

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ISSN 1512-410X

ჰიდროენიჟინიჟინირინგი
HYDROENGINEERING
ГИДРОИНЖЕНЕРИЯ

№1-2(23-24)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2017

სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „პიდროინჟინერია“

დაფუძნებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და საქართველოს საინჟინრო აკადემიის მიერ.

სარედაქციო კოლეგია:

საქართველოდან: აკადემიკოსი ა. ფრანგიშვილი, პროფესორები: ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგეგიძე, ი. ქადარია (მთ. რედაქტორი), ა. მოწონელიძე, ზ. დანელია, ა. დავითაშვილი, ი. ინაშვილი, ზ. მეგრელიშვილი, ლ. ღოღელიანი, ხ. ჩხეიძე, შ. გაგოშვიძე, გ. სოსელია, მ. გრძელიშვილი, შ. მესტვირიშვილი, ხ. ნაცვლიშვილი, მ. ნაცვლიშვილი, საგამომცემლო სახლ „ტექნიკური უნივერსიტეტის“ დირექტორის მოადგილე გ. ჯერენაშვილი, გარდაბნის გამწმენდი ნაგებობის გენერალური დირექტორის პირველი მოადგილე გ. კანდელაძი, ასოც. პროფესორი ა. გოგოლაძე (პასუხისმგებელი პირი).

ამერიკის შეერთებული შტატებიდან: აიოვას შტატის უნივერსიტეტის პროფესორები: არდიოთ მანი, რამეზ კანვარი, ემი კალეიტა, სტივენ ფრიმენ, როი გუ (Aiowa State University).

რუსეთიდან: მოსკოვის სახელმწიფო სამშენებლო უნივერსიტეტის პროფესორები: ო. პრიმინი, პ. პალგუნოვი.

EDITORIAL BOARD:

Acad. A. Phrangishvili, Prof. of GTU L. Klimiashvili, D. Gurgenidze, I. Kadaria (Chief Editor), A. Motsonelidze, Z. Danelia, A. Davitashvili, I. Inashvili, Z. Megrelishvili, L. Ghogheliani, N. Chkheidze, Sh. Gagoshidze, G. Soselia, M. Grdzeliashvili, Sh. Mestvirishvili, N. Natsvlishvili, M. Natsvlishvili, Director Of the Publishing House “Technical University” Al. Grigolishvili, deputy Director Of the Publishing House “Technical University” G. Jerenashvili, the first assistant of General Director of Clining building of Gardabani M. Kandelaki, associated professor A. Gogoladze (Responsible person).

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

Russia: Prof. O. Primin, P. Palgunov (the State Construction University of Moscow).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Грузия: академик А. Прангишвили, проф: Л. Климиашвили, Д. Гургенидзе, И. Кадария (главный редактор), А. Моцонелидзе, З. Данелия, А. Давиташвили, И. Инашвили, З. Мегрелишвили, Л. Гогелиани, Н. Чхеидзе, Ш. Гагошидзе, Г. Соселия, М. Грдзелишвили, Ш. Мествиришвили, Н. Нацвалишвили, М. Нацвалишвили, начальник технического департамента директор Издательского дома «Технический университет» А. Григолишвили, заместитель директора Издательского дома «Технический университет» Г. Джеренашвили, первый заместитель генерального директора Гардабанского очистного сооружения М. Канделаки, ассоц. профессор А. Гоголадзе (ответственное лицо).

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

Россия: проф. О. Примин, П. Палгунов (Московский государственный строительный университет).

მისამართი: საქართველო, თბილისი, 0175, კოსტავას ქ. 77, I კორპუსი. ტელ.: 2-33-06-87, ჟურნალის ვებგვერდი www.ctcl.gtu.ge

გამოქვეყნებული მასალის სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2017

Publishing House “Technical University”, 2017

Издательский дом “Технический Университет”, 2017

აგთანდილ გოგოლაძე



სამშენებლო ფაკულტეტის პიდროინუინერიის დეპარტამენტის ასოცირებულ პროფესორს ავთანდილ გოგოლაძეს 60 წელი შეუსრულდა.

ავთანდილ შალვას ძე გოგოლაძე დაიბადა 1957 წლის 11 აგვისტოს, ხაშურის რაიონის დაბა სურამში, პედაგოგების ოჯახში. 1974 წელს დაამთავრა სურამის მე-4 საშუალო სკოლა.

1975–1980 წლებში სწავლობდა საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში, „სამდინარო ნაგებობებისა და პიდროელექტროსადგურების პიდროტექნიკური მშენებლობის“ სპეციალობით.

ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ მუშაობას იწყებს პიდრავლიკის კათედრაზე, უფროსი ლაბორატორის თანამდებობაზე, მას შემდეგ „გეპეისოვის“ არ უდალატია, სხვაგან არსად უმუშავია. 1980 წლიდან მან გაიარა პედაგოგიური საქმიანობის თითქმის ყველა საფეხური.

1999 წელს დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია თემაზე: „სადაწნეო მილსადენებში დგუშიანი ტუმბოებით გამოწვეული რხევების ჩაქრობის აქტიური მეთოდები“ და მიენიჭა ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის ხარისხი.

ავთანდილ გოგოლაძე, პედაგოგიურ მუშაობასთან ერთად, აქტიურ მონაწილეობას იღებს მეცნიერულ და საზოგადოებრივ საქმიანობაში, არის რამდენიმე ათეული სამეცნიერო შრომის, მეთოდური მითითებებისა და სახელმძღვანელოს აგზორი.

ბატონმა ავთანდილმა შექმნა შესანიშანავი ოჯახი. ჰყავს მეუღლე, ორი შვილი და ოთხი შვილიშვილი.

2017 წლის 26 ივნისს სამეცნიერო-ტექნიკურ ურნალ „პიდროინუინერიის“ სარედაქტო კოლეგიამ ა. გოგოლაძე აირჩია სარედაქტო კოლეგიის წევრად და პასუხისმგებელ პირად.

სამეცნიერო-ტექნიკური ურნალ „პიდროინუინერიის“ სარედაქტო კოლეგია ულოცავს ბატონ ავთანდილს 60 წლის იუბილეს და უსურვებს წარმატებებს, როგორც სამეცნიერო-პედაგოგიურ საქმიანობაში, ისე პირად ცხოვრებაში.

შინაარსი

მ. ყალაბეგიშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე. ორთაჭალჭესის სანაპირო უბნის ფილტრაციული რეჟიმის ანალიზი	7
ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე, ა. ჩიქოვანი. რადიაციადამცავი კომპოზიციური მასალები	17
ა. პაშაევი. ინგენიერიული რენტაგელობის გაზრდის მიმართულებები აზერბაიჯანის სატრანსპორტო სექტორში	29
ბ. მასპინძელიშვილი, ი. ქადარია. პირობების დადგენა, რომელთა შესრულებისას პირამიდის სიმაღლე გაკვეთს მის არეს	38
ა. საყვარელიძე, ნ. ლუდუშაური. დეფორმაციის სიჩრაოის გავლენა სხვადასხვა ფენემცელობის გეოტონის მექანიკურ მახასიათებლებზე გაჭიმვისას	44
ა. კოპალიანი, მ. გრძელიშვილი, დ. კუჭუხიძე. შენობათა ენერგოეფექტურობის გაზრდა საყოვაცხოვო ჩამდინარე ღყლების თბორი ენერგიის რეკუპერაციის ხარჯზე	47
შ. მესტვირიშვილი, დ. კუჭუხიძე. თბობადაცემა წვეთოვანი კონდენსაციის დროს	53
დ. კუჭუხიძე, ა. ბაბუნაშვილი, ბ. ქურდაძე, კ. კოდუა. აღგილობრივ მყარ სათბობზე მომუშავე მაღალეფებური გათბობის შვაბების დანერგვა საქართველოს არაბაზიფიცირებულ რაიონებში	60
ა. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე, გ. ახვლედიანი, ზ. ბაძალუა. ნამახვანესის დადგმული სიმძლავრის განსაზღვრა	68
გ. დალაქიშვილი, კ. ხაზალია. თვითძაბვადი ცემენტის ძვის გავართოებისა და თვითძაბვას კონკრეტის შესრავლა ჰოლობრაზიული ინტერცერობების მეთოდი	78
შ. მესტვირიშვილი, დ. კუჭუხიძე. გუნებრივი გაზის გამოყენება და მასთან დაკავშირებული კრობლებები	82
რეფერატები	89

CONTENTS

M. Kalabegishvili, L. Klimiashvili, D. Gurgenidze. ANALYSIS OF THE ORTACHALA HPP COASTAL ZONE SEEPAGE REGIME	7
L. Klimiashvili, D. Gurgenidze, A. Chikovani. RADIATION PROTECTIVE COMPOSITE MATERIALS	17
A. Pashaev. DIRECTION OF INCREASE PROFITABLENES OF INVESTIGATIONS IN TRANSPORT SECTOR OF AZERBAIJAN	29
B. Maspindzelishvili Y. Qadaria. DETERMINATION OF CONDITIONS WHEN THE HEIGHT OF THE PYRAMID CROSSES IT'S AREA	38
A. Sakvarelidze, N. Gudushauri. INFLUENCE OF DEFORMATION VELOCITY ON STRENGTH OF CONCRETE AT DIFFERENT MOISTURE CONTENT AND MECHANICAL CHARACTERISTICS AT TENSION	44
A. Kopaliani; M. Grdzelishvili; D. Kuchukhidze. IMPROVING OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE BUILDINGS BY RECUPERATION THE HEAT ENERGY OF DOMESTIC SEWAGE	47
Sh. Mestvirishvili, D. Kuchukhidze. THERMAL CONDUCTOR DURING DRIP CONDENSATION	53
D. Kuchukhidze, A. Babunashvili, B. Kurdadze, K. Kodua. IMPLEMENTATION OF HIGH-EFFICIENT HEATING BOILERS WORKING ON THE LOCAL SOLID FUEL IN THE GEORGIAN REGIONS NOT SUPPLIED WITH GAS	60
A. Akhvlediani, A. Gogoladze, G. Akhvlediani, Z. Badzaghuia. DETERMINING OF THE INSTALLED CAPACITY OF THE NAMAKHVANI HPP	68
G. Dalakishvili, K. Khazalia. STUDY OF EXTENSION OF SELF-TENSIONAL CEMENT STONE AND SELF-TENSION KINETICS BY THE METHOD OF HOLOGRAPHICAL INTERFEROMETRY	78
Sh. Mestvirishvili, D. Kuchukhidze. UTILIZATION OF NATURAL GAS AND RELATED PROBLEMS	82
SUMMARIES	95

СОДЕРЖАНИЕ

М.А. Калабегишивили, Л.Д. Климиашвили, Д.Р. Гургенидзе. АНАЛИЗ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РЕЖИМА НАБЕРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОРТАЧАЛЬСКОЙ ГЭС	7
Л.Д. Климиашвили, Д.Р. Гургенидзе, А.Б. Чиковани. РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	17
А.З. Пашаев. НАПРАВЛЕНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В ТРАНСПОРТНЫЙ СЕКТОР АЗЕРБАЙДЖАНА	29
Б.И. Маспиндзелишвили, И.Р. Кадария. УСТАНОВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ, ПРИ КОТОРЫХ ВЫСОТА ПИРАМИДЫ ПРОХОДИТ В ЕЁ ПРОСТРАНСТВО	38
А.В. Сакварелидзе, Н.А. Гудушаури. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА РАЗЛИЧНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ	44
А.Дж. Копалиани, М.В. Грдзелишвили, Д.Г. Кучухидзе. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ЗА СЧЕТ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД	47
Ш.А. Мествиришвили, Д.Г. Кучухидзе. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ КАПЕЛЬ	53
Д.Г. Кучухидзе, А.Д. Бабунашвили, Б.М. Курдадзе, К.Ш. Кодуа. ВНЕДРЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ, РАБОТАЮЩИХ НА МЕСТНОМ ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ, В НЕГАЗИФИЦИРОВАННЫХ РАЙОНАХ ГРУЗИИ	60
А.В. Ахвledиани, А.Ш. Гоголадзе, Г.А. Ахвledиани, З.К. Бадзагуа. УСТАНОВЛЕНИЕ ГАРАНТИРОВАННОЙ МОЩНОСТИ НАМАХВАНИГЭС	68
Г.Л. Далакишвили, К.Р. Хазалиа. ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РАСШИРЕНИЯ И САМОНАПРЯЖЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ИЗ НАПРЯГАЮЩЕГО ЦЕМЕНТА МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ	78
Ш.А. Мествиришвили, Д.Г. Кучухидзе. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ПРОБЛЕМЫ	82
РЕФЕРАТЫ	100

UDC 627.841

ANALYSIS OF THE ORTACHALA HPP COASTAL ZONE SEEPAGE REGIME

M. Kalabegishvili, L. Klimiashvili, D. Gurgenidze

(Georgian Technical University)

Abstract: *Ortachala HPP the law head waterworks facility in operation since 1955 is located in the central part of Tbilisi city.*

During operation period cracks were formed in the right-bank of foundation, where are located underground fish-way sections. Surprisingly, right bank dam-foundation contact opened only in the horizontal direction, that caused 5.5 cm gap development, while there were no changes in the vertical direction. Visual researches showed, that cracks (size is 4-5 cm) developed in fish-way construction.

Mathematical models - "fish-drainage-foundation", "retaining wall - drainage-foundation" developed with the use of the finite element scheme, allowed us to finalize the suffusion-deformation process developed during the operation, namely:

- in the cracking zones of fish-way developed high gradients of seepage pressure, causing suffosion;*
- under the influence of the weight of the soil and transport, shrinkage of the soil developed, which for the foundation of the right bank, created bending deformations causing the rotation of the soil in the vertical plane;*
- bending deformation of the foundation at the contact of the concrete structure and the embankment caused a horizontal opening, spread out - at a depth of 4 m.*

In connection with this, the retaining wall, leaning against the ground, loses support and, under the influence of hydrostatic pressure, tensile stress develops in it. In the case of crack formation in the wall, concentrated seepage will develop, which will cause groundwater rise in the main road (passing different communications) and various unfavorable processes.

Having established the reason for opening the contact, the fish-way was closed, as a result of which above-mentioned process was stopped. Thus, the waterproofing of the fish-way is a necessary measure for the normal operation of the waterworks.

Key words: contact; cracking; filtration process; hydroizolation; mathematical models; suffusion-deformation process.

1. INTRODUCTION

Ortachala HPP is the law head waterworks facility situated in central part of city. Station is being operated since 1955. Reservoir, placed in river canyon, is surrounded by on both sides, with underground draining galleries behind them. The latter is purposed (by design) to avoid rising of groundwater table level on banks, that may cause flooding of the city communication lines (public systems, cable-lines and etc.), deformation of the road surface and development of other subsequent unfavorable processes. On the right-bank are also situated underground fish-way sections (Fig. 1).

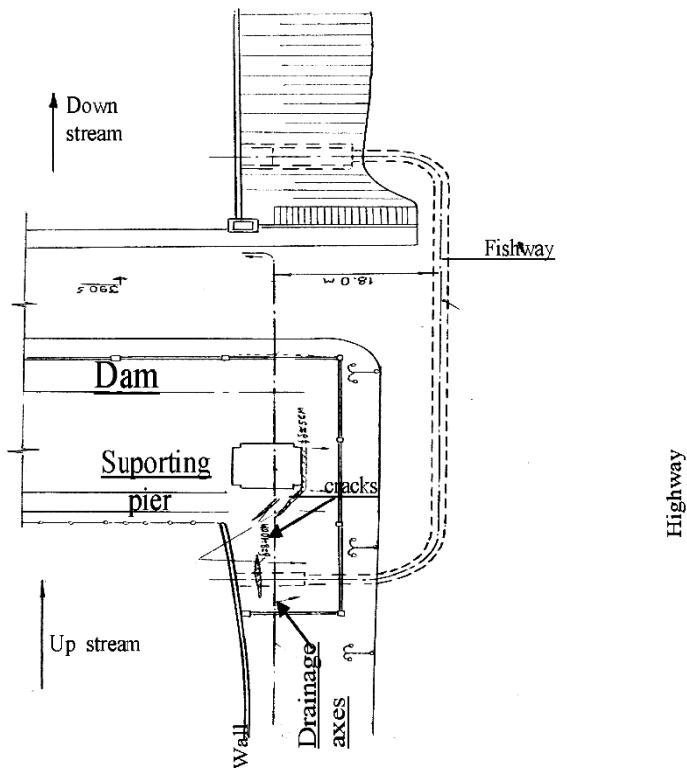


Fig. 1. Cracks developed in Ortachala HPP right bank

During operation period cracks were formed in the right-bank foundation in HPP and, under ground fish-way sections. Surprisingly, right bank dam-foundation contact opened only in the hori-

zontal direction, that caused 5.5 cm gap development, while there were no changes in the vertical direction.

Visual researches showed, that cracks developed in fish-way construction. Gap size is 4-5 cm. Some results of deformation and seepage developed analysis in right bank foundation is given below.

2. THE BODY OF THE ARTICLE

Mathematical model of seepage-deformation prosess

Seepage regime and deforamtions, developed in water bank, are interconnected processes. Exact estimation of the task requires seepage and static calculation review of the “Fish-way - drainage - foundation” system.

Generally, pressure-free seepage task is reviewed. Above-mentioned considers depression surface unknown outline and seepage flow parameters definition. Calculations are based on the second row differential equation solution considering anisotropic massive:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + Q = 0 \quad (1),$$

where: H – is a pressure, K_x and K_y are hydraulic conductivity in the direction of X and Y axis; accordingly, Q – is seepage flow discharge.

On the basis of presented differential equation, with finite element method usage, in condition of system seepage flow total potential energy minimization, task shall be solved. Calculations were held with the iteration scheme (Fig. 2). By choosing step, high degree of convergence will be achieved.

Fish-way, that is totally located in the embankment, in the process of operation was compacted with soil. In the result, along it's longitudinal axis, cross cracks were developed in the construction (especially in the bottom), that itself caused seepage. Generally, soil seepage strength condition has it's faces:

$$J < J_{cr},$$

where: J and J_{cr} are seepage gradients calculation and critical meanings. According to the calculation results, it was acknowledged, that maximum meaning of the seepage flow gradients developed from cracks, is 1.5 (Fig. 3). From this point starts disturbance of the seepage steadiness and beginning of suffusion.

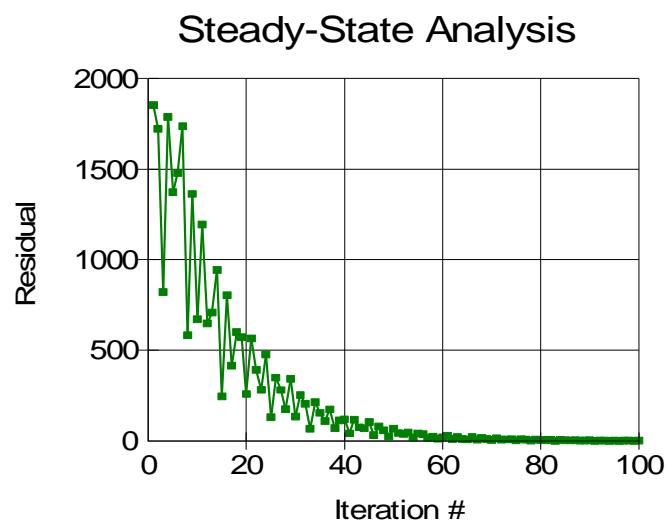


Fig. 2. Cycle - iteration scheme of calculation

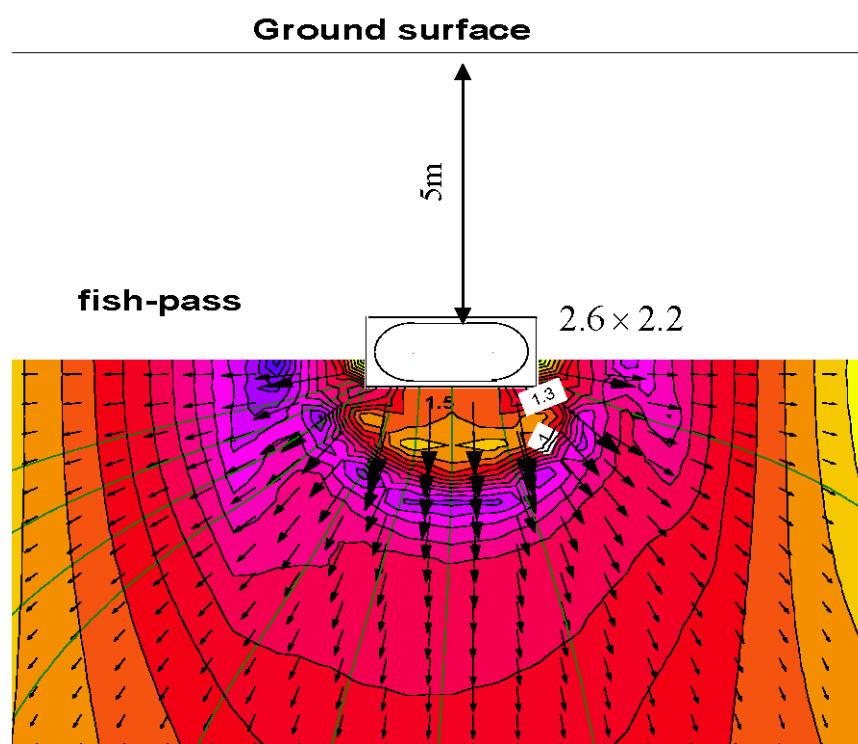


Fig. 3. Seepage gradients in fish-way foundation

Suffusion development causes pore increase in soil. Suffusion development model in time was accepted. Connection of the deformation modulus (E) with pores (n) function is presented with using decrease regularity curve $E_y = f(n)$ (Fig. 4).

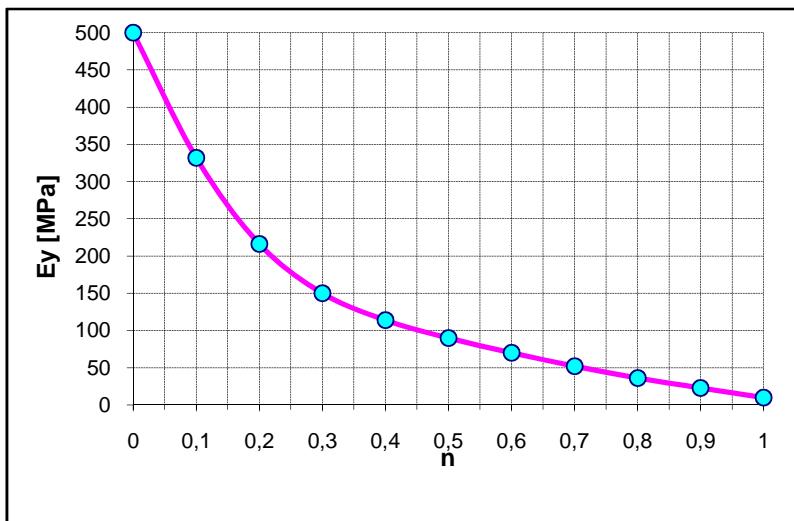


Fig. 4. $E_y = f(n)$ - reletionship between elastice modulus and pores

Deformation prosess in right bank foundation

Estimation of deformation development processes in time in bank foundation was held with statistic calculation (cyclic-iteration sequence) using soil operation non-liner model [2]. Square isoparametrical elements were used, as finite element mesh measurer. In the zone of the tensile zone and high compression, also in high seepage gradient zone element gains anisotropic properties. Anisotropic axes in element are orientated according to the main stress (Fig. 5).

Deformation modulus values are corrected in the following way:

- in compressions direction - $\sigma = f(\varepsilon)$ according to the curve;
- in the zone of high seepage gradients, according to the $E_y = f(n)$ curve (in the fish-way foundation)
- towards tensile stress direction - $E_x \approx 0$, when $\sigma > R$, where R – generally, soil strength on expansion (zone of cracking behind concrete wall).

Calculation results showed, that change of deformation modulus in fish-way foundation influences deformation development of bank (Fig. 6, 7). Under fish-way, in the zone of high gradients, developed suffusion increased it's settlement and cracks opening in fish-way construction. This causes increase suffusion. This means, that crack development and suffusion causes inter-progressive development.

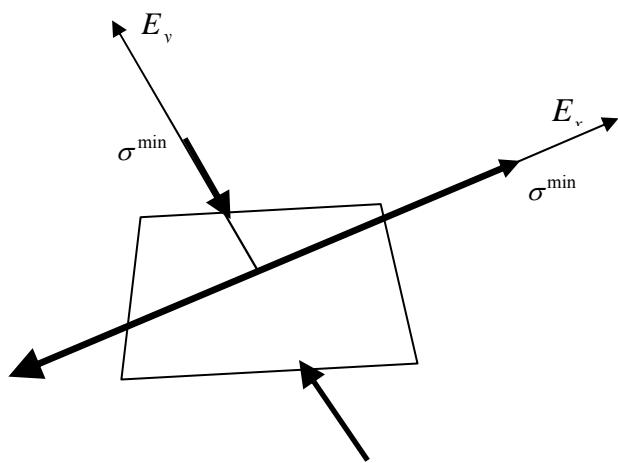


Fig. 5. Finite element anisotropic model

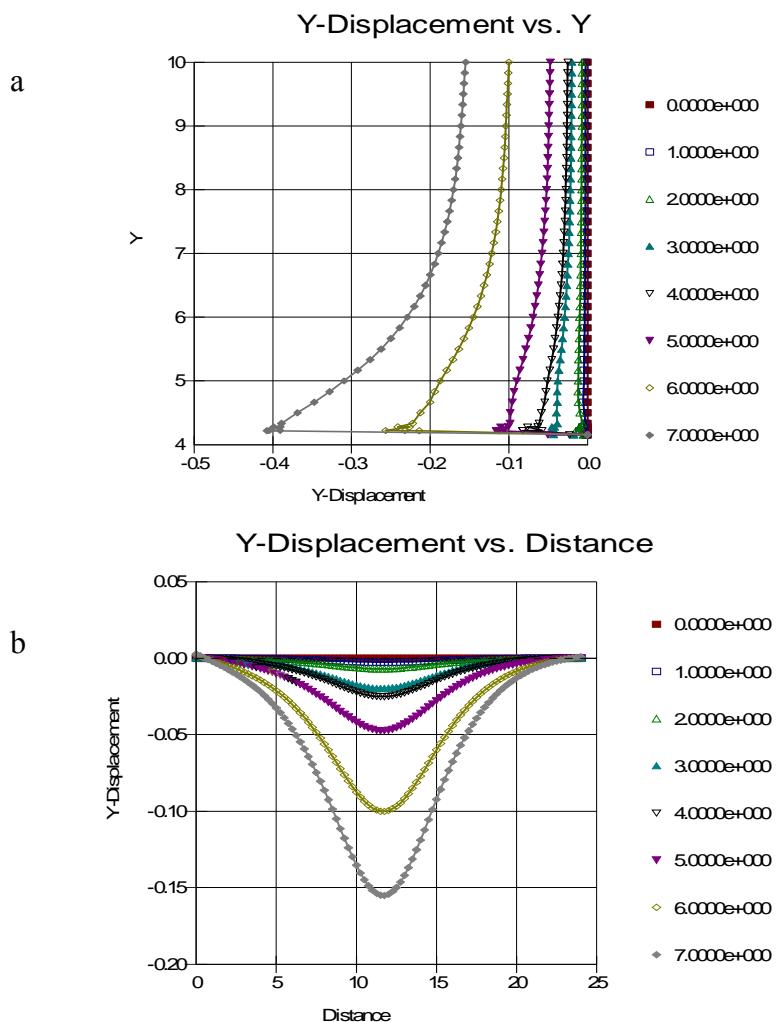
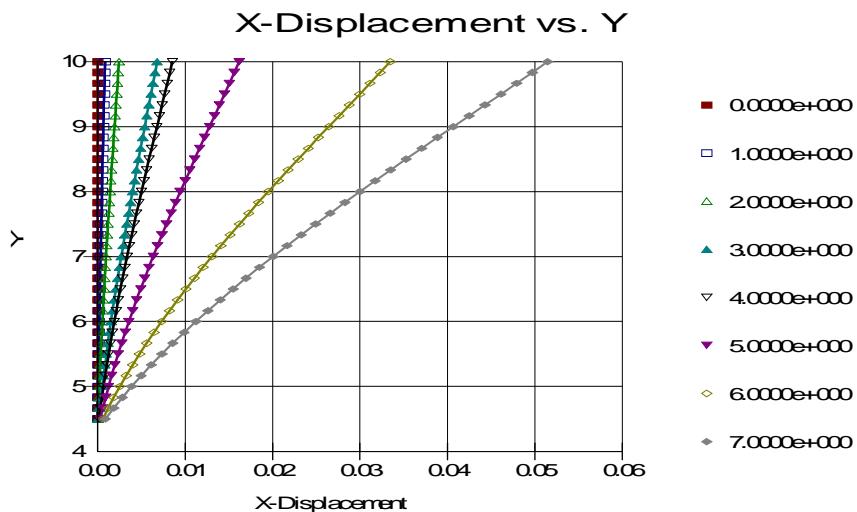


Fig. 6. Settlement developed in fish-way structures cross section:
a) in depth of embankment; b) embankment surface



**Fig. 7. Behind the wall crack development dynamic
in depth of embankment**

Fish-way settlement (Fig. 6), developed caused soil replacement and gap open development in horizontal direction next cracking in bank foundation (it spread in depth down to 5.4 m, Fig. 7).

Within the cracks developed depth behind the concrete wall is loosing support, that causes increase tensile stress on it's pressure surface. This itself causes loss of strength bearing capacity. Currently, bearing capacity is almost out. Increase of depth crack in soil will cause crack development in the wall herewith, hydraulic break-through and groundwater table rise.

Seepage parameters analasys in the right bank foundation

Seepage parameters study were carried out in bank foundation using “Fish-way - drainage - foundation” system. Basic rock mass is presented with tuffogenic sand, but the bank foundation with 12 m capacity embankments with fish-way and drainage located there.

Hydraulic conductivity normative values (using the reference books and analogs) are:

- basic massive $K_m \approx 10^{-4}$ cm/sec;
- embankment $K_E \approx 1$ cm/sec.

Hydraulic conductivity values was corrected during the iteration calculations. It was accepted, that groundwater table elevation, in correspondence with piezometer measuring results, is satisfied for the $K_E / K_m \approx 4.5 \cdot 10^5$ value (Fig. 8).

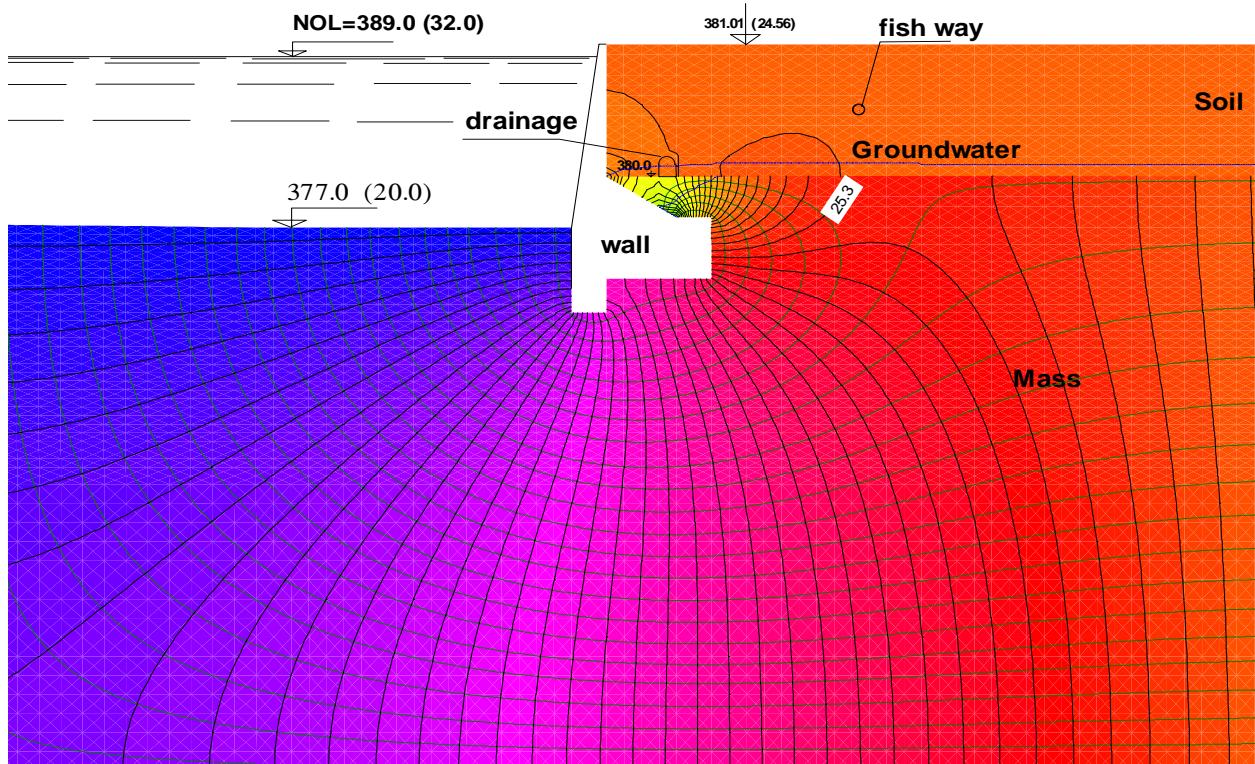
Ratio K_0 / K_m ⁵ is quite big, consequently, basic massive and embankment contact is presented practically as a seepage outlet section. Groundwater table reaches to the highest elevation near the right bank wall, farther it slowly goes down.

