии глазницы. Тбилиси, 1952.-86 с.
2. Левкин Г.Г. Сравнительная макро-микроанатомия глазодвигательного аппарата пушных зверей из отряда хищных. Дисс. на соиск. ученой степени канд. наук. Омск , 2002.-438с.
3. Ноздрачев А.Д. Анатомия кошки. Л., 1973.- 247 с.
4. Фольмерхауз Б., Фревейн Й. Анатомия кошки и собаки. Москва, 2003, с.183-188.
5. Цквитинидзе Г. Анатомо-топографические особенности глазодвигательного нерва и иннервируемых им мышц у кошки//Сборник трудов Института радиологии и агроэкологии. Тбилиси,2009, т.4-5, с.134-136.
6. Хрусталева И.В. и др. Анатомия домашних животных. Москва, 2000.- 703 с.

შპს 591.4

ბოცვრის კომბინირებულ საკვებში ხილის ანარჩენის ფქვილის პროცენტული ცვლილება და მისი გავლენა ხორცის ხარისხზე

ნ. ორჯანელი, მ. ცინცაძე, ნ. ნატროშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია საკონსერვო ანარჩენის, კერძოდ ხილის ანარჩენის ფქვილის გამოყენება ბოცვრის კომბინირებულ საკვებში საფურაჟე მარცვლის დაზოგვის მიზნით და მისი ოპტიმალური პროცენტის დადგენა, რომელმაც საგრძნობლად გააუმჯობესა ბოცვრის ხორცის ქიმიური შედგენილობა.

საკვანძო სიტყვები: ბოცვერი; ანარჩენი; კომბინირებული საკვები.

1. შესავალი

საქართველოს ეკონომიკური საკითხის მოსაგვარებლად დიდი და სერიოზული ამოცანებია დასახული მეცხოველეობის, კერძოდ მებოცვრეობის დარგის განვითარებისათვის. მებოცვრეობის დარგი საკმაოდ მომგებიანია, რომელსაც შეუძლია

1 წლის განმავლობაში მოგვცეს დაახლოებით 40-ზე მეტი ბაჭია, 60–70კგ ხორცი და 25–30 ცალი საქურქე ნედლეული.

ბოცვრის ხორცი დიეტურია. მისი მიღება რეკომენდებულია როგორც ბავშვებისათვის, ისე მეძუძური დედებისა და ასაკოვნებისათვის, ასევე ადამიანებისათვის, რომლებსაც აწუხებთ ღვიძლი, კუჭი და გულ-სისხლძარღვთა დაავადებები. ბოცვრის ხორცი თეთრ ხორცს მიეკუთვნება. შეიცავს დიდი რაოდენობით ცილას და მცირე რაოდენობით ცხიმს. მის ცილას ადამიანი 90%-ით ითვისებს. ბოცვრის ხორცი ღარიბია ქოლესტერინით, მისი მიღების შემთხვევაში ადამიანის ორგანიზმი ათეროსკლეროზით არ ავადდება. საქართველოში დღეს მებოცვრეობის განვითარების ძირითად რეზერვად მიღებულია მტკიცე საკვები ბაზა. მისი განმტკიცება ხელს შეუწყობს არა მარტო ბოცვრის სულადობის

ზრდას, არამედ დასწევს ბოცვრის ხორცის თვითღირებულებასაც, რაც ძალზე მომგებიანია ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებისათვის.

2. ძირითადი ნაწილი

ბოცვრის ხორცის გასაუმჯობესებლად გამოვიყენეთ საკონსერვო ანარჩენი, კერძოდ ხილის ანარჩენის ფქვილი, რომელიც ძირითად კომბინირებულ საკვებში დამატებულია საფურაჟე მარცვლის დაზოგვის მიზნით.

ცდის დაწყებამდე მოვახდინეთ ანარჩენის ქიმიური ანალიზი. ახალი და შენახვიდან 6 თვის შემდეგ ფქვილის მონაცემები მოყვანილია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

ხილის ანარჩენის ფქვილის ქიმიური შედგენილობა (ახალი და 6 თვის შემდეგ, %)

ნედლეულის დასახელება	ტენიანო ბა	ნ/ცხიმი	ნ/ნაცარი	ნ/პროტე- ინი	ნ/უჯრე- დისი	შენ
ახალი მიღებული ანარჩენის ფქვილი						
ხილის ანარჩენი ფქვილი	9,8	3,1	5,3	13,2	11	67,4
6 თვის შემდეგ						
ხილის ანარჩენი ფქვილი	9,2	2,8	5,9	12,9	13	56,2

ბოცვრის კომბინირებულ საკვებში ჩავრთეთ 5% საკონსერვო ანარჩენი და გამოვრიცხეთ იმდენივე, 5% მარცვალი. ცდა ჩავატარეთ 60-დღიან ბოცვრებზე, რომლებიც გასუქებაზე დავაყენეთ. მათი შერჩევა მოხდა ანალოგების პრინციპის დაცვით. ცდა გაგრძელდა 60 დღის განმავლობაში და დეკადურად შევისწავლეთ ბოცვრის ცოცხალი მასის დინამიკა, მისი აბსოლუტური და საშუალო სადღეღამისო წონის მატება, მოზარდის შენარჩუნება და ათვისებული საკვების რაოდენობა. შესწავლილი მასალის შედეგები მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

კომბინირებულ საკეპში 5% ხილის ანარჩენის
ფქვილის ჩართვა

ჯგუფი	ცოცხალი მასის დინამიკა		
	60 დღე	90 დღე	120 დღე
I საკონტროლო	1,7 0,08	2,6 0,05	2,9 0,05
II საცდელი	1,7 0,08	2,7 0,06	3,2 0,07
ბოცვრის აბსოლუტური და საშუალო სადღეღამისო წონის ნამატი (60-120 დღე)			
I საკონტროლო	1200		
II საცდელი	1500		
მოზარდის შენარჩუნება, 60-120 დღე, %			
I საკონტროლო	95,45		
II საცდელი	100		
ათვისებული საკეები, %			
I საკონტროლო	81,60		
II საცდელი	87,74		

როგორც ცხრილიდან ჩანს, საცდელ ჯგუფში კარგი შედეგია მიღებული როგორც ცოცხალი მასის დინამიკაში, ისე აბსოლუტურ და სადღეღამისო წონის მატებასა და მოზარდის შენარჩუნებაში. საკეპის უფრო მაღალი ათვისება აჩვენა საცდელმა ჯგუფმა, რადგან ხილის ანარჩენის ფქვილის ჩართვამ კომბინირებულ საკეპში დადებითი შედეგი მოგვცა. გავაგრძელოთ ცდის სერია და ძირითად კომბინირებულ საკეპში 10% მარცვლის ნაცვლად იგივე პროცენტი ხილის ანარჩენის ფქვილი ჩავრთეთ. შესწავლილი მასალები მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

კომბინირებულ საკვებში 10% ხილის
ანარჩენის ფქვილის ჩართვა

ჯგუფი	ცოცხალი მასის დინამიკა		
	60 დღე	90 დღე	120 დღე
I საკონტროლო	1,7 0,06	2,6 0,05	3,0 0.09
II საცდელი	1,6 0,07	2,8 0,05	3,3 0,04
ბოცვრის აბსოლუტური და საშუალო სადღეღამისო წონის მატება (60-120 დღე)			
I საკონტროლო	1300		
II საცდელი	1700		
მოზარდის შენარჩუნება, 60-120 დღე, %			
I საკონტროლო	86,67		
II საცდელი	93,33		
ათვისებული საკვები, %			
I საკონტროლო	79,5		
II საცდელი	85,2		

როგორც ცხრილიდან ჩანს, 10% ხილის ანარჩენის ფქვილის დამატებამ კომბინირებულ საკვებში გაზარდა ცოცხალი მასის დინამიკა. გაიზარდა საცდელი ჯგუფის, საკონტროლოსთან შედარებით, ბოცვრის აბსოლუტური (400გ) და სადღეღამისო წონის მატება. რაც შეეხება მოზარდის შენარჩუნებას საცდელ ჯგუფთან შედარებით, მეტი აღმოჩნდა 6,66%-ით, ხოლო 5%-იანი დანამატის დროს 2, 11%-ით გაიზარდა.

მიღებული მონაცემების დამუშავების შემდეგ ანარჩენის შეტანა კომბინირებულ საკვებში, საფურაჟე მარცვლის ხარჯზე, კვლავ გავზარდეთ 15%-ით. მონაცემები შეტანილია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

**კომბინირებულ საკვებში 15% ხილის ანარჩენის
ფქვილის ჩართვა**

ჯგუფი	ცოცხალი მასის დინამიკა		
	60 დღე	90 დღე	120 დღე
I საკონტროლო	1,6 0,06	2,5 0,07	3,2,8 0.05
II საცდელი	1,5 0,07	2,5 0,05	2,6 0,07
ბოცვრის აბსოლუტური და საშუალო სადღეღამისო წონის ნამატი (60-120 დღე)			
I საკონტროლო	1200		
II საცდელი	1100		
მოზარდის შენარჩუნება, 60-120 დღე, %			
I საკონტროლო	93,33		
II საცდელი	90,0		
ათვისებული საკვები, %			
I საკონტროლო	79,5		
II საცდელი	80,8		

ცხრილის მონაცემებით თუ ვიმსჯელებთ, 15%-იანი ხილის ანარჩენის ფქვილის გამოყენებამ ვერ აჩვენა ის შედეგი, რაც 10%-იანი ჩართვის დროს მივიღეთ, პირიქით, დაიწია როგორც ცოცხალი მასის დინამიკამ, ისე ბოცვრის საშუალო და სადღეღამისო წონის მატებამ, ასევე დაიკლო მოზარდის შენარჩუნებამ. ვერ აჩვენა ის შედეგი, რაც 10 % ჩართვის დროს მივიღეთ.

3. დასკვნა

მიღებული მასალების შესწავლის საფუძველზე მივედით იმ დასკვნამდე, რომ ბოცვრის კომბინირებულ საკვებში ჩაგვეერთო 10% ხილის ანარჩენის ფქვილი, ხოლო ძირითადი საკვებიდან დაზოგვის მიზნით გამოგვეთიშა მარცვალი. აღნიშნული რეცეპტით დავამზადეთ კომბინირებული საკვები და გავიმეორეთ ცდა 60-დღიან ბოცვრებზე. ხორცის გამოსავლიანობა პირველ ჯგუფში იყო 49,52%, ხოლო მეორე საცდელ ჯგუფში – 51,39%. ხორცის ქიმიური შედგენილობა მოცემულია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5

ბოცვრის ხორცის ქიმიური შედგენილობა (%)

ჯგუფი	წყალი	ნაცარი	ცხიმი	პროტეინი
I საკონტროლო	72,72	1,2	3,8	22,0
II საცდელი	70,95	1,2	5,1	22,3

ცხრილიდან ჩანს, რომ საცდელ ჯგუფში ცხიმიც და პროტეინიც საგრძნობლად მაღალია, ვიდრე საკონტროლოში, რაც საფუძველს გვაძლევს დავასკნათ, რომ ბოცვრის კომბინირებულ საკვებში ხილის ფქვილის ანარჩენის გარევა ფართოდ უნდა იქნეს გამოყენებული როგორც წვრილფერმერულ მეურნეობებში, ისე მსხვილ კომპლექსებში.

ლიტერატურა

1. გ. ბოგდანოვი. სასოფლო-სამეურნეო ცხოველთა კვება. ბოცვრის კვება, 1990. გვ 527-535.
2. ნ. ორჯანელი. მონოგრაფია. ბოცვრის რაციონალური კვების ტიპის დამუშავება. 2011წ.

რეზიუმეები

შპს 627.841

სხვადასხვა სიმკვრივის ნაკადების ჰიდრაულიკის საკითხები. **ლ. ლოღელიანი** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 9-19.

ჰიდროდინამიკური მიდგომების საფუძველზე შედგენილია განტოლებათა სისტემები სხვადასხვა სიმკვრივის მქონე ორფაზა ნაკადისათვის, რომელშიც სიმკვრივე ნახტომისებრად იცვლება გარკვეულ სიღრმეზე. შესწავლილია გამყოფი ზედაპირის მდგრადობა. მიღებულია ჰიდრაულიკის ერთგანზომილებიან განტოლებათა სისტემა.

შპს 556.537:532

ღაბალი შემბროვებელი ნახევარსაგუბარი ნაპირის წარმცხვისბან ღამცავი და ჟგალდენის ეკოლოგიური მდგომარეობის ბასაუმჯობესებელი ნაბეობა. **ა. ჩოდრო, ნ. მოკლიაკი** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 20-35.