On the first stage of the calculation, drainage wasn't foreseen. Drainage operation was studied separately, using classical solutions and finite elements method.

Lowered pressure in drainage gallery cross, made according to the classical solution, is defined with the formula [3]:

$$\varphi_b = \frac{1}{1 + \frac{N \cdot r_c}{\pi} \left(\frac{1}{R + b} - \frac{1}{2t} \right)}$$

where: N - quantity of bores in the drainage galleries, r_c - bore radius, R - radius of drainage galleries, b - half distance between existing bores, t - distance from the drainage center to the groundwater table elevation. $\varphi_b = 0.96m$ as calculated.



**Fig. 8. Seepage head distribution
in the “Fish-way - drainage - foundation” system**

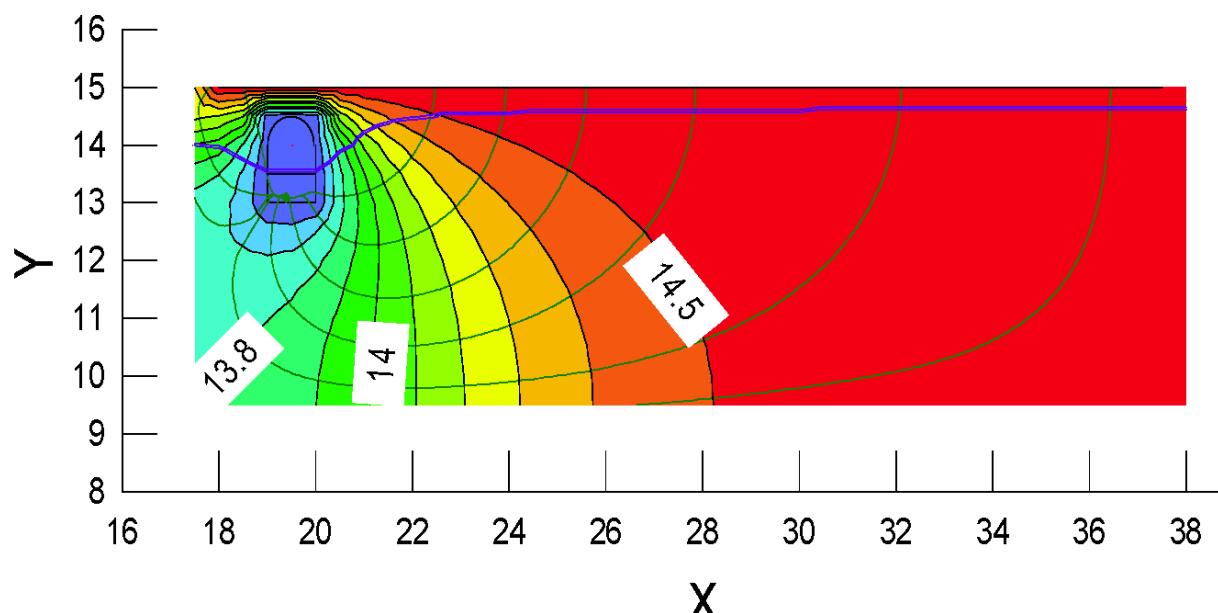


Fig. 9. Seepage head distribution in drainage

By using finite element model, there was defined, that depression surface lowers till 100 cm in drainage cross (Fig. 9) that is in good compliance with the classic solution results.

Hence seepage is provided within the basic mass (tuffogenic sand rocks) and determines groundwater table level of the bank and drainage is incapable to change seepage regime. It's maximum effectiveness can be estimated by the decrease of the seepage pressure on the bank wall not exceeding 1m. So drainage is actually ineffective.

Seepage gradient distribution along the wall tooth and its vertical surface characterizes significantly unequal and maximum meaning does not exceed 0.6 cm.

3. CONCLUSION

- Mathematical models – “Fish-way foundation”, “retaining wall - drainage - foundation” were elaborated by the connected static and seepage scheme, that showed developed deformations and seepage regime in right bank foundation considering drainage in Ortachala HPP.
- Because of the foundation basic mass and embankment hydraulic conductivity ratio of high value, their contact surface appears, as a seepage outlet section. So rock mass - embankment contact surface defines the groundwater table elevation in bank foundation.

- Drainage can't influence seepage regime (groundwater table elevation) development in the bank foundation. Drainage influence is spread only near the wall and decreases pressure on it within 1.0 m. Thus, drainage can not be considered, as a right decision for projecting.

- Fish-way, that is located in the embankment undergo settlement, that was followed by crack development and seepage. Suffusion developed under the fish-way, in the zone of high gradients, increased its settlement and opened the cracks. This means, crack development and suffusion causes inter-progressive development.

- Settlement, developed in fish-way structure lining, caused soil replacement towards the horizontal direction, relative to concrete retaining wall and depth crack development near the wall. Above-mentioned increases tensile stress in wall and causes loss of strength bearing capacity. In the result, crack development in wall will cause hydraulic break-through and groundwater table elevation rise in embankment - all inconvenient results connected to it.

- Having established the cause of these processes, the fish way was stopped and by result of which the fractures were stopped. So fish-way internal surface hydro isolation is necessary, as a rehabilitation measure.

REFERENCES

1. Segerlind L. J., Applied Finite Element Analysis. John Wiley and Sons. New York /London/Sydney/ Toronto/ 1979.
2. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., The Finite Element Method, 4th Ed, Vol.1. McGraw-Hill. 1989.
3. Hydraulic structures. Reference book – Moscow, 1983.

შაგ 691.32

რადიაციალამცავი პომარზიციური მასალები

ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე, ა. ჩიქოვანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ამჯამად, ატომურ ელექტროსადგურებსა და დანადგარებში მაიონებული გამოსხივებისაგან დასაცავად, ჩვეულებრივი ბეტონის გარდა, გამოიყენება დანამატიანი და სპეციალურ შემცხებიანი ბეტონები, რომელთა დამცავი თვისებები გაუმჯობესებულია განსაკუთრებული ქიმიური შედეგებითა და სიმკვრივის გაზრდით.

საკვანძო სიტყვები: ატომი; ბეტონი; გამა და ონი; გამოსხივება; ელექტრული ნაწილაკები; კრისტალი; ლითონი; ნეიტრონი; რადიაცია; რეაქტორი; ქვანტი.

1. შესავალი

ატომური ობიექტების მშენებლობისა და ექსპლუატაციისას, წარმატებით გამოიყენება ლითონის, პოლიმერული და კომპოზიტური საშენი მასალები. გამოყენების სფერო განისაზღვრება მასალათა ინდივიდუალური თვისებებითა და ექსპლუატაციის პირობებით.

დამცავი ეკრანისათვის გამოიყენება როგორც ბუნებრივი (მთის ქანი, ქვიშა, თიხა, გრუნტი, წყალი და სხვა), ისე სამშენებლო და მეტალურგიული წარმოების ტრადიციული მასალები (ბეტონი, დუღაბი, კერამიკა, ლითონი და სხვა). იმ შემთხვევაში, როდესაც ტექნოლოგიური პირობებით დამცავი ეკრანის სისქე უნდა იყოს მინიმალური (ლირებულებასა და სხვა ტექნიკურ-ეკონომიკურ მახასიათებლებისაგან დამოუკიდებლად), გამოიყენება ქიმიური შედგენილობითა და სიმკვრივით ყველაზე გამორჩეული მასალა – ტყვია, ფოლადი, თუკი ან განსაკუთრებით მძიმე (ზემდიმე) ბეტონი: მაგნეტიტის, ჰემატიტის, თუკისა და ფოლადის ჯართზე.

იმ შემთხვევაში, როდესაც დამცავი შრის სისქე ტექნოლოგიური მოთხოვნებით არაა შეზღუდული, ოპტიმალური გარიანტი შეიძლება იყოს ადგილობრივი ბუნებრივი მასალების მიზნების მიზნით.

რივი მასალის გამოყენება. მათი ნაკლები რადიაციადამცავი თვისება, როგორც წესი, კომპენსირდება დამცავი ნაგებობის გაბარიტების გაზრდით.

რადიაციული დაცვის ობიექტის მშენებლობისას, სხვა საშენ მასალასთან შედარებით, ფართო გამოყენება მოიპოვა მინერალურ შემკვრელზე დამზადებულმა ბეტონმა და რკინაბეტონმა. სხვადასხვა სახეობის დანამატისა და შემვსების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს ფართო საზღვრებში მოვახდინოთ სტრუქტურის მოდიფიცირება, შევცვალოთ დამცავი ბეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისება, გაგზარდოთ ხანმედეგობა. დამცავი ბეტონისადმი მოთხოვნები, ხშირ შემთხვევაში, ურთიერთგამომრიცხავი ხასიათისაა. ამიტომ, გამოსხივებისაგან დამცავი ნაგებობის მშენებლობისას საშენი მასალის შერჩევა უნდა მოხდეს გულდასმით, ყველა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლის ნაკლოვანებისა და უპირატესობის გათვალისწინებით.

თეორიული პოზიციიდან, ფუნქციური დანიშნულების მასალის შექმნისათვის, მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ნივთიერება, სადაც ელემენტარულ ნაწილაკებს შორის კავშირები არაწრფივი ხასიათისაა. ასეთი კავშირები აქვს ლითონურ და მოლეკულურ კრისტალებს. ბუნებრივია, რომ კავშირების ენერგიის გაზრდით, მდგრადობა და, შესაბამისად, მასალის მედეგობა იზრდება. ამით აიხსნება ლითონური მასალის ფართო გამოყენება ატომური ენერგეტიკის ობიექტებზე.

გამოსხივების სახეობებიდან ყველაზე მეტი გაჭოლვის უნარი აქვს იონურ – γ და ნეიტრონულს და წარმოადგენს უფრო საშიშს პერსონალისა და მოწყობილობისათვის. ამიტომ, დამცავი მასალა და ნაგებობა სახელდობრ, ამ გამოსხივების საჭირო შესუსტების მიხედვით პროექტირდება.

γ და ნეიტრონული გამოსხივებისადმი მასალის დამცავი თვისება განისაზღვრება ელემენტების შედგენილობით. γ გამოსხივებისადმი რადიაციადამცველი ფუნქციის მატარებელია ატომური ნომრით 47-ზე მეტი ელემენტი (როგორც წესი, რკინა ან ტყვია), თბური ნეიტრონების ნაკადის მიმართ – არაერთი ელემენტი, რომელთა ატომური ნომერია 10...20, სწრაფი ნეიტრონების ნაკადის მიმართ – მსუბუქი ელემენტები (წყალბადი, ლითიუმი, ნატომისმადი). ნეიტრონების შენელებისას დიდი ატომური ნომრის ელემენტისათვის არადრეკადი პროცესების როლი იზრდება. ამიტომ, რადიაციადამცავი მასალის ეფექტურობა განისაზღვრება მსუბუქი, საშუალო და მძიმე ელემენტების შერწყმით.

κ-ქვანტების შეღწევის უნარი მათი ენერგიის გაზრდასთან ერთად იზრდება. κ-ქვანტების ნივთიერებებთან ურთიერთქმედებისას შეიძლება მოხდეს კოპერენტული

გაბნევა, ბირთვის ფოტოდაშლა, ფლუორესცენცია და სხვა. უქვანტების ინტენსიურობის შენელებისა და ენერგიის შემცირებისათვის მთავარია ფოტოეფექტი, კომპტონის ეფექტი და ელექტრონ-პოზიტრონის წყვილის წარმოქმნა.

წყვილების წარმოქმნა, როგორც უსხივების შთანთქმის პროცესი, ყველაზე ინტენსიურად მიმდინარეობს მძიმე ელემენტში (ტყვია) და თითქმის არ ხდება მცირე ატომური ნომრის ელემენტიან მასალაში. კერძოდ, 3 მგვა ფოტონის ენერგიის მქონე ტყვიაში წყვილების შექმნაზე იხარჯება ენერგიის დაახლოებით ნახევარი, ალუმინში კი ამავე პროცესისათვის იკარგება სულ რამდენიმე პროცენტი. სიდიდეს, რომელიც ახასიათებს γ გამოსხივების შემცირებას, ელექტრონულ-პოზიტრონული წყვილების წარმოქმნის გამო, როდესაც ის გადის ერთული სისქის ფენაში, წყვილების წარმოქმნის ეფექტით გამოწვეული შესუსტების წრფივი კოეფიციენტი ეწოდება. ეს კოეფიციენტი იზრდება გამოსხივების ენერგიისა და ელემენტის ატომური ნომრის ზრდით.

სწრაფი ნეიტრონების (მაღალი ენერგიის ნეიტრონები) შემთხვევაში, მათი შენელება – საშუალო ენერგიის შემცირება – ხდება ისეთი ელემენტებით, რომლებსაც აქვთ პლასტიკური გაბნევის უნარი. ასეთ ელემენტებს მიეკუთვნება ბარიუმი და რკინა. მძიმე ბირთვის მქონე ელემენტის ურთიერთქმედებას ნეიტრონთან თან სდევს მისი წატაცება, ბირთვის აღგზნებულ მდგომარეობაში გადასვლით, შემდგომში უქვანტისა და ნეიტრონის გამოსხივებით, რომელიც ნაკლებია უქვანტის თავდაპირველ ენერგიაზე. მძიმე ელემენტების ატომებისაგან შედგენილ გარემოში სწრაფი ელექტრონები სუსტდება $0,1\ldots 0,4$ მგვა ენერგიამდე, შედეგად, ის შთაინტება ბირთვებით ან ტოვებს გარემოს.

საშუალო ენერგიის ნეიტრონების შესუსტება ხდება მსუბუქი ელემენტებით. კარგი შემსუსტებელია წყალბადი, ნახშირბადი და მათი შემცველი ნივთიერება: წყალი, გრაფიტი, ბორის კარბიდი. ნეიტრონული გამოსხივებისაგან დამცავ კონსტრუქციაში, ასევე გამოიყენება დაბალი ატომური ნომრის ლითონი: ნატრიუმი, ალუმინი, ბერილიუმი. დამცავ კონსტრუქციაში მნიშვნელოვანია წყალბადის შემცველი მასალა.

დამცავ მასალაში უქვანტებისა და ნეიტრონების მოქმედებით შეიძლება წარმოქმნას მიმართული რადიოაქტიურობა. ამიტომ, იმ ელემენტების რაოდენობა, რომლებიც ქმნის გრძელვადიან ნუკლეიდებს (კობალტი, მანგანუმი, სპილენდი, დარიშხანი, ნიკელი, სტიბიუმი, ქრომი, თუთია), სასურველია იყოს მინიმალური.

2. მირითადი ნაწილი

ბეტონი პორტლანდცემენტზე. რადიაციადამცავი ბეტონისათვის ხშირად იყენებენ ცემენტს, რომლის მარკა შეირჩევა სიმტკიცის პირობით. შემვსების შერჩევა განპირობებულია ბეტონისადმი წაყენებული მოთხოვნებით, ადგილობრივი პირობებით და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებით.

ჩვეულებრივი მძიმე ბეტონისათვის მსხვილი შემვსები (ფრაქცია 5...40 მმ) შეიძლება მივიღოთ სხვადასხვა ეფუზიური და ინტრუზიულ-მაგმატური, სილიკატური და კარბონატული დანალექიდან, ასევე მეტამორფული ქანიდან. წვრილი შემვსები (ფრაქცია 0,16...5 მმ) მიიღება მთის ქანების დამსხვრევით ან ბუნებრივი სახით. შემვსების გრანულომეტრია, ბეტონის ნარევის შედგენილობა და პარამეტრები, ტექნოლოგიის შერჩევა, მომზადება და ჩაწყობა განისაზღვრება მოქმედი ნორმებითა და წესებით.

ბეტონის ნაკლია შედარებით ნაკლები თბოგამტარობა, რის გამოც მასალის ტემპერატურა თითოეულ მეგავატ ენერგიაზე მატულობს დაახლოებით 1°C -ით, რომელიც მოდის დაცვის შიგა ზედაპირის 1 კვადრატულ სანტიმეტრზე. ბეტონის მიერ გამოსხივების შთანთქმას თან სდევს რადიაციული სითბოგამოყოფა, რომელიც დაცვის ბეტონში ტემპერატურის მატებას იწვევს 60°C -ზე მეტად, როცა გამოსხივების ინტენსიურობა $80 \text{ ვტ/მ}^2\text{-ზე}$ მეტია. როდესაც გამოსხივების ინტენსიურობაა ($1,6...3,2 \cdot 10^3 \text{ ვტ/მ}^2$, ტემპერატურა მატულობს $1000...1200^{\circ}\text{C}$ -მდე). ამიტომ, დაცვისათვის ხშირად საჭიროა ცეცხლმედეგი ბეტონი, რადგან ჩვეულებრივი ბეტონის გამოყენების ზღვრული დასაშვები ტემპერატურაა არაუმეტეს 300°C .

გამოსხივების ზემოქმედება იწვევს ბეტონის კომპონენტების გაუწყლოებას, რასაც მოსდევს თავისუფალი წყლის რაოდენობის შემცირება და რისი შედეგიცაა დამცავი თვისებისა და სიმტკიცის შემცირება.

ბაზალტის ბეტონი. მისი სიმკვრივეა $2410...2620 \text{ კგ/მ}^3$. ხასიათდება სიმკვრივის და ქიმიური შედეგების დიდი ერთგვარობით. ჩვეულებრივი შემვსებისაგან ბაზალტი გამოირჩევა ისეთი ელემენტების შემცველობით, რომლებიც კარგად ასუსტებს ნეიტრონებს (Fe, Ca, Ti, Mn, K). ბაზალტიან ბეტონს აქვს სუსტად კრისტალიზებული სტრუქტურა, რის გამოც ის მედუგია მაღალი ტემპერატურისადმი. გარდა ამისა, ბაზალტის შემვსების ტემპერატურული გაფართოება ახლოსაა ცემენტის ქვის ანალოგიურ მაჩვენებელთან, რაც ასევე უზრუნველყოფს ასეთი ბეტონის მა-

დალთერმულ მედეგობას. ბაზალტის დამსხვრეულ მარცვლებს აქვს კუთხოვანი ფორმა, ეს აუარესებს ნარევის მომზადებას და ჩაწყობას, რაც ხშირად იწვევს წ/ც სიდიდის გაზრდის აუცილებლობას.

პორტლანდცემენტის შემკვრელზე დამზადებულ ბაზალტის ბეტონს აქვს დიდი სიმტკიცე (65...77 მგპა), მაღალი დრეკადობის მოდული, ცვეთამედეგობა, ყინვა-მედეგობა და წყალშთანთქმის დაბალი მაჩვენებელი.

ლიმონიტის ბეტონი. ლიმონიტის დაბალი სიმკვრივიდან გამომდინარე, ბეტონიც დაბალი სიმკვრივისაა (2500...2900 კგ/მ³). მაგრამ ასეთ ბეტონში ქიმიურად დაკავშირებული წყლის რაოდენობა დიდია (11%-მდე). ამ წყლის დაუკარგავად მისი ექსპლუატაცია შეიძლება 160°C ტემპერატურამდე. 300°C-მდე გაცხელებისას ლიმონიტის შემვსებიდან იკარგება 50%-მდე ქიმიურად დაკავშირებული წყალი, 500°C-ზე – დაახლოებით 70%, ხოლო 800°C-სა და მეტზე წყალი მთლიანად ორთქლდება.

ლიმონიტის ბეტონში წყლის მაღალი შემცველობა განაპირობებს ბირთვული რეაქტორის ამონაგების სისქის შემცირებას 17...21%-ით, ჩვეულებრივ ბეტონთან შედარებით.

ლიმონიტის ბეტონს აქვს შედარებით ნაკლები კუმშვის სიმტკიცე – 14...17 მგპა, თბოგამტარობის კოეფიციენტი – 0,99...1,63 ვატ/(მ·კ), ხაზობრივი გაფართოების კოეფიციენტი – $4,8 \cdot 10^{-6} \text{ კ}^{-1}$.

იმის გამო, რომ შემვსები ფენოვანი სტრუქტურისაა, ლიმონიტის ბეტონს ახასიათებს დიდი შეკლება – 0,6...1,2 მმ/მ, მაგრამ ფოლადის შემვსების შეტანა საშუალებას გვაძლევს შეკლების სიდიდე შევამციროთ (0,4 მმ/მ-მდე), სიმკვრივე (3500...4000 კგ/მ³) და სიმტკიცე (35...40 მგპა) – გავზარდოთ.

სერპენტინის ბეტონი შეიცავს ლიმონიტის ბეტონზე მეტ ქიმიურად დაკავშირებულ წყალს. აღნიშნულ ბეტონში 20°C ტემპერატურაზე ქიმიურად დაკავშირებული წყალია 10...15%, 400°C-ზე კი – 10%. უფრო მაღალ ტემპერატურაზე (500°C) სერპენტინის ბეტონი ინარჩუნებს საკმაო რაოდენობის წყალს, მასში შუალედური ნეიტრონები არ გროვდება და ყველა ენერგიის ნეიტრონისათვის დაცვა გამოდის საკმაოდ ეფექტური.

სერპენტინის ბეტონის სიმკვრივეა 2300...2600 კგ/მ³, დრეკადობის მოდული 20°C-ზე – 18,2 გიგაპა, ხოლო 500°C-ზე – 4420 მგპა. მასალის დადებითი თვისებაა დიდი მედეგობა მაღალ ტემპერატურაზე, გრანიტზე, ჰემატიტზე, ფოლადისა და თუჯის

ჯართზე დამზადებულ ბეტონთან შედარებით. სერპენტინის ბეტონს აქვს მინიმალური ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი და ფარდობითი წრფივი დეფორმაცია. 650°C -მდე გაცხელებისას სერპენტინის ბეტონი თანაბრად ფართოვდება, ტემპერატურის შემდგომი გაზრდისას იწყება სწრაფი შეკლება, გამოწვეული სერპენტინის კრისტალების გადაკრისტალებით.

როდესაც აუცილებელია გავზარდოთ ბეტონის სიმკვრივე, ახდენენ სერპენტინის შეცვლას ფოლადის ჯართით ან მაგნეტიტის შემვსებით. რკინასერპენტინის 3360 კგ/მ³ სიმკვრივის ბეტონი შეიძლება გამოვიყენოთ შენობის ნეიტრონული და უგამოსხივებისაგან დასაცავად 450°C ტემპერატურამდე. სერპენტინის ნარევი ბარიტან, მაგნეტიტან, ფოლადისა და თუჯის ჯართთან, საშუალებას გვაძლევს ბეტონის სიმკვრივე გავზარდოთ $4600\ldots4800$ კგ/მ³-მდე, თბოგამტარობის კოეფიციენტი – 1,26...2,67 კტ/(მ·კ)-მდე.

ქრომიტის ბეტონი გამოიყენება დამცავი კონსტრუქციისათვის, რომელიც ექსპლუატაციის პროცესში განიცდის მაღალ რადიაციულ დატვირთვას და ტემპერატურას. პორტლანდცემენტზე მიღებული ქრომიტის ბეტონი გეომეტრიული ზომებისა და თვისებების შეუცვლელად უძლებს $2,7 \cdot 10^{25}$ ნეიტრონ/მ² ინტეგრალურ ნაკადს, $200\ldots250^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე. ქრომიტის შემვსების მაქსიმალური სისხლ არ უნდა იყოს 20 მმ-ზე მეტი.

მაგნეტიტის ბეტონი თვისებებით ქრომიტის ბეტონის ანალოგიურია: სიმკვრივე 4000...4500 კგ/მ³, კუმშვის სიმტკიცე – 50...70 მგპა, დრეკადობის მოდული 20°C ტემპერატურაზე – 45...84 გიგაპა, პუასონის კოეფიციენტი – 0,2...0,23.

მაგნეტიტის ბეტონი ხასიათდება მაღალი თბოგამტარობით $2,675\ldots3,256$ კტ/(მ·კ) და წრფივი ტემპერატურული გაფართოების $(9\ldots15) \cdot 10^{-6} \text{ კ}^{-1}$ კოეფიციენტით.

ჰემატიტის ბეტონს აქვს მაგნეტიტის ბეტონის ანალოგიური ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები (სიმკვრივე 3800 კგ/მ³). ჰემატიტის მაღნისათვის დამახასიათებელია მომატებული სიხისტე და სიმაგრე. ეს სიძნელეს ქმნის შემვსების დამზადებისას. იმის გამო, რომ ჰემატიტის შემვსებს აქვს ჭარბი ფირფიტოვან-წვეტიანი ფორმის მარცვლები, ნარევის აღვილჩაწყობის უზრუნველყოფისათვის აუცილებელია წყლის ხარჯის გაზრდა. შემვსების მარცვლების ძლიერი კრისტალიზებადი ხასიათის გამო, ჰემატიტის ბეტონი ნაკლებმედეგია ტემპერატურის ზემოქმედებაზე, ვიდრე მაგნეტიტის. ჰემატიტისა და მაგნეტიტის ბეტონში ბევრი რკინაა, რის გამოც შთან-

თქმისას წარმოიქმნება მეორეული მაღალენერგიული გამა-გამოსხივება (7,7 მგვ-მდე), რაც მოითხოვს დაცვის სისქის გაზრდას 18...20%-ით, იმ მასალასთან შედარებით, რომელიც რკინას არ შეიცავს.

ბარიტის ბეტონი ფართოდ გამოიყენება გამოსხივებისაგან დასაცავად რენტგენის ლაბორატორიაში, სამეცნიერო, სამრეწველო, სამედიცინო დაწესებულებაში. ბარიტის ბეტონის სიმკვრივეა 2700...3800 კგ/მ³, კუმშვის სიმტკიცე – 16...30 მგპა, გაჭიმვის სიმტკიცე – კუმშვის სიმტკიცის 8...10%, თბოგამტარობის კოეფიციენტი – 1,28...1,98 ვატ/(მ·კ), წრფივი ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი – 20...900°C ინტერვალში ($(20...30) \cdot 10^{-6} \text{ J}^{-1}$). ბარიტის ბეტონს ახასიათებს დიდი შეკლება და დაბალი მედუგობა ციკლურ ტემპერატურულ ზემოქმედებაზე, რაც განპირობებულია BaSO₄-ის ანიზოტროპული მსხვილკრისტალური სტრუქტურით. ამას მივყართ შემვსების სტრუქტურის და, შესაბამისად, ბეტონის სტრუქტურის „მორყვასთან“. ამ მდგომარეობის გათვალისწინებით, ბარიტის ბეტონის გამოყენება რეკომენდებულია ისეთ კონსტრუქციაში, რომელიც არ განიცდის 80°C-ზე მეტ და ცვლადი ტემპერატურის ზემოქმედებას.

ბარიტის მადანში წყალსხნადი მარილების არსებობა ზღუდავს ბარიტის ბეტონის გამოყენებას ისეთ მშენებლობაში, რომელიც განიცდის გრუნტის წყლების მოქმედებას.

ელემენტ Ba-ის დიდი ატომური მასა (რომელიც შეადგენს ბარიტის 59%-ს), საკმაოდ ასუსტებს დაბალი ენერგიების – 0,5 მგვ – გამოსხივებას. ბარიტის ბეტონში, რკინის მადნის შემცველი ბეტონისაგან განსხვავებით, არ აღინიშნება მეორეული გამა-გამოსხივების წარმოქმნა. ბარიტის ბეტონის მაკროსკოპული კვეთი უზრუნველყოფს ნეიტრონების ნაკადისაგან ეფექტურ დაცვას.

ბარიტის ბეტონის თვისებების რეგულირებისათვის იყენებენ სხვადასხვა მინერალურ დანამატს (რკინის მადანი, ფოლადი), რომელიც ზრდის მის სიმკვრივეს და შეიცავს ქიმიურად დაკავშირებულ წყალს (ლიმონიტის მადანი). ლიმონიტის დამატება ბეტონში წყლის რაოდენობას 23%-მდე ზრდის, მაგრამ სიმკვრივე მცირდება 3440-დან 3240 კგ/მ³-მდე.

ბეტონი ბორის დანამატით. მძლავრ ატომბიროვულ რეაქტორში აქტიური ზონიდან ხდება რადიაციის დიდი გაუღნვა, შედეგად წარმოიშობა რადიაციული დატვირთვა, რომელიც დაცვაში მაღალ ტემპერატურას იწვევს. ამიტომ, მიზანშეწოლია ბირთვული რეაქტორის დაცვა მოხდეს ცეცხლმედეგი ბეტონით. ასეთ ბეტონს

მიეკუთვნება ბორის შემცველი ბეტონი. ცეცხლმედეგ ბეტონში ბორის შეყვანა დასაბუთებულია ორი მოსაზრებით:

– მაღალ ტემპერატურაზე ხდება ბეტონის გაუწყლოება, რაც აუარესებს მის დამცავ თვისებებს. ბორი დაბალენერგეტიკული ნეიტრონების კარგი შთამნოქმედია და მისი გარკვეული რაოდენობით არსებობა გაუწყლოებულ ბეტონში წყალბადის არარსებობას აკომპენსირებს;

– ბორს აქვს თბური ნეიტრონების წატაცების დიდი კვეთი და ცვლის თბოგამოყოფის განაწილების სიდიდეს, შესაბამისად ტემპერატურას.

მაგრამ ბორის შემცველი ყველა მინერალი ანელებს ცემენტის დუღაბის შეცვრას და გამაგრებას, რაც ხშირად ამცირებს სიმტკიცეს. ასეთი მინერალის რაოდენობა ბეტონის ნარევში არ უნდა იყოს ცემენტის მასის 15%-ზე მეტი. ბეტონის შეკვრისა და გამაგრების პროცესებზე ბორის ნაერთების მავნე გავლენის ასაცილებლად გამოიყენება ბორის კარბიდის ნაერთები B_6C , B_4C , B_3C ან მათ ამუშავებენ სხვადასხვა ფისით. ბორშემცველი ბეტონის გამოყენება ყველა შემთხვევაში დასაბუთებული უნდა იყოს კონკრეტული გაანგარიშებით, რადგან ბორის კარბიდი ძალიან ძვირი მასალაა.

სამშენებლო დუღაბი და ბეტონი მაღალი სიმკვრივის მინის შემვსებზე. მაღალთიხამიწოვან ცემენტზე მიღებული რადიაციადამცველი დუღაბი რეკომენდებულია სასწრაფო სარემონტო-აღდგენითი სამუშაოებისათვის ატომური ენერგეტიკის ობიექტებზე და სამშენებლო დეტალებისა და ნაკეთობის დასამზადებლად. დუღაბის სიმკვრივეა $4000...4150 \text{ კგ/მ}^3$, კუმულის სიმტკიცე (3 -დღიანის) – $40...54 \text{ მგპა}$, დუნვის სიმტკიცე (3 -დღიანის) – $5,7...7,7 \text{ მგპა}$, საერთო ფორიანობა – $3,8...6,8\%$, წყალშთანთქმა – $1,3...2,3\%$, შეკლება – $0,036...0,096\%$, წრფივი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი ($20...120^\circ\text{C}$ ინტერვალში) – $7,1...7,3 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, წრფივი შესუსტების კიონფიციენტი $1,25$ მგევ ქვანტი ენერგიის დროს – $0,22...0,23 \text{ სმ}^{-1}$. რადიაციული მდგრადობის კოეფიციენტი ($1,5$ მგარევი დოზის შთანთქმისას) – $0,96$.

მინაშემვსებზე მიღებული ზემძიმე ბეტონისაგან რეკომენდებულია დამზადდეს რადიოაქტიური ნარჩენების საცავის გადამდობი კონსტრუქცია. ასეთი ბეტონის სიმკვრივეა $3800...4200 \text{ კგ/მ}^3$, კუმულის სიმტკიცე – $20...100 \text{ მგპა}$, დუნვის სიმტკიცე – $8...10 \text{ მგპა}$, წყალშთანთქმა – $1,0...1,4\%$, შეკლება – $0,1...0,3 \text{ მმ/მ}$, წრფივი შესუსტების კიონფიციენტი $0,66...1,5$ მგევ ფოტონის ენერგიის დროს – $0,27...0,35 \text{ სმ}^{-1}$, რადიაციული მდგრადობის კიონფიციენტი ($\text{შთანთქმული დოზა } 3,0 \text{ მგგრევი}$) – $0,9$.

რადიაციადამცველი მასალები მურდასანგგლიცერინის ცემენტზე. მურდასანგგლიცერინის ცემენტი მიიღება ტყვიის ოქსიდის (ტყვიის მურდასანგი) და გლიცერინის ხსნარის შერევით. კომპონენტების ოპტიმალური შეერთების შედეგად (ტექნიკური გლიცერინი – 14,6%, ტყვიის ოქსიდი – 83,4%, წყალი – 2,0%) ცემენტის სიმკვრივეა 4570 კგ/მ³, კუმშვის სიმტკიცე – 23 მგპა და წყალშთანთქმა 24 საათში – 0,96%. მაღალი სიმკვრივის შემვსების და დისპერსიულარმირებადი დანამატის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს სიმკვრივე გავზარდოთ 5050...9580 კგ/მ³-მდე, კუმშვის სიმტკიცე – 28...35 მგპა-მდე. მურდასანგგლიცერინის ცემენტზე მიღებული კომპოზიცია რეკომენდებულია საცალო რადიაციადამცავი სამშენებლო ნაკეთობის დასამზადებლად.