განხილულია გადავსებული ნახევარსაგუბარის, როგორც ნაგებობის, გამოყენება, რომელიც ინტენსიფიკაციას უკეთებს მეორეულ დინებას და მასების ცვლას მთელ ნაკადში, აქტიურად გადააქვს ნატანი ნაპირისკენ და მდინარის თვითდასუფთავებას ამაღლებს. მოცემულია მეთოდიკის აღწერა და ჰიდრაულიკური სტრუქტურის კვლევის ზოგიერთი შედეგი. წარმოდგენილია წინადადებები მოცემული მიზნით გადავსებული ნახევარსაგუბარის გამოყენებისას.

შპს 532.592:517.9

დიფერენციალური განტოლებების გამოყენება თავისუფალი ზედაპირის ტალღოვანი ნახტომის გამოსათვლელად. **ა. რიაბენკო, ო. გალიჩი, დ. პოპლავსკი** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 36-44.

წყლის მეურნეობისა და ბუნების გამოყენების ნაციონალური უნივერსიტეტი, ქ. როვნო, უკრაინა.

დიფერენციალური განტოლებებისა და ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე შესრულებულია თავისუფალი ზედაპირის ტალღოვანი ნახტომის პროფილის აგება.

შპს 628.1:551.444

მაღალმთიან რეგიონებში კარსტული წარმოშობის წყაროების გამოყენების თავისებურება წყალმომარაგების სისტემებში. **ლ. კლიმიაშვილი, გ. სოსელია, თ. კაპანაძე, ნ. სოსელია** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 45-52.

განხილულია მაღალმთიანი რეგიონების კარსტული წყაროების ვოკლუზიური არეებიდან წყლის მიღება და სასმელ-სამეურნეო მიზნებისთვის გამოყენება. კარსტების

ღრმულებში ატმოსფერული ნალექების მოხვედრით გამოწვეული კარსტის კედლების ჩამორეცხვის თავიდან ასაცილებლად წელიწადის გარკვეულ პერიოდში საჭიროა კარსტული წყლების დამუშავება რეაგენტის, ფლოკულანტების ან ურეაგენტო მეთოდებით, მექანიკური გაწმენდით, რაც აუმჯობესებს მომხმარებელთან წყლის მიწოდების ხარისხს და საექსპლუატაციო პირობებს. ლაბორატორიული გამოკვლევებით მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე დადგენილია ნაკადის ტურბულენტური მოძრაობის სიჩქარისა და კარსტული ღიობების გამორეცხვისას წარმოშობილი მაღალი სიმღვრივების (50–260 მგ/ლ) ურთიერთდამოკიდებულება.

შპს 628.1

წყალმომარაგების სისტემებში წყლით უზრუნველყოფის პროცესის მოდელირება პიეზომეტრული დაწნევების ბანაწილების საფუძველზე. **ც. კენკიშვილი, მ. ონეზაშვილი, ხ. სოსელია** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 53-56.

განხილულია წყალმომარაგების სისტემების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში წყლით უზრუნველყოფის დამყარებული ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირებისა და სიტუაციურ მდგომარეობათა კორექციის შესაძლებლობა საკონტროლო-მახასიათებელ წერტილებში, ფიქსირებული პიეზომეტრული დაწნევების განაწილების საფუძველზე.

წყალმომარაგების ოპერატიულ-სადისპეტჩერო მართვის პროცესში გამოსაყენებლად შედგენილია წყლით უზრუნველყოფის ზოგადი მოდელის ალგორითმი და მისი ბლოკ-სქემა.

შპს 626.9

მოუპირკემივებელი არხების სანაპირო ფერდობებზე ბრძოვის ტალღების ზემოქმედება. **შ. გაგოშიძე, ა. გოგოლაძე, მ. კოდუა** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 57-61.

სამდინარო და საზღვაო არხებში გავრცელებულ ტალღებს, როგორც წესი, ნაპირგასწვრივი მიმართულება აქვს. ამ მიმართულების ტალღები, ღია ზღვის ნებისმიერად დახრილი სანაპირო ფერდობისთვის, შესწავლილი იყო ჯერ კიდევ სტოქსის მიერ, მაგრამ, სირთულის გამო, ნაპირგასწვრივი ტალღური მოძრაობის ზუსტ ამოხსნათა რიცხვი ორმხრივ შემოზღუდულ და სასრული სიღრმის მქონე სამდინარო არხებსა და წყალსაცავებისათვის შემოისაზღვრებოდა მხოლოდ ცალკეული, პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის ნაკლებად გამოსადეგი შემთხვევის განხილვით.

ნებისმიერად დახრილი სანაპირო ფერდობების მქონე ტრაპეციული კვეთის არხებში მოყვანილია ნაპირგასწვრივ ტალღურ მოძრაობათა ამსახველი დამოკიდებულება, რომელიც მიღებულია მათემატიკური ანალიზის მიახლოებითი მეთოდების გამოყენებით. ამ ამოხსნათა საფუძველზე ნაჩვენებია, რა ზეგავლენას ახდენს ნაპირგასწვრივი ტალღები მიწის არხის მოუპირკეთებელ სანაპირო ფერდობებზე.

შპს 628.1

წვეთური მორწყვის სისტემის მიღების დიამეტრის პარამეტრების განსაზღვრა ნაკადის კონცენტრაციის ბათვალისწინებით. ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე, ი. ინაშვილი, ი. კლიმიაშვილი // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 61-65.

მიღებულია წვეთური მორწყვის სისტემის მილსადენის დიამეტრისა და სარწყავი წყლის მიწოდების ხანგრძლივობის საანგარიშო დამოკიდებულებები ნაკადის კონცენტრაციის გათვალისწინებით. დასაბუთებულია მორწყვის ნორმები და მორწყვის ვადების ხანგრძლივობის დასაშვები ზღვრები.

შპს 691.32

ბაჭიმვისას დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლებზე. ა. საყვარელიძე, ნ. ლუღუშაური, მ. კოდუა // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 66-69.

შესწავლილია გაჭიმვისას სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლებზე დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა. გაჭიმვაზე ცდები ჩატარდა უნივერსალურ მანქანა „ინსტრან-1115-ზე“ დეფორმაციის სიჩქარეთა დიდ დიაპაზონში – $2,13 \cdot 10^{-7} \div 2,13 \cdot 10^{-1} / \text{წმ}$. გამოიცადა ნიმუშები – „ბრტყელი“ რვიანები $W=4,7\%$ ტენზომეტრებით (მასის მიხედვით). ნიმუშების ასაკი იყო 28 და 60 დღე. თითოეულ სიჩქარეზე გამოიცადა ორივე ასაკის 6–6 ნიმუში, სულ 36 – ოცდარვა დღის და 36 – სამოცი დღის.