ბეტონი ლითონის შემვსებზე მზადდება ხელოვნურ შემვსებზე – სპეციალურად დამზადებულ ლითონის ნაჭრებზე, სფეროებზე, ცილინდრებზე. ლითონის შემვსები მიიღება ნახშირბადოვანი ფოლადის, თუჯის, ტყვიისა და მეტალურგიული წარმოების ნარჩენებისაგან: მარტენის დუმლის წილის დამსხვრევით და იმ მტვრისაგან, რომელიც გროვდება ლითონგადამამუშავებელი საწარმოს მტვერდამჭერი მოწყობილობით. პორტლანდცემენტის რადიაციადამცველი სამშენებლო დუდაბის (სიმკვრივით 3150 კგ/მ³) დამზადებისათვის შემვსებად რეკომენდებულია ფოლადის დნობის დროს წარმოქმნილი მძიმე მტვერი.

მაღალი რადიაციადამცავი თვისებები აქვს ბეტონს, ტყვიის შემვსებით. ატომური ელექტროსადგურის (აქს) ბიოლოგიური დაცვისა და გადამდობი კონსტრუქციისათვის ალუმინატურ ცემენტსა და ტყვიაზე მიღებული ბეტონი გამოიყენება. მისი სიმკვრივეა 8500 კგ/მ³, კუმშვის სიმტკიცე – 30 მგპა, გაჭიმვის სიმტკიცე – 6 მგპა. ასეთ ბეტონში დანამატად რეკომენდებულია ლიმონიტი, სერპენტინი, ტურმალინი.

ბეტონს თუჯის ჯართზე, ტყვიის საფანტზე, ნაჭრების სახის მეტალურგიულ ჯართზე, ლითონის ნაშტამპის ნარჩენებზე, ფეროფოსფორის ან ფეროსილიციუმის წარმოების ნარჩენზე (სიმკვრივით 3600..6800 კგ/მ³) აქვს რამდენადმე ნაკლები მექანიკური თვისებები, ვიდრე ჩვეულებრივ ბეტონს: დრეკადობის მოდული $(1..2,3) \cdot 10^4$ მგპა, სიმტკიცე – 6...11,5 მგპა, შეკლება 6 თვის შემდეგ – 0,45 მმ/მ, სრული შეკლება 0,75 მმ/მ, წრფივი ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი – $5,1 \cdot 10^{-6} \text{J}^{-1}$. ეს აიხსნება ბეტონის მოცულობაში კომპონენტების განაწილების სირთულით. გარდა ამისა, მნელდება მჭიდრო კონტაქტი ცემენტის ქვასთან.

რკინის ჯართზე მიღებული ზემძიმე ბეტონის ნაკლია რკინის ჩანართების აქტივიზაცია ნეიტრონული ნაკადის გავლენით და ხისტი მეორეული გამოსხივება.

მაღალმოლეგულური ნაერთებიანი დამცველი მასალები. ნეიტრონული გამოსხივებისაგან დამცავი ეკრანის მასალად გამოიყენება პოლიეთილენის ან პროპილენის მრგვალი მარცვლების კომპოზიცია, შემქვრელია სწრაფგამაგრებადი სინთეზური ფისი, ბარიტის ფენილის დანამატით. ნარევში თბური ნეიტრონების შთამნთქმელად შეიძლება ლითიუმის, ბორის, კადმიუმის გამოყენება.

რეაქტორის ბიოლოგიური დაცვისათვის ტყვიისდანამატებიან პოლიეთილენზე მზადდება ბლოკები.

ნებისმიერი გამოსხივება პოლიმერში იწვევს ქიმიურ ცვლილებას, შედეგად იშლება არსებული და წარმოიქმნება ახალი კავშირები. ორგანულ მასალაში რადიაციულ-ინდუცირებული ცვლილება დაკავშირებულია, ძირითადად, კოვალენტური კავშირების წყვეტასთან. მარტივ ორგანულ ნაერთში რადიაციული ეფექტი დიდი არ არის, მაგრამ პოლიმერში ის მნიშვნელოვნადაა გამოხატული. კაუჩუკსა და პლასტიკში რადიაციულ-ინდუცირებული ცვლილება აისახება მათ გარეგნულ სახეზე, ფიზიკურ და ქიმიურ მდგომარეობასა და მექანიკურ თვისებებზე. გარეგნულად შეიძლება ჩაითვალოს ფერის დროებითი ან მუდმივი ცვლილება, ასევე ბუშტებისა და ბურცების წარმოქმნა. ქიმიურ ცვლილებებს მიეკუთვნება ორმაგი კავშირები, დესტრუქციის პროცესების გამოყოფა, გაპერვა, ჟანგვითი დესტრუქცია, პოლიმერიზაცია, დეპოლიმერიზაცია და აირგამოყოფა. ფიზიკურია: სიბლანტის, ხსნადობის, ელექტროგამტარობის, ფლუორესცენციისა და კრისტალიზაციის ცვლილება.

კრისტალურობის შეცვლაზე მსჯელობენ: სიმკვრივის, დნობის ტემპერატურის, რენტგენული სხივების დიფრაქციისა და თვისების ცვლილებით. მექანიკური თვისებებიდან იცვლება კუმშვისა და გაჭიმვის სიმტკიცე, დრეკადობის მოდული, სიმაგრე და პლასტიკურობა.

დასხივებისას პოლიმერში ერთდროულად მიმდინარეობს რამდენიმე რეაქცია, მაგრამ პროცესის უმეტესობა დამოკიდებულია მასალის ქიმიურ ბუნებაზე. ბევრი პლასტიკისა და კაუჩუკისათვის ეფექტი მიღის ვულკანიზაციის პროცესამდე, ხასიათდება სიმაგრის ზრდითა და ხსნადობის შემცირებით, ზოგჯერ კი, დასხივების საწყის სტადიაზე, სიმტკიცის მატებით.

ვულკანიზაციის (გაკერვის) ეფექტი მეტი აქვს პოლიეთილენს, პოლისტიროლს, სილიკონს, აკრილნიტრილ კაუჩუკს, ნეოპრენს, ბუტადიენსტიროლს და ნატურალურ

კაუზუქს. მეორე მხრივ, ისეთ მასალაში, როგორიცაა ტეფლონი, პოლიფორქლორეთილენი, მეთილაკრილატი, ცელულოზის პლასტიკი და პოლისულფატური ელასტომერი, ცვლილებას თან სდევს, ძირითადად, ჯაჭვების გაწყვეტა, რასაც მივყავართ მასალის დარბილებამდე. პოლიმერის სხვა კლასთან შედარებით ელასტომერებს დაბალი რადიაციული მედეგობა ახასიათებს. საერთოდ, ლითონთან და კერამიკასთან შედარებით, პოლიმერი გამოირჩევა ნაკლები რადიაციამედეგობით, იონიზირებადი გამოსხივება კი პოლიმერში იწვევს შეუქცევად ცვლილებებს.

რადიოაქტიური ნარჩენების ტრანსპორტირებისას რეკომენდებულია ორმაგკედლიანი ფოლადის ჭურჭელი. კედლებს შორის სივრცე შევსებულია პორტლანდცემენტისა და მძიმე შემვსებისაგან (ბარიტი და ჰემატიტი) დამზადებული ბეტონით. შეკვრისთანავე ჭურჭელი იხურება წყლის აორთქლებისაგან დასაცავად. ბეტონის სიმკვრივე 3500 კგ/მ³-ზე მეტია და კუმშვის სიმტკიცეა 40..60 მგპა, სიცარიელე – 4...7%-მდეა.

3. დასპგნა

1. მასალის თვისებაზე ყველაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ექსპლუატაციის ტემპერატურა T , მაიონებელი გამოსხივების ხანგრძლივობა და ინტენსიურობა, რის მიხედვითაც განისაზღვრება მასალის მიერ შთანთქმული რადიაციის დოზის D სიდიდე. მომატებული T და D დროს გამოიყენება ლითონის მასალა, რომლისგანაც მზადდება ატომური რეაქტორის საპასუხისმგებლო დეტალები, კვანძები და აგრეგატები. ბიოლოგიური დაცვისათვის, რომელზეც ნაკლები ინტენსიურობის რადიაცია მოქმედებს, კომპოზიციური საშენი მასალა – ბეტონი გამოიყენება. ტექნოლოგიურ მოწყობილობაში და გადამდობი დამცავი საფარისათვის, ატომური ელექტროსადგურის შენობის შიგა კონსტრუქციისათვის, რენტგენის კაბინეტისათვის, დეფექტოსკოპის ლაბორატორიისათვის ფართოდ გამოიყენება პოლიმერული მასალა.

2. მასალის რადიაციადამცველი თვისება ფასდება უნარით, შეასუსტოს, შთანთქოს ან გაფანტოს მაიონებელი გამოსხივება. ყველაზე მეტი შეღწევადობა აქვს გამა-სხივებს და ნეიტრონებს. ამიტომ დამცველმა მასალამ, პირველ რიგში, უნდა უზრუნველყოს გამა-სხივების შესუსტება და ნეიტრონების შთანთქმა. გამა-სხივებისაგან დაცვის ეფექტურობა შთამთქმელის ატომური ნომრისა და სიმკვრივის

ზოდის პროცესიული იზრდება. ნეიტრონების ნაკადისაგან დაცვა კი მოითხოვს სხვადასხვა ქიმიური ელემენტის შერწყმას, რომელიც უზრუნველყოფს ნეიტრონების შესუსტებასა და წატაცებას. რადიაციული გამოსხივებისაგან ეფექტური დაცვისათვის მასალაში შერწყმული უნდა იყოს მსუბუქი, საშუალო და მძიმე ელემენტები.

ლიტერატურა

1. Прошин А.Я., Демьянова В.С., Калашников Д.В. Особотяжелый бетон для защиты от радиации. Пенза, 2004. - 140 с.
2. Комаровский А.Н. Строительные материалы для защиты от излучений. Москва, 1978. – 116 с.
3. Дубровский В.Б., Аблевич З. Строительные материалы для защиты от ионизирующих излучений. Москва, 1993. - 240 с.
4. Дубровский В.Б., Жолдак Г.И. Бетоны на железорудных заполнителях в условиях высоких радиационно-температурных нагрузок. Москва, 1979. - 405 с.
5. Прошин А.П., Королев Е.В., Очкина Н.А. и др. Строительные растворы для защиты от радиации. Пенза, 2002. - 202 с.
6. Дубровский В.Б. Радиационная стойкость строительных материалов. Москва, 1987. - 278 с.
7. Милинчук В.К., Клиншпонт Э.Р., Тупиков В.И. Основы радиационной стойкости органических материалов. Москва, 1998. - 256 с.
8. Чальзби А. Ядерные излучения и полимеры. Москва, 1982. - 522 с.
9. Соколова Ю.А., Королева О.В., Самошин А.П. и др. Методологические принципы создания радиационно-защитных бетонов. Москва, 2006. - 54 с.
10. Алимов Л.А., Воронин В.В. Бетоноведение. Москва, 2010. - 424 с.
11. Несветаев. Бетоны. Ростов-на-Дону, 2011. - 380 с.
12. Баженов Ю.М., Воронин В.В., Алимов Л.А. Структура и свойства бетонов с наномодификаторами. Москва, 2013. - 204 с.
13. Королев Е.В., Баженов Ю.М., Смирнов В.А. Строительные материалы вариатропно-каркасной структуры. Москва, 2011. - 304 с.
14. Баженов Ю.М. Технология бетона. Москва, 2007. - 500 с.
15. EN 206-1. Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity.
16. Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А. Бетоны. Технические требования. Методы испытаний. Москва, 2013. - 120 с.
17. ჩილვანი ა.ბ. ბეტონის ტექნოლოგია. თბილისი, 2015. - 358 გვ.

УДК 338.47

НАПРАВЛЕНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В ТРАНСПОРТНЫЙ СЕКТОР АЗЕРБАЙДЖАНА

А.З. Пашаев

Азербайджанский государственный экономический университет,
Азербайджанская государственная морская академия

Резюме. Рассмотрена теоретическая обоснованность инвестиций, направляемых в транспортный сектор; эффективность международных транспортных коридоров, проходящих через страны. Также при помощи общих и специальных методов определяется влияние фактора времени на интенсивность грузопассажирских перевозок и транспортного сектора на рентабельность вложения инвестиций.

Ключевые слова: инвестиция; транспортный сектор; эффективность.

1. ВВЕДЕНИЕ

С целью обеспечения долговременного роста и стабильности национальной экономики, мероприятия, направленные на увеличение рентабельности инвестиций в транспортный сектор, являются одним из приоритетов государства [1]. Инвестиционные вложения, по своему экономическому назначению в составе общественного продукта, для удовлетворения спроса на товары и услуги являются основным фактором, обуславливающим широкое воспроизводство основных фондов. Передача основных фондов в пользование, их долгосрочное рентабельное использование, а также претворение в жизнь предполагаемых в будущем проектов обеспечиваются инвестиционными вложениями. В инвестиционные вложения в транспортный сектор входят средства, направленные в строительство транспортной инфраструктуры, прокладку дорог, производство или импорт транспортных средств и их запасных частей, усовершенствование системы управления и др. Основным назначением инвестиционных вложений

является повышение мощности транспортного производства в стране в соответствие с планом. Этот процесс осуществляется как строительством и введением в эксплуатацию новых производственных фондов, так и перестройкой и расширением существующих основных фондов. Инвестиционные вложения являются главным источником широкого воспроизводства основных фондов. Это определяет рост материально-технической базы, занимает ведущее место в улучшении жизненных и культурно-бытовых условий населения. В транспортном секторе капитальное строительство осуществляется за счёт инвестиционных вложений. Инвестиционные вложения - это показатель материально-технических, трудовых и финансовых ресурсов, выраженный денежной суммой средств, направленных на воспроизведение новых, перестройку и перевооружение существующих фондов. Инвестиционные вложения должны быть направлены на повышение эксплуатационной деятельности и экономической эффективности, увеличение производительности транспортных предприятий, улучшение трудовых и бытовых условий работников транспортных предприятий, уменьшение фонда и материалоёмкости перевозок и др. работ, уменьшение себестоимости продукта и повышение качества транспортной продукции. В последнее время увеличивается общественный контроль за получением и расходованием средств, выделяемых на защиту окружающей среды от загрязнений в результате эксплуатации транспорта [2]. Транспорт, наряду с такими инфраструктурными сферами экономики страны, как энергетика, связь, образование, здравоохранение, удовлетворяет первичные потребности жизнедеятельности общества, играя важную роль в достижении социальных, экономических, внешнеполитических и других приоритетов государства [3].

Фактор времени играет первостепенное значение как в оптимизационных расчетах, так и в расчетах по обоснованию планов развития транспорта, так как для всех его видов характерны:

- ярко выраженная динамика роста объемов работы; этапность процесса наращивания мощности (пропускной способности) сооружений;
- необходимость создания устойчивых значительных первоначальных резервов мощности (пропускной способности) сооружений;
- длительные сроки функционирования основных производственных фондов;
- переменность во времени текущих транспортных издержек и их существенная дифференциация по сравниваемым вариантам;
- существенный разрыв во времени между капитальными вложениями и эффектом, с ними связанным (существование так называемого лага времени);

Методы учета фактора времени широко распространены на транспорте в расчетах сравнительной и общей экономической эффективности капитальных вложений.

- Оценка вариантов проектных решений с разновременными капитальными вложениями.

Основной принцип учета фактора времени в расчетах сравнительной экономической эффективности сформулирован в Налоговом кодексе Азербайджанской Республики и заключается в том, что если по сравниваемым вариантам капитальные вложения осуществляются в разные сроки, а текущие затраты изменяются во времени, то сравнение вариантов следует производить приведением затрат более поздних лет к текущему моменту путем применения коэффициента приведения, учитывающего неравноценность разновременных затрат.

Одна из основных причин неравноценности разновременных капитальных вложений заключается в том, что фонд капитальных вложений в каждый данный момент ограничен и не может удовлетворить потребности в них всего количества объектов, которые могли бы быть включены в план капитального строительства. Поэтому, если при решении какой-либо задачи возникает возможность часть капитальных вложений отложить на более поздний срок (без ущерба для ее решения), то такая отсрочка всегда целесообразна. Перенесение капитальных вложений на более поздний срок не может осуществляться произвольно и связано с определенными трудностями (нормирование распределения вложений по годам строительства в проекте организации строительно-монтажных работ, фиксированность принятого в проекте технологического процесса осуществления работ и т. д.).

В результате отнесения капитальных вложений на более поздний срок, вложения, вы-свободившиеся на данном участке экономики страны, могут быть эффективно использованы на другом его участке. Тем самым создается реальная возможность расширить границы капитального строительства в плане данного периода и, следовательно, решить дополнительные задачи, что равносильно увеличению фонда капитальных вложений.

Через t лет затраты K , производимые в настоящее время, экономически равнозначны затратам $K(1 + E_{\text{пп}})^t$. Если обозначить через $B_{\text{пр}}$ коэффициент, учитывающий меньшую значимость вложений, отдаленных от начального срока на t лет, то получаем равенство $B_{\text{пр}}K(1 + E_{\text{пп}})^t = K$, откуда

$$B_{\text{пр}} = \frac{1}{(1+E_{\text{пп}})^t}, \quad (1)$$

где $B_{\text{пр}}$ - коэффициент приведения разновременных затрат;

t - срок, на который отдаляются капитальные вложения;

$E_{\text{пп}}$ - норматив приведения разновременных затрат; при действующем порядке начисления амортизационных отчислений величина этого норматива установлена Налоговым кодексом Азербайджанской Республики, равной 0,22.

В формуле сложных процентов (1), нашедшей наиболее широкое применение в проектной практике, предполагается, что полученный в каждом году эффект превращается в капитальные вложения следующего года. Следовательно, формула сложных процентов описывает дискретный процесс получения и использования эффекта с интервалом в один год. В экономической литературе предлагаются другие формулы расчета коэффициента приведения — простых процентов и экспоненциальной функции.

Приведение разновременных вложений в сопоставимый вид не имеет целью изменить сметную стоимость строительства и ее частей, приходящихся на различные годы. Оно нужно для того, чтобы учесть влияние фактора времени при сравнении вариантов. Соответственно приведенные величины сохраняют свое значение только на период сопоставлений для выбора варианта и не могут заменить сметную стоимость объектов.

Исходя из сформулированных выше принципов, при одноэтапных капитальных вложениях и меняющихся ежегодных эксплуатационных расходах (когда строящиеся объекты загружаются не сразу, а постепенно), варианты сравниваются по суммарным затратам за расчетный срок из условия

$$Z_p = K_0 + \sum_1^{t_p} \frac{C_t}{(1+E_{\text{пп}})} = \min , \quad (2)$$

где K_0 - капитальные вложения, производимые в первоначальный период до эксплуатации объекта, принимаемые за нулевой год;

C_t - ежегодные эксплуатационные расходы по годам расчетного периода;

t_p - расчетный срок в годах; его величина должна быть одинаковой для всех сравниваемых вариантов и приниматься равной сроку достижения расчетной мощности, нагрузки или пропускной способности. При многоэтапных капитальных вложениях и меняющихся по годам эксплуатационных расходах (что характерно для проектных решений, различающихся сроками строительства и очередностью ввода в действие пусковых объектов) оптимальный вариант выбирается по минимуму суммарных затрат за весь период сравнения:

$$Z_c = K_0 + \sum_{t=1}^{t_1} \frac{C_{t_1}}{(1+E_{\text{пп}})^t} + \frac{K_1}{(1+E_{\text{пп}})^t} + \sum_{t_1+1}^{t_2} \frac{C_{t_2}}{(1+E_{\text{пп}})^t} + \frac{K_2}{(1+E_{\text{пп}})^t} + \dots + \\ + \frac{K_2}{(1+E_{\text{пп}})^t} + \sum_{t_n+1}^{t_c} \frac{C_{t_c}}{(1+E_{\text{пп}})^t} = \min, \quad (3)$$

где K_1, K_2, \dots, K_n - капитальные вложения, производимые поэтапно соответственно через t_1, t_2, \dots, t_n лет в период эксплуатации объекта;

$\sum_{t=1}^{t_1} C_{t_1}, \sum_{t=t_1+1}^{t_2} C_{t_2}, \dots, \sum_{t=t_n+1}^{t_c} C_{t_c}$ - сумма ежегодных эксплуатационных расходов за время между двумя смежными этапами капитальных вложений;

t_c - период сравнения в годах. Продолжительность периода сравнения должна быть одинаковой для всех сравниваемых вариантов. Его продолжительность устанавливается таким образом, чтобы сравниваемые варианты в конце этого периода по всей технической вооруженности решали поставленную задачу и могли быть приняты экономически неразличимыми. Период сравнения рекомендуется принимать равным 15-20 годам с начала эксплуатации первого объекта комплекса [4].

Формами воспроизводства основных фондов на транспорте являются:

- Капитальное строительство как процесс создания новых, реконструкции или расширения действующих фондов производственного и непроизводственного назначения, а также монтажа оборудования.

- Ввод в действие машин, механизмов и оборудования, не требующих монтажа. Результаты этих форм воспроизводства в практике планирования выступают в виде единой экономической категории - ввода в действие основных фондов.

- Эта категория включает величину возмещения выбывших основных фондов, т. е. результат их простого воспроизводства, и величину прироста основных фондов, т.е. результат их расширенного воспроизводства.

Планы капитальных вложений по транспорту должны предусматривать развитие его до уровня, обеспечивающего:

- перевозки грузов и пассажиров в соответствии с перспективами роста экспорта и импорта продукции промышленности и сельского хозяйства;
- развитие производительных сил в экономических районах ;
- повышение материального и культурного уровня населения;
- технический прогресс на транспортном хозяйстве;
- комплексную механизацию и автоматизацию транспортных процессов.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ полученных результатов. Благодаря усилиям Гейдара Алиева в Азербайджане был проведен международный форум по восстановлению и развитию Великого шелкового пути, в котором участвовали представители 42 стран мира, из которых восемь были представлены президентами. Как отметил на этом форуме в сентябре 1998 года Гейдар Алиев: “Бакинский саммит сыграет свою историческую роль в развитии сотрудничества, обеспечении мира, благополучия и процветания в каждой стране и на всем евразийском пространстве”.

Основные цели развития великого исторического Шелкового пути выражаются в следующем:

- развитие торгово-экономических отношений стран региона;
- развитие транспортных сообщений - международных перевозок грузов и пассажиров;
- создание благоприятных условий для транзитных перевозок;
- ускорение сроков доставки и сохранности перевозимых грузов;
- гармонизация транспортной политики;
- льготы на тарифы перевозок и налогообложения;
- координация взаимоотношений между различными отраслями транспорта;
- согласованная политика в области международных и внутренних тарифов на грузовые и пассажирские перевозки;
- разработка программ согласованных действий по организации мультимодальных (комбинированных) перевозок.

Следует отметить, что географическое положение Азербайджана и, соответственно, его роль в великом Шелковом пути являются ключевыми, если учесть еще и то, что в республике достаточно хорошо развиты все виды транспортных средств и магистралей (воздушный, железнодорожный, морской и автомобильный) [6].

19-го октября 1995-го года были установлены два нефтепроводных маршрута для транспортировки на мировые рынки нефти, добыча которой планировалась в азербайджанском секторе Каспийского моря. Первый маршрут назывался Северный маршрут. Общая протяженность нефтепровода Баку–Грозный–Тихорецк–Новороссийск составляет 1346 км, в том числе 230 км по территории Азербайджана. 25-го октября 1997-го года по этому маршруту была экспортирована первая партия нефти.

Второй нефтепровод – Западный маршрут, общая протяженность которого составляет 920 км (480 км нефтепровода проходит по территории Азербайджана). Данный нефтепровод был сдан в эксплуатацию 17-го апреля 1999-го года. Посредством этого нефтепровода, имеющегося в Баку-Супса, в год в Западные страны транспортируется 15 миллионов тонн нефти.

В то же время, начиная с 2006-го года, сдача в эксплуатацию нефтепровода Баку–Тбилиси–Джейхан стала гарантом выхода азербайджанской нефти на мировые рынки. По этому нефтепроводу в год на мировые рынки транспортируется 50 миллионов тонн нефти.

Общая протяженность магистральных трубопроводов на территории страны составляет 4,6 тысячи км. [9].

Трансанатолийский газопровод [7]



Азербайджано-турецкое межправительственное соглашение по строительству газопровода ТANAP было подписано 25 июня 2012 года в Стамбуле. Первоначальная пропускная способность трубопровода, как ожидается, достигнет 16 миллиардов кубических метров в год. Около шести миллиардов кубометров будет поставляться в Турцию, а остальное - в Европу. В Турцию газ попадет уже в 2018 году, а после завершения строительства Трансадриатического газопровода (ТАР) газ поступит в Европу приблизительно в начале 2020 года. Общая стоимость проекта оценивается в 10 миллиардов долларов [7].

Азербайджан, расположенный в стратегически важном регионе – на пересечении двух основных международных транспортных коридоров с Севера на Юг и с Востока на Запад, на протяжении веков играл уникальную роль моста между ними.

Проводятся интенсивные работы по созданию международного транспортного коридора «Север-Юг». Присоединение Азербайджанской Республики к этому транспортному коридору одобрил в свое время общенациональный лидер Гейдар Алиев. С его согласия в этом направлении были проделаны ряд важных работ. С тех пор эти вопросы подробно обсуждались на многочисленных встречах руководства Министерства транспорта Азербайджанской Республики с руководителями транспортных ведомств и соответствующих структур Российской Федерации и Исламской Республики Иран.

Соглашение о международном транспортном коридоре «Север-Юг» было подписано 12 сентября 2000 года в Санкт-Петербурге между Российской Федерацией, Исламской Республикой Иран и Индией. Соглашение вступило в силу 21 мая 2002 года - после прохождения внутренних процедур в указанных странах. Оно охватывает все виды транспорта: транспортную инфраструктуру и транспортные средства, обеспечивающие перевозки железнодорожным, морским, автомобильным, речным и воздушным транспортом, за исключением Индии, участие которой предусматривается только в перевозках по морским маршрутам. Прогнозы показывают, что функционирование коридора «Север-Юг» в полную силу создаст условия для выхода европейских стран, России, регионов Центральной Азии и Кавказа в направлении Персидского залива и Индии, приведет к интенсификации торговых отношений прикаспийских государств с портами Черного моря. Этот коридор позволит увеличить железнодорожные перевозки и, соответственно, доходы железнодорожного транспорта, как от местных, так и транзитных перевозок между Европой, Южной Азией и Ближним Востоком [8].

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка рациональных инвестиционных проектов, планирование на основе предварительного анализа, организация предполагаемых в будущем работ транспортных предприятий, регулирование деятельности в результате приспособления к конкурентной среде создают возможность для достижения поставленных целей и продолжительного перспективного развития транспортного сектора. В настоящее время для безопасной, удобной и своевременной доставки грузов и пассажиров до нужных пунктов необходимо обеспечение инте-

нсивной деятельности различных видов транспорта. Для повышения уровня доходов на транспортных предприятиях и транспортных средствах необходимо внедрение новейших технологических достижений. Производство высокотехнологичного продукта требует крупных финансовых ресурсов. Исследования показывают, что финансовые ресурсы, направленные на совершенствование управления, создание надёжной среды и условий здоровой конкуренции приносят положительные результаты в работе транспорта [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.president.az/articles/17872>
2. Eugene F.Brigham and Joel F.Houston. Fundamentals of Financial Management. Seventh edition. Ankara Nobel akademik yayincılık egitim danışmanlık Tic. Ltd. Şti. 2014.s.6;
3. <http://www.traceca-org.org/ru/strany/azerbaidzhan/transportnyi-sektor-azerbaidzhanskoi-respublikı/razvitie-transporta/>
4. Обухов С.А. Экономическая эффективность капитальных вложений и новой техники на морском транспорте. Москва: Рекламинформбюро ММФ, 1976. – 29 с.
5. Пашаев А.З. Направленные инвестиции в транспортный сектор. Научная статья. Азербайджанская Государственная Морская Академия, № 1. Баку, 2016. – 169 с.
6. <http://www.traceca-org.org/ru/strany/azerbaidzhan/azerbaidzhan-v-traseka/>
7. <http://novosti.az/economy/1014.html>
8. <https://ady.az/ru/read/index/5/43>
9. <http://www.traceca-org.org/ru/strany/azerbaidzhan/transportnyi-sektor-azerbaidzhanskoi-respublikı/truboprovodnyi-transport/>

შაგ 514.113.5

პირობების დაზღვნა, რომელთა შესრულებისას პირამიდის სიმაღლე გაკვეთს მის არეს

ბ. მასპინძელიშვილი, ი. ქადარია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: თუ მოცემულია პირამიდის წვეროს კორდინატები, მაშინ დადგენილია პირობები, რომელთა შესრულებისას პირამიდის წვეროს გეგმილი მის გუმენები და მასზე გამავლი სიმაღლე მდგრადი პირამიდის არეში.

საკვანძო სიტყვები: პირამიდა; პირამიდის არე; პირამიდის წვერო; პირამიდის სიმაღლე; გეგმილი; სიბრტყე; ნორმალური ვექტორი; სიბრტყის განტოლება; წრფის განტოლება; წახნაგი; მონაკვეთი.

1. შესავალი

სტუდენტთა მომზადების დონე, ძირითადად, განპირობებულია სასწავლო-მეთოდური სახელმძღვანელოების ხარისხით. როგორც მხაზველობითი, ისე ანალიზური გეომეტრიის სწავლებაში მნიშვნელოვანია ისეთი ამოცანების დასმა და გადაწყვეტა, რომელთა შესწავლაც სტუდენტებს გამოუმუშავებს ლოგიკურ აზროვნებას, გაზრდის საგნისადმი ინტერესს და განუვითარებს დამოუკიდებელი მუშაობის უნარ-ჩვევებს.

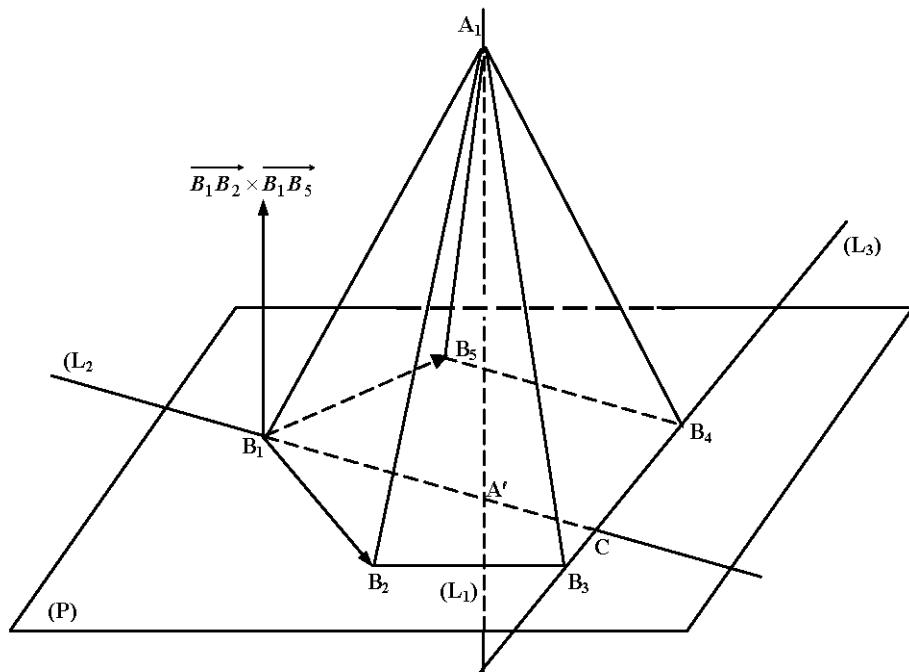
2. მიზანთაღი ნაწილი

ზოგადი ამოცანა. პირამიდის წვეროა $A_0(x_0; y_0; z_0)$ წერტილი, ფუძის წვეროებია წერტილები: $B_1(x_1; y_1; z_1), B_2(x_2; y_2; z_2), \dots, B_n(x_n; y_n; z_n)$.

დავადგინოთ, თუ რა პირობები უნდა შესრულდეს იმისათვის, რომ პირამიდის სიმაღლემ გაკვეთოს მისი არე.

ამოხსნა. განვიხილოთ $A_1B_1B_2B_3B_4B_5$ პირამიდა. შევადგინოთ სიბრტყის განტოლება, რომელზეც პირამიდის ფუძე მდებარეობს. ამ სიბრტყის ნორმალური გექტორი იქნება პირამიდის ფუძის რომელიმე ორი არაპარალელური წიბოსაგან მიღებული გექტორების გექტორული ნამრავლი, $\overrightarrow{B_1B_2} \times \overrightarrow{B_1B_5} = A\vec{i} + B\vec{j} + C\vec{k}$. ვთქვათ, ამ სიბრტყის განტოლებაა

$$A(x - x_1) + B(y - y_1) + C(z - z_1) = 0. \quad (\text{P})$$



სურ. 1

ვიპოვთ პირამიდის $A_1(x_0; y_0; z_0)$ წვეროს გეგმილი (P) სიბრტყეზე. შევადგინოთ წრფის განტოლება, რომელიც გადის $A_1(x_0; y_0; z_0)$ წვეროზე (P) სიბრტყის მართობულად. წრფის მიმმართველი გექტორი იქნება (P) სიბრტყის ნორმალური გექტორი, ე.ი. მისი განტოლებაა

$$\frac{x - x_0}{A} = \frac{y - y_0}{B} = \frac{z - z_0}{C}. \quad (\text{L}_1)$$

$A_1(x_0; y_0; z_0)$ წერტილის გეგმილი (P) სიბრტყეზე იქნება (P) სიბრტყისა და (L_1) წრფის გადაპვეთის წერტილი

$$\begin{cases} A(x - x_1) + B(y - y_1) + C(z - z_1) = 0, \\ x = At + x_0, \quad y = Bt + y_0, \quad z = Ct + z_0 \end{cases}$$

განტოლებათა სისტემის ამონახსნია: $x'_0; y'_0; z'_0$, ე.ი. $A'_1(x'_0; y'_0; z'_0)$ წერტილი არის $A_1(x_0; y_0; z_0)$ წვეროს გეგმილი (P) სიბრტყეზე (სურ. 1).