ჩატარებული გამოკვლევით დადგინდა, რომ გაჭიმვისას სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცის, დეფორმაციის და დრეკადობის მოდულების სიდიდეზე დეფორმაციების სიჩქარე (სიჩქარეთა გამოკვლეულ დიაპაზონში) სუსტად მოქმედებს.

შპს 53.082.1

ტრაპეციული კვეთის არხში ფილტრაციული ხარჯის განსაზღვრის საანგარიშო მოდელი. ი. ყრუაშვილი, დ. გუბელაძე, მ. ნაცვლიშვილი // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 70-78.

მელიორაციული სისტემის დაპროექტებისა და მშენებლობისას ნიადაგ-გრუნტში ტენიანობის დინამიკისა და გრუნტის წყლის რეჟიმის პროგნოზი ემყარება წყლის ბალანსის მეთოდის გამოყენებას. შეტბორილი ჰიდროგეოლოგიური სქემისათვის, არხში უსასრულოდ მცირე წყლის სიღრმით, რეალიზებულ იქნა ტრაპეციული კვეთის არხიდან ფილტრაციული ხარჯის განსაზღვრა. ეს საანგარიშო მოდელი ანალოგიურია ინფილტრაციის კინემატიკური სურათისა და შეესაბამება მიწისქვეშა ნაკადების თავისუფალზედაპირიანი ნაკადების დაუმყარებელ რეჟიმს.

შპს 53.082.1

წყლის მიგრაციისა და ნიადაგის მახასიათებლების გავლენა რწყვის რეჟიმზე.

ი. ყრუაშვილი, ი. ინაშვილი, ე. კუხალაშვილი, კ. ბზიავა // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 79-83.

ნიადაგში წყლის მოძრაობის თავისებურებები ხშირად ვერ თავსდება სწორხაზოვანი ფილტრაციისათვის დამახასიათებელი კანონზომიერებების ფარგლებში, რაც გარკვეულ გავლენას ახდენს მორწყვის რეჟიმის მახასიათებლებზე. განსაკუთრებით საყურადღებოა ფილტრაციული პროცესის მჭიდრო კორელაციური კავშირი ამა თუ იმ პარამეტრთან და მისი გავლენა მორწყვის რეჟიმზე. გრუნტის ნაწილაკებზე წყლის აფსკების გარშემორტყმის გათვალისწინებით შემოთავაზებულია მოდელი, რომლის საფუძველზე მიღებულია მორწყვის ნორმისა და ხანგრძლივობის საანგარიშო დამოკიდებულებები.

შპს 626/627

დადგენილი სიმძლავრის განსაზღვრა ნამახვანჰესის მახლობელ საბაზრო ეკონომიკის პირობებში. **ნ. კოდუა, ა. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე, გ. ახვლედიანი** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 84-92.

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში რეკომენდებულია ჰესების ეკონომიკური ეფექტურობის დადგენა, სუფთა მიმდინარე ღირებულებისა და ამონაგების შიგა ნორმის კრიტერიუმების გამოყენებით. სტატიაში დასაბუთებულია, რომ ნამახვანჰესის დადგენილი სიმძლავრე, საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, 230 მგვტ-ია. ამ სიმძლავრის პირობებში დადგენილია ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის, შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდებში, ტარიფები. მათი შესაბამისი საშუალო შეწონილი ტარიფი 6.81 ცენტი /კვტსთ-ია.

შპს 622.272

ხეობის ფერდის მდგრადობის საპირობები საღაწნო გვირაბის არსებობისას.

გ. ახვლედიანი // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 93-98.

გვირაბის გარემომცველი ზონის ცემენტაცია მძლავრი საინჟინრო საშუალებაა, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია როგორც ფილტრაციული დანაკარგის შემცირება, ასევე ხეობის ფერდის პოტენციურად საშიშ ზედაპირებზე მდგრადობის მარაგის გაზრდა. ენგურჰესის გვირაბისათვის მიღებულ იქნა მასივისა და ცემენტაციური ზონის ფილტრაციის კოეფიციენტთა ფარდობის კრიტიკული პარამეტრი.

შპს 691

ტექსტილური ბოჭკოების გამოყენება სამშენებლო მასალებში. **თ. მოსეშვილი,**

ნ. მეფარიშვილი // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 99-104.

ტექსტილურ საფუძველზე დამზადებული კომპოზიციური მასალები წარმატებით გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. მოთხოვნამ მსუბუქწონიან კონსტ-

რუქციულ მასალებზე, რომლებსაც აქვს მაღალი მდგრადობა, სიხისტე და საიმედოობა, განაპირობა ტექსტილური ბოჭკოების, როგორც არმატურის გამოყენება. ბაზალტური და პოლიეთილენის ფიბრები წარმატებით ცვლის ლითონის არმატურას და ბეტონის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს. ბეტონი ითვლება მყიფე და მტვრევად მასალად, მაგრამ ბოჭკოს დამატებით იზრდება მისი პლასტიკურობა და მცირდება ბზარების გაჩენის შესაძლებლობა, ასევე იზრდება დარტყმის მიმართ წინააღმდეგობა და მედეგობა ცვეთაზე.

შპს 504.3.06

აღამიანის ბაბუშვის მიზეზი - ბუნებრივი გაზი თუ უქანბალობა. **კ. ქოქიაური, ბ. ქოქიაური, შ. მესტვირიშვილი** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 105-108.

განხილულია ის შესაძლო შემთხვევები, თუ რა შედეგი შეიძლება მოჰყვეს ბუნებრივი გაზის გაჟონვას პერმეტულად დახურულ სათავეში. ასევე, შესაძლებელია თუ არა ამ მიზეზით აღამიანის გაგუდვა ან რა პირობები უნდა შეიქმნას ამისათვის; როდის არის გაჟონვა აფეთქებასაშიში და რა გავლენას ახდენს ნამწვი პროდუქტების კონკრეტული რაოდენობა აღამიანის ორგანიზმზე.

შპს 59

მინერალური საზრდოს მნიშვნელობა ცხოველთა კვებაში. **მ. ცინცაძე, ნ. ორჯანელი, ნ. ნატროშვილი** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 109-114.

ცხოველთა კვებაში ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მინერალური საზრდოობაა. ნაშრომში მოცემულია ნახშირწყლების ზოგადი დახასიათება, მისი კლასიფიკაცია და როლი ცხოველთა კვებაში.

შპს 591.4

ზოგიერთი ანატომიურ-ფიზიოლოგიური ასპექტი ძაღლის ვეტიმინარულ სტომატოლოგიაში. **გ. ცქვიტინიძე, ნ. ნატროშვილი, მ. ცინცაძე** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 115-120.

განხილულია ძაღლის საკბილე სისტემის ზოგიერთი ანატომიურ-ტოპოგრაფიული და ფიზიოლოგიური ასპექტები. მოცემულია სარძევე და მუდმივი საჭრელი, ეშვებისა და ძირითადი კბილების (მოლარები და პრემოლარები) აგებულება; განსაზღვრულია ძაღლის კბილების აგებულება და ტოპოგრაფია შედარებით ასპექტში, ასევე სარძევე და მუდმივი კბილების ამოსვლის ვადები, რაც ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია ცხოველის ასაკის დადგენის დროს.

კვლევისა და დაკვირვების შედეგად დადგინდა, რომ აღნიშნული ვადები ძირითადად სტაბილურია; გამონაკლისია ჩიხუახუას ჯიშის ლეკვი, რომელსაც სარძევე კბილები დადგენილ ვადაზე გვიან ამოსდის. დადგინდა აგრეთვე ძაღლის თანკბილვის ფორმები.

შპს 5914:599.75

ზოგიერთი შინაური ცხოველის თვალის მამოძრავებელი აპარატის ანატომიური აბეზულება. **ნ. ნატროშვილი, გ. ცქვიტინიძე, მ. ცინცაძე** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 121-126.

მოყვანილია ძაღლის, კატისა და ბოცვრის თვალის მამოძრავებელი კუნთების შესწავლის შედეგები. ჩვენ მიერ დადგენილია, რომ თვალის მამოძრავებელი აპარატი 7 კუნთისაგან შედგება, აქედან 4 სწორი კუნთია (ლატერალური, მედიალური, დორსალური და ვენტრალური), 2 ირიბი (დორსალური და ვენტრალური) და თვალის კაკლის უკანა დამწვევი კუნთი. შესწავლილია ასევე ქუთუთოს კუნთები: თვალის ირგვლივი, ზედა ქუთუთოს გარეთა და შიგნითა ამწვევი და თვალის კუთხის უკან დამწვევი. კვლევის შედეგად დადგენილია ძაღლის, კატისა და ბოცვრის თვალის კაკლის მამოძრავებელი და ქუთუთოების კუნთების თავისებურებები. მიღებული მონაცემების გამოყენება შესაძლებელია სხვადასხვა ვეტერინარული მანიპულაციისა და ცხოველების მკურნალობის დროს.

შპს 5914

ბოცვრის კომბინირებულ საკვებში ხილის ანარჩენის ფქვილის პროცენტული ცვლილება და მისი გავლენა ხორცის ხარისხზე. **ნ. ორჯანელი, მ. ცინცაძე, ნ. ნატროშვილი** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(15-16), 2013, გვ. 127-132.

განხილულია საკონსერვო ანარჩენის, კერძოდ ხილის ანარჩენის ფქვილის გამოყენება ბოცვრის კომბინირებულ საკვებში საფურაჟე მარცვლის დაზოგვის მიზნით და მისი ოპტიმალური პროცენტის დადგენა, რომელმაც საგრძნობლად გააუმჯობესა ბოცვრის ხორცის ქიმიური შედგენილობა.

SUMMARIES

UDC 627.841

HYDRAULICS OF DIFFERENT-DENSITY FLOWS. **L. Gogeliani** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 9-19.

On the basis of hydrodynamic approach there are constructed systems of equations for two-component flows having different densities. There is studied stability of separable surface. There is given the systems of one-dimensional hydraulic equations.

UDC 556.537:532

LOW SUBMERGED SPURS, AS A CONSTRUCTION FOR RIVER BANKS DEFENCE FROM WASH-OUT AND IMPROVEMENT OF ECOLOGICAL CONDITION OF WATERCOURSE. **A. Chodro, N. Mokliak** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 20-35.

There is examined the application of submerged spurs with the aim of river banks defence and secondary flows intensification in the river flow. These constructions are useful due to the secondary currents arising in the flow and sediment transportation. The results of experimental hydraulic research are given. Propositions are given for these constructions designing.

UDC 532.592:517.9

USE OF DIFFERENTIAL EQUATION FOR THE CALCULATIONS OF WAVY JUMP OF FREE SURFACE. **A. Riabenko, O. Galich, D. Poplavski** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 36-44.

National university of water and nature applying.

There is carried out construction of profile wavy jump of free surface on the basis of differential equations and experimental research.

UDC 628.1:551.444

PECULIARITY OF USING KARST SPRINGS IN WATER-SUPPLY SYSTEM OF MOUNTAINOUS REGIONS. **L. Klimiashvili, G. Soselia, T. Kapanadze, N. Soselia** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 45-52.

The subject of the article is possibility of using the water-supplies from the vaclusian districts in mountainous regions of karst springs for human needs. During certain seasons of the year precipitation washes up the walls of the caverns, which causes water contamination. Special treatment is needed for the water from karst springs to be fit for human consumption. The treatment includes purification either with chemicals-flocculants or non-chemical filtration method. Based on the obtained information the lab research

proved the connection between the velocity of the turbulent flow and high level of clouding 50-260 mg/l related to the washing of caverns.

UDC 628.1

MODELLING OF WATER-PROVIDING PROCESS OF WATER-SUPPLY SYSTEM ON THE BASIS OF DISTRIBUTION PIEZOMETRIC PRESSURE. **Ts. Kenkishvili, M. Onezashvili, Kh. Soselia** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 53-56.

There is considered modelling of established technological process of water-providing in the process of operative-controller management of water-supply system and possibility of modelling process and situation condition in the control-characteristic points, fixed on the basis piezometric pressure.

There was worked out algorithm of general model of water-providing and its block-scheme in the process of operative- controller management of water-providing.

UDC 626.9

ABOUT THE ACTION OF LONGITUDINAL WAVES ON BANK SLOPES OF THE SOIL CHANNELS. **Sh. Gagoshidze, A. Gogoladze, M. Kodua** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 57-61.

Alongshore waves are dominant in an open river and maritime canals. For water area, from one side limited by arbitrarily sloped shore endlessly running deep into the sea, they were studied by Stoke, but due to significant mathematic difficulties for total depth canals the amount of accurate solutions is limited by just some private cases, which are hardly applicable in practical use.