დავადგინოთ, რა პირობები უნდა შესრულდეს, რომ $A'_1(x'_0; y'_0; z'_0)$ წერტილი მდებარეობდეს პირამიდის $B_1B_2B_3B_4B_5$ ფუძეზე. შევადგინოთ წრფის განტოლება, რომელიც გადის $A'_1(x'_0; y'_0; z'_0)$ წერტილზე და პირამიდის ფუძის რომელიმე წვეროზე, ვთქვათ $B_1(x_1; y_1; z_1)$ -ზე,

$$\frac{x - x'_0}{x_1 - x'_0} = \frac{y - y'_0}{y_1 - y'_0} = \frac{z - z'_0}{z_1 - z'_0}. \quad (L_2)$$

ვიპოვოთ (L₂) წრფის გადაკვეთის წერტილი პირამიდის ფუძის რომელიმე გვერდის შემცველ წრფესთან. მაგალითად, $B_3(x_3; y_3; z_3)$ და $B_4(x_4; y_4; z_4)$ წვეროებზე გამავალ წრფესთან, რომლის განტოლებაა

$$\frac{x - x_3}{x_4 - x_3} = \frac{y - y_3}{y_4 - y_3} = \frac{z - z_3}{z_4 - z_3}. \quad (L_3)$$

გადაკვეთის წერტილი იქნება

$$\begin{cases} \frac{x - x'_0}{x_1 - x''_0} = \frac{y - y'_0}{y_1 - y'_0} = \frac{z - z'_0}{z_1 - z'_0}, \\ \frac{x - x_3}{x_4 - x_3} = \frac{y - y_3}{y_4 - y_3} = \frac{z - z_3}{z_4 - z_3} \end{cases}$$

განტოლებათა სისტემის ამონახსნი. ვთქვათ, ეს წერტილია $C(x'_1; y'_1; z'_1)$. $A'_1(x'_0; y'_0; z'_0)$ წერტილი რომ მდებარეობდეს პირამიდის ფუძეზე უნდა შესრულდეს შემდეგი პირობები: 1. $C(x'_1; y'_1; z'_1)$ წერტილი უნდა ეკუთვნოდეს B_3B_4 გვერდს, ე.ი. $|B_3B_4| = |B_3C| + |CB_4|$; 2. $A'_1(x'_0; y'_0; z'_0)$ წერტილი უნდა ეკუთვნოდეს B_1C მონაკვეთს, ე.ი. $|B_1C| = |B_1A'_1| + |A'_1C|$ (სურ. 1).

მაშასადამე, პირამიდის სიმაღლე გაკვეთს მის არეს, თუ პირამიდის წვეროს გეგმილი მდებარეობს პირამიდის ფუძეზე, ეს მაშინ მოხდება, როცა სრულდება მოყვანილი პირობები.

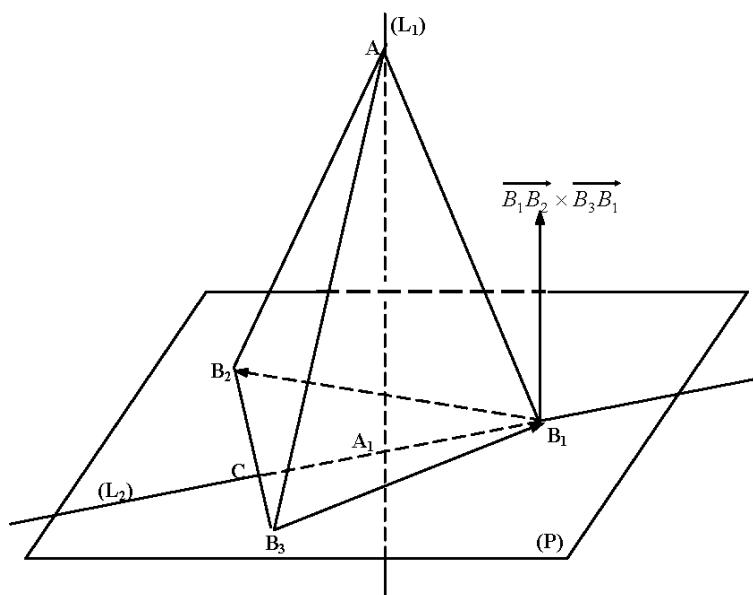
თუ არ სრულდება პირველი პირობა, ვიპოვით (L₂) წრფის გადაკვეთის წერტილს პირამიდის ფუძის სხვა გვერდის შემცველ წრფესთან, ამასთან, შევამოწმებთ

გადაკვეთის წერტილი ეკუთვნის თუ არა ამ გვერდს და ა.შ. სხვა შემთხვევაში პირამიდის სიმაღლე არ გაივლის მის არეში.

ამოცანა. პირამიდის წერტილი $A_1\left(\frac{29}{8};0;\frac{5}{24}\right)$ წერტილი, ფუძის წერტილია $B_1\left(4;1;\frac{1}{3}\right)$, $B_2(2;1;1)$, $B_3(4;0;-1)$ წერტილები.

დავადგინოთ, გადაკვეთს თუ არა პირამიდის სიმაღლე მის არეს.

ამონა



სურ. 2

შევადგინოთ (P) სიბრტყის განტოლება, რომელზეც მდებარეობს პირამიდის ფუძე. მისი ნორმალური ვექტორი იქნება, მაგალითად, $\overrightarrow{B_1B_2}$ და $\overrightarrow{B_3B_1}$ ვექტორების კერტორული ნამრავლი, ე.ი. $\overrightarrow{B_1B_2} = \left(-2;0;\frac{2}{3}\right)$, $\overrightarrow{B_3B_1} = \left(0;1;\frac{4}{3}\right)$

$$\overrightarrow{B_1B_2} \times \overrightarrow{B_3B_1} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ -2 & 0 & \frac{2}{3} \\ 0 & 1 & \frac{4}{3} \end{vmatrix} = \frac{-2}{3}\vec{i} + \frac{8}{3}\vec{j} - 2\vec{k},$$

ხოლო სიბრტყის განტოლებაა

$$\frac{-2}{3}(x-2) + \frac{8}{3}(y-1) - 2(z-1) = 0, \quad -x+4y-3z+1=0. \quad (\text{P})$$

ვიპოვთ $A\left(\frac{29}{8}; 0; \frac{5}{24}\right)$ წვეროს გეგმილი (P) სიბრტყეზე. შევადგინოთ წრფის განტოლება, რომელიც გადის $A\left(\frac{29}{8}; 0; \frac{5}{24}\right)$ წვეროზე (P) სიბრტყის მართობულად. წრფის მიმმართველი ვექტორი იქნება (P) სიბრტყის ნორმალური ვექტორი $\vec{n} = (-1; 4; -3)$, ხოლო განტოლებაა

$$\frac{x - \frac{29}{8}}{-1} = \frac{y}{4} = \frac{z - \frac{5}{24}}{-3}. \quad (\text{L}_1)$$

$$A\left(\frac{29}{8}; 0; \frac{5}{24}\right) \quad \text{წვეროს გეგმილი (P) სიბრტყეზე იქნება (P) სიბრტყისა და (L_1)}$$

წრფის გადაკვეთის წერტილი

$$\begin{cases} x = -t + \frac{29}{8}, & y = 4t, & z = -3t + \frac{5}{24}, \\ -x + 4y - 3z + 1 = 0 \end{cases}$$

განტოლებათა სისტემის ამონასსნი:

$$t = \frac{1}{8}, \quad x = \frac{7}{2}, \quad y = \frac{1}{2}, \quad z = \frac{-1}{6}, \quad A_1\left(\frac{7}{2}; \frac{1}{2}; \frac{-1}{6}\right) \quad (\text{სურ. 2}).$$

დავადგინოთ, ეპუთვნის თუ არა $A_1\left(\frac{7}{2}; \frac{1}{2}; \frac{-1}{6}\right)$ წერტილი პირამიდის ფუძეს. შევადგინოთ წრფის განტოლება, რომელიც გადის $A_1\left(\frac{7}{2}; \frac{1}{2}; \frac{-1}{6}\right)$ წერტილსა და პირამიდის ფუძის რომელიმე წვეროზე, ვთქვათ $B_1\left(4; 1; \frac{1}{3}\right)$ -ზე.

$$\frac{x - \frac{7}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{y - \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{z + \frac{1}{6}}{\frac{1}{2}}. \quad (\text{L}_2)$$

ვიპოვთ (L₂) წრფის გადაკვეთის წერტილი $B_2(2; 1; 1)$ და $B_3(4; 0; -1)$ წვეროებზე გამავალ წრფესთან, რომლის განტოლებაა

$$\frac{x-2}{2} = \frac{y-1}{-1} = \frac{z-1}{-2},$$

ხოლო გადაკვეთის წერტილია

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2}t + \frac{7}{2}, & y = \frac{1}{2}t + \frac{1}{2}, & z = \frac{1}{2}t - \frac{1}{6}, \\ \frac{x-2}{2} = \frac{y-1}{-1} = \frac{z-1}{-2} \end{cases}$$

განტოლებათა სისტემის ამონას სინარჩუნები:

$$t = \frac{-1}{3}, \quad x = \frac{10}{3}, \quad y = \frac{1}{3}, \quad z = \frac{-1}{3}, \quad C\left(\frac{10}{3}; \frac{1}{3}; \frac{-1}{3}\right). \quad \text{შევაძლო} \quad B_2B_3 \quad \text{გვერდს; ე. გ. } |B_2B_3| = 3, \quad |B_2C| = 2, \quad |CB_3| = 1. \quad \text{მაშასადამე,}$$

$|B_2B_3| = |B_2C| + |CB_3|$ და $C\left(\frac{10}{3}; \frac{1}{3}; \frac{-1}{3}\right)$ წერტილი ეპუთვნის B_2B_3 გვერდს.

დავადგინოთ, ეპუთვნის თუ არა $A_l\left(\frac{7}{2}; \frac{1}{2}; \frac{-1}{6}\right)$ წერტილი B_1C მონაკვეთს; ე. გ.

$|B_1C| = \frac{2}{3}\sqrt{3}$, $|B_1A_l| = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $|A_lC| = \frac{\sqrt{3}}{6}$. რადგანაც $|B_1C| = |B_1A_l| + |A_lC|$, ამიტომ $A_l\left(\frac{7}{2}; \frac{1}{2}; \frac{-1}{6}\right)$ წერტილი ეპუთვნის B_1C მონაკვეთს და პირამიდის $A\left(\frac{29}{8}; 0; \frac{5}{24}\right)$ წვერი.

როდენ დაშვებული სიმაღლე გაკვეთს მის არეს (სურ. 2).

3. დასპანა

როდესაც ცნობილია პირამიდის წვეროების კორდინატები, დადგენილია პირობები, რომელთა შესრულებისას პირამიდის სიმაღლე გაკვეთს მის არეს. საილუსტრაციოდ განხილულია პრაქტიკული ამოცანა.

ლიტერატურა

1. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры. М.: Наука, 1980. - 336 с.
2. Гурский Е.И. Основы линейной алгебры и аналитической геометрии. М.: Высш. шк., 1982. - 272 с.

შაგ 691.32

დეფორმაციის სიჩქარის გაზლენა სხვადასხვა ტექნიკური გადასახლებას გათვალისწინებული მახასიათებლებზე, გაფიქტირების

ა. საყვარელიძე, ნ. ღუდუშაური

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: შესწავლით სხვადასხვა ტექნიკური გადასახლების ძეგლის მექანიკური მახასიათებლები (სიმტკიცე, დეფორმაცია, დრეკადობის მოდული) დეფორმაციის ხუთი სხვადასხვა (ერთმანეთისაგან ხარისხით განსხვავებული) სიჩქარის დროს – გაჭიმვისას.

გამოცდები ჩატარდა დეფორმაციის სიჩქარეთა $2,13 \cdot 10^7 \div 2,13 \cdot 10^3$ დო-აპაზონში. გამოცდილი იყო 28 დღის ქ.წ. „სველი“ და „გრალი“ ნიმუშები. „სველი“ ნიმუშების ტექნიკურება იყო 4,6% (მასის მიხედვით); „გრალი“ ნიმუშებისა – 0% (მასის მიხედვით). გამოიცადა ორივე ტექნიკურების 36-36 ნიმუში. თითოეული დეფორმაციის სიჩქარისას – 6 ტუბი ნიმუში. გამოცდებით დადგინდა გაჭიმვისას სხვადასხვა ტექნიკური გადასახლების ძეგლის მექანიკური მახასიათებლების სიდიდეები და მათი დამოკიდებულება და ფორმაციის სიჩქარეზე.

საკვანძო სიტყვები: ძეგლი; გაჭიმვა; ტექნიკური გადასახლება; დეფორმაცია; სიჩქარე; სიმტკიცე; დრეკადობის მოდული; გრალი; სველი.

1. შესავალი

გამოკვლევის მიზანია: გაჭიმვისას სხვადასხვა ტექნიკური გადასახლების მდიმე ძეგლის სიმტკიცის, ზღვრული დეფორმაციებისა და დრეკადობის მოდულების დადგენა და მათი დამოკიდებულება დეფორმაციების სიჩქარეზე. გამოცდები ჩატარებულია დეფორმაციის (გაჭიმვის) ხუთი სხვადასხვა სიჩქარის დროს, რომლებიც ერთმანეთისა-გან განსხვავდება ხარისხით. დეფორმაციების სიჩქარეთა დიაპაზონი ($2,13 \cdot 10^7 \div 2,13 \cdot 10^3$ 1/სმ) პრაქტიკულად მთლიანად მოიცავს სტატიკური დატვირთვის სფეროს.

2. მირითადი ნაწილი

ჩატარებულია სხვადასხვა ტენშემცველობის ბეტონის გაჭიმვისას მასალის სიმტკიცის, ზღვრული დეფორმაციებისა და დრეკადობის მოდულების სიდიდეების, ასევე ამ მახასიათებლებზე დეფორმაციების სიჩქარის გავლენის კვლევა.

გამოცდები ჩატარებულია დეფორმაციის 5 ერთმანეთისაგან ხარისხით განსხვავებული დეფორმაციის სიჩქარის დროს /1,2/.

გამოცდილია ნიმუშები – „ბრტყელი რვიანები“ – სიჩქარით 50 მმ, სიგანით მუშა ნაწილში – 70 მმ, მთლიანი სიგრძით – 530 მმ. ნიმუშების ფორმის, გამოკვლეული ბეტონის ტექნოლოგიური პარამეტრებისა და ცდების ჩატარების მეთოდიკის შესახებ დაწვრილებით იხილეთ /1,2/-ში. ნიმუშები დამზადების შემდეგ 28 დღის განმავლობაში ინახებოდა „სტანდარტულ“ პირობებში – გარემოს ფარდობითი ტენიანობა $\varphi=10$ ჰაერის ტემპერატურა $T=20\pm1^{\circ}\text{C}$ /1/.

ჩატარდა ექსპერიმენტების 2 სერია. პირველ სერიაში გამოიცადა 28 დღის („სტანდარტულ“ პირობებში მყოფი) ნიმუშები, ე.წ. „სველი“ ნიმუშები, რომელთა ტენშემცველობა იყო 4,6% (მასის მიხედვით). მეორე სერიაში გამოიცადა ე.წ. „მშრალი“ ნიმუშები – გამოცდების წინ გამოსაშრობ კამერაში 105°C -ზე მუდმივ წონამდე გამომშრალი „სველი“ ნიმუშები /1/. „მშრალი“ ნიმუშების ტენშემცველობა $W=0\%$ (მასის მიხედვით).

ორივე სერიაში ნიმუშები გამოიცდებოდა $2,13 \cdot 10^{-7}$ და $2,13 \cdot 10^{-3}$ 1/შ დეფორმაციების სიჩქარის დროს.

პირველ სერიაში გამოიცადა 36 „სველი“ ნიმუში, მეორე სერიაში – 36 „მშრალი“ ნიმუში. ორივე სერიაში ყოველ სიჩქარეზე გამოიცდებოდა 6 ტყუპი ნიმუში.

ყველა შემთხვევაში გამოცდების დროს ხდებოდა: სიმტკიცის, ფარდობითი ზღვრული დეფორმაციების სიდიდეების დადგენა და დრეკადობის მოდულების განსაზღვრა.

ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია ცხრილში.

ცხრილის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გაჭიმვისას, დეფორმაციის სიჩქარის 4 ხარისხით გაზრდის შემთხვევაში, მექანიკური მახასიათებლები „სველი“ და „მშრალი“ ნიმუშებისათვის იცვლება:

- სიმტკიცე იზრდება შესაბამისად 17,1%-ითა და 15,6%-ით;
- ზღვრული ფარდობითი დეფორმაცია მცირდება შესაბამისად 5,7%-ითა და 7,2%-ით;
- დრეკადობის მოდულები იზრდება შესაბამისად 19,1%-ითა და 17,2%-ით.

**გაჭიმვისას სხვადასხვა ტენშემცველობის ბეტონის მექანიკურ
მახასიათებლებზე დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა**

დეფორმაციის სიჩქარე $E\cdot 10^4$	ნიმუშის სიმტკიცე მგპა	ზღვრული დეფორმაცია $\varepsilon \cdot 10^{-6}$	დრეკადობის მოდული $E\cdot 10^4$ მგპა
2,13·10 ⁻³ „სველი ნიმუშები“			
2,13·10 ⁻⁷	3,5	130	3,20
2,13·10 ⁻⁶	3,5	124	3,30
2,13·10 ⁻⁵	3,8	128	3,41
2,13·10 ⁻⁴	4,0	123	3,61
2,13·10 ⁻³	4,1	122	3,81
„მშრალი ნიმუშები“			
2,13·10 ⁻⁷	3,6	120	3,41
2,13·10 ⁻⁶	3,8	118	3,54
2,13·10 ⁻⁵	3,9	114	3,62
2,13·10 ⁻⁴	4,1	112	3,81
2,13·10 ⁻³	4,2	111	3,98

3. დასპენა

ექსპერიმენტებით დადგენილია სხვადასხვა ტენშემცველობის ბეტონის გაჭიმვისას სიმტკიცის, ზღვრული ფარდობითი დეფორმაციებისა და დრეკადობის მოდულების სიდიდეები დეფორმაციის 5 სხვადასხვა (ერთმანეთისაგან ხარისხით განსხვავებული) სიჩქარის დროს.

ნაჩვენებია, რომ გაჭიმვისას სხვადასხვა ტენშემცველობის ბეტონის მექანიკურ მახასიათებლებზე დეფორმაციის სიჩქარე, გამოკვლეულ დიაპაზონში, სუსტ გაფლენას ახდენს.

ლიტერატურა

1. Сакварелидзе А.В. Некоторые задачи механики строительных композиционных материалов. Тбилиси: Мецниереба, 1998. - с. 131с.
2. ა. საყვარელიძე, ხ. ღუდუშაური, ხ. ნარიმანიძე. დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა სხვადასხვა ასაკის ბეტონის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლებზე / „პიდროინჟინერია“ 1-2 (15-16) თბილისი, 2013 წ. გვ. 66-69.

შავ 697.1 (0.753)

შეცოგათა ენერგოეფექტურობის გაზრდა საყოფაცხოვრებლ ჩამდინარე ტყველის თბური ენერგიის რეპულიკური ხარჯზე

ა. კოპალიანი, მ. გრძელიშვილი, დ. კუჭუხიძე
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია შენობათა ჩამდინარე საკანალიზაციო წყლებიდან
თბური ენერგიის უტილიზაციის საკითხი. ჩამდინარე წყლებს, რომელსაც
მაღალი თბური პოტენციალი აქვს, დაახლოებით $15-20^{\circ}\text{C}$, მიაქვს ნარჩენი
სითბოს დიდი რაოდენობა, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იყოს შენო-
ბათა თბომომარაგების მიზნით, რაც მნიშვნელოვანწილად დაზოგავს სათ-
ბობ ენერგეტიკულ რესურსებს და, სასაობურე გაზების გამოყოფის შემ-
ცირების გზით, გააუმჯობესებს გარემოს კვოლოგიურ მდგომარეობას.

საკვანძო სიტყვები: კანალიზაცია; ჩამდინარე წყლები; თბური ტუბმ; ენერგოეფექ-
ტურობა; სითბოს უტილიზაცია; თბომომარაგება; გამწერები ნაგებობები.

1. შესავალი

ენერგოეფექტური მშენებლობა თანამედროვე სამშენებლო დარგის პრიორი-
ტეტული მიმართულებაა და იგი გულისხმობს როგორც სათბობ-ენერგეტიკული რე-
სურსების დაზოგვას, ისე მის რაციონალურ (ეფექტურ) ხარჯვას. ეს კი ქვეყნის
ეკონომიკური განვითარების ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულებაა.

ამასთანავე ადსანიშნავია, რომ ევროკომისის ინიციატივით, 2022 წლისათვის
საქართველოში სამშენებლო სექტორში ენერგოეფექტური პროექტების განხორციე-
ლება იწყება როგორც საჯარო, ისე კერძო სფეროში.

2014 წლის ივნისში საქართველომ სელი მოაწერა ევროკავშირში ასოცირების
შეთანხმებას, ხოლო ორი წლის შემდეგ გახდა ევროპის ენერგეტიკული კავშირის
წევრი, რაც იმას ნიშნავს, რომ საქართველომ იკისრა ვალდებულება ენერ-
გოეფექტური მშენებლობის სფეროში.

2. მიზანთადი ნაწილი

განვითარებულ ქვეყნებში გამომუშავებული ენერგიის ყველაზე დიდი წილი, დაახლოებით 40-45% მოდის შენობა-ნაგებობებზე, ხოლო მისი 77% გათბობასა და ცხელი წყლით უზრუნველყოფის სისტემას ხმარდება. ანალოგიური მდგომარეობაა საქართველოშიც. ამ რაოდენობის თბური ენერგიის დაფარვა, ძირთადად, წიაღისეული სათბობის ხარჯზე ხდება. წიაღისეული სათბობის მარაგი კი ულევი არაა და მისი რესურსი თანამედროვე ენერგომოთხოვნების მიხედვით 60-70 წლამდეა გათვლილი.

აქედან გამომდინარე, შენობა-ნაგებობის ენერგოფექტურობის გაზრდას პირველადის ხოვანი მნიშვნელობა ენიჭება.

შენობა-ნაგებობის ენერგოფექტურობის გაზრდის რამდენიმე გზა არსებობს, როგორც კონსტრუქციული, ისე ტექნოლოგიური. კონსტრუქციული გზა, რომელიც შემომზღვდი კონსტრუქციების ანუ შენობის გარსის ენერგოფექტურობის გაზრდას გულისხმობს განხილულია [1]-ში.

ენერგოფექტურობის გაზრდის ერთ-ერთი მთავარი მიმართულებაა წიაღისეული სათბობის ჩანაცვლება განახლებადი ენერგიით. ამ შემთხვევაში პირველადი ენერგიის წყაროა ჩვენ ირგვლივ მყოფი ჰაერი, წყალი, გრუნტი და სხვა, ხოლო თბური გენერატორია თბური ტუბო, რომელიც, გარკვეული თერმოდინამიკური პროცესების საფუძველზე, თბურ ენერგიას დაბალპოტენციური თბური წყაროდან გადასცემს გათბობის სისტემას.

თბური ტუბოს მუშაობა დაფუძნებულია საყოველთაოდ ცნობილ ორ ფიზიკურ მოვლენაზე. პირველია ის, რომ როდესაც ნივთიერება ორთქლდება, იგი სითბოს შთანთქავს, ხოლო როდესაც კონდენსირდება, ამ სითბოს აბრუნებს და მეორე – როდესაც წნევა იცვლება, იცვლება ნივთიერების აორთქლების ტემპერატურაც, რაც მაღალია წნევა მით მაღალია ტემპერატურა და – პირიქით.

ამ ორ ფიზიკურ მოვლენაზე დამოკიდებული თბური ტუბოს მრავალგვარი კონსტრუქცია არსებობს, რომელიც ნებისმიერ სითბოს გარდაქმნის შენობის გათბობის სისტემისათვის საჭირო პარამეტრამდე. ჩვენ ირგვლივ არსებული გარემო ფაქტობრივად ულევი რაოდენობის სითბოს წყაროა, რომლის ტემპერატურაც $0\div20^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებშია და მათ დაბალპოტენციური თბური წყაროები ეწოდება.

დაბალპოტენციურ თბურ წყაროებს მიეკუთვნება კანალიზაციის ჩამდინარე წყლები. ზამთარში შენობის წყალმომარაგების სისტემას მიეწოდება $5-10^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის ციგი წყალი, რომელიც თბება მიღსაღენებში, ერევა ცხელ წყალს და შენობას ტოვებს $20-30^{\circ}\text{C}$ ტემპარატურის.

კანალიზაციაში ჩამდინარე წყლებს თან მიაქვს უზომო რაოდენობის თბური ენერგია. მაგალითად, ქ. თბილისში კანალიზაციაში ჩამდინარე წყლების რაოდენობა საშუალოდ არის $4,6\text{m}^3/\text{წ}\cdot\text{მ}$. თუ ამ რაოდენობის სითხეს 10°C -ით გავაცივებთ,

$$Q=4600 \cdot 3600 (15-5) = 165600000 \text{ კკალ/სთ}$$

ანუ საათში მივიღებთ $165600 \cdot 1,16 = 192000$ კვტ თბურ ენერგიას, რაც დაახლოებით 20000 მ³ ბუნებრივი გაზის ენერგიის ტოლფასია.

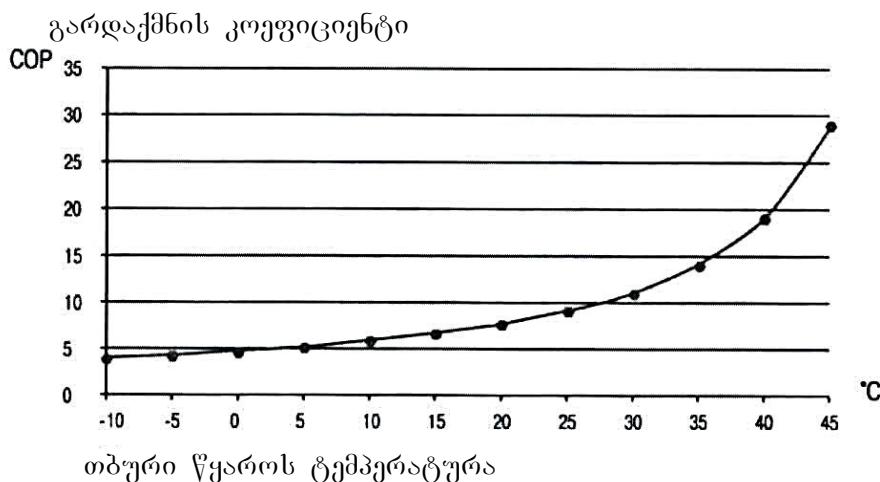
გათბობის სისტემაში თბური ტუმბოს გამოყენების მთავარი პარამეტრია მისი სიმძლავრის ანუ გარდაქმნის კოეფიციენტი COP (coefficient performance) და იგი არის თბური ტუმბოს მიერ გამომუშავებული თბური ენერგიის ფარდობა დახარჯულ ელექტროენერგიასთან

$$\varepsilon = \frac{Q}{E}.$$

რაც უფრო დიდია სიმძლავრის კოეფიციენტი, მით მეტია თბური ტუმბოს ეფექტურობა და იგი დამოკიდებულია დაბალპოტენციური სითბოს წყაროს ტემპერატურაზე. 1-ელ სურათზე ნაჩვენებია თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე.

როგორც ამ სურათიდან ჩანს, კანალიზაციაში ჩამდინარე წყლების შემთხვევაში, თბური ტუმბოს სიმძლავრის (გარდაქმნის) კოეფიციენტი $7 \div 10$ -ის ფარგლებშია, რაც სისტემაში მისი მუშაობის საუკეთესო პირობებს ქმნის.

გათბობის ტექნიკაში თბური ტუმბოს გამოყენების შეფასების მიზნით მას ადარებენ ბუნებრივ გაზს. ბუნებრივი გაზისა და ელექტროენერგიის ფასების ფიქსირებული თანაფარდობის დროს, არსებობს თბური ტუმბოს სიმძლავრის კოეფიციენტის (KOP) ისეთი მნიშვნელობა, რომლის მიღწევის დროსაც ექსპლუატაციაში თბური ტუმბო უფრო ეკონომიურია, ვიდრე გაზი. ეს სიდიდე დამოკიდებულია, აგრეთვე, გაზის თბოუნარიანობაზე. შეფასებითი ანგარიშების დროს შეგვიძლია მივიღოთ, რომ გაზისათვის იგი 10 კვტ.სთ-ის ტოლია.



სურ. 1

სამი სიდიდე – გაზის თბოუნარიანობა, სიმძლავრის კოეფიციენტი (KOP) და ფასთა თანაფარდობა (გ/ე) ერთმანეთთან შემდეგი უტოლობითად დაკავშირებული გ/ე·(KOP)≥10,

სადაც გ/ე არის 1მ³ გაზისა და 1 კვტ·სთ ელექტროენერგიის ფასთა თანაფარდობა. ეს თანაფარდობა დღეისათვის ქ. თბილისში შეადგენს

$$\frac{0,456}{0,215} = 2,12$$

ამ პირობის გათვალისწინებით ვღებულობთ თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტის იმ მინიმალურ მნიშვნელობას, რომლის ქვემოთ თბური ტუმბოს გამოყენება არაეფექტურია

$$KOP \geq \frac{10}{2,12} = 4,7.$$

როგორც პირველი სურათიდან ჩანს, თბური ტუმბოს გამოყენება ზოგ შემთხვევაში დაბალპოტენციური წყაროს -10°C ტემპერატურისათვისაც კი ეფექტურია. თბური ტუმბოს გამოყენება ეფექტურია მაშინაც, როდესაც დაბალპოტენციური თბური წყარო -20°C ტემპერატურის პარი.

თბომომარაგების მიზნით, თბური ტუმბოს გამოყენების შემთხვევაში, მისი ეფექტური მუშაობისათვის, სასურველია ვისარგებლოთ დაბალპოტენციური თბური წყაროს შემდეგი ტემპერატურით:

გრუნტი – $6\div 8^{\circ}\text{C}$,

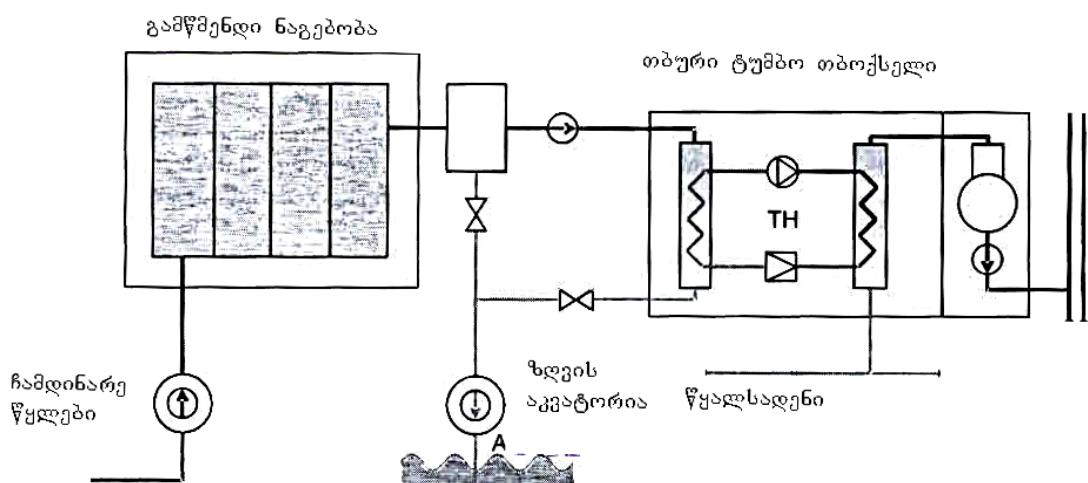
კანალ-წყალსაცავი – $5\div 6^{\circ}\text{C}$,

კანალიზაციაში ჩამდინარე წყლები – $18\div20^{\circ}\text{C}$,

სამრეწველო ჩამდინარე წყლები – 40°C -მდე.

კანალიზაციის თბური ტუმბოები შეიძლება დაიდგას ნებისმიერ ადგილას. უმჯობესია მათი მოწყობა ისეთ ადგილას, სადაც თბური ენერგიის დიდი რაოდენობით მომხმარებელია კონცენტრირებული.

მე-2 სურათზე ნაჩვენებია თბურტუმბოვანი მოწყობილობის განლაგების სქემა საკანალიზაციო გამწმენდი ნაგებობის სიახლოვეს. როგორც ამ სურათიდან ჩანს, სიობოს უტილიზაციის მიზნით, ჩამდინარე წყლები გამწმენდი სადგურის შემდეგ გაივლის რა თბური ტუმბოს თბოგადამცემებს შემდგომი უტილიზაციის მიზნით, მიემართება წყალსატევებისაკენ.



სურ. 2

ჩამდინარე წყლების ტემპერატურა $10\div12^{\circ}\text{C}$ -ით კლებულობს. თბური ტუმბო, სპეციალური თბოგადამცემის საშუალებით, ახდენს ქალაქის წყალსადენებიდან შემოსული ცივი წყლის შეთბობას $60\div70^{\circ}\text{C}$ -მდე, რომელიც დეაერაციის შემდეგ მიეწოდება საქალაქო თბოქსელს და, შესაბამისად, თბური ენერგიის მომხმარებლებს გათბობისა და ცხელწყალმომარაგების სისტემების სახით.

თბური ტუმბო შეიძლება განლაგდეს გამწმენდი ნაგებობებიდან მოშორებით, მაგალითად, საკანალიზაციო გადამქან სადგურებთან. ამ შემთხვევაში, თბურ ტუმბოს მიეწოდება გაუწმენდავი ჩამდინარე სითხე, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს თბურტუმბოვანი სადგურის დირებულებას.

საკანალიზაციო თბური ტუმბოების გამოყენება შეიძლება როგორც მარტო წყალმომარაგებისათვის, ისე გათბობის სისტემებთან კომბინაციაში. ამ დროს თბურ ტუმბოს შეუძლია ჩანაცვლოს შენობათა თბური დატვირთვის 35-40%.

3. დასპეციალური მომსახურებები

1. გაზრდილი მოთხოვნები ენერგორესურსებზე, მათი ტარიფების მუდმივი ზრდა და ტრადიციული ენერგოწყაროების მარაგის შემცირება განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ანიჭებს ენერგოდაზოგვისა და ენერგოეფექტურობის საკითხებს;
2. თანამედროვე შენობებში გათბობისა და წყალმომარაგების ხარჯების შემცირების მიზნით, კანალიზაციის ჩამდინარე წყლების სითბოს უტილიზაცია ენერგორესურსების დაზოგვის მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენს;
3. ჩამდინარე წყლების ენერგიის ნაწილის უტილიზაცია და განმეორებითი გამოყენება იძლევა თბური ენერგიის მნიშვნელოვან ეკონომიას, ამცირებს მის ღირებულებას და გაფრქვეული სასათბურე გაზების შემცირებით აუმჯობესებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას;
4. ქალაქისა და სხვა ტიპის დასახლების საკანალიზაციო სისტემის მოწყობისას, დაპროექტების სტადიაზე, საჭიროა განისაზღვროს ჩამდინარე წყლების თბური პოტენციალი, რომელიც სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვის მიზნით გამოყენებული იქნება თბომომარაგებაში.

ლიტერატურა

1. მ. გრძელიშვილი, ა. კოპალიანი, ი. მარდიშვილი. შენობათა ენერგოეფექტურობის გაზრდა შემომზღვდული კონსტრუქციების ოპტიმალური თბოტექნიკური მახასიათებლების შერჩევით. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №1(44), 2017წ, თბილისი.
2. ა. კოპალიანი. არატრადიცული თბური წყაროები და მათი გამოყენების პერსპექტივები გათბობის, ვენტილაციისა და ჰაერის კონდენცირების სისტემებში. დოქტორის აკადემიური ხარისხზე წარდგენილი დისერტაცია, 2016 წ. თბილისი,
3. Шилкин Н. Утилизация тепла канализационных стоков // «Сантехника», №1, 2003.
4. Christopher Seybold, Marten F. Brunk. Использование теплосточных вод // Планета Климатата. <http://planeta.com.ua/2016>.

შაბ 621. 81

თბოგაცემა წვეთოვანი პონდენსაციის დროს

შ. მესტვირიშვილი, დ. კუჭუხიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნაშრომში მოცემულია წვეთოვანი კონდენსაციის დროს თბოგაცემის ახალი მოდელი, რომელიც ძირულად განსხვავდება არსებული მოდელებისგან. შრომაში თბოგაცემის ზედაპირად, ძირითადად განიხილება კონდენსაციის აფხაზი, რომელიც წარმოიშობა კონდენსაციის ზედაპირზე, ის იზრდება კრიტიკულ სიდიდეებზე, შემდეგ კი იშლება და წარმოქმნის მიკროსკოპულ წვეთებს. აფხაზი დაშლისთანავე ხელახლა წარმოიქმნება და იწყებს ზრდას, პროცესი განუწყვეტლივ მეორდება. აფხაზის დაშლისას წარმოქმნილი წვეთების ნაწილი, რომელიც მცირე ზომისაა, მაღლებრივი დონეზე დამკიცდება, დიდები კი მოძრაობს, ერთმანეთს ეჯახება, ერთდება დაბოლოს მოძრაობას წყვეტს. მოცემული მოდელის მიხედვით, თბოგაცემა მიზანია აფხაზის აფხაზის კონდენსაციის ტრანსპორტირება კონდენსაციის ზედაპირიდან კი ხდება წვეთების საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები: კონდენსაცია; წვეთოვანი; აფხაზი; თბოგაცემა; აორთქლება; ზედაპირული დაჭიმულობა.

1. შესავალი

ბუნებაში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და, ამავე დროს, ყველაზე ინტენსიური პროცესი თბოგაცემის მხრივ, წვეთოვანი კონდენსაცია (თბოგაცემის კოეფიციენტი აფხაზურ კონდენსაციასთან შედარებით 10–15-ჯერ მეტია (1). მიუხედავად ამისა, ტექნიკაში დღემდე თითქმის არ გამოიყენებოდა, რადგან წვეთოვანი კონდენსაციის პროცესი მაღლე გადადის აფხაზურში და დანადგარები, სადაც კონდენსაცია მიმდინარეობს, იწყებს აფხაზური კონდენსაციის რეჟიმში მუშაობას. აღნიშნულის

გამო, დანადგარების პარამეტრების გამოთვლა ხდებოდა აფსკური კონდენსაციის პირობებისათვის. ამიტომ, სამეცნიერო ლიტერატურაში, წვეთოვანი კონდენსაციის გამოკვლევები სხვა თბურ პროცესებთან შედარებით ნაკლებად გვხვდება. დღეს უკვე შეიქმნა ისეთი დანადგარები, რომელებიც დიდი ხნით ინარჩუნებს კონდენსაციის ზედაპირზე წვეთოვანი კონდენსაციის პროცესს და აფსკურ კონდენსაციასთან მისი უპირატესობა უკვე გამოსაყენებელი ხდება. ამიტომ, წვეთოვანი კონდენსაციის დროს, თბოგაცემის რეალური მოდელის წარმოდგენას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

წვეთოვანი კონდენსაცია მიმდინარეობს არასველებად (პიდროფობიურ) ზედაპირებზე, სადაც დაკონდენსირებული სითხე წვეთების სახით გროვდება. წვეთოვანი კონდენსაციის პროცესის სხვადასხვა მოდელი არსებობს, მაგრამ არც ერთი არასახავს სრულად წვეთოვანი კონდენსაციის რეალურ პროცესს. აღნიშნულ შრომაში შევეცდებით გაჩვენოთ განსხვავებული ხელვა წვეთოვანი კონდენსაციის პროცესისა, რომელიც არასველებად ზედაპირზე კონდენსაციის მექანიზმს სრულად წარმოაჩენს.

2. მიზანთადი ნაშილი

ნებისმიერ მყარ სხეულთან გაზის (ორთქლის) შეხებისას ხდება გაზის მოლეკულების ადსორბცია. თავიდან მყარი სხეულის ზედაპირზე წარმოიქმნება გაზის მონომოლეკულური ფენა, შემდეგ ის იზრდება პოლიმოლეკულურამდე და თუ გაზი ნაჯერ მდგომარეობაშია, წარმოიქმნება სითხის გამყოფი აფსკი, რომლის ზედაპირული დაჭიმულობა დასაწყისში მცირეა, მაგრამ აფსკის სისქის ზრდასთან ერთად ისიც იზრდება და აღწევს მაქსიმუმს, გარდა აფსკის სისქისა ზედაპირული დაჭიმულობა ასევე დამოკიდებულია წვეთის დიამეტრზე.

აფსკზე, რომელიც კონდენსაციის ზედაპირსა და სითხის ორთქლს შორის არის მოქცეული, მოქმედებს გამყოფი აფსკის წნევა (2), რომლის სიდიდე გამოითვლება (1) ფორმულით:

$$\Pi = P_2 - P_1 \quad (1)$$

სადაც P_1 არის იმ გარემოს წნევა, რომლისაგანაც წარმოიქმნა აფსკი; P_2 – იმ ზედაპირებზე არსებული წნევა, რომელთა შორისაც აფსკი არის მოთავსებული.

თუ $\Pi > 0$ – დადებითია, მაშინ აფსკი მდგრადია; თუ $\Pi < 0$ – უარყოფითია, აფსკის სისქე მცირდება, იშლება და წარმოიქმნება წვეთები (1; 2), რომლებიც ერთმა-

ნეთისგან დამოუკიდებლად ქაოტურად მოძრაობებს (აღნიშნული მოძრაობა ბროუნის მოძრაობის იდენტურია). დაშლილი გამყოფი აფსკის ადგილზე სწრაფადვე წარმოიქმნება ისევ კონდენსატის აფსკი, წვეთებსა და კონდენსაციის ზედაპირზე მყისიერად წარმოიქმნილ აფსკს შორის გაჩნდება ორთქლის გამყოფი ფენა. ეს გამყოფი ფენა იზოლირებას ახდენს და ამცირებს ხახუნს წვეთსა და გამყოფ აფსკს შორის, რაც ხელს უწყობს წვეთის თავისუფალ გადაადგილებას, ამავე დროს, ორთქლის გამყოფი ფენა ხელს უშლის წვეთის უშუალოდ შეხებას აფსკთან, რაც, თავის მხრივ, იცავს წვეთს მალევე გაქრობისგან, რადგან ზედაპირული დაჭიმულობის გამო, წვეთში სითხის წნევა მეტია, ვიდრე აფსკზე მოქმედი წნევა. წვეთისა და აფსკის უშუალო კონტაქტის შემთხვევაში მოხდებოდა წვეთისა და აფსკის გაერთიანება და წვეთი გაქრებოდა. თბური კონტაქტის თვალსაზრისითაც, ორთქლის გამყოფი ფენის გამო, წვეთი იზოლირებულია თბოგაცემის ზედაპირისგან, რადგან სითხის (კონდენსატის) თბოგამტარობის კოეფიციენტი შედარებო დიდია, ვიდრე მისი ორთქლისა (ორთქლის გამყოფი ფენის), რაც საგრძნობლად ამცირებს წვეთის თბურ აქტიურობას, ვინაიდან წვეთები განმხოლოებულია კონდენსაციის ზედაპირზე არსებული ორთქლის გამყოფი ფენით, წვეთებზე ორთქლის კონდენსაციის ინტენსიურობა მცირება.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, კონდენსაცია მიმდინარეობს, ძირითადად, აფსკზე, აფსკი თანდათან იზრდება (1; 2) შემდეგ თვითნებურად მცირდება და კრიტიკული სისქის მიღწევისას მიკროსკოპულ ნაწილებად იყოფა, რის შემდეგაც ზედაპირული დაჭიმულობის ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნება წვეთები, რომლებიც მცირე ზომისაა და წარმოქმნისას მათი შეუიარაღებელი თვალით შემჩნევა შეუძლებელია. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, წვეთები იწყებს ქაოსურ მოძრაობას. კონდენსირებადი ორთქლის ფლუქტუაციის შედეგად, ისინი მოძრაობის დროს ერთმანეთს ეჯახება და ხდება მათი კოაგულაცია. წვეთები წარმოქმნის საწყის პერიოდში სწრაფად მოძრაობს, შემდეგ კი მათი მასა იზრდება R^3 -ის პროპორციულად, მოქმედი ძალა კი – R^2 -ისა, ამიტომ წვეთი თანდათანობით ანელებს მოძრაობას და შემდეგ ჩერდება [3]. სხვადასხვა სიდიდეების ზომები ცხრილის სახით:

ცხრილი 1

დასახელება	ზომა სანტიმეტრობით
წყლის მოლექულა	$1,5 \cdot 10^{-8}$
მოლექულის თავისუფალი გარბენის მანძილი ნორმალურ პირობებში	$8,5 \cdot 10^{-5}$
მიკროსკოპის გაწევის ზღვარი	$2 \cdot 10^{-5}$
სინათლის აღქმის ტალღის სიგრძე	$7 \cdot 10^{-5}$
ნისლის წვეთი	$(2-4) \cdot 10^{-3}$
შეუიარაღებელი თვალის მხედველობის ზღვარი	$5 \cdot 10^{-3}$
წვიმის წვეთი	$2 \cdot 10^{-2} - 1,0$

აფსკის დაშლისას წარმოიქმნება სხვადასხვა ზომის წვეთები, არის ისეთი მცირე ზომის წვეთებიც, რომლებიც მაღევე ორთქლდება, ეს წვეთები უარყოფითად მოქმედებს საერთო თბოგაცემის ინტენსიურობაზე, რადგან უკან აბრუნებს იმ ორთქლის ნაწილს, რომელიც აფსკზე დაკონდენსირდა. აღნიშნული პროცესი შეიძლება დავახასიათოთ როგორც მეორეული კონდენსაცია. მეორეული კონდენსაციის პროცესში მონაწილე წვეთების ჯამურ მასას თუ აღვნიშნავთ m -ით და სრულ კონდენსატის მასას G -თი, მათ ფარდობას კი S -ით, მაშინ $S=m/G$. S არის მეორეული კონდენსაციის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდეც იცვლება 0-დან 1-მდე, m – წვეთების ჯამური მასა, რომელიც წარმოქმნისთანავე იწყებს აორთქლებას. ეს არის ის წვეთები, რომელთა რადიუსი უფრო მცირეა, ვიდრე საჭიროა ორთქლის გაჯერება მათი მდგრადობისთვის. გაჯერების სიდიდე წვეთის რადიუსთან მიმართებით მოცემულია პირველ ცხრილში [3] და გრაფიკზე. გრაფიკზე მოცემული ხაზი არის საზღვარი, რომელიც გვიჩვენებს, თუ ორთქლის მოცემული გაჯერების დროს რომელი პროცესი განვითარდება – კონდენსაციის თუ აორთქლების. თუ წვეთის დიამეტრი ხაზის მარცხნივ არის, მაშინ წვეთი აორთქლდება, მაგრამ თუ მარჯვნივ – წვეთზე წავა კონდენსაცია. ორთქლის გაჯერება წვეთის გარშემო სითხის ბრტყელ ზედაპირთან შედარებით იანგარიშება კელვინის ფორმულით

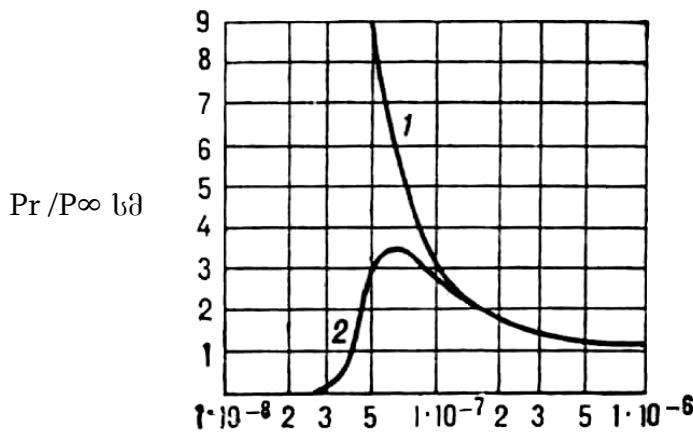
$$\ln(\Pr / P_\infty) \frac{2M\sigma}{rRT\rho} = \frac{2V\sigma}{rRT}, \quad (2)$$

სადაც \Pr არის წვეთსა და P_∞ -ბრტყელ ზედაპირზე ნაჯერი ორთქლის წნევა; r – წვეთის რადიუსი; T – აბსოლუტური ტემპერატურა; M – მოლური მასა; R – უნივერსალური მუდმივა; ρ – სითხის სიმკვრივე; σ – წვეთის ზედაპირული დაჭიმულობა; V – მოცულობა.

როგორც ფორმულიდან ჩანს, წვეთის ზედაპირზე ორთქლის წნევა მარტო წვეთის რადიუსზე არ არის დამოკიდებული, მასზე გავლენას ახდენს წვეთის ზედაპირული დაჭიმულობა და ორთქლის ნაჯერობის ტემპერატურა. თუ გავითვალისწინებთ აღნიშნული სიდიდეების გავლენასაც, მაშინ აორთქლებადი წვეთების კრიტიკული რადიუსი გაიზრდება, რადგან კონდენსაციის დროს ორთქლსა და კონდენსაციის ზედაპირს შორის გვაქვს ტემპერატურათა სხვაობა. ამიტომ ფორმულაში შემავალი სიდიდეები უნდა ავიდოთ კედლის ტემპერატურის მიხედვით, რადგან დაშლისას აფსკს კედლის ტემპერატურა ჰქონდა, ვინაიდან ის კედლზე იყო განლაგებული და წვეთის აორთქლების პროცესიც წვეთის წარმოქმნისთანავე იწყება. შესაბამისად, უკან დაბრუნებული ორთქლის მასაც მეტი იქნება, რადგან კედლის ტემპერატურა ნაკლებია დაახლოებით იმდენით, რასაც უდრის ორთქლისა და კონდენსაციის ზედაპირს შორის ტემპერატურათა სხვაობა. მე-2 ფორმულის საშუალებით გამოთვლილი წვეთსა და ბრტყელ ზედაპირზე მოქმედი ნაჯერი ორთქლის წნევათა ფარდობა მოცემულია მე-2 ცხრილში (მე-2 ცხრილის [3] შედგენისას ეს სიდიდეები მთლიან მოცულობაში არსებული ორთქლის ტემპერატურის მიხედვით არის აღებული).

ცხრილი 2

r სმ	Pr/P _∞
0,0001	1,001
0,00001	1,01
0,000001	1,12
0,00000023	1,60
0,00000019	1,78
0,00000016	2,00
0,0000001	3,00
0,000000078	4,00
0,000000068	5,00
0,000000061	6,00
0,000000056	7,00
0,000000052	8,00
0,00000005	9,00
0,000000047	10,00
0,000000039	16,50
0,00000002	235,00



წყლის წვეთის ზედაპირზე ნაჯერი ორთქლის
წონასწორობის მრუდი Pr / P_∞ წვეთის დიამეტრთან
დამკიდებულებაში: 1 – ნეიტრალური წვეთისათვის;
2 – დამუხტული წვეთისათვის,
ერთეული მუხტის დროს

მე-2 ფორმულიდან გამომდინარე, თუ ორთქლის ტემპერატურა მცირდება, მაშინ Pr/P_∞ ფარდობა იზრდება, რაც იმას ნიშნავს, რომ აორთქლებადი წვეთების რაოდენობაც და მასაც დიდია, ე. ი. უფრო დიდი წვეთები იწყებს აორთქლებას და, შესაბამისად, მეორეული კონდენსირებადი ორთქლის რაოდენობაც იზრდება, რაც, თავის მხრივ, ამცირებს თბოგაცემის კოეფიციენტს. ეს ფაქტი განსაზღვრავს, რომ რაც უფრო დაბალ წნევაზე ხდება წვეთოვანი კონდენსაცია, ასევე რაც უფრო იზრდება ტემპერატურათა სხვაობა კონდენსაციის ზედაპირსა და ორთქლის ძირითად მასას შორის, თბოგაცემის კოეფიციენტი მცირდება, რაც მრავალი ექსპერიმენტით მტკიცდება [1]. კონდენსირებული მასა წვეთოვანი კონდენსაციის დროს, ზემოთ მოყვანილი ფორმულირებების შედეგად, შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგნაირად (წვეთებზე კონდენსირებულ ორთქლის მასას თუ უგულებელვყოფი):

$$D=G-m \quad (3)$$

სადაც G არის გამყოფი აფსკის სრული მასა; m – კონდენსაციის პროცესის დროს წვეთწარმოქმნის შემდეგ აორთქლებული წვეთების ჯამური მასა.

აორთქლებული წვეთების გათვალისწინებით, თბოგაცემის კოეფიციენტი ტოლი იქნება:

$$\alpha = \lambda / \delta (1 - m/G) \quad (4)$$

სადაც λ არის კონდენსატის თბოგამტარობის კოეფიციენტი, δ კი – კონდენსატორის აფსკის სისქე.

3. დასპანა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამყოფი აფსკის დაშლისთანავე წარმოიქმნება მიკროსკოპული წვეთები, რომლებიც მაშინვე იწყებს ქაოსურ მოძრაობას. მათგან უფრო მცირე დიამეტრისა თრთქლდება. დიდები კი, პირიქით, იზრდება ურთიერთ-დაჯახებისას კოაგულაციის (კოალისცენცია) და, ამავე დროს, მათზე მიმდინარე თრთქლის კონდენსაციის გამო, რომელიც საერთო კონდენსაციის რაოდენობის 10%-ს არ აღემატება. წვეთები, რომლებიც არ თრთქლდება და მოძრაობისას იზრდება, კონდენსაციის შემკრებია, ე.ი. წვეთოვანი კონდენსაციის დროს წვეთები, ძირითადად, კონდენსაციის შემკრებებია და არა თბური პროცესის განმსაზღვრელი ფაქტორი. თბურ პროცესს განსაზღვრავს გამყოფი აფსკი, რომლის სისქე იცვლება (1; 2) 10-დან 100 ნანომეტრამდე. როგორც ცდებით დამტკიცდა (2), ჯერ იზრდება, შემდეგ კი სწრაფად მცირდება 10 ნმ-მდე და იშლება მიკროწვეთებად, რომელთა საწყისი დიამეტრი 10–30 ნმ-ის ფარგლებში შეიძლება იცვლებოდეს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, წვეთების თავისუფალი გარბენის მანძილი მცირება, დაახლოებით წარმოქმნილი წვეთის რიგისაა, ამიტომ ისინი მაღლევე ეჯახება ერთმანეთს და ხდება მათი კოაგულაცია, დაჯახების რამდენჯერმე გამეორების შემდეგ წვეთი ჯერ ანელებს და შემდეგ წყვეტის მოძრაობას, მანამდე ისინი გრავიტაციული ან სხვა ძალების მოქმედებით არ მოსცილდებიან კონდენსაციის ზედაპირს.

გარდა განხილული პროცესისა, თბოგაცემაზე შეიძლება მოქმედებდეს ასევე კონდენსაციის კოეფიციენტი, რომელიც განხილულია [1]-ში, მაგრამ მისი მნიშვნელობა იმდენად მცირება, რომ შეიძლება უგულებელვყოთ.

ლიტერატურა

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. Москва, 1969 г.
2. Дерягин Б.В. «Реклинивающее давление» - в “Краткой химической энциклопедии”, т. 4, 1965 г.
3. N.N. DAS GUPTA, S.K. GHOSH, A report on the Wilson cloud chamber and its applications in physics, Reviews of Modern Physics, vol. #0.2, pp. 225-290. April, 1946.

შავ 662.76

**ადგილობრივ მყარ სათბობზე მომუშავე
მაღალებების ბათბობის ქვაბების დაწერბა
საქართველოს არაგაზისიცირკებულ რაიონებში**

დ. კუჭუხიძე, ა. ბაბუნაშვილი, ბ. ქურდაძე, კ. კოდუა
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნაშრომში განხილულია მყარ სათბობზე მომუშავე მაღალებების ქვაბების გამოყენებით მიღებული სათბობის ეკონომიკის საკითხები. აღნიშნული ქვაბების გამოყენება განხაკუთრებით მიზანშეწონილია იქ, სადაც არ არსებობს გაზმომარაგების სისტემა.

ასეთი ტიპის ქვაბები ჩვენ მიერ დანერგილია საქართველოს სხვადასხვა რაიონში (15 ერთეული) და გამოცდილია გათბობის ორი სეზონის განმავლობაში. მუშაობის დროს ქვაბის მქ კოეფიციენტი აღწევდა $85\div 88\text{-}b$, ხოლო გამავალი ნამწვი აირების ტემპერატურა არ აღემატებოდა $130\div 140^{\circ}\text{C}$ -ს. სათბობის წვის პროცესი მიმდინარეობდა პრაქტიკულად უნაცროდ. ის კულტოგიურად სუვთად.

რაც შეეხება ეკონომიკურ ეფექტს, დიზენის საწვავზე მომუშავე ქვაბების ჩანაცვლებით მყარ სათბობზე მომუშავე ქვაბებით, გათბობის სეზონზე სათბობის ლირებულება შემცირდა $4\text{-}5\%$, ხოლო ელ. ენერგია მომუშავე ქვაბების ჩანაცვლებით შემაზე მომუშავე ქვაბით საექსპლუატაციო ხარჯები შემცირდა თითქმის $3,7\text{-}5\%$ (იხ. ცხრ. 1, 2).

ამ ქვაბების დადგებითი მხარეა ის, რომ:

- სათბობის სრული წვა იძლევა მაღალ მქ კოეფიციენტის მხილებისას, ქვაბი კულტოგიურად სუვთად.
- სათბობად გამოყენება ადგილობრივი ნედლეული: დაბალი ხარისხის შემა, მორები, ხელების ნარჩენები, ხის ტოტები, თხილის ნაჭუჭი, მხებუმზირისა და სიმინდის ლეროები და სხვა. შესაძლებელია გამოვიყენოთ ბიოსათბობიც.
- ბიოსათბობის გამოყენების შემთხვევაში, შესაძლებელია ნელი წვის პროცესის ჩატარება და ერთი ჩატვირთვით შესაძლებელია ქვა-

ბის მუშაობის ხანგრძლივობა 10-12 საათით გაიზარდოს (ზოგიერთ შემთხვევაში 24 საათით).

- ამ ტიპის ქვაბის კენტრალური მარტივია, ის აღჭურვილია საიმედო ავტომატიკით.

საკვანძო სიტყვები: აღვილობრივი სათბობი; საცეცხლე; კონსისტენტური; კონსისტენტური; თბომცვლელი; ავტომატური მართვის კვანძი.

1. შესაგალი

როგორც ცნობილია, ტყეს მრავალგვარი სოციალურ-ეკოლოგიური და ეკონომიკური ფუნქცია აქვს (წყალმარეგულირებელი, ნიადაგდაცვითი, სანიტარიულ-ჰიგიენური, საკურორტო-გამაჯანსაღებელი, რეკრეაციული და სხვა), რომელთა სწორად რეგულირებას და შენარჩუნება-გაძლიერებას დიდი სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობა ენიჭება.

ძალიან მნიშვნელოვანია ტყის წყალმარეგულირებელი ფუნქციაც. ის ხელს უწყობს მდინარეებისა და წყლის სხვა რესურსების (ტყეები, წყაროები და სხვა) ნორმალურ და თანაბარ მომარაგებას წყლით, აფერხებს წყალდიდობას, უზრუნველყოფს წყლის ხარისხის გაზრდას, იცავს მას დაბინძურებისაგან. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ტყის როლი ნიადაგის ნაყოფიერების გაზრდასა და ეროზიისაგან დასაცავად. ტყე იძლევა მრავალგვარ ძვირფას პროდუქტსა და ნედლეულს. ის არის მრავალფეროვანი ფაუნის ადგილსამყოფელი. დიდია ტყის რეკრეაციული და ტურისტული მნიშვნელობა. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ საქართველოში ხის მერქნის მომხმარებელი ძირითადად სოფლის მოსახლეობაა, რომელიც მთლიანი მოსახლეობის 45-47,5%-ს შეადგენს და რომლის უდიდესი ნაწილისათვის სათბობის სხვა წყარო უბრალოდ მიუწვდომელია (მაღალი ფასისა და ტექნიკური საშუალებების არარსებობის გამო), ნათელი გახდება, რომ ხე-ტყის ასეთი მასშტაბით გამოყენება ქვეყანას ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე დააყენებს [2].

აღნიშნულ სიტუაციას შესაძლებელია მოჰყვეს ტყის წყლის შემნახველი და მარეგულირებელი, აგრეთვე ნიადაგდამცავი ფუნქციების მკვეთრად გაუარესება, შედეგად, წყალდიდობებისა და მათ მიერ მიყენებული ზარალის გაზრდა, პიდ-

როელექტროსადგურების ციკლურობის დარღვევა, წყალსატევების ჩამონატანით დაბინძურება და სხვა.

სამწუხაროდ, საქართველოში შეშა ფართოდ გამოიყენება სათბობად. საქართველოში არ არსებობს სამრეწველო ტყე, შეშა ლიმიტირებული ენერგორესურსია, რომელიც სწრაფად მცირდება. შეშის საწვავად გამოიყენება დაკავშირებულია – ქვეყნის აუნაზღაურებელი სიმდიდრის – ტყის გაჩეხვასთან.

2. მიზანთადი ნაწილი

ზემოთ მოყვანილი პრობლემის ნაწილობრივი გადაწყვეტა შესაძლებელია ალტერნატიული საწვავის გამოყენებით და დიდი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მქონე მყარი საწვავით მომუშავე გათბობის ქვაბების დანერგვით. ასეთი ქვაბის მქ კოეფიციენტი აღწევს 85-90%-ს. რაც შეეხება ალტერნატიულ საწვავს, „ბიოსაწვავი“ მიიღვდა ხის მერქნისა და სასოფლო სამეურნეო მასალების (თხილის ნაჭუჭი, სიმინდისა და მზესუმზირის დეროები და სხვა) გადამუშავების შედეგად. მიღებული ბრიკეტირებით წარმოებული პროდუქცია სავსებით შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ალტერნატიულ საწვავად. ევროპაში ბრიკეტებისა და გრანულების გამოყენების მოცულობა ყოველწლიურად მატულობს. ბიოსაწვავი გამოირჩევა სითბოს გამოყოფის მაღალუნარიანობით, წვის პროცესის დიდი ხანგრძლივობით, მცირე ნაცრიანობითა და ეკოლოგიურობით. დადგენილია, რომ საქართველოში არსებული მხოლოდ თხილისა და ხის გადამუშავების შედეგად მიღებული ნარჩენებისაგან შესაძლებელია დამზადდეს ეკოლოგიურად სუფთა და ეკონომიკურად იაფი 350-400 ტონა ბიოსაწვავი [2], რაც შეშაზე მოთხოვნილებას 70-75%-ს აღემატება.

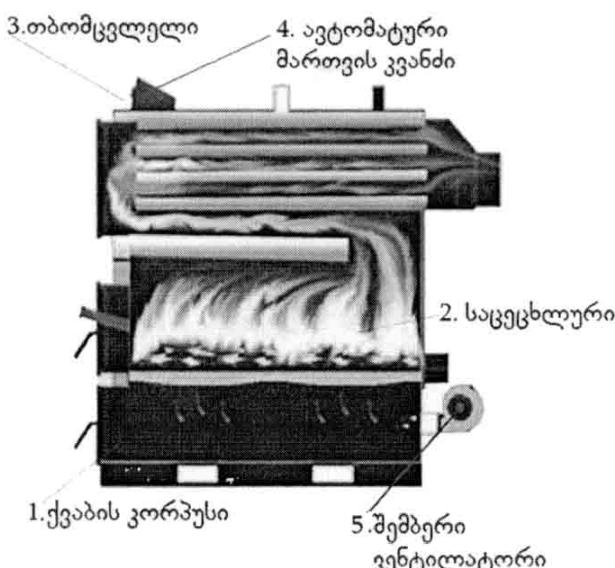
როგორც უკვე ცნობილია, სათბობის ეკონომის ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდია მაღალი მქ კოეფიციენტის მქონე მყარ სათბობზე მომუშავე გათბობის ქვაბის დანერგვა.

რეკომენდაციას გუწვეთ მყარ სათბობზე მომუშავე მაღალეფებზე ქვაბებს, რომლებიც ჩვენ მიერ დანერგილია საქართველოს სხვადასხვა რაიონში და გამოცდილია გათბობის ორი სეზონის განმავლობაში. მყარ სათბობზე მომუშავე ქვაბების გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია იქ, სადაც არ არსებობს ცენტრალური გაზმომარაგების სისტემა. ამ ქვაბებს დიდი უპირატესობა აქვს ძველ ტრადიციულ დუმელებთან შედარებით. მათი მქ კოეფიციენტი აღწევს 90%-ს.

გარდა ამისა, ძველი ტრადიციული ტიპის გათბობის დანადგარების დიდ ნაკლია სათბობის დაწვის მაღალი სიჩქარე და ქვაბში წვისათვის საჭირო სათბობის „ხელით მიწოდება“. ასეთ ქვაბებში აუცილებელია ყოველ ორ საათში სათბობის დამატებით ჩატვირთვა. ეს გარემოება ამცირებს ქვაბების მქ კოეფიციენტის მნიშვნელობას და ზრდის ექსპლუატაციის ხარჯებს, საჭირო ხდება მათი მუდმივი მეთვალყურეობა.