Some results of an approximate solution of the problem about propagation of alongshore waves, laying over the stationary flow in trapezoidal canal are presented. The solution is based on the application of direct Galerkin-Kantorovich method in three-dimension linear equations for wave hydromechanics, written in cylindrical co-ordinate system. The obtained solutions maintain the three-dimension structure of the waves over the shore slope and lead to the results easily applied in the design.

UDC 628.1

DETERMINATION OF PARAMETERS OF DRIP IRRIGATION PIPELINE TAKING INTO ACCOUNT THE CONCENTRATION OF FLOW. **L. Klimiashvili, D. Gurgenidze, I. Inashvili, I. Klimiashvili** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 61-65.

There are received the equations of pipeline diameter of drip irrigation system and water-supply schedule, taking into consideration the concentration of flow. As a result, irrigation mode and acceptable limits of duration of irrigation have been reasonably proved.

UDC 691.32

INFLUENCE OF DEFORMATION VELOCITY ON STRENGTH OF CONCRETE AT DIFFERENT AGES AND DEFORMATION CHARACTERISTICS AT TENSION. **A. Sakvarelidze, N. Gudushauri, M. Kodua** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 66-69.

There is investigated influence of deformation velocity of mechanical characteristics (strength, ultimate deformation, modulus of elasticity) of concrete at tension. Specimens were tested at five levels of deformation velocity.

In result the of investigation there are established indices of mechanical characteristics of concrete of different ages at different deformation velocities in tension. Investigations have shown, that indices of module of elasticity, limit deformation and strength insignificantly depend on deformation velocity in investigated diapason of velocity $-2,13 \cdot 10^{-7} \div 2,13 \cdot 10^{-6}$ 1/sec.

UDC 53.082.1

THE CALCULATION MODEL FOR DETERMINING SEEPAGE FLOW IN THE TRAPEZOIDAL CHANNEL. **I. Kruashvili, D. Gubeladze, M. Natsvlishvili** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 70-78.

Construction and design of reclamation systems for forecasting the soil humidity dynamics of ground water mode is mostly based on water balance method. In the given paper the seepage flow in the trapezoidal channel has been determined taking into account the infinitely low depth of water in channel. Received design model is an analogue to the cinematic infiltration and corresponds to the infinite mode of stream from the free surface of ground water.

UDC 53.082.1

IMPACT OF WATER MIGRATION AND SOIL CHARACTERISTICS ON THE IRRIGATION MODE. **I. Kruashvili, I. Inashvili, E. Kukhalashvili, K. Bziava** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 79-83.

Features of water movement in soils often don't fit into the framework of regularities, that are typical for a rectilinear seepage, which has an impact on the characteristics of the irrigation mode. The special attention is deserved by studying of those parameters, which are in close correlation relation with seepage process and how this factor influences on the irrigation mode.

Taking into account the surrounded soil particles with water film, the model is offered, on the basis of which, design equations of irrigation mode and duration of watering (irrigation) are received.

UDC 626/627

DETERMINATION OF MAXIMUM LOAD CAPACITY INSTALLED ON THE EXAMPLE OF NAMAKHVANI HPP UNDER THE MARKET ECONOMY CONDITION. **N. Kodua, A. Akhvlediani, A. Gogiladze, G. Akhvlediani** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 84-92.

Under the market – economy condition there is recommended establishment of economical efficiency

of hydro-power plant (HPP) with use of current net cost and internal norms of criteria of gain. There is substantiated, that under the market economy condition capacity of Namakhvani HPP is 230 mw. Under the condition of this capacity there are fixed the tariffs of autumn-winter, spring-summer periods generated electrify. Their corresponding weighted average tariffs is 6 – 81 cent KWh.

UDC 622.272

STABILITY PROBLEMS OF SLOPE GORGE INCLUDING PRESSURE TUNNEL.

G. Akhvlediani // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 93-98.

The grouting zone represents the important engineer solution, using of wichits it is posible to decrease seepage loses and also increase the stability of gorge potencial surfaces of sliding. For Enguri HPP tunnel there is given critical parameter of ratio of permeability of surrounding massif end grouting zone.

UDC 691

APPLICATION OF TEXTILE FIBRES IN BUILDING MATRICES. **T. Moseshvili, N. Meparishvili**

// Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 99-104.

On the basis of textile-based composite materials are successfully applied in various branches of industry, including building industry. Demand for lightweight construction materials featuring high strength, rigidity and reliability is the main reason for using of textile fibres as fittings. Basalt and polypropylene fibres successfully replace metal fittings and improve physical-mechanical properties of concrete. Concrete is considered as a fragile and friable material, but the addition of fibres improves its plasticity and reduces possibility of the development of cracks and increases shock and abrasion resistances.

UDC 504.3.06

THE REASON OF HUMAN SUFFOCATION – NATURAL GAS, OR NON-OXYGENATION. **K. Kokiauri, B. Kokiauri, Sh. Mestvirishvili**

// Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 105-108.

There is discussed that possible cases, what results and dangers may follow Natural gas leakage in the hermetically isolated container. Also, when it is if human suffocation is possible for this reason, or what conditions should be created for this. Also in what conditions is it potentially explosive and how does concrete amount of exhaust products influence on human bodies.

UDC 59

THE IMPORTANCE OF MINERAL NUTRITION IN ANIMALS FEEDING. **M. Tsintsadze, N.Orjaneli, N. Natroshvili**

// Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 109-114.

There is discussed in animals feeding issue one of the most important chapter and it is an mineral nutrition. There is characterized general overview of carbo-hydrates, its classification and possibilities to present its role in animals feeding.

UDC 591.4

SOME ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS IN VETERINARY STOMATOLOGY OF DOG. **G. Tskvitinidze N. Natroshvili M. Tsintsadze** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 115-120.

This paper deals with some anatomical, topographical and physiological aspects of the dental system of a dog. Here are discussed the structures of primary and permanent incisors, canines and molars (premolars and molars).

There are determined features of the structure and topography of a dog's teeth in a comparative aspect. There is given the teething time of primary and permanent teeth, which is the one of the determined factors of the animal age. It is found, that most of these terms are stable for almost all breeds of dogs we have observed.

Exceptions are the small breeds in our cases for example (Chihuahua), that we observed the first teething of teeth in 5-6 weeks. The important aspects in terms of assessing the exterior of a dog are shape of a bite, so in this paper are considered common forms of bites.

UDC 591.4:599.75

ANATOMICAL STRUCTURE OF THE OCULOMOTOR APPARATUS OF SOME ANIMALS. **N. Natroshvili, G. Tskvitinidze, M. Tsintsadze** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 121-126.