როგორც გვიჩვენა ახალი ტიპის ქვაბების საწარმოო გამოცდებმა, საცეცხლეში მიმდინარეობს საწვავის სრული წვა. სათბობი იწვის პრაქტიკულად უნაცროდ და ის ეკოლოგიურად სუფთაა. ასეთივე სურათი დაგვანახვა ნამწვი აირების მრავალრიცხოვანი ცდების ანალიზებმაც. სათბობის ჩატვირთვა ხდება 7-8 სთ-ის ინტერვალით. შესაძლებელია ჩატვირთვის ინტერვალის გაზრდაც. ქვაბების მარგი ქმედების კოეფიციენტი აღემატება 85%-ს. ქვაბი მარტივი კონსტრუქციისაა და საიმედოა ექსპლუატაციაში. გამავალი ნამწვი აირების ტემპერატურა არ აღემატება 130-140°C. ქვაბის გამარტივებული სქემა მოცემულია სურათზე.

წვის შედეგად გამოყოფილი სითბო გადაეცემა თბომცვლელს (3). წყალი თბება 70-85°C-მდე და საცირკულაციო ტუმბოს საშუალებით მიეწოდება გათბობისა და ცხელი წყალმომარაგების სისტემას.



მაღალეფექტური ქვაბი შეშაზე (გამარტივებული სქემა)
ძირითადი ელემენტებია: ქვაბის კორპუსი (1); საცეცხლე (2);
თბომცვლელი (3); ავტომატური მართვის
კვანძი (4); შემბერი ვენტილატორი (5)

ამ ქვაბების გამოყენება უზრუნველყოფს მაღალ ეკონომიკურ უფექტურობას (შეშის ხარჯი მცირდება 2,5-ჯერ და მეტად) ტრადიციული ძველი ტიპის შეშის დუმელთან შედარებით, რომელთა მქ კოეფიციენტი არ აღემატება 25-30%-ს და სავსებით აკმაყოფილებს სახანძრო უსაფრთხოების მოთხოვნებს.

აღნიშნული ქვაბების საბაზრო დირებულება 20-25%-ით ნაკლებია იგივე წარმადობის გაზის საწვავზე მომუშავე გათბობის ქვაბებთან შედარებით. რაც შეეხება ქვაბების ექსპლუატაციას, ის მარტივია და არ მოითხოვს მაღალკვალიფიციური ცეცხლფარების მომსახურებას. ავტომატური მართვის სისტემა საიმედოდ მუშაობს საჭირო დაცვითი სისტემების გამოყენებით.

მყარ სათბობზე მომუშავე ქვაბები წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ საზოგადოებრივ-ადმინისტრაციული, მრავალსართულიანი საცხოვრებელი შენობების, სკოლების, საბავშვო ბაღების, აბანოების, სათბურებისა და სხვადასხვა უწყების შენობა-ნაგებობის გათბობისა და ცხელი წყალმომარაგებისათვის.

ქვაბი კომპაქტურია და შესაძლებელია დამონტაჟდეს მცირე ზომის გამოყოფილ სათავსში. აღსანიშნავია ისიც, რომ რაიონის გაზიფიცირების შემთხვევაში, ჩვენი რეკომენდაციების გათვალისწინებით, ქვაბების დამამზადებელ ქარხნებში ახორციელებენ აგრეთვე კონსტრუქციულ ცვლილებებს საცეცხლეში, რის შემდეგად აღნიშნულ მყარ სათბობზე მომუშავე ქვაბი შესაძლებელია მარტივად გადაკეთდეს თხევად და ბუნებრივ გაზზე მომუშავე ქვაბად.

ცხრილი 1

**დიზელის საწვავით მომუშავე ქვაბისა და
მყარი სათბობით მომუშავე ენერგოეფექტური ქვაბის
ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებითი ანალიზი**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
400	160	12	101510	2,0	37,62	72234	137967	106862	4,4-ჯერ	90	85	0,84
			3000	0,127	127	244391	31104			82	65	

ცხრილი 2

**ელ. ენერგიით მომუშავე ქვაბისა და
მყარი სათბობით მომუშავე ენერგოეფექტური ქვაბის
ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარებითი ანალიზი**

ქვაბის სიმძლავები, კვტ	გათბობის სეზონი, დღ-დ	მუშაობის ხანგრძლივობა სი/დღ-დ	ქვარი სათბობის საშეავის უდიდესები თვეუწინი, მათ/გალ/გბ	ქვარი სათბობის ფასი, ლარი/ლ	ქვარი სათბობის საათური ხარჯი, გვ/სთ	ქვარი სათბობის საათური ხარჯი, გვ/სთ	ქვარი სათბობის ხარჯი სეზონზე, გვ/გ.	ქვარი სათბობის დირექტულება, ლარ/სეზ.	ონბის კონტინუუმით გაიძობის სეზონზე – სოლარის ქვაბის შეზღიურებით ჩანაცვლების დროს, ლა/გ.სეზ.	სათბობის საექსპლუატაციო ხარჯების შეცვენება, ლა/გ.სეზ.	ქვარი სათბობის დენონირები, გვ/გ.სეზ.	ქვარი სათბობის დენონირები, გვ/გ.სეზ.	ქვარი სათბობის დენონირები, გვ/გ.სეზ.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
150	160	12	-	0,15	156	299520	44928	32797	3,7-ჯერ	90	85	0,35	
			3000	0,127	49,64	95313	12131			82	65		

3. დასპანა

საქართველოს ტყეებს მრავალმიზნობრივი სოციალურ-ეკოლოგიური და ეკონომიკური ფუნქციები აქვს. ზამთრის პერიოდში ხე-ტყის საწვავად გამოყენება დაკავშირებულია ქვეყნის აუნაზღაურებელი სიმდიდრის – ტყის გაჩეხვასთან.

ამ პრობლემის ნაწილობრივი გადაწყვეტა არის ალტერნატიული სათბობის და დიდი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მქონე მყარ სათბობზე მომუშავე გათბობის ქვაბების გამოყენება, რომელთა მქ კოეფიციენტი აღემატება 85%-ს.

ამ ქვაბებში შესაძლებელია ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენება. ეს შეიძლება იყოს დაბალი ხარისხის შემა, ხის მორები, ხე-ტყის ნარჩენები, თხილის ნაჭუჭი და, აგრეთვე, მყარი ბიოსაწვავი.

სათბობი ასეთ ქვაბში იწვის თითქმის უნაცროდ. ამ ქვაბების გამოყენება უზრუნველყოფს მაღალ ეკონომიკურ ეფექტურობას (შემის ხარჯი მცირდება 2,5-ჯერ და მეტად) ტრადიციული ძველი ტიპის ღუმლებთან შედარებით, რომელთა მქანეფიციენტი არ აღემატება 35-30%-ს და ეკოლოგიურად სუფთაა.

აღსანიშნავია, რომ რაიონის გაზიფიცირების შემთხვევაში ჩვენი რეკომენდაციების გათვალისწინებით ხორცელდება მცირე კონსტრუქციული ცვლილებები საცეცხლეში, რის შედეგადაც აღნიშნულ მყარ სათბობზე მომუშავე გათბობის ქვაბი შესაძლებელია მარტივად გადაკეთდეს თხევად და ბუნებრივ გაზზე მომუშავე ქვაბად.

ლიტერატურა

1. მ. გრძელიშვილი, ო. გიორგობიანი. თხევადი და მყარი სათბობით გათბობა. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2011.
2. დ. კუჭუხიძე, ხ. მურდულია, ს. გიურგაშვილი. სათბობის ეკონომიკა საქართველოს არაგაზიფიცირებულ რეგიონებში, ადგილობრივი მყარი საწვავით მომუშავე გათბობის მაღალეფებური ქვაბების გამოყენებით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი // შრომები №2(492), თბილისი, 2014.

შაბ 626.627

ნამახმანების დადგმული სიმძლავრის განსაზღვრა

ა. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე, გ. ახვლედიანი, ზ. ბაძალუა

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: საბაზო კუთხომის პირობებში, რეკომენდებულია პერიოდის კუთხომის უზენაესობის დადგენიანი სუვთა მიმღინარე დორებულებისა *NPV (Net Present Value)* და ამონაგების შემა ნორმის *IRR (Internal rate of return)* კრიტერიუმების გამოყენებით. სტატიაში განხილულია ნამახვანების მშენებლობის ორი ვარიანტი, პირველი, როცა ნამახვანები მოიაზრება სამჟესიანი კასკადის (ტერიტორიული, ნამახვანი, უონეთი) და მეორე ვარიანტი – ორჰესიანი კასკადის (ტერიტორიული, ნამახვანი) შემადგენლობაში. დასაბუთებულია, რომ ნამახვანების დადგმული სიმძლავრე, ზემოთ მოყვანილი კრიტერიუმების გათვალისწინებით, მიზანშეწონილია იყოს 235 მგვტ სამჟესიან კასკადში და 320 მგვტ – ორჰესიან კასკადში. ამ სიმძლავრეებისათვის დადგენილია პერიოდის მიერ გამომუშავებული კლექტროენერგიის შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდებში შესაბამისი საშუალო შეწონილი ტარიფი, შესაბამისად, ტოლი 6.81 ლარ/კვტ.სთ-ის და 5.43 ლარ/კვტ.სთ-ისა.

საკვანძო სიტყვები: პერიოდული დადგმული სიმძლავრე; ტარიფის დადგენიანი სამახანო განვეხი.

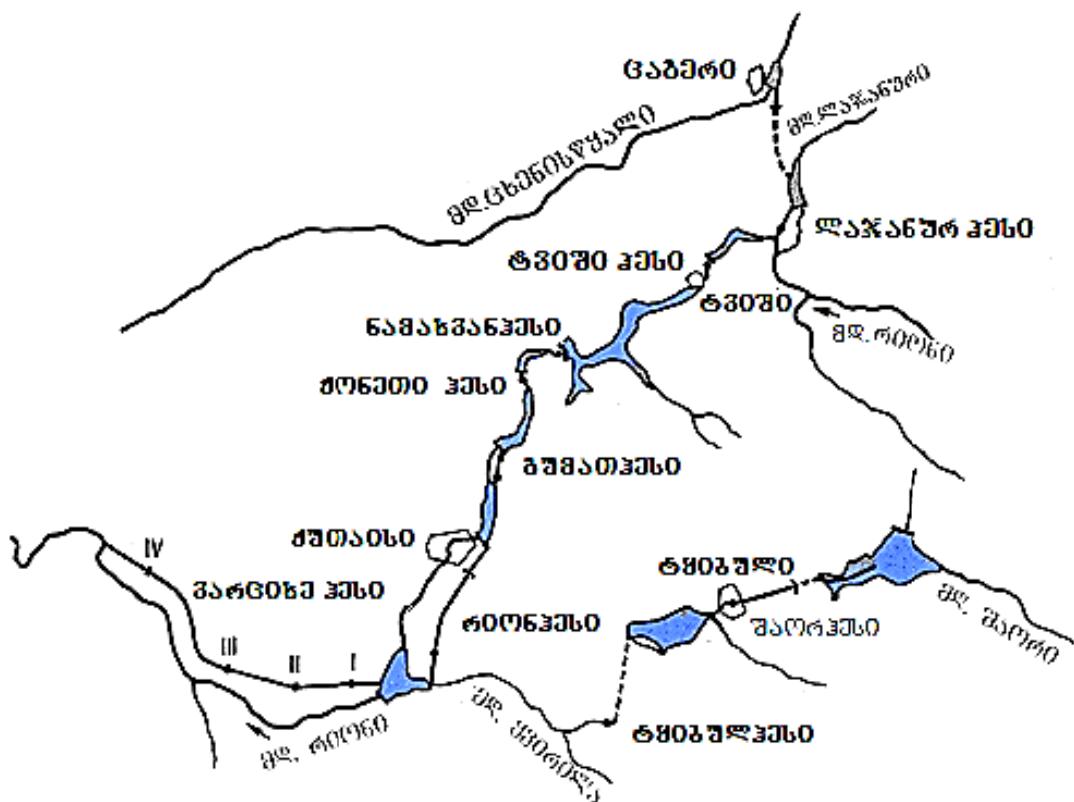
1. შესავალი

პერიოდული დადგმული სიმძლავრის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენიანი დამოკიდებულია ენერგოეკონომიკურ ფაქტორებზე. იგი განსხვავდებული მეთოდოლოგიით წარმოებს იმის მიხედვით, თუ როგორია პერიოდის განხორციელების სქემა და როგორია იმ კლექტროენერგეტიკული სისტემის შემოდგომა-ზამთრის დატვირთვის გრაფიკი, რომელშიც მან უნდა იმუშაოს. ქვემოთ განვიხილავთ ორი გარიანტისთვის კაშხლური სქემით განხორცილებული ნამახვანებისთვის (მდინარე რიონი სქემა-1)

დადგმული სიმძლავრის შერჩევის საკითხეს, როდესაც იგი ელექტროენერგიას აწვდის მომხმარებელს შემოდგომა-ზამთრის სეზონზე არსებული გაზრდილი მოთხოვნილების გათვალისწინებით.

2. მიზანთაღი ნაშროვი

კაშხლური სქემით განხორციელებული ჰესებისთვის დადგმული სიმძლავრის სიდიდეს მნიშვნელოვნად განაპირობებს შექმნილი წყალსაცავის მოცულობის შესაძლებლობა, მდინარის ჩამონადენის უთანაბრობის დასარეგულირებლად. წყალსაცავის მოცულობის გაზრდა, რეგულირების ხარისხის გაზრდაა, რასაც მივყართ დადგმული სიმძლავრის გაზრდამდე.



მდინარე რიონზე ჰესების კასკადის სქემა

კაშხლის ეკონომიკურად გამართლებული სიმაღლის დასადგენად მიზანშეწილია, მისი სიმაღლე ვზარდოთ რაღაც ინტერვალით, ვთქვათ, 5(გ) ბიჯით და ყო-

ველი სიმაღლისათვის ვიანგარიშოთ წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობა და საანგარიშო დაწევა, რომლებიც განსაზღვრავენ დადგმული სიმძლავრის სიდიდეს, ასეთ ანგარიშებში წინასწარ ცნობილია დადგმული სიმძლავრის ეკონომიკურად გამართლებული გარანტის დონე, ამგვარად, აღნიშნული მიდგომის პირობებში ნამახვანკესისთვის დადგმული სიმძლავრის დასადგენად გვრჩება საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის დატვირთვის გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრული მოთხოვნილების დაკმაყოფილება, ნაწარმოები ელექტროენერგიის ისეთი ტარიფებით, როდესაც საანგარიშო პერსპექტივაში (ე.ი. მშენებლობის დამთავრების პერიოდისათვის) მისი გასაღება უზრუნველყოფილი იქნება (ტარიფების მისაღებ დონეს საქართველოში განსაზღვრავს სემეკი) არამარტო შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში.

ამჟამად, საქართველოში ელექტროენერგიის დეფიციტი გვაქვს, შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში, რაც კიდევ უფრო გაღრმავდება საანგარიშო პერსპექტივაში, ხოლო გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში დადებითი ბალანსია. ცხადია, დადგმული სიმძლავრის ეკონომიკური ეფექტურობის კრიტერიუმით განსაზღვრისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ არა მარტო ჩვენი ენერგოსისტემის გაზრდილი მოთხოვნილება პერსპექტივაში, არამედ ელექტროენერგიის გასაღების შესაძლებლობა 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 ნამახვანკესის რომელიმე სავარაუდო დადგმული სიმძლავრისათვის, გენერირებული ელექტროენერგიის ღირებულება ნაკლები ან ტოლია საქართველოში ელექტროენერგიის წარმოების განვითარების გათვალისწინებით გამოთვლილ ზღვრულ ღირებულებასთან შედარებით, ცხადია, ნამახვანკესის მშენებლობა ეკონომიკურად უფერიანი იქნება და მისი გამომუშავების ნაწილის გასაღება მეზობელ ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში მნიშვნელოვნად გაზრდის როგორც ინგენიერის შემოსავალს, ისე ქვეყნის ბიუჯეტს.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, ნამახვანკესზე ოპტიმალური დადგმული სიმძლავრის დასადგენად, განვიხილეთ სამსადგურიანი კასკადის შესაძლო სიმძლავრეების შემდეგი რვა მნიშვნელობა: 180, 200, 220, 230, 235, 240, 260 და

280 მგვტ. ორსადგურიანი კასკადისა კი – 192, 215, 240, 260, 288, 320, 360 და 380 მგვტ. სიმძლავრის ამ მნიშვნელობებისათვის სათითაოდ გამოვთვალეთ 95%-იანი და 50%-იანი უზრუნველყოფის მქონე გამომუშავებები ცხრ. 1 და ცხრ. 2. (ანგარიშები წარმოებს ჩვენ მიერ შედგენილი კომპიუტერული პროგრამით).

ნამახვანკესის დადგმული სიმძლავრის დადგენა სამსადგურიანი კასკადის (ტვიში, ნამახვანი, ჟონეთი) ცხრილი №1 და ორსადგურიანი კასკადის (ტვიში, ნამახვანი) ცხრილი №2 გარიანტის დროს.

ცხრილი 1

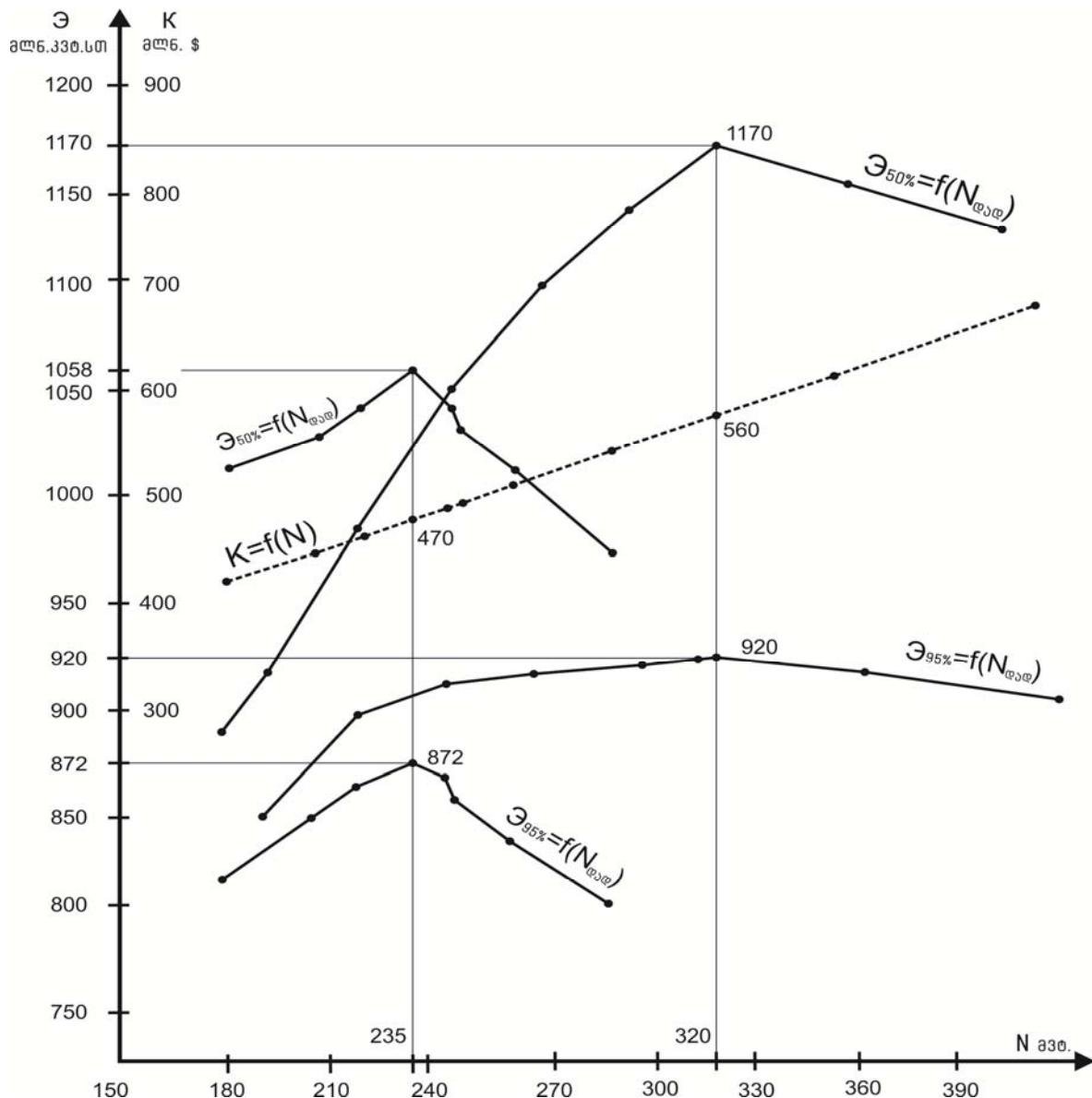
№	ნაკვერცები მემკვიდრეობით	გამომუშავება 95%-იანი უზრუნველყოფა წლისთვის, ძლინ.კვტ.სთ				გამომუშავება 50%-იანი უზრუნველყოფა წლისთვის, ძლინ.კვტ.სთ		
		1	2	3	4	5	6	7
1	180	130	679	810	300	705	1005	
2	200	132	712	844	276	745	1021	
3	220	129	727	855	267	774	1041	
4	230	138	730	868	264	786	1051	
5	235	126	716	872	232	786	1058	
6	240	119	716	831	249	787	1034	
7	260	121	786	837	239	767	1008	
8	280	113	727	802	232	745	974	

ცხრილი 2

№	სიმძლავრე მგბტ-ობით	გამომუშავება 95%-იანი უზრუნველყოფა წლისთვის			გამომუშავება 50%-იანი უზრუნველყოფა წლისთვის		
		მდნ.კვტ.სთ		მდნ.კვტ.სთ	მდნ.კვტ.სთ		მდნ.კვტ.სთ
		კამარი	კამარი	კამარი	კამარი	კამარი	კამარი
1	2	3	4	5	6	7	
1	192	290	550	840	315	595	910
2	215	305	585	890	445	635	980
3	240	312	593	905	405	645	1050
4	260	321	589	910	425	675	1100
5	288	333	587	918	460	690	1150
6	320	332	588	920	490	680	1170
7	360	332	578	910	485	675	1160
8	380	329	571	900	465	675	1140

დადგმული სიმძლავრეების სიდიდესა და შესაბამის გამომუშავებას შორის, აგრეთვე, დადგმულ სიმძლავრესა და მისი განხორცილებისათვის საჭირო დანახარჯებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკები ნაჩვენებია სურათზე. როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, დადგმული სიმძლავრის ზრდის დროს მშენებლობაზე გასაწევი დანახარჯები თითქმის წრფივი კანონით იზრდება, მაშინ, როდესაც წლიური გამომუშავება გაანგარიშებული, როგორც 95%-იანი უზრუნველყოფის მქონე წლიური ჩამონადენით, ისე 50%-იანი უზრუნველყოფის მქონე ხარჯებით ჯერ იზრდება და შემდეგ, დიდი სიმძლავრეების პირობებში, ნელ-ნელა მცირდება. ეს გამოწვეულია იმით, რომ, ტურბინის დიდი სიმძლავრეების შემთხვევაში, ხდება ჩამონადენის მთლიანი ათვისება და შემოდგომა-ზამთრის სეზონზე წყალსაცავის 2-3 თვეში დაცლა. შემდეგ კი, რამდენიმე თვის განმავლობაში, სანამ გაზაფხულის ჩამონადენით

წყალსაცავის გავსება დაიწყება, პესი მუშაობს მკვდარი მოცულობის დონით, ე.ი. მინიმალური დაწნევით, რაც იწვევს გამომუშავებული ენერგიის შემცირებას.



წყალსაცავის დამუშავება-ავსების რეჟიმზე დიდ გავლენას ახდენს სისტემისათვის დაძაბული სადღედამისო დატვირთვის გრაფიკში საპროექტო პესის მიერ დასაფარავი პიკური დატვირთვის ხანგრძლივობა. ჩვენს ანგარიშებში გავითვალისწინეთ რა ამჟამად პიკში არსებული დეფიციტური ზონის ხანგრძლივობა, ყველა განსახილველი სიმძლავრისათვის გარანტირებულად დასაფარავ ხანგრძლივობად ნამახვანესზე მიჩნეული იქნა 4-6 საათი.

გაზაფხულ-ზაფხულის სეზონისათვის კი გარანტირებული სიმძლავრით დასაფარავი ზონა იანგარიშება მოდინებული ხარჯის მიხედვით. თუ აღმოჩნდება, რომ საშუალო თვიური მოდინებული ხარჯი მეტია პესის ტურბინების გამტარუნარიანობაზე, მის ზედმეტ ნაწილს გაატარებს წყალსაშვი და ენერგიას არ მოგვცემს. ასეთი შემთხვევა ხშირად აღინიშნება მცირე დადგმული სიმძლავრეების დროს.

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

საქართველოში, ვინაიდან არ არის შემოღებული შემოდგომა-ზამთრისათვის და გაზაფხულ-ზაფხულისათვის განსხვავებული ტარიფები, ანგარიშებში გამოყენებული იყო საშუალო შეწონილი ტარიფის მნიშვნელობა, რომელიც ზამთარ-ზაფხულის ტარიფების ნებისმიერი თანაფარდობის დაშვების შემთხვევაში ცალ-ცალკე განსაზღვრავს ზამთრისა და ზაფხულის ტარიფებს.

ელექტროენერგიაზე ტარიფები რომ ვიანგარიშოთ ყველა განსახილველი სიმძლავრის შესაბამისი გამომუშავების მიხედვით, აუცილებელია ვიცოდეთ გაწეული კაპიტალის რა ნაწილი მოხმარდა პიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობას და რა ნაწილი – ტურბინა-გენერატორისა და ელექტრომოწყობილობების შეძენა-დამოწმებებას, რადგანაც, საქართველოს საგადასახადო კოდექსით, მათ ამორტიზაციაზე სხვადასხვა პროცენტული განაკვეთებია გათვალისწინებული (ჩვენს შემთხვევაში ვიყენებთ საპროექტო ორგანიზაციის მიერ გაკეთებულ გათვლებს).

ელექტროენერგიის ტარიფის დასადგენ გაანგარიშებებში, როდესაც ეკონომიკური ეფექტურობის კრიტერიუმად ვიყენებთ საბაზო ეკონომიკის პირობებში მიზანშეწონილი სუფთა მიმდინარე დირებულებისა 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 ამოხადებად. ეს პერიოდი, როდესაც საქმე გვაქვს კაპიტალტევად ობიექტის განხორციელებასთან, შესაძლებელია იცვლებოდეს 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 პროექტის მიერ დაფინანსებას. საქართველოში ასეთი სქემით დაფინანსების განხორციელებისათვის ხელშემწყობი კანონები არ არსებობს და ამიტომ მიზანშეწონილია ვისარგებლოთ წილობრივი კაპიტალით დაფინანსების სქემით, როდესაც მშენებლობის განხორციელებისათვის საჭირო კაპიტალი შედგება კერძო კაპიტალისა და ბანკის სესხისაგან. კერძო კაპიტალის წილი ჯამურ კაპიტალდაბანდებაში შეიძლება იცვლებოდეს 20-50%-ის ფარგლებში. რაც მეტია კერძო კაპიტალის წილი, ბანკს შეუძლია მით უფრო დაბალი საპროცენტო განაკვეთით გასცეს სესხი, რადგანაც ბანკისთვის თანხის დაბრუნების რისკ-ფაქტორი მცირდება. ასეთ შემთხვევაში ბანკის სახესხო თანხის საპროცენტო განაკვეთი შეიძლება იცვლებოდეს (7-9)%-ის ფარგლებში, ხოლო კერძო კაპიტალის საპროცენტო განაკვეთი – (12-15%-ის) ფარგლებში. ჩვენს ანგარიშებში ბანკის სესხის საპროცენტო განაკვეთად მიჩნეულ იქნა 8%, ხოლო კერძო კაპიტალის მიზანშეწონილ საპროცენტო განაკვეთად – 13%.

ტარიფის დასადგენად გაანგარიშებები შესრულდა ჩვენ მიერ სემეკისთვის რეკომენდებული საანგარიშო პროგრამით. მშენებლობისათვის საჭირო ჯამური კაპიტალდაბანდების, ასევე სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების დირექტულების გათვალისწინებით.

შესრულებულ გაანგარიშებათა შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში. როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ელექტროენერგიის ყველაზე დაბალ ტარიფს ვღვძულობთ, როდესაც დადგმული სიმძლავრე 235 მგვტ-ის ტოლია. სამსადგურიანი კასკადის ვარიანტის დროს და 320 მგვტ-ის, ორსადგურიანი კასკადის ვარიანტის დროს სრული დანახარჯის მიხედვით, გაანგარიშებისას ტარიფი შესაბამისად ტოლია 6.81 ცენტ/კვტ.სთ-ის სამსადგურიანი კასკადის ვარიანტის დროს (ტვიში, ნამახვანი, ჟონეთი) და 5.43 ცენტ/კვტ.სთ-ის ორსადგურიანი კასკადის ვარიანტის დროს.

ნამახვანპესის ტარიფები ცენტი/კვტ.სთ სიმძლავრეების მიხედვით სამსადგურიანი კასკადის (ტვიში, ნამახვანი, ჟონეთი) და ორსადგურიანი კასკადის (ტვიში, ნამახვანი) ცხრილი №3 ვარიანტის დროს.

ცხრილი 3

50% -იანი უზრუნველყოფის ტარიფები ცენტი/კვტ.სთ. სიმძლავრეების მიხედვით, სამსადგურიანი კასკადის გარიანტის დროს			50% -იანი უზრუნველყოფის ტარიფები ცენტი/კვტ.სთ. სიმძლავრეების მიხედვით, ორსადგურიანი კასკადის გარიანტის დროს		
	სიმძლავრეები მგვტებში	ტარიფები ცენტი/კვტ.სთ.	სიმძლავრეები მგვტებში	ტარიფები ცენტი/კვტ.სთ.	
1	180	9.68	192	9.65	
2	200	8.71	215	7.56	
3	220	7.10	240	7.03	
4	235	6.81	260	6.18	
5	240	8.22	288	5.91	
6	250	9.81	320	5.43	
7	260	11.59	390	6.71	
8	280	13.00	450	6.93	

განხილული დადგმული სიმძლავრეების მიხედვით, ორსადგურიანი კასკადის გარიანტის დროს (ტვიში, ნამახვანი) ინვესტორს მშენებლობის დაფინანსების შესახებ ხელშეკრულების დადებისას შეუძლია რამდენადმე შეცვალოს ფინანსური ამორტიზაციის პერიოდი, სარგებლის საპროცენტო განაკვეთი და თავისი რეიტინგის შესაბამისად მოიზიდოს სასესხო კაპიტალი დაბალი პროცენტებით, მაგრამ ყველა ასეთი გადაწყვეტილება მიმართული უნდა იყოს ტარიფის შესამცირებლად, რადგან, წინააღმდეგ შემთხვევაში, საქონლის რეალურად გასაღების რისკი გაიზრდება და, შესაბამისად, გაიზრდება ინვესტირებული თანხის დაფარვის რისკი. მიგვაჩნია, რომ ყველა ზემოთ მოყვანილი ამოსავალი მონაცემის შესაძლო ცვლილებას, ნაანგარიშები ტარიფების შემცირება შეუძლია მხოლოდ 5%-ის ფარგლებში, რაც ნამახვანპესის მშენებლობის შესახებ გადაწყვეტილების საიმედობას მხოლოდ უმნიშვნელოდ გაზრდის. ეს იმას ნიშნავს, რომ სჯობს, ინვეს-

ტორი მაინც ორიენტირებული იყოს გენერირებული ელექტროენერგიის ჭარბი ნაწილის მეზობელ ქვეყნებში მაღალი ტარიფით ექსპორტირებაზე.

3. დასტვა

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში რეკომენდებული ეკონომიკური ეფექტურობის კრიტერიუმების: სუფთა მიმდინარე დირებულებისა, ამონაგების შიგა ნორმის გამოყენებით და საქართველოს ენერგოსისტემის დატვირთვის გრაფიკის გათვალისწინებით დასაბუთებულია, რომ ნამახვანკესის დადგმულმა სიმძლავრემ მიზანშეწონილია შეადგინოს 235 მგვტ სამჟესიან კასკადში და 320 მგვტ – ორპესიან კასკადში. ამ სიმძლავრეების პირობებში, დადგენილია პესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხულ-ზაფხულის შესაბამისი საშუალო შეწონილი ტარიფი 6.81 ცენტ/კვტ.სთ და 5.43 ცენტ/კვტ.სთ. ეს კი მხოლოდ ოდნავ აღემატება საქართველოს ენერგოსისტემისათვის სემეკის მიერ დამტკიცებული გენერაციის ზღვრულ ტარიფს. მაგრამ მშენებლობის დამთავრების პერიოდისათვის მოსალოდნელია ტარიფის ზრდა იმის გათვალისწინებით, რომ მეზობელ ქვეყნებში სარეალიზაციო ტარიფი გაცილებით დიდია, ამიტომ, ცხადია ნამახვანკესის მშენებლობის ორივე ვარიანტი ინვესტორისთვის რეალურ ეკონომიკურად ხელსაყრელ პირობებს ქმნის.

ჩვენი გათვლებით, რეგიონის რთული ეკოლოგიური სიტუაციის გათვალისწინებით, ნამახვანკესის ორპესიანი კასკადის ვარიანტის მშენებლობა უფრო მიზანშეწონილია.

ლიტერატურა

- ა. ახვლედიანი, ნ. კოდუა, ა. გოგოლაძე. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი ISSN 1512-410X სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“ №1-2(15-16), 2013 წ. ქ. თბილისი. „დადგმული სიმძლავრის განსაზღვრა ნამახვანკესის მაგალითზე საბაზრო ეკონომიკის პირობებში“ (გვ. 84-93).
- ა. ახვლედიანი, ნ. კოდუა. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „ენერგია“ №2(54), 2010 წ. ქ. თბილისი. „დადგმული სიმძლავრის დადგენა ჰიდროელექტროსადგურებისათვის საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ხუდონკესის მაგალითზე“ (გვ. 3-12).

УДК 693.54

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РАСШИРЕНИЯ И САМОНАПРЯЖЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ИЗ НАПРЯГАЮЩЕГО ЦЕМЕНТА МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Г.Л. Далакишвили, К.Р. Хазалиа

(Грузинский технический университет)

Резюме. Использованием метода голограммической интерферометрии выявляется неравномерный характер развития собственных напряжений как во времени, так и по объему цементного камня. В результате зерна заполнителя, а также арматура испытывают воздействие усилий, меняющихся во времени по направлению и величине. Это может стать причиной расшатывания структуры бетона, в некоторой степени ослабляя положительный эффект, достигаемый от применения напрягающих элементов.

Ключевые слова: голограммическая интерферометрия; деформация; динамометрическое кольцо; заполнитель; лазер; самонапрягающий цемент; трещинообразование; матрица.

1. ВВЕДЕНИЕ

За последнее время широко развернулись научные исследования в области совершенствования напрягающих цементов и бетонов. Работы в этом направлении ведутся во многих научных центрах. Всё большее развитие находит производство этого высокоэффективного строительного материала, расширяется область его применения, в том числе в гидротехническом строительстве.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Расширяющийся цемент

1. Начало схватывания водонепроницаемого расширяющего цемента - не ранее 4 мин, а конец - не позднее 10 мин. Схватывание можно замедлить добавкой СДБ, уксусной кисло-

ты и буры. Линейное расширение - через 1 сут. Твердение цемента должно быть не менее 0,2 и не более 1%.

2. Напрягающий цемент при затворении водой сначала твердеет и набирает прочность, а в последующее время расширяется и напрягает бетон и железобетон. Применяют самонапрягающий цемент в строительстве бетонных плотин, для изготовления напорных труб, напорных и обычных резервуаров для водоснабжения, цементно-бетонных покрытий аэродромов и при строительстве морских сооружений (этот цемент получен В.В. Михайловым).

3. Расширяющийся п/цемент (РПЦ) – гидравлическо-вязкое вещество, получаемое совместным тонким помолом п/цементного клинкера - 58-63%, глиноземистого шлака и клинкера - 5-7%, гипса - 7-10% и гранулированного доменного шлака 23-28%. (РПЦ) быстро твердеет в условиях кратковременного пропаривания, обладает высокой плотностью и водонепроницаемостью во влажной среде в течение 3 суток твердения, обладает способностью расширения.

Целью исследования было изучение кинетики расширения и самонапряжения цементного камня, приготовленного на напрягающем цементе, при двухосном ограничении деформации. Исследование проводилось методом голографической интерферометрии, позволяющей без контакта с образцами получать как качественную, так и количественную оценку деформированного состояния тела [1, 3].

Двухосное ограничение деформации расширения цементного камня осуществлялось при помощи динамометрических колец. Они же служили и формой для изготовления образцов. Динамометрические кольца представляли собой цилиндры, приготовленные из специальной стали с высоким пределом упругости. Размеры колец были: диаметром 100мм, высотой 30мм, толщиной стенки - 1,2 и 3мм. Последней моделировалась разная степень ограничения расширения цементного камня при процентах армирования соответственно 2,4.

Был применен напрягающий цемент НЦ-20, предложенный проф. В.В. Михайловым. Характеристика цемента: сроки схватывания - начало 45 мин, конец - 2 часа 40 мин, нормальная густота цементного теста - 28,5%, В/Ц=0,4.

С целью изучения кинетики обжатия арматурных стержней при формировании образцов, в центральной части втапливались стальные цилиндры гладкого профиля диаметром 20 мм и длиной 30 мм. Отформированные образцы укладывались в эксикатор с относительной влажностью среды 99%. После 24-часового хранения образцы извлекались из эксикатора и укладывались на специальную этажерку для получения голограмм. Съемка голографических интерферограмм производилась одномодовым гелий-неоновым лазером ЛГИ-215 мощно-

стью 60 мВт, длиной волны 632,8 Нм, по двухлучевой схеме методом двойной экспозиции. Время экспозиции 50 секунд. Общая продолжительность съемки голограмм между экспозициями с различными интервалами времени составляла 168 часов. По завершению эксперимента производилось восстановление и считывание интерферограмм с целью определения величин деформации [1, 4].

Динамометрическое кольцо, формы для формирования образцов, изготовлены из специальной стали с высоким пределом упругости.



Рис. 1. Интерферограмма деформации расширения напрягающего цемента, толщина стенки динамометрического кольца 1 мм, возраст образца 45 часов

Рис. 2. Интерферограмма деформации расширения напрягающего цемента, толщина стенки динамометрического кольца 3 мм, возраст образца 72 часов

На рис. 2 - зона развития напряжения и микротрещин в контактной зоне матрицы цементного камня и заполнителя, которые были выявлены методом голограммической интерферометрии, при 24-кратном увеличении не были обнаружены.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных голограммических интерферограмм показал следующее:

1. Деформация расширения интенсивно развивалась в первые 3-5 суток, после чего она постепенно затухала.
2. Деформации расширения в образцах с малой степенью ограничения (процент армирования 2) были заметны с самого начала экспонирования голограмм. При больших ограничениях деформации не были обнаружены.

чениях это наблюдалось, начиная с 2-3 суток. Соответственно, и спад интенсивности расширения при малой степени ограничения наблюдался в более ранние сроки.

3. За время наблюдений, длившихся 10 суток, характер расположения интерференционных полос претерпевал изменения. В начальный период ориентация интерференционных полос приближалась к горизонтальной. В дальнейшем, по мере роста самонапряжения, концы поля загибались вверх и постепенно принимали вид концентрических колец, этот процесс проходил в более медленном темпе при большей степени ограничения деформаций.

Анализ этого явления показал, что в начальный период развития деформаций преобладало влияние собственного веса образцов. В последующем, по мере развития самонапряжения, роль собственного веса в развитии деформированного состояния образца становилась незаметной. На роль собственного веса в возникновении интерференционных полос в начальные сроки твердения указывает и их более частое расположение в нижней части образцов.

В заключение можно отметить, что метод голографической интерферометрии позволил получить полную картину деформирования самонапряженного бетона при различных видах армирования, что будет способствовать выработке более рациональных приёмов конструирования железобетонных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Кальер, К. Беркхарт, Л. Лин. Оптическая голография. М.: Мир, 1973 г.
2. Далакишвили Г.Л., Какичашвили Ш.Д., Цилосани З.Н. Исследование деформации усадки бетона методом голографической интерферометрии // Сообщения АН ГС, С. 88. №2, 1977 г.
3. G. Dalakishvili. The effect of cement composition on the cracking resistance // Energyonline, №1(6), 2012.
4. Далакишвили Г.Л., Хазалия К.Р., Иванов Г.П. Определение полей деформации бетона при развитии внутренних напряжений от температурного воздействия методом голографической интерферометрии // Вестник Национального политехнического университета Армении. “Механика машиноведение, машиностроение”, №2. Ереван, 2016 г.

შაბ 621. 81

გულებრივი გაზის გამოყენება და მასთან დაკავშირებული პროცესები

შ. მესტვირიშვილი, დ. კუჭუხიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნაშრომში განხილულია საქართველოს გაზმომარაგების ქსელების დღე-განცდელი პრობლემები და გაზის ტექნიკური დანაკარგების გავლენა კლიმატის გლობალურ ცვლილებებზე; ასევე აღნიშნულია საქართველოს როლი გლობალური დათბობის საკითხების გადაჭრაში.

საკვანძო სიტყვები: გაზი; გაზსაღები; კლიმატი; სათბურის გაზი; მეთანი.

1. შესავალი

დღეს მსოფლიოში ენერგომატარებლები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქვეყნის განვითარებაში და, შესაბამისად, მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს მის სოციალურ-პოლიტიკურ თუ კულტურულ ცხოვრებაში. ამ მხრივ არც საქართველოა გამონაკლისი, უფრო მეტიც, უკანასკნელი წლების განმავლობაში საქართველომ მნიშვნელოვანი როლი იტვირთა გაზისა და ნავთობის ტრანზიტის თვალსაზრისით. საქართველოში უკვე გადის გაზისა და ნავთობის მძლავრი სადენები, უმოკლეს დროში, დამთავრდება კიდევ ერთი გაზსაღების მშენებლობა, რომელიც გაზით მდიდარ შეა აზის ქვეყნებს დააკავშირებს ევროპასთან. აღნიშნული გაზსაღენებით წელიწადში მიღიარდობით კუბური მეტრი გაზი გადის და გაივლის საქართველოს ტერიტორიაზე. საქართველოს გავლით რუსეთიდან გაზი მიეწოდება სომხეთს, ასევე საქართველოს ერთ-ერთი პირველი ადგილი უჭირავს მსოფლიოში გაზის ქსელების სიმჭიდროვით. საქართველოში ათასობით ინჟინერ-ტექნიკური პერსონალია დასაქმებული გაზის მეურნეობებში. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩანს თუ რამდენად მნიშვნელოვანია მცირეოდენი წვლილის შეტანაც კი მსოფლიოსთვის ამ უმნიშვნელოვანეს საქმეში. როგორც გაზის ტრანსპორტირება, ისე გაზის გამოყენების

სფერო ძალიან დიდია და გაზსადენების სრულყოფილი მომსახურება, შესაბამისად, მნიშვნელოვანია. საკითხების არასრული ჩამონათვალიც კი სრულ წარმოდგენას შეგვიქმნის საკითხის მნიშვნელობისა და აქტუალურობის შესახებ. ესენია ეკონომიკა, უსაფრთხოება, ეკოლოგია, სოციალური პრობლემები და სხვა. [1]-ში მოყვანილია აღნიშნული საკითხების ძიება და მიღებული ინფორმაციის ანალიზი.

2. მირითადი ნაშილი

გაზმომარაგების წარმოების ეკონომიკური მხარე პირდაპირ კავშირშია გაზის ტექნიკურ დანაკარგთან. იგი მოქმედებს როგორც გაზის მომწოდებელზე, ისე მომხმარებელზე რადგან დღეს ენერგიის ფასი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს როგორც პროდუქციის წარმოებაში მის ფასზე, ისე მოსახლეობის სოციალურ მდგომარეობაზე, ვინაიდან გაზის ტექნიკურ დანაკარგს საგრძნობი წვლილი აქვს მის ფასწარმოქმნაში.

უსაფრთხოება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია გაზის მეურნეობაში, რადგან ბუნებრივი გაზი ჰაერთან შერევისას აფეთქებასაფრთხიან ნარევს წარმოქმნის და ხშირად მის აფეთქებას ლეტალური შედეგი მოსდევს (მაგ., თბილისში, მეტრო ისნის მიმდებარე ტერიტორიაზე გაზის აფეთქებამ 72 ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა). აფეთქებასაფრთხიანი ნარევის წარმოქმნა კი, ძირითადად, გაზის ტექნიკურ დანაკარგთან არის დაკავშირებული.

გაზის ტექნიკური დანაკარგი, როგორც ცნობილია, გაზსადენის ჰერმეტულობის დარღვევით არის გამოწვეული. ამ მხრივ გამოირჩევა მიწისქვეშა გაზსადენები. მიწისქვეშა გაზსადენის ჰერმეტულობის დარღვევა, ძირითადად, კოროზიით არის გამოწვეული და ის ვითარდება გარედან სხვადასხვა ფაქტორის მოქმედების შედეგად. ამიტომ მიღსადენზე კოროზიისაგან დამცავი იზოლაციის ფენის დატანას და მის გარემოსთან შესაბამისობას გადამწყვერი მნიშვნელობა ენიჭება. მიუხედავად მრავალწლიანი გამოცდილებისა, კოროზიისგან დამცავი ისეთი ფენის შექმნა, რომელიც გამორიცხავს ფოლადის მიღების კოროზიას, ჯერ არ არსებობს. აღნიშნულის გამო, მიწისქვეშა მიღების იზოლაციის კონტროლი პერიოდულად აუცილებელია. კოროზია დინამიკური პროცესია. განსაკუთრებით საშიშია მაშინ, როცა მიმდინარეობს ელექტროქიმიური და მოხეტიალე დენებით გამოწვეული კოროზია (2). მიღსადენის კედლის დარღვევა და მისი გაფართოება დამოკიდებულია მიღში

გაზის წნევის სიდიდეზეც, რომელიც შეიძლება იცვლებოდეს დიდი დიაპაზონით. მიღიდან გაზის დანაკარგი კი ფუნქციაა როგორც ნახვრეტის ზომისა და ფორმის, ისე მიღმი წნევის სიდიდისა. გაზმომარაგების სისტემების ექსპლუატაციის დროს, ძალიან ხშირად წნევის სიდიდის ცვლილება აუცილებელია და მისი ცვლილების ერთ-ერთი მიზეზი ხშირად გაზის ტექნიკური დანაკარგის შემცირებაა.

გაზსადენების ნორმალური ექსპლუატაციისათვის აუცილებელია მისი კოროზიული მდგომარეობის შესწავლა, რაც საშუალებას მოგვცემს გაზსადენში ვარგ-გულიროვთ წნევა ისე, რომ წნევის გავლენით არ გაიხსნას კოროზიის ადგილები და, შესაბამისად, არ დაიკარგოს გაზის დიდი რაოდენობა. მხედველობაშია მისადები, რომ გაზგამანაწილებელი ქსელიდან გაზის დანაკარგი არის მიღსადენში არსებული ნახვრეტების რაოდენობის, მათი ზომისა და წნევის ფუნქცია. გაზის დანაკარგი მუდმივია მანამ, სანამ ზემოთ მოყვანილი პირობები მუდმივია. თუ გაზსადენში წნევა გაიზარდა, მაშინ არსებული ნახვრეტების ზომა იზრდება, ახალი ნახვრეტებიც ჩნდება და მიღსადენიდან გაზის გამოდინების სიჩქარეც მატულობს, რაც, თავის მხრივ, გაზის ტექნიკურ დანაკარგს ზრდის. აღსანიშნავია, რომ, თუ გაზრდილი წნევის შემდეგ წნევას საწყის სიდიდემდე დავაბრუნებთ, დაკარგული გაზის რაოდენობა პირვანდელ სიდიდეს აღარ დაუბრუნდება და გვექნება თავისებური პისტერეზისი [3]. ამიტომ საჭიროა წნევის ცვლილებას სერიოზული ყურადღებით მოეკიდონ გაზგამანაწილებელი ფირმები.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გაზის ტექნიკური დანაკარგის ძირითადი წყაროა კოროზიით გამოწვეული ნახვრეტები და გაუმართავი ჩამკეტმარებულირებელი მოწყობილობები. ზემოთ აღნიშნულ შემთხვევებში გამოდინებული გაზის რაოდენობა დამოკიდებულია მიღმი არსებული გაზის და გარემოს წნევათა სხვაობაზე, ასევე იმ ნახვრეტის ფორმასა და ზომაზე, რომლიდანაც გამოდის გაზი. სხვადასხვა ფორმის ნახვრეტიდან და შემჭიდროებებიდან გამოსული გაზის რაოდენობა ერმანეთისგან განსხვავდება მხოლოდ მუდმივი სიდიდეებით, თუ წნევათა სხვაობა არ იცვლება.

ზემოთ აღნიშნული პრობლემა უკონტროლოა. მისი კონტროლი შეიძლება მხოლოდ ტექნიკური დანაკარგის განსაზღვრით, რადგან ტექნიკური დანაკრგი ფუნქციაა გაზსადენების კოროზიული მდგომარეობის და გაზის წნევის სიდიდისა.

კვლევია. დღეს მსოფლიო საზოგადოების ერთ-ერთი უმთავრესი პრობლემა გარემოს ეკოლოგიური გაჯანსადებაა, რადგან მსოფლიო ბუნებრივი კატაკლიზმები

მასთან არის დაკავშირებული. ენერგეტიკაში ბუნებრივი გაზის გამოყენება მნიშვნელოვანი პროგრესია ეკოლოგიის გაჯანსაღების თვალსაზრისით, რადგან მისი დაწვის დროს ნამწვ პროდუქტებში სათბურის გაზი ნახშირორჟანგი მხოლოდ მესამედს შეადგენს, მეორე მხრივ კი დაუწველი მეთანი – ბუნებრივი გაზის ძირითადი კომპონენტი მძლავრი სათბურის გაზია. კლიმატის გლობალური ცვლილება წარმოადგენს მოვლენას, რომელიც დაკავშირებულია გლობალური ტემპერატურის მატებასთან და გამოწვეულია დედამიწის ატმოსფეროში ზოგიერთი გაზის გადამეტებული კონცენტრაციით, რაც ხელს უშლის დედამიწიდან „ზედმეტი“ სითბოს გამოსხივებას, რაც არღვევს დედამიწის სითბურ ბალანსს. ამ გაზებს ეწოდება „სათბურის გაზები“ და ისინი მოიცავს ნახშირორჟანგს, მეთანს, აზოტის ქვეჟანგს და სხვ. კაცობრიობის ისტორიაში დაფიქსირებული კლიმატის გლობალური ცვლილების ყველა პერიოდისაგან განსხვავებით, თანამედროვე კლიმატის ცვლილება გამოწვეულია ადამიანის საწარმოო საქმიანობით და დაკავშირებულია სათბობის ინტენსიურ გამოყენებასთან.

კლიმატის ცვლილების ამჟამინდელი ფენომენი ცნობილი გახდა XX საუკუნის 70-იანი წლებიდან, როცა შემჩეულ იქნა მსოფლიო საშუალო წლიური ტემპერატურის მკვეთრი ზრდის ტენდენცია და გახშირებული კლიმატური კატასტროფები. დღეისათვის უკვე მეცნიერულად დადასტურებულია, რომ კლიმატის ცვლილება პლანეტის მასშტაბით ნამდვილად ხდება და იგი განპირობებულია სათბურის გაზების მაღალი და მუდმივად მზარდი კონცენტრაციით, რომლებიც გამოიყოფა ადამიანის საწარმოო საქმიანობის დროს, რითაც ახდენენ (3) „სათბურის ეფექტს“ პლანეტაზე. ეს ეფექტი, თავის მხრივ, იწვევს კლიმატის ცვლილებას და გამოიხატება საშუალო ტემპერატურის აწევაში, ასევე, ნალექების გახშირებაში, რაც მრავალი, უკიდურესად უარყოფითი ფორმით აისახება ექსტრემალური მოვლენების გახშირებაში. ძირითადი სათბური გაზი ექვსია. ესენია: ნახშირორჟანგი CO₂, მეთანი CH₄, აზოტის ქვეჟანგი N₂O, HFCS, PFCS, SF₆. აღნიშნული გაზები შთანთქავს დედამიწიდან ატმოსფეროში გაშვებულ ინფრაწითელ გამოსხივებას და აბრუნებენ მას დედამიწაზე. ეს იწვევს სათბურის ეფექტს და ტემპერატურის მატებას დედამიწაზე. ტემპერატურის მატებას ყველაზე მეტად ხელს უწყობს ნახშირორჟანგი, სათბურის გაზებში მისი რაოდენობა შეადგენს 63%-ს, შემდეგ მეთანი – 24%, აზოტის ორჟანგი – 10%, სხვა გაზები – 3 %. მაგრამ მიუხედავად ასეთი პროცენტული შეფარდებისა, ამ გაზებს სხვადასხვა სათბური ეფექტი აქვს. უფრო მცირე პროცენტული

შეფარდების გაზებს უფრო მეტი სათბური ეფექტის უნარი აქვთ. კოეფიციენტს, რომელიც ამა თუ იმ გაზის სათბურის ეფექტის სიძლიერეს გამოხატავს, გლობალური დაობობის პოტენციალი (GWP) ეწოდება. ნახშირორეანგის გდპ 1-ის ტოლად არის მიღებული, მეთანის სათბურის ეფექტი მასზე 23-ჯერ დიდია, ამის გამო, გაზის დანაკარგის კონტროლი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია.

კლიმატის ცვლილების მავნე შედეგები მოიცავს: მყინვარების დნობას მოებზე და ყინულის ფენების განლევას ოკეანებში, ე.წ. „სიცხის ტალღებს“, გვალვებსა და ძლიერ წვიმებს, ოკეანის დონის აწევას, დატბორვების, წყალდიდობების, დვარცოფების, მეწყერების, ზვავების გახშირებას, ცუნამების, ქარიშხლების გაძლიერებასა და გახშირებას. კლიმატის შეცვლის შედეგად იცვლება ბუნება, ეკოსისტემები, რომელთაგან მრავალი ვერ ასწრებს ადაპტაციას და გადაგვარდება; იზრდება ადამიანთა დაავადების რისკი, მათ შორის ეპიდემიების გავრცელებაც. „სათბურის ეფექტით“ გამოწვეული მავნე შედეგები სულ უფრო მეტ მრავალფეროვნებასა და ინტენსიურობას ავლენს წლიდან წლამდე, რაც კიდევ უფრო ამძაფრებს და სასწრაფოს ხდის პრობლემის მოგვარების აუცილებლობას. კლიმატის ცვლილების ამჟამინდელი ტემპით გაგრძელების შემთხვევაში XXI საუკუნის ბოლოსათვის გლობალური საშუალო ტემპერატურა გაიზრდება $1,4\text{--}5,8^{\circ}\text{C}$ -ით, ხოლო ზღვის დონე, საკარაულო, აიწევს 9-დან 88 სანტიმეტრამდე 1990 წელთან შედარებით, რაც შესაბამისად გაამძაფრებს ბუნებრივ კატაკლიზმებს მთელს მსოფლიოში. შეიცვლება და გადაგვარდება ეკოსისტემები, ზოგიერთი მათგანი გადაშენდება, შეიცვლება ცხოველთა, მცენარეთა სახეობების გავრცელების არე, ზოგი მათგანი საერთოდ გაქრება, გაჩნდება ახალი სახეობები, წყლით დაიფარება ზოგიერთი კუნძული, გაძნელდება საკვების მოპოვება იმის გამო, რომ ზოგან შემცირდება წყლის რესურსები, რაც გაზრდის არიდული მიწების ფართობს, ზოგან კი – პირიქით, ხშირი წყალდიდობები და წყალმოვარდნები შეამცირებს ნიადაგის სასოფლო-სამეურნეო მიზნით გამოყენების შესაძლებლობას. წარმოიშობა მრავალი ისეთი საშიშროებაც, რომლის წინასწარმეტყველება დღეს არც კი შეგვიძლია.

კლიმატის ცვლილების ფენომენის გლობალური ხასიათიდან გამომდინარე, შესასწავლად აუცილებელი გახდა მისი შეჩერებისათვის კაცობრიობის ძალისხმევის გაერთიანება. 1988 წელს მსოფლიოს წამყვან მეცნიერთაგან შეიქმნა გაეროს კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისო საბჭო (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), რომლის მიზანია, შეაფასოს ადამიანის ქმედებით გამოწვეული

კლიმატის ცვლილების რისკი, მისი პოტენციური შედეგები, მათი შერბილებისა და მასთან ადაპტაციის გზები. მას შემდეგ, რაც IPCC-მ შეისწავლა პრობლემა და განაცხადა სათბური გაზების ატმოსფეროში გაფრქვევით გამოწვეული გლობალური ტემპერატურის მატების შესახებ, დაიწყო საერთაშორისო დონისძიებების გატარება კლიმატის ცვლილების წინააღმდეგ. 1992 წელს რიო-დე-ჯანეიროში ხელი მოეწერა გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩოკონვენციას (UNFCCC), რომელშიც აისახა გლობალური კლიმატის ცვლილების პრობლემა და მასთან ბრძოლის პრინციპები.

კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია ანუ რიოს კონვენცია, როგორც მას ხშირად მოიხსენიებენ და რომელსაც 189 ქვეყანა, მათ შორის, საქართველოც არის მიერთებული, აყალიბებს საერთაშორისო ქმედებების მთავარ პრინციპებს, რომ ქვეყნები წინ უნდა აღუდგნენ კლიმატის ცვლილების პრობლემას მათი ვალდებულებებისა და შესაძლებლობების შესაბამისად და განვითარებულმა ქვეყნებმა უნდა იკისრონ მთავარი როლი ამ პრობლემის გადაწყვეტაში. ხელმომწერი მხარე-ქვეყნების განვითარების დონეებს შორის განსხვავების შესაბამისად, კონვენცია უსახავს განსხვავეულ ვალდებულებებს განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებს. კონვენციის I დანართში შესულ, განვითარებული ეკონომიკის მქონე მხარე-ქვეყნებს ეკოსრებათ წამყვანი როლი კონვენციის მიზნების შესრულებაში და მათ დაეკისრათ ვალდებულებები – შეამცირონ 1990 წლის დონემდე თავიანთი სათბური გაზების ემისია, ხოლო II დანართში შესულთ – დამატებით კიდევ ამ საქმიანობის ფინანსური უზრუნველყოფა. საქართველო წამოადგენს I დანართში არ შესულ ქვეყანას და მისი ვალდებულებაა რიოს კონვენციისადმი, ქვეყანაში ემიტირებული სათბურის გაზების პერიოდულად აღრიცხვა და დონისძიებების გატარება მათი შემცირებისა და მათი შედეგებისადმი ადაპტირებისათვის, რის შესახებაც მას ევალება პერიოდულად მოხსენებების წარდგენა კონვენციისათვის. სათბურის გაზების შემცირების უზრუნველსაყოფად კლიმატის ცვლილებების კონვენციას შექმნილი აქვს განსაკუთრებული მექანიზმები, რომლებიც ასახულია ე.წ. კიოტოს პროტოკოლში და არ ებულირებს სათბურის გაზების ემისიის შემცირებასთან დაკავშირებულ ეკონომიკურ ასპექტებს. კიოტოს მოქნილი მექანიზმებიდან საქართველოში დაშვებულია სუფთა განვითარების მექანიზმი (სგმ). სათბურის გაზების ემისიის შემცირების პერსპექტივაში პირველ ადგილზეა ენერგეტიკა, სადაც დიდი წილი გაზის ტექნიკურ დანაკარგზე მოდის. აღნიშნულის გამო, მასთან ყოველდღიური ბრძოლა და კონტროლი აუცილებელია, რაც გამოკვლევის მიზანია.

3. დასპენა

პროექტის ფარგლებში შესწავლილი იქნება გაზის მოძრაობისას გრუნტის ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობა, რომელიც აღინიშნება მიწისქვეშა მილიდან გაზის გამოსვლის დროს. ნებისმიერ გარემოში, გაზის მოძრაობის აეროდინამიკის სფეროს განეკუთვნება და საჭიროა განხილული და ექსპერიმენტულად შესწავლილი იყოს ისეთი საკითხები, როგორიც არის გრუნტში მოძრავი გაზის ნაკადის გავრცელება, გრუნტის ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობა გრუნტის სხვადასხვა ფიზიკური მდგომარეობის დროს. ყოველივე ეს ნაკლებად შესწავლილი სფეროა და მისი შესწავლა მცირე წვლილს შეიტანს შესაბამის მეცნიერებაში.

ლიტერატურა

1. გ. გელაშვილი, შ. მესტვირიშვილი, საქართველოს გაზგამანაწილებელი ქსელების მდგომარეობის ანალიზი // „ენერგია“, №4(64), თბილისი, 2012 წ.
2. კ. ქოქიაური, ბ. ქოქიაური, შ. მესტვირიშვილი, გაზგამანაწილებელი ქსელიდან სათბური გაზების ემისია და მისი განსაზღვრის მეთოდი. საერთაშორისო კონფერენცია – გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება. თბილისი, 2010 წ.
3. კ. ქოქიაური, ბ. ქოქიაური, შ. მესტვირიშვილი, სხვადასხვა საწვავის ეკოლოგიური შეფასება // „ენერგია“ №2(58), თბილისი, 2011 წ.

რეზერატები

შაპ 627.841

ორთაჭალკების სანაპირო უბნის ფილტრაციული რეჟიმის ანალიზი.
მ. ყალაბეგიშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე // პიდროინჟინერია, №1-2(23-24),
2017, გვ. 7-16.

რეზიუმე: ორთაჭალკების განთავსებულია ქ. თბილისის ცენტრალურ ნაწილში
და ექსპლუატაციაშია 1955 წლიდან.

ექსპლუატაციის პერიოდში პიდროკვანძის მარჯვენა ბურჯსა და სანაპიროს შორის კონტაქტში გაჩნდა ჰორიზონტალური ბზარი (სიგანით 5.5სმ-მდე). ჰორიზონტალურმა ბზარგანვითარებამ მოიცვა მთლიანად მთელი პიდროკვანძი და ასევე თევზსავალის წყალმიმდები. ძალიან გაუგებარი იყო, რომ კონტაქტი და ბზარები გახსნილი იყო მხოლოდ ჰორიზონტალური მიმართულებით, ეს მაშინ, როცა ვერტიკალური მიმართულებით გადადგილება (ჯდენა) საერთოდ არ იყო დაფიქსირებული.

მიწისქვეშა თევზსავალი კონსტრუქციის (რომელიც განთავსებულია მარჯვენა სანაპიროში) ვიზუალურმა დათვალიერებამ გამოავლინა, რომ იგი დაყოფილია განივი გამჭოლი ბზარებით (მაქსიმალური ზომით 4-5 სმ), ხოლო ამ ზონებში კონსტრუქციის უკან იყო სიცარიელე.

მათემატიკურმა მოდელებმა, „თევზსავალი – ფუძე“, „სანაპირო კედელი – დრენაჟი – ფუძე“ დამუშავებული სასრულ-ელემენტური სქემის გამოყენებით, საშუალება მოგვცა გაანალიზებულიყო ექსპლუატაციის პერიოდში განვითარებული სუფოზიურ-დეფორმაციული პროცესი. კერძოდ:

– თევზსავალში არსებული ბზარების ზონებში ვითარდებოდა ფილტრაციული დაწნევების მაღალი გრადიენტები, რომლებმაც გამოიწვია სუფოზია;

– თევზსავალზე არსებული გრუნტისა და ტრანსპორტის წონის ზემოქმედებით, გრუნტმა განიცადა ჯდენა, რაც მარჯვენა სანაპირო ზოლისათვის ქმნიდა დუნების დეფორმაციას და, ამასთან დაკავშირებით, იწვევდა გრუნტის მობრუნებას ვერტიკალურ სიბრტყეში;

– გრუნტის დუნების დეფორმაციამ გამოიწვია ბეტონის კონსტრუქციასა და სანაპიროს შორის კონტაქტის ჰორიზონტალური გახსნა – სიღრმეში 4მ-მდე.

ამასთან დაკავშირებით, სანაპირო კედელი, რომელიც ეყრდნობა გრუნტს, კარგავს საყრდენს და პიდროსტატიკური წნევის ზემოქმედებით, მასში ვითარდება გამჭიმავი ძაბვა. ბზარგანვითარების შემთხვევაში მოხდება კონცენტრირებული ფილტრაციის განვითარება, რაც გამოიწვევს სატრანსპორტო მაგისტრალის ქვეშ (სადაც გადის სხვადასხვა კომუნიკაციები) გრუნტის წყლის დონის აწევას და, ამასთან დაკავშირებით, სხვადასხვა არასასურველ პროცესს.

კონტაქტის გახსნის მიზეზის დადგენის შედეგად, მოხდა თევზსავალის დახურვა, რომლის შედეგად ხსენებული პროცესი შეჩერდა. ამგვარად, თევზსავა-

ლის პიდროიზოლაცია არის პიდროკვანძის ნორმალური ექსპლუატაციის აუცილებელი დონისძიება.

საკვანძო სიტყვები: ბზარგანვითარება; მათემატიკური მოდელები; სუფოზიურ-დეფორმაციული პროცესი; ფილტრაციული დაწნევა; პიდროიზოლაცია; კონტაქტი.

შაპ 691.32

რადიაციადამცავი კომპიუტორული მასალები. **ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე, ა. ჩიქოვანი // პიდროინჟინერია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 17-28.**

რეზიუმე: ამჟამად, ატომურ ელექტროსადგურებსა და დანადგარებში მაიონებელი გამოსხივებისაგან დასაცავად, ჩვეულებრივი ბეტონის გვერდით, გამოიყენება დანამატიანი და სპეციალურ შემვსებიანი ბეტონები, რომელთა დამცავი თვისებები გაუმჯობესებულია განსაკუთრებული ქიმიური შედეგნილობითა და სიმკვრივის გაზრდით.

საკვანძო სიტყვები: ატომი; ბეტონი; გამა და იონი; გამოსხივება; ელემენტალური ნაწილაკები; კრისტალი; ლითონი; ნეიტრონი; რადიაცია; რეაქტორი; ქვანტი.

შაპ 338.47

ინგენიერიების რენტაბელობის გაზრდის მიზართულებები აზერბაიჯანის სატრანსპორტო სექტორში. **ა. პაშაევი // პიდროინჟინერია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 29-37.**

რეზიუმე: სტატიაში მოცემულია სატრანსპორტო სექტორში განხორციელებული ინვესტიციების თეორიული დასაბუთება, საერთაშორისო სატრანსპორტო დერეფენციის ეფექტურობა; საგანგებო და ზოგადი მეთოდების მეშვეობით განხილულია დროის ფაქტორის გავლენა სატვირთო და სამგზავრო გადაზიდვების ინტენსიურობაზე, ასევე სატრანსპორტო სექტორისა – ინვესტიციების რენტაბელობაზე.

საკვანძო სიტყვები: ინვესტიცია; სატრანსპორტო სექტორი; ეფექტურობა.

შაპ 514.113.5

კირობების დადგენა, რომელთა შესრულებისას პირამიდის სიმაღლე გაკვეთს მის არმს. **ბ. მასპინძელიშვილი, ი. ქადარია // პიდროინჟინერია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 38-43.**

რეზიუმე: თუ მოცემულია პირამიდის წვეროების კოორდინატები, მაშინ დადგენილია პირობები, რომელთა შესრულებისას პირამიდის წვეროს გეგმილი ფუძეზე ძევს და მასზე გამაფალი სიმაღლე მდებარეობს მის არეში.

საკვანძო სიტყვები: პირამიდა; პირამიდის არქ; პირამიდის წვერო; პირამიდის სიმაღლე; გეგმილი; სიბრტყე; ნორმალური ვექტორი; სიბრტყის განტოლება; წრფის განტოლება; წახნაგი; მონაკვეთი.

შაპ 691.32

დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა სხვადასხვა ფანჯარულობის ბეჭონის მექანიკურ მახასიათებლებზე, გაჰიმვისას. **ა. საყვარელიძე, ნ. ლუდუშაური // პიდროინულებია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 44-46.**

რეზიუმე: შესწავლილია სხვადასხვა ტენშემცველობის ბეტონის მექანიკური მახასიათებლები (სიმტკიცე, დეფორმაცია, დრეკადობის მოდული) დეფორმაციის ხუთი სხვადასხვა (ერთმანეთისაგან ხარისხით განსხვავებული) სიჩქარის დროს – გაჭიმვისას.

გამოცდები ჩატარდა დეფორმაციის სიჩქარეთა დიაპაზონში $2,13 \cdot 10^{-7} \div 2,13 \cdot 10^{-3}$. გამოცდილი იყო 28 დღის ე.წ. „სველი“ და „მშრალი“ ნიმუშები. „სველი“ ნიმუშების ტენშემცველობაა $W=4,6\%$ (მასის მიხედვით); „მშრალი“ ნიმუშების ტენშემცველობაა $W=0\%$ (მასის მიხედვით).

გამოიცადა ორივე ტენშემცველობის 36-36 ნიმუში. თითოეულ დეფორმაციის სიჩქარეზე 6 ტყუპი ნიმუში.

გამოცდებით დადგინდა გაჭიმვის სხვადასხვა ტენშემცველობის ბეტონის მექანიკური მახასიათებლების სიდიდეები და მათი დამოკიდებულება დეფორმაციის სიჩქარეზე.

საკვანძო სიტყვები: ბეტონი; გაჭიმვა; ტენშემცველობა; დეფორმაცია; სიჩქარე; სიმტკიცე; დრეკადობის მოდული; მშრალი; სველი.

შაპ 697.1 (0.753)

შენობათა ენერგოეფექტურობის გაზრდა საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე რყდების თბური ენერგიის რეპუმრაციის ხარჯზე. **ა. კოპალიანი, მ. გრძელიშვილი, დ. კუჭუხიძე // პიდროინულებია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 47-52.**

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია შენობათა ჩამდინარე საკანალიზაციო წყლებიდან თბური ენერგიის უტილიზაციის საკითხი. ჩამდინარე წყლებს, რომელსაც მაღალი თბური პოტენციალი აქვს, დაახლოებით $15-20^{\circ}\text{C}$, მიაქვს ნარჩენი სითბოს დიდი რაოდენობა, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იყოს შენობათა თბომომარაგების მიზნით, რაც მნიშვნელოვანწილად დაზოგავს სათბობ-ენერგეტიკულ რესურსებს და, სასათბურე გაზების გამოყოფის შემცირების გზით, გააუმჯობესებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

საკვანძო სიტყვები: კანალიზაცია; ჩამდინარე წყლები; თბური ტუმბო; ენერგო-ეფექტურობა; სითბოს უტილიზაცია; თბომომარაგება; გამჭმენდი ნაგებობები.

შაპ 621. 81

თბობადაცემა ვებსაიტი კონდენსაციის დროს. შ. მესტვირიშვილი, დ. კუჭუხიძე // ჰიდროინჟინერია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 53-59.

რეზიუმე: ნაშრომში მოცემულია წვეთოვანი კონდენსაციის დროს თბობაცემის ახალი მოდელი, რომელიც ძირეულად განსხვავდება არსებული მოდელებისგან. შრომაში თბობაცემის ზედაპირად, ძირითადად განიხილება კონდენსაციის აფსკი, რომელიც წარმოიშობა კონდენსაციის ზედაპირზე, ის იზრდება კრიტიკულ სიდიდეები, შემდეგ კი იშლება და წარმოქმნის მიკროსკოპულ წვეთებს. აფსკი დაშლის-თანავე ხელახლა წარმოქმნება და იწყებს ზრდას, პროცესი განუწყვეტლივ მეორდება. აფსკის დაშლისას წარმოქმნილი წვეთების ნაწილი, რომელიც მცირე ზომისაა, მალევე ორთქლდება, დიდები კი მოძრაობს, ერთმანეთს ეჯახება, ერთდება დაბოლოს მოძრაობას წყვეტს. მოცემული მოდელის მიხედვით თბობაცემა მიმდინარეობს აფსკზე. კონდენსაციის ტრანსპორტირება კონდენსაციის ზედაპირიდან კი ხდება წვეთების საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები: კონდენსაცია; წვეთოვანი; აფსკი; თბობაცემა; აორთქლება; ზედაპირული დაჭიმულობა.

შაპ 662.76

ადგილობრივ მყარ სათბობზე მომუშავე მაღალეფექტური ბათბობის ქვაბების დანერგვა საჭართველოს არაბაზიზიცირებულ რაიონებში. დ. კუჭუხიძე, ა. ბაბუნაშვილი, ბ. ქურდაძე, კ. კოდუა // ჰიდროინჟინერია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 60-67.

რეზიუმე: ნაშრომში განხილულია მყარ სათბობზე მომუშავე მაღალეფექტური ქვაბების გამოყენებით მიღებული სათბობის ექონომიის საკითხები. აღნიშნული ქვაბების გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია იქ, სადაც არ არსებობს გაზმომარაგების სისტემა.

ასეთი ტიპის ქვაბები ჩვენ მიერ დანერგილია საქართველოს სხვადასხვარაიონში (15 ერთეული) და გამოცდილია გათბობის ორი სეზონის განმავლობაში. მუშაობის დროს ქვაბის მ.ქ. კოეფიციენტი აღწევდა $85 \div 88\text{-ს}$, ხოლო გამავალი ნამწვი აირების ტემპერატურა არ აღემატებოდა $130 \div 140^{\circ}\text{C}$ -ს. სათბობის წვის პროცესი მიმდინარეობდა პრაქტიკულად უნაცროდ. ის ეკოლოგიურად სუფთაა.

რაც შეეხება ეკონომიკურ ეფექტს, დიზელის საწვავზე მომუშავე ქვაბების ჩანაცვლებით მყარ სათბობზე მომუშავე ქვაბებით, გათბობის სეზონზე სათბობის

დირექტულება შემცირდა 4-ჯერ, ხოლო ელ. ენერგიაზე მომუშავე ქვაბების ჩანაცვლებით შეშაზე მომუშავე ქვაბით საექსპლუატაციო ხარჯები შემცირდა თითქმის 3,7-ჯერ (იხ. ცხრ. 1, 2). სურ. 2-ზე მოცემულია შეშის ქვაბისა და სითბოს აკუმულატორის ჩართვის სქემა.

ამ ქვაბების დადებითი მხარეა ის, რომ:

- სათბობის სრული წვა იძლევა მაღალ მ.ქ. კოეფიციენტის მნიშვნელობას, ქვაბი ეკოლოგიურად სუფთაა.

• სათბობად გამოიყენება ადგილობრივი ნედლეული: დაბალი ხარისხის შეშა, მორები, ხეტების ნარჩენები, ხის ტოტები, თხილის ნაჭუჭი, მზესუმზირისა და სიმინდის დეროები და სხვა. შესაძლებელია გამოვიყენოთ ბიოსათბობიც.

• ბიოსათბობის გამოყენების შემთხვევაში, შესაძლებელია ნელი წვის პროცესის ჩატარება და ერთი ჩატვირთვით შესაძლებელია ქვაბის მუშაობის ხანგრძლივობა 10-12 საათით გაიზარდოს (ზოგიერთ შემთხვევაში 24 საათით).

• ამ ტიპის ქვაბის ექსპლუატაცია მარტივია, ის აღჭურვილია საიმედო ავტომატიკით.

საკვანძო სიტყვები: ადგილობრივი სათბობი; საცეცხლე; ეკოლოგია; ვენტილატორი; ეკონომია; თბომცვლელი; ავტომატური მართვის კვანძი.

შაპ 626.627

ნამახვანებელის დადგმული სიმძლავრის ბანსაზღვრა. **ა. ახვლედიანი, ა. გოგოლაძე, გ. ახვლედიანი, ზ. ბაძალუა // ჰიდროინჟინერია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 68-77.**

რეზიუმე: საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, რეკომენდებულია პესების ეკონომიკური ეფექტიანობის დადგენა, სუფთა მიმდინარე ღირებულებისა NPV (Net Present Value) და ამონაგების შიგა ნორმის IRR (Internal rate of return) კრიტერიუმების გამოყენებით. სტატიაში განხილულია ნამახვანებელის მშენებლობის ორი ვარიანტი, პირველი, როცა ნამახვანებელი მოიაზრება სამჰესიანი კასკადის (ტვიში, ნამახვანი, ჟონეთი) და მეორე ვარიანტი – ორჰესიანი კასკადის (ტვიში, ნამახვანი) შემადგენლობაში. დასაბუთებულია, რომ ნამახვანებელის დადგმული სიმძლავრე, ზემოთ მოყვანილი კრიტერიუმების გათვალისწინებით, მიზანშეწონილია იყოს 235 მგვტ, სამჰესიან კასკადში და 320 მგვტ ორჰესიან კასკადში. ამ სიმძლავრეებისათვის, დადგენილია ჰესის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდებში შესაბამისი საშუალო შეწონილი ტარიფი, შესაბამისად, ტოლი 6.81 ცენტ/კვტ.სთ-ის და 5.43 ცენტ/კვტ.სთ-ისა.

საკვანძო სიტყვები: პესებზე დადგმული სიმძლავრე; ტარიფის დადგენა; ნამახვანებელი.

უაპ 693.54

თვითმაპატია ცემენტის ქვის ბაზართოვებისა და თვითმაპატულობის კინების შესრაგება პოლობრაფიული ინტერვერომეტრის მეთოდით. გ. დალაქიშვილი, კ. ხაზალია // პიდროინუინერია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 78-81.

რეზიუმე: პოლოგრაფიული ინტერვერომეტრის მეთოდის გამოყენება იძლევა საშუალებას გამოვავლინოთ თვითდაძაბულობის პროცესი ცემენტის ქვის ფორმირების პერიოდში, მის ტანში განვითარებული ძაბვის განვითარება, განაწილება დროის ფაქტორის გათვალისწინებით. თვითდაძაბული ცემენტის გამყარების პერიოდში შემვსები მარცვლების გარდა, არმატურის ღეროებიც განიცდის დატვირთვას, რომლის სიდიდე და მიმართულება იცვლება დროსა და სივრცეში. ამან შეიძლება გამოიწვიოს კონსტრუქციის რღვევა, რაც ამცირებს თვითდაძაბული ბეტონის გამოყენებით მიღებულ მოსალოდნელ ეფექტს.

საკვანძო სიტყვები: პოლიგრაფიული ინტერვერომეტრია; დეფორმაცია; დინამომეტრული რგოლი; შემვსები; ლაზერი; თვითდაძაბული ბეტონი; ბზარგანვითარება; მატრიცა.

უაპ 621. 81

ბუნებრივი ბაზის გამოყენება და მასთან დაკავშირებული პრობლემები. შ. მესტვირიშვილი, დ. კუჭუხიძე // პიდროინუინერია, №1-2(23-24), 2017, გვ. 82-88.

რეზიუმე: ნაშრომში განხილულია საქართველოს გაზმომარაგების ქსელების დღეგანდელი პრობლემები და გაზის ტექნიკური დანაკარგების გავლენა კლიმატის გლობალურ ცვლილებებზე; ასევე აღნიშნულია საქართველოს როლი გლობალური დათბობის საკითხების გადაჭრაში.

საკვანძო სიტყვები: გაზი; გაზსადენი; კლიმატი; სათბურის გაზი; მეთანი.

SUMMARIES

UDC 627.841

ANALYSIS OF THE ORTACHALA HPP COASTAL ZONE SEEPAGE REGIME.

M. Kalabegishvili, L. Klimiashvili, D. Gurgenidze // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 7-16.

Summary: Ortachala HPP the law head waterworks facility in operation since 1955 is located in the central part of Tbilisi city.

During operation period cracks were formed in the right-bank of foundation, where are located underground fish-way sections. Surprisingly, right bank dam-foundation contact opened only in the horizontal direction, that caused 5.5 cm gap development, while there were no changes in the vertical direction. Visual researches showed, that cracks (size is 4-5 cm) developed in fish-way construction.

Mathematical models - "fish-drainage-foundation", "retaining wall - drainage-foundation" developed with the use of the finite element scheme, allowed us to finalize the suffusion-deformation process developed during the operation, namely:

- in the cracking zones of fish-way developed high gradients of seepage pressure, causing suffusion;
- under the influence of the weight of the soil and transport, shrinkage of the soil developed, which for the foundation of the right bank, created bending deformations causing the rotation of the soil in the vertical plane;
- bending deformation of the foundation at the contact of the concrete structure and the embankment caused a horizontal opening, spread out - at a depth of 4 m.

In connection with this, the retaining wall, leaning against the ground, loses support and, under the influence of hydrostatic pressure, tensile stress develops in it. In the case of crack formation in the wall, concentrated seepage will develop, which will cause groundwater rise in the main road (passing different communications) and various unfavorable processes.

Having established the reason for opening the contact, the fishway was closed, as a result of which above-mentioned process was stopped. Thus, the waterproofing of the fish-way is a necessary measure for the normal operation of the waterworks.

Key words: contact; cracking; filtration process; hydroizolation; mathematical models; suffusion-deformation process.

UDC 691.32

RADIATION PROTECTIVE COMPOSITE MATERIALS. **L. Klimiashvili, D. Gurgenidze,**

A. Chikovani // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 17-28.

Summary: Currently in the nuclear power plants and installations to protect from ionizing radiation with the common concrete there is used by the concretes with additives and special filler, which protective properties are improved with special chemical composition and increasing of density.

Key words: atom; concrete; crystal; elementary particles; gamma and ion radiation; metal; neutron; quantum; radiation; reactor.

UDC 338.47

DIRECTION OF INCREASE PROFITABLENES OF INVESTIGATIONS IN TRANSPORT SECTOR OF AZERBAIJAN. **A. Pashaev** // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 29-37.

Summary: There is spoken about the improvement of efficiency in investments made in the transport sector, international transport corridors going through the country. In this article it deals with definition of the time factor, which refers about the determination of the general and special methods, affects to the matter, as a cargo passenger transportation, also transport sector on the profitability and intensivity of exploitation as well.

Key words: efficiency; investments; transport sector.

UDC 514.113.5

DETERMINATION OF CONDITIONS, WHEN THE HEIGHT OF THE PYRAMID CROSSES IT'S AREA. **B. Maspindzelishvili Y. Qadaria** // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 38-43.

Summary: There are given the co-ordinates of vertexes of pyramid, then are determined conditions, at execution of that projection of vertex of pyramid lies on the base and passing through its height is located in its area.

Key words: area of piramid; equation of flatness; equation of line; facet; flatness; height of pyramid; normal vector; planned; pyramid; section; vertex of pyramid.

UDC 691.32

INFLUENCE OF DEFORMATION VELOCITY ON STRENGTH OF CONCRETE AT DIFFERENT MOISTURE CONTENT AND MECHANICAL CHARACTERISTICS AT TENSION. **A. Sakvarelidze, N. Gudushauri** // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 44-46.

Summary: There is investigated influence of deformation velocity of mechanical characteristics (strength, ultimate deformation modules of elasticity) of concrete at tension Specimens were tested at five levels of deformation velocity.

In the result of investigation there are established indices of mechanical chacteristics of concrete of different moisture content at different velocities in tension. Investigation hase shown, that indeces of module of elasticity, ultimate deformations and strength insignificantly depend on deformation velocity in investigated diapason of velocity $2,13 \cdot 10^{-7} \div 2,13 \cdot 10^{-3}$ 1/sec.

Key words: concrete; deformation; dry; modulus of elasticity; moisture; moist; strength; tension; velocity.

UDC 697.1 (0.753)

IMPROVING OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE BUILDINGS BY RECYCLING THE HEAT ENERGY OF DOMESTIC SEWAGE. **A. Kopaliani, M. Grdzelishvili, D. Kuchukhidze** // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 47-52.

Summary: There is discussed the issue of utilization of heat energy of domestic waste-waters of the building. Waste-waters, which have a high heat potential of approximately 15-20°C, takes a large amount of residual heat, that can be used to provide heat to the building, which will significantly save heat and energy resources and by reducing the emission of thermal gases and improves the state of the ecological environment.

Key words: cleaning building; energy efficiency; heat; pump; sewage; sewerage; utilization

UDC 621. 81

THERMAL CONDUCTOR DURING DRIP CONDENSATION. **Sh. Mestvirishvili, D. Kuchukhidze** // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 53-59.

Summary: There is presented the new model of heat transfer, where drop wise condensation is radically different from existing models. As a surface of heat transfer a film of a condensate is considered. The formed film increases up to critical size and then brakes apart into small parts on the surface of condensation and forms microscopic droplets. Process repeats itself uninterruptedly. A part of small-sized droplets formed during fragmentation of a film quickly evaporate, bigger drops, colliding one another, coagulate and at the end stops motion. According to the presented model process of heat transfer occurs on a film. Transportation of a condensate from a surface of condensation is carried out by droplets.

Key words: condensation; dropper; evaporation; heat transfer; film superficial tension.

UDC 662.76

IMPLEMENTATION OF HIGH-EFFICIENT HEATING BOILERS WORKING ON THE LOCAL SOLID FUEL IN THE GEORGIAN REGIONS NOT SUPPLIED WITH GAS. **D. Kuchukhidze, A. Babunashvili, B. Kurdadze, K. Kodua** // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 60-67.

Summary: There are considered issues of fuel economy obtained through use of high-efficient boilers working on solid fuel. Application of mentioned boiler is especially expedient in the regions, where there are no gas supply systems.

Boilers of this type are implemented by us in different regions of Georgia (15 units) and are tested during two heating seasons. During the work the coefficient of efficiency reached 85÷88%, while the temperature of outlet gases didn't exceed 130÷140°C. There are virtually no ash residuals after fuel combustion process. These boilers are ecologically clean.

As to economic effect, fuel cost for heating season has increased 4 times, when replacing boilers working on diesel fuel with boilers working on solid fuel, while in case of replacement of boilers working on electric energy with boilers working on wood, operation expenses have reduced 3,7 times.

Among advantages of these boilers are also the following:

- complete fuel combustion gives high coefficient of efficiency, and boilers are ecologically clean.
- local raw materials, namely low-quality wood, logs, residual wood, branches, offshoot, nut shell, sunflower and corn stems etc., are used as a fuel. The use of biofuel is also possible.
- in case of biofuel's use is possible to conduct the slow combustion process and we can increase duration of boiler operation by 10-12 hours (sometimes even by 24 hours).
- boilers of this type are easy-to-work, they are equipped with reliable automatics.

Key words: automatic management knot; censer; ecology; economy; heat exchanger; local fuel.

UDC 626.627

DETERMINING OF THE INSTALLED CAPACITY OF THE NAMAKHVANI HPP.

A. Akhvlediani, A. Gogoladze, G. Akhvlediani, Z. Badzaghuia // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 68-77.

Summary: Market economy conditions has recommended hydro economic efficiency of the (**NPV**) (Net present value) and **IRR** (Internal rate of return) by using these criteria. There are discussed two versions of the Namakhvani HPP, first when the Namakhvani HPP is comprised of three HPP cascade (Tvishi, Namakhvani, Zhoneti) and the second version of the two HPP cascade (Tvishi, Namamkhvani). It is reasonable, that the installed capacity of the hydroelectric power plant is estimated to be 235 MW in three hydropower cascades and 320 MW in terms of the above criteria. For these capacities, the average weighted tariff in the fall-winter and spring-summer periods generated by the HPP is established, respectively 6.81 cents / kWh and 5.43 cents / kWh.

Key words: fix the tariff; installed capacity of the hydroelectric power plant Namakhvani HPP.

UDC-693.54

STUDY OF EXTENSION OF SELF-TENSIONAL CEMENT STONE AND SELF-TENSION KINETICS BY THE METHOD OF HOLOGRAPHICAL INTERFEROMETRY. **G. Dalkishvili, K. Khazalia** // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 78-81.

Summary: Application of holographical interferometry methodology enables to demonstrate self-tension process within the period of cement stone-formation, to improve tensions developed in its body, to distribute in consideration of time factor. Except for filling grains during reinforcement of self-tensioned cement, even the reinforcing stems suffer from loadings, volume and direction of which is changed in time and space. It may be resulted in demolishing of construction, which lowers an excepted effect obtained by application of self-tensioned concrete.

Key words: cracking; deformation; dynamometric hoop; filler; holographical interferometry; laser; matrix; self-tensioned cement.

UDC 621. 81

UTILIZATION OF NATURAL GAS AND RELATED PROBLEMS. **Sh. Mestvirishvili, D. Kuchukhidze** // Hydroengineering. №1-2(23-24), 2017, p. 82-88.

Summary: There is considered contemporary problems of Georgian gas distribution network and influence of technical losses of NG on global climate change. The role of Georgia in solution of global warming problem also is touched.

Key words: climate; gas; gas-main; gas of hothouse; methane.

РЕФЕРАТЫ

УДК 627.841

АНАЛИЗ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РЕЖИМА НАБЕРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОРТАЧАЛЬСКОЙ ГЭС. Калабегишивили М.А., Климиашвили Л.Д., Гургенидзе Д.Р. // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 7-16.

Резюме: Ортачальская ГЭС, находящаяся в эксплуатации с 1955 года, расположена в центральной части города Тбилиси.

В период эксплуатации был раскрыт (до 5.5 см) контакт правобережного бычка с набережной. Горизонтальное трещинообразование охватило в целом все сооружение и также зону водоприемника рыбохода. Было непонятно, почему контакт и трещины раскрылись только в горизонтальном направлении, в то время как в вертикальном направлении смещения (усадки) вообще не были зафиксированы.

Визуальный осмотр подземной конструкции рыбохода (расположенного на правом берегу) выявил, что она расчленена поперечными сквозными трещинами (с максимальным размером 4-5 см), а в этих зонах за обделкой конструкции имелись пустоты.

Математические модели - система «рыбоход - дренаж - основание», «набережная стена - дренаж - основание», разработанные с использованием схемы конечного элемента, позволили проанализировать суффозия-деформационный процесс, развитый в период эксплуатации, а именно:

- в рыбоходе в зонах трещин развивались большие градиенты фильтрационного напора, вызывающие суффозию;
- под воздействием веса толщи грунта и транспорта развивалась усадка грунта, что для основания правого берега создало изгибные деформации, вызывающие поворот грунта в вертикальной плоскости;
- изгибные деформации грунта на контакте бетонной конструкции и набережной вызвали горизонтальное раскрытие, распространенное в глубину до 4 м.

В связи с указанным, набережная стена, прислоняющаяся на грунт, теряет опору и под воздействием гидростатического давления в ней развиваются растягивающие напряжения. В случае трещинообразования будет развита концентрированная фильтрация, что вызовет подъем грунтовых вод в магистральной дорожной трассе (с проходящими разными коммуникациями) и разные неблагоприятные процессы.

После установления причины раскрытия контакта, рыбоход был закрыт, в результате чего указанный процесс был остановлен. Таким образом, гидроизоляция рыбохода является необходимым мероприятием для нормальной эксплуатации гидроузла.

Ключевые слова: трещинообразование; математические модели; суффозия-деформационный процесс; фильтрационный напор; гидроизоляция; контакт.

УДК 691.32

РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. **Климиашвили Л.Д., Гургенидзе Д.Г., Чиковани А.Б.** // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 17-28.

Резюме: В настоящее время на атомных электростанциях и других установках для защиты от ионизирующих излучений наряду с обычным бетоном используются бетоны с добавками и на специальных заполнителях, защитные свойства которых улучшены благодаря особому химическому составу и повышению средней плотности.

Ключевые слова: атом; бетон; гамма; ион; излучение; элементарные частицы; кристалл; металл; нейтрон; радиация; реактор; квант.

УДК 338.47

НАПРАВЛЕНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В ТРАНСПОРТНЫЙ СЕКТОР АЗЕРБАЙДЖАНА. **Пашаев А.З.** // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 29-37.

Резюме: В статье говорится о теоретической обоснованности инвестиций, направляемых в транспортный сектор, об эффективности международных транспортных коридоров, проходящих через страны. В статье также говорится об определении, при помощи общих и специальных методов, влияния фактора времени на интенсивность грузопассажирских перевозок и транспортного сектора на рентабельность вложения инвестиций.

Ключевые слова: инвестиция; транспортный сектор; эффективность.

УДК 514.113.5

УСТАНОВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ, ПРИ КОТОРЫХ ВЫСОТА ПИРАМИДЫ ПРОХОДИТ В ЕЁ ПРОСТРАНСТВО. **Маспиндзелишвили Б.И., Кадария И.Р.** // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 38-43.

Резюме: Если даны координаты вершин пирамид, тогда установлены условия, при которых проекция вершины находится на основании и на нём высота проходит в пространство пирамиды.

Ключевые слова: пирамида; зона пирамиды; вершина пирамиды; высота пирамиды; плановая плоскость; уравнение линии; грань. участок.

УДК 691.32

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА РАЗЛИЧНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ. **Сакварелидзе А.В., Гудушаури Н.А.** // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 44-46.

Резюме: Исследовано влияние скорости деформации на механические показатели (прочность, относительная деформация, модуль упругости) бетона различного влагосодержания

при растяжении. Образцы всех серий испытывались при 5 уровнях скоростей деформации, отличающихся друг от друга на порядок $2,13 \cdot 10^{-7} \div 2,13 \cdot 10^{-3}$ 1/сек.

Испытывались 28-суточные образцы влагосодержанием: $W=4,6\%$ (по массе), «влажные» образцы и «сухие» образцы влагосодержанием $W=0\%$ (по массе). На каждую влажность и скорость деформации испытывались по 6 образцов – близнецов.

Проведенные исследования показали: при растяжении механические характеристики бетона различного влагосодержания слабо зависят от скорости деформации: при увеличении скорости деформации на четыре порядка прочность увеличивается на 17,1 и 15,6%, а модуль упругости на 19,1 и 17,2, соответственно, для «влажных» и «сухих» образцов.

Ключевые слова: бетон; растяжение; влагосодержание; деформация; скорость; прочность; модуль упругости; сухой; мокрый.

УДК 697.1 (0.753)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ЗА СЧЕТ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД. **Копалиани А.Дж., Гrdзелишвили М.В., Кучухидзе Д.Г.** // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 47-52.

Резюме: Рассмотрен вопрос утилизации тепловой энергии бытовых сточных вод зданий. Сточные воды, у которых имеется высокий тепловой потенциал - приблизительно $15-20^{\circ}\text{C}$, забирают большое количество остаточного тепла, которое можно применить для теплового обеспечения зданий, что значительно сэкономит теплоэнергетические ресурсы и посредством уменьшения выделения тепловых газов улучшит состояние экологической среды.

Ключевые слова: канализация; сточные воды; тесловой насос; энергоэффективность; утилизация тепла; теплоснабжение; очистительное сооружение.

УДК 621. 81

ТЕПЛООТДАЧА ПРИ КАПЕЛЬНОЙ КОНДЕНСАЦИИ. **Мествиришвили Ш.А., Кучухидзе Д.Г.** // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 53-59.

Резюме: В данной работе представлена новая модель теплоотдачи во время капельной конденсации, которая в корне отличается от существующих моделей. В качестве поверхности теплоотдачи рассмотрена пленка конденсата, которая образуется на поверхности конденсации. Пленка увеличивается до критической величины, а затем дробится и образует микроскопические капли. Процесс повторяется беспрерывно. Часть малоразмерных капель, образованных во время раздробления пленки, быстро испаряется, большие же, сталкиваясь, соединяются (коагулируются) и под конец прекращают движение. Согласно представленной модели, процесс теплоотдачи происходит на пленке. Транспортировка конденсата с поверхности конденсации осуществляется с помощью капель.

Ключевые слова: конденсация; капельница; пленка; теплоотдача; испарение; поверхностное натяжение.

УДК 662.76

ВНЕДРЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ, РАБОТАЮЩИХ НА МЕСТНОМ ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ, В НЕГАЗИФИЦИРОВАННЫХ РАЙОНАХ ГРУЗИИ. Кучухидзе Д.Г., Бабунашвили А.Д., Курдадзе Б.М., Кодуа К.Ш. // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 60-67.

Резюме: Рассмотрены вопросы экономии топлива, полученного использованием высокоеффективных котлов, работающих на твердом топливе. Использование указанных котлов особенно целесообразно там, где не существует систем газоснабжения.

Котлы такого типа внедрены нами в различных районах Грузии (15 единиц) и испытаны в течение двух отопительных сезонов. Во время работы КПД котла достигал 85–88%, а температура отходящих газов не превышала 130–140°C. После процесса горения топлива практически не остается золы. Эти котлы являются экологически чистыми.

Что касается экономического эффекта, то если заменить котлы, работающие на дизельном топливе, котлами, работающими на твердом топливе, то стоимость топлива за отопительный сезон уменьшается в 4 раза, а при замене котлов, работающих на эл. энергии, котлами, работающими на дровах, эксплуатационные расходы уменьшились почти в 3,7 раза.

Положительными сторонами данных котлов также являются следующие:

- полное сгорание топлива дает высокий коэффициент полезного действия, котлы экологически чистые;
- в качестве топлива используется местное сырье: дрова низкого качества, бревна, остатки древесины, ветки, ореховая скорлупа, стволы подсолнечника и кукурузы и др. Возможно также использование биотоплива;
- в случае использования биотоплива возможно проведение процесса медленного сгорания, и за одну загрузку можно на 10-12 часов увеличить продолжительность работы котла (а в некоторых случаях и на 24 часа);
- котлы данного типа просты в эксплуатации, они оснащены надежной автоматикой.

Ключевые слова: канализация; сточные воды; тепловой насос; энергоэффективность; утилизация тепла; теплообслуживание; очистительные сооружения; узел автоматического управления.

УДК 626.627

УСТАНОВЛЕНИЕ ГАРАНТИРОВАННОЙ МОЩНОСТИ НАМАХВАНИГЭС. Ахвlediani A.B., Гоголадзе A.Ш., Ахвlediani G.A., Бадзагуа Z.K. // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 68-77.

Резюме: Для установления экономической эффективности ГЭС в работе применяем критерий текущей чистой стоимости NPV (Net Present Value) и критерий внутренней нормы

выручки IRR (**Internal rate of return**). Обосновано, что с применением этих критериев была установлена величина гарантированной мощности для двух предлагаемых схем каскада НамахваниГЭС (двухстанционной и трехстанционной). С учетом экономических критериев и экологических требований двухстанционная схема более приемлема. При этом средневзвешенный тариф составляет 5.43 цент.кВт.час, а гарантированная мощность - 320 МгВатт.

Ключевые слова: гарантированная мощность гэса; установление тарифа; НамахваниГЭС.

УДК 693.54

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РАСШИРЕНИЯ И САМОНАПРЯЖЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ИЗ НАПРЯГАЮЩЕГО ЦЕМЕНТА МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ. **Далакишвили Г.Л., Хазалиа К.Р.** // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 78-81.

Резюме: Использованием метода голографической интерферометрии выявляется неравномерный характер развития собственных напряжений как во времени, так и по объему цементного камня. В результате зерна заполнителя, а также арматура испытывают воздействие усилий, меняющихся во времени по направлению и величине. Это может стать причиной расшатывания структуры бетона, в некоторой степени ослабляя положительный эффект, достигаемый от применения напрягающих элементов.

Ключевые слова: голографическая интерферометрия; деформация; динамометрическое кольцо; заполнитель; лазер; самонапрягающий бетон; трещинообразование; матрица.

УДК 621. 81

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ПРОБЛЕМЫ. **Мествишишвили Ш.А., Кучухидзе Д.Г.** // Гидроинженерия, №1-2(23-24), 2017, с. 82-88.

Резюме: Рассмотрены настоящие проблемы сетей газоснабжения Грузии и влияние технических потерь газа на глобальное изменение климата; также отмечена роль Грузии в деле решения проблем глобального потепления.

Ключевые слова: газ; газопровод; климат; теплицы; метан.

რედაქტორები: ნ. სუხიტაშვილი, დ. ქურიძე, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ხ. უნგიაძის

გადაეცა წარმოებას 25.10.2017. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 07.12.2017. ქაღალდის ზომა
60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბაზი 6,5.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