There are presented the results of the study of muscles of the eyeball and eyelid of dog, cat and rabbit. It has been found, that the oculomotor apparatus consists of seven muscles: four lines (lateral, medial, dorsal and ventral), two oblique (dorsal and ventral) and muscle - pulls the eyeball. There are determined the structure and topography of each of the muscles. Also there are studied muscle eyelids: circular, muscle eyelid, the outer and inner upper erectors of eyelid and corrugator of corner of the eye. The species-specific features of the structure and topography of the muscles of the eyeball and eyelid of dog, cat and rabbit are identified as well. These studies will help veterinary experts in carrying out various surgical procedures and treatment of these species.

UDC 591.4

THE PERCENTAGE CHANGE OF FLOUR REMAINS POWDER IN COMBINED FOOD OF RABBIT AND ITS IMPACT ON MEAT QUALITY. **N.Orjaneli, M.Tsintsadze, N. Natroshvili** // Hydroengineering. №1-2(15-16), 2013, p. 127-132.

There is considered, that use of fruit flour in combined food, according to the various percents (5-10-15%) gave positive results. Meat quality was studied to make right doses of fruit flour. The author recommends to use it in combined food.

РЕФЕРАТЫ

УДК 627.841

ВОПРОСЫ ГИДРАВЛИКИ ДВУХ РАЗНОПЛОТНОСТНЫХ ПОТОКОВ. **Гогелиани Л.Д.** // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 9-19.

На базе гидродинамического подхода к модели двухслойного разноплотностного потока, плотность которого скачкообразно изменяется на некоторой глубине, строятся гидродинамические системы уравнений, исследуется устойчивость поверхности их раздела и иллюстрируется построение одномерных гидравлических уравнений.

УДК 556.537:532

НИЗКИЕ ЗАТАПЛИВАЕМЫЕ ПОЛУЗАПРУДЫ КАК СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕРЕГОВ ОТ РАЗМЫВА И УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОТОКОВ. **Щдро А.Е., Мокляк Н.Н.** // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 20-35.

Рассмотрено применение затапливаемых полузапруд как сооружений, которые интенсифицируют вторичные течения и массообмен во всем потоке и активно способствуют переносу наносов к берегу и повышению самоочищающейся способности рек. Даются описание методики и некоторые результаты исследования гидравлической структуры возле таких сооружений. Представлены предложения по использованию затапливаемых полузапруд для указанных целей.

УДК 532.592:517.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПРОФИЛЯ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЛНИСТОГО ПРЫЖКА. **Рябенко А.А., Галич О.А., Поплавский Д.М.** // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 36-44.

Выполнено построение профиля свободной поверхности волнистого прыжка на основе дифференциальных уравнений и экспериментальных исследований.

УДК 628.1:551.444

ОСОБЕННОСТИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КАРСТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ВЫСОКОГОРНЫХ РЕГИОНАХ. Климашвили Л.Д., Соселия Г.А., Капанадзе Т.К., Соселия Н.К. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 45-52.

Обсуждается прием воды из карстовых родников вклузивных районов в высокогорных регионах в целях хозяйственно - питьевых нужд. Вследствие попадания атмосферных осадков в карстовые полости, происходит омывание стен, что в свою очередь вызывает загрязнение воды в определенные периоды года. Карстовые воды нуждаются в очищении реагентами - флокулянтами или безреагентным методом - механической очисткой, что улучшает качество подаваемой воды потребителю и эксплуатационные условия. На основании полученной информации лабораторных исследований установлена связь между скоростью турбулентного движения потока и высоким помутнением 50 - 260 мг/л, вызванным вымыванием карстовых полостей.

УДК 628.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ. Кенкишвили Ц.В., Онезашвили М.Р., Соселия Х.Р. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 53-56.

Рассмотрено моделирование установившегося технологического процесса обеспечения водой при оперативно-диспетчерском управлении систем водоснабжения и возможность корректирования процесса моделирования и ситуационных состояний в контрольно-характеристических точках на основе распределения фиксированных пьезометрических давлений.

В процессе оперативно-диспетчерского управления водообеспечением была составлена общая модель алгоритма и блок-схема обеспечения водой.

УДК 626.9

ПРОДОЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В КАНАЛАХ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БЕРЕГОВЫЕ ОТКОСЫ. Гагошидзе Ш.Н., Гоголадзе А.В, Кодуа М.А. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 57-61.

Вдольбереговые волны являются доминирующими в открытых речных и морских каналах. Для морских акваторий, лишь с одной стороны ограниченных береговым склоном произвольного наклона, они были изучены еще Стоксом. Однако из-за больших математических трудностей, для каналов с ограниченной глубиной и шириной, количество точных решений ограничивается лишь некоторыми частными случаями, которые вряд ли применимы на практике.

В работе кратко предлагается приближенное решение задачи о распространении трехмерных вдольбереговых волн на поверхности стационарного потока в канале трапецеидального поперечного

сечения с произвольным наклоном береговых откосов и, на основе их применения, демонстрируются результаты оценки размываемости и деформируемости берегового склона канала.

УДК 628.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДА СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ С УЧЕТОМ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОТОКА. Климашвили Л.Д., Гургенидзе Д.Р., Инашвили И.Ф., Климашвили И.Л. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 61-65.

Получены расчетные зависимости диаметра трубопровода системы капельного орошения и сроков подачи воды с учетом концентрации. Обоснованно доказаны нормы орошения и допустимые пределы продолжительности.

УДК 691.32

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ПРОЧНОСТЬ, ДЕФОРМАЦИЯ, МОДУЛЬ УПРУГОСТИ) БЕТОНА РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ. Сакварелидзе А.В., Гудушаури Н.А., Кодуа М.А. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 66-69.

Образцы из бетона испытывались при пяти уровнях, различных друг от друга на порядок скоростей деформации.

Показано, что (в исследуемом диапазоне скоростей деформации) при растяжении бетона различного возраста показатели предельных деформаций, модуля упругости и прочности слабо зависят от скоростей деформации.

УДК 53.082.1

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАСХОДА КАНАЛА С ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫМ СЕЧЕНИЕМ. Круашвили И.Г., Губеладзе Д.О., Нацвлишвили М.Н. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 70-78.

При проектировании и строительстве мелиоративных систем, прогноз динамики влажности почво-грунтов и режима грунтовых вод основывается на методе расчета водного баланса. В статье, для гидрологической схемы, с учетом бесконечно малой глубины воды в канале, определен фильтрационный расход в каналах с трапецеидальным сечением. Данная расчетная модель аналогична картине кинематической инфильтрации и соответствует неустановившемуся режиму потока со свободной поверхностью подземных вод.

УДК 53.082.1

ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИИ ВОДЫ И ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВЫ НА РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ.

Круашвили И.Г., Инашвили И.Ф., Кухалашвили Э.Г., Бзиава К.Г. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 79-83.

Особенности движения воды в почво-грунтах часто не умещаются в рамках закономерностей, характерных для прямолинейной фильтрации, что влияет на характеристики режима орошения. Особого внимания заслуживает изучение тех параметров, которые находятся в тесной корреляционной связи с фильтрационным процессом, и их влияние на режим орошения.

Исходя из вышесказанного, с учетом окружения водяной пленкой частиц почвы, предложена модель, на основе которой получены расчетные зависимости нормы орошения и продолжительности полива.

УДК 626/627

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ НА ПРИМЕРЕ НАМАХВАНИГЭС В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ. Кодуа Н.Д., Ахвледиани А.В., Гоголадзе А.Ш., Ахвледиани Г.А. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 84-92

В условиях рыночной экономики рекомендовано установление экономической эффективности гидроэлектростанций применением критериев текущей чистой стоимости и внутренней нормы выручки. Обосновано, что в условиях рыночной экономики мощность Намахванской гидроэлектростанции составляет 230 МгВатт. В условиях этой мощности установлены тарифы выработанной электроэнергии за периоды осень-зима и весна-лето. Соответствующий средневзвешенный тариф - 6,81 цент/ кВт-час.

УДК 622.272

ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ УЩЕЛЬЯ ПРИ НАЛИЧИИ НАПОРНЫХ ТУННЕЛЕЙ. Ахвледиани Г.А. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 93-98.

Цементация окружающей зоны туннеля – мощное инженерное средство, применением которого возможно уменьшить фильтрационные потери, а также увеличить устойчивость потенциально опасной поверхности ущелья. Для туннеля Ингурской гидроэлектростанции получены критические параметры соотношения коэффициентов фильтрации массива и цементационной зоны.

УДК 691

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТРИЦАХ. Мосешвили Т.В., Мепаришвили Н.М. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 99-104.

Композиционные материалы на текстильной основе успешно используются в различных отраслях промышленности, в том числе и в строительстве. Потребность в легковесных конструк-

ционных материалах, обладающих высокой прочностью, жесткостью и надежностью является основной причиной использования в качестве арматуры текстильных волокон. Базальтовые и полипропиленовые фибры успешно заменяют металлическую арматуру и улучшают физико-механические свойства бетона. Бетон считают хрупким и ломким материалом, однако, добавление волокон повышает его пластичность и уменьшает возможность появления трещин, увеличивает сопротивление удару и устойчивость к истиранию.

УДК 504.3.06

ПРИЧИНА УДУШЬЯ ЧЕЛОВЕКА – ПРИРОДНЫЙ ГАЗ ИЛИ БЕСКИСЛОРОДНОСТЬ. Кокиаури К.Н., Кокиаури Б.Н., Мествиришвили Ш.А. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 105-108.

Рассмотрены случаи, когда возможна утечка природного газа в герметически закрытом помещении. Также, может ли по этой причине произойти удушье человека, или, какие условия должны быть созданы для этого? Когда утечка огнеопасна и какое воздействие оказывает на организм человека конкретное количество взрывоопасного продукта?

УДК 59

ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ. Цинцадзе М.А., Орджанели Н.М., Натрошвили Н.Н. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 109-114.

Рассмотрено значение минерального питания в кормлении животных, приведена общая характеристика и классификация углеводов. Указана роль минеральных добавок в кормлении животных.

УДК 591.4

НЕКОТОРЫЕ АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ВЕТЕРИНАРНОЙ СТОМАТОЛОГИИ У СОБАК. Цквитинидзе Г.А., Натрошвили Н.Н., Цинцадзе М.А. // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 115-120.

Настоящая работа посвящена некоторым анатомо-топографическим и физиологическим аспектам зубной системы собаки. Рассмотрено строение молочных и постоянных резцов, клыков и коренных зубов (премоляров и моляров). Определены особенности строения и топографии зубов собаки в сравнительном аспекте. Приведены сроки прорезывания молочных и постоянных зубов, что является одним из определяющих факторов возраста животного. Установлено, что в основном сроки эти стабильны почти для всех наблюдаемых нами пород собак. Исключение представляют мелкие породы, в нашем случае у щенков породы чихуахуа мы наблюдали появление первых зубов в 5-6 недель. Важным аспектом при оценке экстерьера собаки является форма прикуса, поэтому в предлагаемой работе рассмотрены часто встречающиеся формы прикусов.

УДК 591.4:599.75

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НЕКОТОРЫХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ. **Натрошвили Н.Н., Цквитинидзе Г.А., Цинцадзе М.А.** // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 121-126.

В представленной статье приведены результаты исследования мышц глазного яблока и век собаки, кошки и кролика. Установлено, что глазодвигательный аппарат исследованных нами животных состоит из семи мышц: четырех прямых (латеральной, медиальной, дорсальной и вентральной), двух косых (дорсальной и вентральной) и мышцы, оттягивающей глазное яблоко. Определены строение и топография каждой из мышц. Также изучены мышцы век: круговая, мышца век, наружный и внутренний подниматели верхнего века и оттягиватель угла глаза. Выявлены также видовые особенности строения и топографии мышц глазного яблока и век собаки, кошки и кролика. Данные исследований помогут ветеринарным специалистам в проведении различных хирургических манипуляций и лечении данных видов животных.

УДК 591.4

ПРОЦЕНТНОЕ СООТНОШЕНИЕ МУКИ ИЗ ФРУКТОВЫХ ОСТАТКОВ В КОМБИНИРОВАННОМ ПИТАНИИ КРОЛИКОВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО МЯСА. **Орджанели Н.М., Цинцадзе М.А., Натрошвили Н.Н.** // Гидроинженерия, №1-2(15-16), 2013, с. 127-132.

Рассмотрены вопросы использования остатков консервного производства, в частности фруктового производства в комбинированном питании кроликов с целью экономии фуражного зерна и установления его оптимального процентного содержания, что существенно улучшило химический состав мяса кроликов.

რედაქტორები: ლ. მამალაძე, მ. პრეობრაჟენსკაია, დ. ქურიძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 17.04.2014. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 24.07.2014. ბეჭდვა
ოფსეტური. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 9.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent