

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY
ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ISSN 1512-410X

ჰიდროინჟინერია
HYDROENGINEERING
ГИДРОИНЖЕНЕРИЯ

№1-2(21-22)



თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2016

სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ჰიდროინჟინერია“

დაფუძნებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და საქართველოს საინჟინრო აკადემიის მიერ.

სარედაქციო კოლეგია:

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

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

EDITORIAL BOARD:

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

გამოქვეყნებული მასალის სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2016
Publishing House “Technical University”, 2016
Издательский дом “Технический Университет”, 2016

შინაარსი

ზ. ციხელაშვილი, გ. სოსელია, ა. დავითაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი. წყლის გაწმენდის ტექნიკური პროცესების გაუმჯობესების საკითხი	6
გ. სოსელია, ა. დავითაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, ნ. სოსელია. წყლის გაწმენდის პროცესების იმპლაცირი მოდელირების შესახებ.....	9
ზ. დანელია, მ. თოფურია. წყლისმიერი ეროზიის პროდუქტების კლასიფიკაცია და ტერმინოლოგია.....	18
ა. საყვარელიძე, ნ. ნარიშკინი, ნ. ლუდუშაური. ხანგრძლივად დატვირთული ბეტონის პუასონის კოეფიციენტის დამოკიდებულება მასალის ტენზომცველობაზე.....	23
გ. გავარდაშვილი, მ. გუგუჩია. კომბინირებული სამიარუსიანი საღრენაჟო სისტემის ღრენებს შორის მანძილის განსაზღვრა.....	29
ლ. ღოღელიანი, ე. ხატიაშვილი, ზ. ასკურავა, გ. მჭედლიშვილი. კატასტროფული ტალღების მაქსიმალური ამპლიტუდის განსაზღვრა “ლოკალური არასტაციონარულობის” მეთოდის გამოყენებით.....	36
ნ. ნაცვლიშვილი, მ. ნაცვლიშვილი. სანიაღვრე წყალარინების კოლექტორის სიღილის შეფასება.....	42
ო. ფურცელაძე, ნ. მეფარიშვილი, ი. დენისოვა. იატაკის გათბობის სისტემები ძველ ცივილიზაციებში.....	46
ო. ფურცელაძე, ნ. მეფარიშვილი, ი. დენისოვა. მართლმადიდებელი თაძრების მიკროკლიმატის თავისებურება.....	53
გ. სოსელია, ა. დავითაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, ნ. სოსელია. თბილისის მოსახლეობის მიერ წყლის ფაქტობრივი მოხმარების შეფასება	60
თ. ოდილაგაძე, კ. ბზიავა, ი. ინაშვილი, ა. დავითაშვილი. ვახის წყალმომთხროვნის განსაზღვრის თავისებურება.....	63
მ. კოდუა. ბრძელი ტალღების გაანგარიშება მდინარეთა შესართავ აკვატორიებში	69
გ. დალაქიშვილი, ხ. ხაზალია, მ. სანიკიძე, გ. ნოსელიძე, დ. ხიმშიაშვილი. ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციებში რღვევის პროცესის გამოკვლევა ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდით.....	76
მ. თოფურია, ა. სურმავა. წნევის ნახარზის სიღილის განსაზღვრა მილსადენში ჰიდრავლიკური დარტყმისას.....	84
ა. საყვარელიძე. წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მოცულობითი ცოცვალობის ბირთვის ახალი გამოსახულება, რომელიც მასალის ტენზომცველობას ითვალისწინებს.....	90
რეფერატები	95

CONTENTS

Z. Tsikhelashvili, G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili. ON THE ISSUE OF IMPROVING THE TECHNICAL PROCESSES OF WATER TREATMENT	6
G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili, N. Soselia. ESTIMATION OF ACTUAL CONSUMPTION OF WATER BY TBILISI POPULATION	9
Z. Danelia, M. Topuria. CLASSIFICATION AND TERMINOLOGY OF WATER EROSION PRODUCTS	18
A. Sakvarelidze, N. Narimanidze, N. Gudushauri. INFLUENCE OF MOISTURE CONTAINMENT AND TIME ON COEFFICIENT POISSON OF FINE CONCRETE	23
G. Gavardashvili, M. Guguchia. DETERMINING OF THE DISTANCE BETWEEN DRAINAGE CANALS OF THREE-STAGE COMBINED DRAINAGE SYSTEMS	29
L. Ghogheliani, E. Khatishvili, Z. Askurava, G. Mchedlishvili. DETERMINATION OF MAXIMUM AMPLITUDE OF CATASTROFIPIC WAVES USING LOCAL NON-STATIONNARY METHODS	36
N. Natsvlishvili, M. Natsvlishvili. MAGNITUDE OF STORM WATER DRAINAGE COLLECTOR	42
O. Purtseladze, N. Meparishvili, I. Denisova. FLOOR HEATING SYSTEMS IN ANCIENT CIVILIZATIONS	46
O. Purtseladze, N. Meparishvili, I. Denisova. FEATURES OF THE MICROCLIMATE OF THE ORTHODOX CHURCHES	53
G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili, N. Soselia. ABOUT SIMULATION MODELLING OF WATER PURIFICATION PROCESS	60
T. Odilavadze, K. Bziava, I. Inashvili, A. Davitashvili. PECULIARITY OF DETERMINATION OF VINE'S WATER REQUIREMENT	63
M. kodua. CALCULATION OF LONG WAVES IN THE EQUATORS OF RIVER ESTUARY	69
G. Dalakishvili, K. Khazalia, M. Sanikidze, G. Soselidze, D. Khimshiashvili. INVESTIGATION OF DESTRUCTION PROCESS OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE BY HOLOGRAPHIC INTERFEROMETER METHOD	76
M. Topuria, A. Surmava. DETERMINATION OF VALUE OF PRESSURE INCREASING IN THE PIPE AT THE MOMENT OF WATER-HAMMER	84
A. Sakvarelidze. THE THEORETICAL DEPENDENCE OF VOLUME CREEPING NUCLEOS OF FINE-GRAINED CONCRETE, CONSIDERING THE MOISTURE CONTAINMENT OF MATERIALS	90
SUMMARIES	102

СОДЕРЖАНИЕ

З.И. Цихелашвили, Г.А. Соселия, А.Н. Давиташвили, Л.Д. Климиашвили. К ВОПРОСУ ОБ УЛУЧШЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ	6
Г.А. Соселия, А.Н. Давиташвили, Л.Д. Климиашвили, Н.Г. Соселия. ОБ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ	9
З.Н. Данелиа, М.В. Топурия. КЛАССИФИКАЦИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ	18
А.В. Сакварелидзе, Н.М. Нариманидзе, Н.А. Гудушаури. ВЛИЯНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ И ВРЕМЕНИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПУАССОНА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА	23
Г.В. Гавардашвили, М.М. Гугучия. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ДРЕНАМИ В КОМБИНИРОВАННЫХ ТРЕХЪЯРУСНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМАХ	29
Л.Д. Гогелиани, Э.Б. Хатиашвили, З.И. Аскурава, Г.М. Мchedlishvili. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ АМПЛИТУДЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА «ЛОКАЛЬНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ»	36
Н.В. Нацвлишвили, М.Н. Нацвлишвили. К ОЦЕНКЕ ВЕЛИЧИНЫ ЛИВНЕВОГО ВОДООТВОДЯЩЕГО КОЛЛЕКТОРА	42
О.Г. Пурцеладзе, Н.М. Мепаришвили, И.А. Денисова. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПОЛАМИ В ДРЕВНИХ ЦИВИЛИЗАЦИЯХ	46
О.Г. Пурцеладзе, Н.М. Мепаришвили, И.А. Денисова. ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛИМАТА ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ	53
Г.А. Соселия, А.Н. Давиташвили, Л.Д. Климиашвили, Н.Г. Соселия. ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ НАСЕЛЕНИЕМ ТБИЛИСИ	60
Т.В. Одилавадзе, К.Г. Бзиава, И.Д. Инашвили, А.Н. Давиташвили. ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ	63
М.А. Кодуа. РАСЧЕТ ДЛИННЫХ ВОЛН В АКВАТОРИИ РЕЧНЫХ УСТЬЕВ	69
Г.Л. Далакишвили, К.Р. Хазалия, Г.С., Саникидзе Д.Б. Химшиашвили. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ	76
М.В. Топурия, А.Г. Сурмава. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБЕ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ УДАРЕ	84
А.В. Сакварелидзе. НОВАЯ ФОРМУЛА ОБЪЕМНОГО ЯДРА ПОЛЗУЧЕСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА, КОТОРАЯ УЧИТЫВАЕТ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛА	90
РЕФЕРАТЫ	108

UDC 628.1.034

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE TECHNICAL PROCESSES OF WATER TREATMENT

Z. Tsikhelashvili, G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili

(Georgian Technical University)

Abstract: *The Harrington psycho-physical scale, which establishes the dependence of the desirability function on the variable physical parameters is used, as optimisation method for controlling of water treatment processes. There is described the quality of the water with multiple constituent components. The proposed method can be used for improving the operational efficiency of water treatment plants of sewerage systems.*

Key words: *Harrington psycho-physical scale, water quality, water treatment, control optimisation.*

1. INTRODUCTION

Required quality of treated water largely depends on the proper organisation of the process of technological control over the work of the treatment facilities.

Process control enables operation works in a certain mode and continuous monitoring of the quality of the initial and treated water.

Generally, the water quality is assessed by various indicators that is defined with sanitary-chemical and hydro-biological analysis.

As its known, full sanitary-chemical water analysis includes several indicators, such as: temperature, color, turbidity, suspended solids, residual ash, pH, total number of bacteria, etc [1].

The nature and number of indicators, that are subject to daily monitoring can be vary considerably depending on the type of water source, water treatment methods and requirements for water.

These indicators make it possible to evaluate the effectiveness of treatment plant and all its facilities.

Continuous monitoring of parameters allows the technologist to efficiently manage the process of water purification.

2. THE BODY OF THE ARTICLE

In this paper we consider the possibility to optimise the water quality control process with many composites (components).

The components that characterize the water quality can be described by a Harrington's psycho-physical scale, which establishes a relationship desirability function (d_f) with changing physical parameters [2].

The scale values of d_i vary between 0 and 1 and the value $d_i \approx 0$ is corresponding to absolutely unacceptable quality of i – that criterion, which is corresponding to ideal quality $d_i \approx 1$

Solving specific technological problems of water quality control process modeling, uses gradation: "good", "satisfied", "bad", which correspond to the Harrington's intervals (1,00-0,69) (0,69-0,37) (0,37-0,00) [2].

For criteria f_i (monotonic by preference) Harrington's function is defined as:

$$d_i = h(z_i) = \exp [- \exp(-z_i)]$$

$$z_i = \frac{(f_i - f_i^0)}{(f_i^1 - f_i^0)}$$

where: z_i were coded values of f_i , criteria, which are dimensionless quantities: f_i^0 , f_i^1 - the within the boundaries of the area "satisfactory" in the physical scale:

$$d_i^0 = h[z_i(f_i^0)] = 0,37, \quad d_i^1 = h[z_i(f_i^1)] = 0,69$$

With several $d_i(I = 1, m)$ function values, it's possible to define a generalised indicator of desirability D_1 , as the average geometric value of the desirable private functions:

$$D = \prod_{i=1}^m d_i^{1/m}$$

In this case, if any one of the desirability private function d_i is absolutely unsatisfactory and generalized function of desirability D must be equal to 0, regardless of the level of other desirable private functions it is desirable d_i .

If all the private functions desirability $d_i=1$ ($i=1, m$), then $D = 1$.

3. CONCLUSION

It should be noted, that the generalized desirability function D is characterised by the same subjective desirability scales, in which measured a private function.

The method may be used to optimise the water quality control process with many components.

REFERENCES

1. Edzwald J. K., Editor. Water quality & Treatment. A Handbook on Drinking Water, 6th edition. McGraw-Hill eBooks. 2011.
2. Harrington J., S. Cassidy. Techniques in speech acoustics. Springer. 1999 p. 18.

UDC 628.113

ESTIMATION OF ACTUAL CONSUMPTION OF WATER BY TBILISI POPULATION

G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili, N. Soselia

(Georgian Technical University)

Abstract: *Tbilisi water supply and sanitation project considers rehabilitation of water supply system, based on the results of the pilot project, carried out in the scope of the project preparation activities and aimed estimation of actual consumption of water by Tbilisi population, evaluation of leakages from domestic sector, transmission mains and distribution network.*

Bulk and combined water meters were installed at the selected main and distribution network and, finally, leakages per km of transmission main and distribution network was calculated.

The studies have shown that:

- *High pressures on connections cause increase in amount of leakages per capita (L/per capita/day);*
- *Leakages increase the, risk of damages to buildings.*
- *Decrease in amount of leakages from transmission mains and distribution network would reduce production of water and subsequently cost of power energy used by pumping stations.*

Results of the pilot project will be used by international and local consultants in order to identify future investment projects for water supply rehabilitation, which would improve supply of water to the population of Tbilisi.

Key words: *water supply of Tbilisi, leakages, water resources per capita, water losses, flow meters, water meters.*

1. INTRODUCTION

Water supply system of Tbilisi, comparing to other cities of Georgia, is a complex of complicated engineering plants. Supply of water is carried out from Aragvi river valley (ground water), Zhinvali reservoir on Aragvi River and Tbilisi Sea (surface water). Main consumers of water are divided into the following categories: population, industrial enterprises and public (budget) organisations. Based on TWSU information 428 million m³ of water is to be produced in 1998, out of which 320 million m³ is to be sold. 400 million m³ is supplied to the distribution network. The difference between production and supply, 28 million m³/year is used in treatment plants and production fields [1].

800 L/day is used per capita of population in Tbilisi, though some districts are supplied with water several hours per day (defined schedule). The water supply schedule is often violated, because of power supply cut offs to pumping stations and irrational use of water resources. 45% of supplied water to the consumers is unaccounted for water, including leakages.

Considering all above - mentioned rational use of water resources, reduction of leakages and losses from distribution network and reduction of consumption is highly important.

Tbilisi water - supply and sanitation project considers rehabilitation of water - supply system, based on the results of the pilot project carried out in the scope of the project preparation activities. The pilot project aimed estimation of actual consumption of water by Tbilisi population, evaluation of leakages from domestic sector, transmission mains and distribution network.

Phase I of the pilot project aimed estimation of actual water production, leakages from distribution network and domestic households: Phase II of the pilot project considered assessment of actual water consumption and leakages in domestic sector using installed water meters. Initial objective of the phase III activities was estimation of leakages from transmission mains and distribution network, extrapolation of received information for the whole city. Afterwards, it was decided to include estimation of leakages from budget organisations and industrial enterprises as well.

86 water meters and manometers were installed on connections to residential buildings located in different parts of Tbilisi. 8 meters were installed at connections to public organisations, a bulk water meter was installed at transmission main. 4 combined water meters - at industrial enterprises and 4 combined meters - at distribution network. Thus, in total 103 water meters was installed during the pilot implementation.

Results of the pilot project will be used by international and local consultants in order to identify future investment projects for water - supply rehabilitation, which would improve supply of water to the population of Tbilisi.

2. THE BODY OF THE ARTICLE

The pilot project aimed assessment of actual consumption of water and leakages from transmission mains, outside and indoor distribution network, extrapolation of received information for the whole city and estimation of average water consumption per capita per day (per hour, per second) using installed water meters.

Water supplying in Tbilisi is distributed among 10 administrative districts. Typical buildings surveyed during the pilot project are located in different districts, and they were selected considering their water - supply schedules, pressures, social and economic factors of the population. In total 103 water meters were installed on connections to different categories of consumers. By installing bulk and combined water meters at a selected transmission main and distribution network, we estimated water leakages and consumption per day. Special maps were drafted to present selected buildings and installed water meters.

The information collected during the pilot was extrapolated for the whole Tbilisi, using several elements of mathematics statistical theories.

Two groups of factors can be applied, as reasons for inefficient operation of water supply system. The first group consists of factors, which are very difficult, or almost impossible to eliminate:

1. The topography and different elevations of the city - it is built, as a narrow line (2-4 km) along the Mtkvari River stretched for about 40-45 km from North-West to South-East. At the same time 80-85% of the whole water is supplied from one side, North-West, Aragvi river valley. The difference in the city elevations is 300 meters, but if we take into consideration, that surrounding villages receive the water from the same source, than the difference is more, than 1000 meters, that is why in spite of the fact the city network is zoned (4 zones and satellites) the number of pumping stations is much higher, than acceptable norms and the leakages are higher, than acceptable.

2. The climate is hot and dry, during the summer time the amount of water consumption is increasing dramatically, due to the watering of the yards, streets, plants, walls and roofs, cooling of food and fruits, which causes the increase of day/night usage ratio, than the norm.

3. It is very difficult and economically not sound to use the technical water in Tbilisi.

The second group consists of reasons, which can be eliminated.

1. The usage of bad quality, or damaged sanitary equipment, which causes a big amount of leakages inside the buildings, at the same time closing equipment is almost not functioning at all in the external networks and yards, which cause additional leakages. This factor is not accounted at all

in the whole balance of water – supply, because it occurs after installed water meters. Thus, it is counted as the water consumed.

2. On the industrial plants it is virtually non-existent the contemporary systems of multiple usage of the same water, as a result almost clean water is disposed to the sewage.

3. The public sanitary units are equipped with outdated facilities, which consume water 15-20 times higher, than the norm.

4. The potable water is used for the watering of the streets and public gardens and parks.

5. The zoning of the water supply system in the city needs exact definition of the borders of each zone, because in the most cases on these borders high pressures are being created. Pressure gauges are not installed, though this equipment could facilitate the normal distribution of pressures.

6. The measuring of the water supplied and sold is not reliable due to the poor quality of water meters.

7. The technical conditions of external and internal distribution network (deteriorated pipes, damaged reinforcement, damages in the network etc.).

Pilot project work plan for three phases was prepared considering these factors.

During the phase I Tbilisi water supply schemes were prepared for 10 selected residential buildings. Sanitary technical equipment was evaluated in the buildings, leakages were measured and cost of repairs assessed. Average leakage in selected buildings was 0,2 - 0,4 m³/day per capita. Phase I of the pilot project can be considered, as a preparation phase, as during this phase 86 apartment buildings, located in different districts of the city, were selected, at connections of which water meters were installed afterwards. A map was prepared, as showing location of all selected buildings. Pressures were measured in the network and maps were prepared according to the results of manometer reading.

According to the work plan of phase II of the pilot project, daily meter reading was carried out on connections. After data processing, meter reading analyses and extrapolation of pilot data for the whole city, average consumption of water by domestic sector was identified; consumption equals - 960 L/per capita/day, while leakage is 29,38% out of water supplied i.e. 282 L/per capita/day. Analyses of received information showed identity of leakages during day and night hours, which can be explained by increase of pressures in the network at night.

Phase III work plan considered estimation of leakages from water transmission mains and distribution network. Bulk and combined water meters were installed at the selected main and distribution network and, finally, leakages per km of transmission main and distribution network was calculated. Bulk water meter ($\varnothing = 500\text{mm}$) was installed on the transmission main ($\varnothing = 600\text{mm}$) out

flowing from Samgory water treatment plant, which supplies water to 10 block of buildings in III Massive settlement, Samgory district. Total amount of population living in the selected area equals 16535 residents. Meters were read at selected hours at day and night. Night leakages from the main equal 800 m^3 . Supply of water to all connections to the main was stopped, in order to assess leakages from the main during the day time.

Similar experiments were carried out on Sulkhan Saba Street, Mtatsminda district and I block of Didi Digomi, Saburtalo district. Leakages from distribution network was identified in block No 10 of III Massive settlement, where combined water meters ($\varnothing = 150/30\text{mm}$) were installed at all connections.

Water meters were also installed at connections to selected industrial enterprises and public organisations. These organisations are located in different districts of Tbilisi. Using water meters their consumption and leakages were assessed. As it is known, leakages also occur during damages on the network. Approximate leakage per damage was calculated considering number of damages per year and diameter of pipes in the network.

Regular meter and manometer reading was carried out on connections to the selected buildings, aimed to identify average consumption and leakages.

Water meters were installed in specially built manholes and in basements of selected buildings.

The works implemented under the pilot project classified existing problems of water supply into two groups. Leakages are considered, as one of the problems, which can be eliminated. Works aimed evaluation of sanitary technical equipment in selected households. By extrapolating pilot data for the whole city, leakages are assessed to equal $0.2 - 4 \text{ m}^3/\text{per capita/day}$ [2].

Statistical analyses [3] of collected information using water meters installed at 86 buildings connections, allowed us to identify average consumption per capita per day, which is 960 L. Furthermore, average leakage in domestic sector was calculated: 29,38% out of the water supplying ($282 \text{ L/per capita/day}$). Leakages at night and during the day time are practically equal, because of pressure increases at night.

Leakages from transmission mains and distribution network were also assessed. Analyses of the results showed, that leakage per km of transmission main is about $0,186 \text{ L/sec}$, and $0,5 \text{ L/sec}$ of water ($40 \text{ L/per capita/day}$) is leaking from distribution network.

According to analyses of amount of damages on the network, $43\text{m}^3/\text{day}$ is leaking per damage. Furthermore, amount of leakages increase per year, the increase is about 4.5 - 5%, which is caused by deteriorated pipelines.

Average leakage from industrial enterprises is about 39-40% out of the water supplying. 37-42% of water supplied to public organisations is lost or leaking (see Tables 1, 2, 3 and Figures 1, 2) for combined register of leakages and, losses.

3. CONCLUSION

High pressures on connections cause increase in amount of leakages per capita (L/per capita/day);

Leakages increase the risk of damages to buildings.

Decrease in amount of leakages from transmission mains and distribution network would reduce production of water and subsequently cost of power energy used by pumping stations.

RECOMMENDATIONS

Improvement of conditions of sanitary technical equipment in buildings would reduce consumption and leakages up to 70-80%;

Installation pressure regulators and pressure gauges on distribution network and connections to buildings would reduce actual consumption and leakages;

Maintenance of distribution network and change of highly deteriorated parts of it would reduce amount of leakages;

Installation of bulk water meters at transmission mains to measure total production and supply and distribute consumption between categories on consumers;

Installation of water meters on connections to all consumers would allow supervision of consumption and reduce actual consumption;

Further analyses of water consumption is recommended, as it is affected by many factors.

Table I. Combined register of water leakages and losses

General information	
Population (1000)	N = 986.1 *
Territory km ²	F = 350
Total length of the network km ²	L = 3321.8
Supply of water million m ³ /year	428**

	Main Consumers of water (Types of Consumers)	Consumption and leakage in Tbilisi														
		Population			Industry***			Public organisations			Mains and district. network			Damages on the network		
		Consumption (L/per capita/day)	Leakage (L/per capita/day)	Leakage %	Consumption (L/per capita/day)	Leakage (L/per capita/day)	Leakage %	Consumption (L/per capita/day)	Leakage (L/per capita/day)	Leakage %	Leakage from mains (L/1 km/sec.)	Leakage from dist. network (L/1 km/sec)	Leakage per km (L/per capita/day)	Leakage per damage m3/day	Leakage per capita per damage (m3)	Leakage (million m3/year)
1	Population	960	282	29.38												
2	Industrial Enterprise				217	84.63	39									
3	Public organisation							191	92.5	48						
4	Mains and distr. network										0.185	0.5	40			
5	Damages												•	43	3I	
6	Technological use															28

*Source of information on population: relevant services of Tbilisi Municipality, 1997

**Total amount of water supplied to Tbilisi - 428 million m³/year

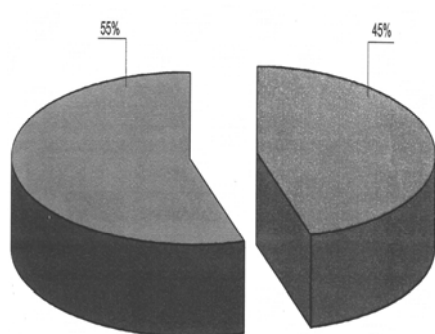
***Data on consumption and leakages from industrial enterprises is approximate, because of small amount of selected enterprises

Table 2. Leakages in domestic sector

N	Water supply groups	Supply hours per day	Leakages L/day/per capita	Water supply 0/0 (considering territory)	No of Population	Leakages (%)	
						1000m ³ /day	mil.m ³ /year
1.	“A”	24	282	62.5	616.3	173.8	63.44
2.	“B”	16	188	10.5	103.5	19.5	7.1
3.	“C”	8	94	26.7	263.3	24.8	9.03
Total					986.1	218.1	79.57

Table 3. Water lost and leakages

N	Consumer, pipes	Leakage Q, mil. m ³ /year	Leakage % from total leakages
1.	Population	79.57	41.31
2.	Industry	3.31	1.72
3.	Public Organizations	5.73	2.98
4.	Mains & network	45	23.36
5.	Damages in the network	31	16.09
6.			



Total	Consumption	Leakages
100%	55%	45

Figure 1. Distribution of leakages in Tbilisi water supply network (considering type of supply)

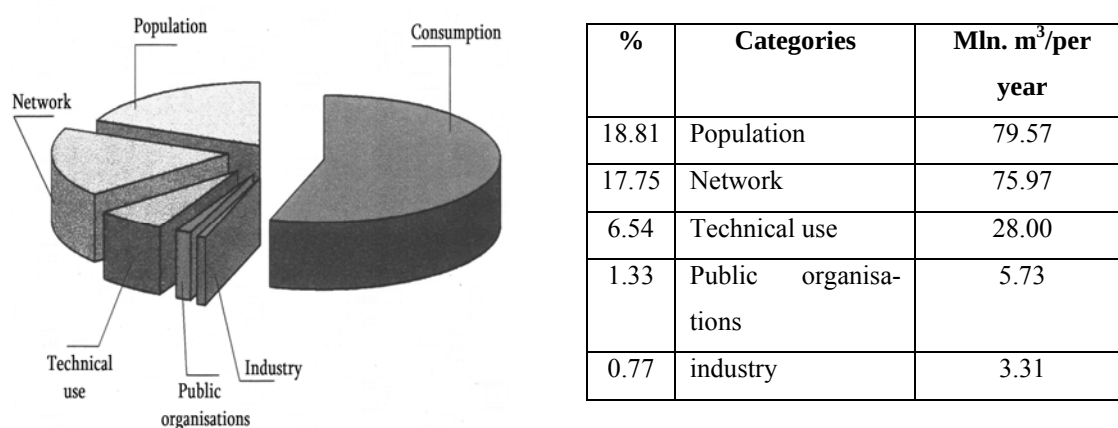


Figure 2. Structure of water leakages and losses according to each categories of consumers

REFERENCES

1. Gvilava E, L. Garibashvili. Country Report Georgia. Ener 21. 2014.
2. Lambert A.O. Water Losses Management and Techniques. Water Science and Technology: Water Supply 2(4), August 2002.
3. Babić B., A.Djukić. Estimation of Water Balance and Water Losses in Water Utilities. Water Research and Management. Vol 1, No 4. 2011.

შპს 551.49

წყლისმიერი ეროზიის პროდუქტების კლასიფიკაცია და ტერმინოლოგია

ზ. დანელია, მ. თოფურია

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია ნებისმიერი ეროზიული პროდუქტების კლასიფიკაცია და ტერმინოლოგიების დამკვიდრება ქართულ ჰიდროლოგიურ კვლევებში და მათი გავრცელება ამ დარგის სპეციალობებში.

საკვანძო სიტყვები: ალუვიონი; დანალექები; პარალუვიონი; პროალუვიონი; შეწონილი ნატანი.

1. შესავალი

მდინარის მყარი ნატანის გაჩენა, მისი მოძრაობის შესწავლა და როლი კალაპოტის ფორმირებაში მნიშვნელოვანი საკითხია და განხილვასა და შესწავლას მოითხოვს. აღნიშნული სტატია ეძღვნება წყლისმიერი ეროზიის პროდუქტების კლასიფიკაციასა და ტერმინოლოგიას და მათ დამკვიდრებას ამ დარგის შემსწავლელ სპეციალობებში.

2. ძირითადი ნაწილი

წყლისმიერი ეროზიის პროდუქტები, რომლებიც წარმოიშობა (ვითარდება) წყალშემკრები აუზის ზედაპირისა და წყალდენის კალაპოტების რღვევის საფუძველზე, ჰიდროლოგიაში იყოფა შემდეგ კატეგორიებად: მყარი ნატანი, წყალში გახსნილი ნივთიერებები და დანალექები. მყარი ნატანი თავისთვად იყოფა შეწონილ და ფსკერულ ნატანებად.

შეწონილი ნატანი – მყარი ნატანის ნაწილი, რომელიც გადაადგილდება შეწონილ ანუ შეტივტივებულ მდგომარეობაში, მდინარის წყლის მასის შიგნით მეტ-ნაკლები დროის განმავლობაში.

ფსკერული ნატანი – მყარი ნატანის ნაწილი, რომელიც გადაადგილდება ნაკადის ფსკერულ ფენაში გვერდიდან გვერდზე გადაგორებით ან ნახტომის სახით ანუ ხშირად ეხება ფსკერს, სადაც შეიძლება გარკვეული დროით შეყოვნდეს და შემდეგ კვლავ შეასრულოს ნახტომი.

წყალში გახსნილი ნივთიერებები – ყველა ნივთიერება, რომელიც გადააქვს მდინარეებს წყალში გახსნილი სახით. მათი უმეტესობა ჩაედინება სითხის ზედაპირულ ჩამონადენში გრუნტის წყლების კვების ხარჯზე.

დანალექები – მყარი ნატანი, რომელმაც ამა თუ იმ მიზეზის გამო შეწყვიტა მოძრაობა და დაილექა მდინარის კალაპოტში ან მის ჭალებში, ტბის ღრმულებში ან სხვა დაბალ უბნებში.

დანალექის დაგროვება მდინარის ველში განაპირობებს კალაპოტური ალუვიონის წარმოქმნას, რომელიც დიდი დროის განმავლობაში, კალაპოტის გადაადგილების შედეგად, წარმოქმნის ალუვიონურ ველს.

მდინარის დანალექის შედგენლობაში შედის:

ალუვიონი – დანალექი, გადმოტანილი მდინარეების მიერ წყალშემკრები აუზის ზედა უბნებიდან, უმეტეს შემთხვევაში სორტირებულები.

პროალუვიონი – ბოლო დანალექი, წარმოქმნილი მდინარეთა ტრანსპორტირების უნარის მკვეთრი შემცირების მიზეზით, მაგალითად, გეომეტრიული ქანობის შემცირებით (გამონატანის კონუსი, მშრალი დელტის დანალექი).

პარალუვიონი – დიდი დანალექი, რომელიც დარჩა მდინარის კალაპოტში მოცემულ ადგილზე ძირული ქანობის გარეცხვის შედეგად. აღსანიშნავია, რომ ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული დეალუვიონური დანალექი საჭიროა მიეკუთვნოს ასევე ზედაპირული ჩამონადენების დანალექს ფართო გაგებით ანუ, რაც ტოლფასია დროებითი წყალდენების მიერ წარმოქმნილი დანალექის.

საჭიროა შევნიშნოთ, რომ წყლისმიერი ეროზიის პროდუქტების აღნიშნული დაყოფა მნიშვნელოვნად პირობითია.

ნატანის ნაწილაკის მოძრაობის შესწავლისას აღმოჩნდა, რომ არსებობს მხოლოდ ერთი სახის, კერძოდ ხტუნვითი ფორმის მოძრაობა, ამიტომ მყარი ნატანის ფსკერულ და შეწონილ ნატანებად დაყოფას აზრი აქვს მხოლოდ მათი აზრობ-

რივად დაყოფის ფორმისა და ზომის მიხედვით. ფსკერული ნატანი ძირითადად დამუშავებული (ნახეხი) ფორმისაა, ხოლო შეწონილი ნატანი უფრო მცირე ზომისაა და კუთხის ფორმა აქვს.

ჰიდრომექანიკის თვალსაზრისით, სწორი იქნება მყარი ნატანის დაყოფა ჰიდრაულიკური სისხოსა და ნაკადის სიჩქარის კომპონენტების, მაგალითად, მისი გრძივი და ვერტიკალური მდგენელების თანაფარდობის მიხედვით.

არსებობს მყარი ნატანის ოთხ კატეგორიად დაყოფის სქემა:

1. ნატანი, რომლის ჰიდრაულიკური სისხო (ა) ნაკლებია ნაკადის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელის $\vec{U}_{\text{ვერ.}}$ გასაშუალებულ მნიშვნელობაზე. ასეთი ნატანი გადაადგილდება შეწონილ (შეტივტივებულ) მდგომარეობაში ნაკადის მოელ სიმაღლეზე.
2. ნატანი, რომლის ჰიდრაულიკური სისხო (ა) მეტია სიჩქარის პულსაციური ნამატის ვერტიკალური მდგენელის $\vec{U}_{\text{ვერ.}}$ გასაშუალებულ სიდიდეზე, მაგრამ ნაკლებია მის $\vec{U}_{\text{ვერ.მაქ}}$ მაქსიმალურ სიდიდეზე. ამ კატეგორიის მყარ ნატანს შეიცავს ნაკადის ფსკერული ზონა (ფსკერის მიმდებარე ზონა), მაგრამ აღმაღლი დინების პულსაციური სიჩქარის ნამატის ვერტიკალური მდგენელის მაქსიმალური სიდიდის შემთხვევაში ის აიტყორცნება ფსკერიდან ნაკადის ზედაპირის მიმართულებით.
3. ნატანი, რომლის ჰიდრაულიკური სისხო (ა) მეტია სიჩქარის პულსაციური ნამატის ვერტიკალურ მდგენელზე. ამიტომ, მათი შეტივტივება ნაკადის სიღრმეში არ ხდება და ნაკადი მათ გადაადგილებას ახერხებს ფსკერზე გადაგორებით (მიკროსტომით). ეს ნატანი ეკუთვნის ფსკერულ ნატანს.
4. ნატანი, რომელთა დიამეტრი იმდენად დიდია, რომ ნაკადი მათ გადაადგილებას ვერ ახერხებს. ამ კატეგორიის ნატანი ქმნის კალაპოტურ ალუვიონს ანუ ქმნის ფსკერულ მოკირწყვლას.

რასაკვირველია, ასეთი დახარისხებაც მეტ-ნაკლებად პირობითია. მაგალითად, ბოლო, მეოთხე კატეგორიის ნატანი ხშირად მსხვილი და შედარებით წვრილი ნაწილაკების ნარევია, რომელშიც ეს უკანასკნელი მსხვილ ნაწილაკებსაა ამოფარებული, საკმარისია დიდი ზომის მყარი ნატანი შეინძრეს და მასზე ამოფარებული წვრილი ნაწილაკი ნაკადის მიერ წარიტაცება. ამიტომ, შემოღებულია კალაპოტის „აქტიური ფენის“ ცნება, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა ჰიდრაუ-

ლიკური სისხოს (ა) მქონე ნაწილაკებს. ამ ფენიდან წარმოებს გარკვეული დიამეტრის ნატანების გაცვლა ნაკადის ტანში მოძრავი ნაწილაკების და ფსკერულ ფენაში გადაადგილებულ ნაწილაკებს შორის.

ზემონათქვანიდან გამომდინარე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ შეწონილ (შეტივტივებულ) ნატანს შეიცავს 1-ლი კატეგორიის ნაწილაკები, მე-2 და მე-3 კატეგორიის ნატანი მიეკუთვნება ფსკერულ ზონაში გადაადგილებულ ნაწილაკებს (ფსკერული ნატანი), ხოლო მე-4 კატეგორია იქნება ფსკერული დანალექი ანუ ფსკერული მოკირწყვლა.

შეწონილი ნატანის რაოდენობა, რომელიც გადააქვს ნაკადს მცირე დროის ერთეულში, ეწოდება შეწონილი ნატანის ხარჯი და R -ით აღინიშნება; ხოლო დიდი დროის განმავლობაში (თვე, სეზონი, წელი და ა.შ.) გასულს – შეწონილი ნატანის ჩამონადენი და აღინიშნება, შესაბამისად, $\sum R_{\text{თვე}}$, $\sum R_{\text{წელი}}$ და ა.შ.

ანალოგიურად, ფსკერულ ფენაში გადაადგილებულ მყარი ნატანის ხარჯს აღნიშნავენ G -ით, ხოლო ჩამონადენს – $\sum G_{\text{თვე}}$, $\sum R_{\text{წელი}}$.

R შეწონილი ნატანის ხარჯის ფარდობას ნაკადის Q ხარჯთან (R/Q) უწოდებენ ნაკადის სიმღვრივეს და ρ -ით აღნიშნავენ. $\rho_{\text{საშ.}} = \frac{\sum R}{\sum Q}$ არის ნაკადის საშუალო სიმღვრივე შესაბამის დროის შუალედში. მის განზომილებად იღებენ გ/მ³, ზოგჯერ (დიდი სიდიდის შემთხვევაში) კგ/მ³.

ამგვარად, მდინარის ნაკადის საშუალო სიმღვრივე არის შეწონილი ნატანის ხვედრითი ხარჯი ანუ 1მ³ წყალზე მოსული ნატანის რაოდენობა.

წყალში გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობა, რომელსაც ნაკადი გადაადგილებს, ისევე როგორც შეწონილი ნატანი, შეიძლება დახასიათებულ იქნეს ხარჯით (S), ჩამონადენით ($\sum S$) ან საშუალო მინერალიზაციით ($\bar{S} = \frac{\sum S}{\sum Q}$), ე.ი გახსნილი ნივთიერებების ხვედრითი ხარჯით ანუ 1მ³ წყალზე მოსული გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობით.

3. დასკვნა

კავკასიის და მთის მდინარეების ჰიდრომორფოლოგიური დამოკიდებულების დადგენა ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა მათი გამოყენებისათვის ქვეყნის სახალხო მეურნეობაში (ენერგეტიკა, მელიორაცია, წყალმომარაგება და სხვა).

ცხადია, მთის მდინარეები (ანუ მდინარის მთიანი უბნები) შეიცავს დიდი რაოდენობით მყარ ნატანს და მათი მოძრაობის ფორმებისა და სახეების ცოდნა აუცილებელია. ამავე დროს აუცილებელია სამეცნიერო ლიტერატურაში ხმარებული ტერმინების დაკონკრეტება და დამკვიდრება ქართულ ჰიდროლოგიურ ნამუშევართა ნაბეჭდ ლიტერატურაში.

ბევრი საკითხი, რაც არ არის განხილული ამ სტატიაში, გაშუქებული იქნება შემდგომ პუბლიკაციებში.

შპს 691.32

ხანგრძლივად დატვირთული ბეტონის პუასონის კოეფიციენტის დამოკიდებულება მასალის ტენზომცველობაზე

ა. საყვარელიძე, ნ. ნარიმანიძე, ნ. ღუდუშაური

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ჩატარებულია სხვადასხვა ტენზომცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ცოცვადობის ექსპერიმენტები კუმშვას, გაჭიმვასა და გრეხაზე. დადგენილია ბეტონის კუმშვა-გაჭიმვის და ძვრის ცოცვადობის ბირთვების დამოკიდებულება მასალის ტენზომცველობაზე. ცოცვადობის განსაზღვრული პარამეტრების გამოყენებით შემუშავებული ფორმულით გამოთვლილია კომპოზიტის პუასონის კოეფიციენტი. დადგენილია, რომ სხვადასხვა ტენზომცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის პუასონის კოეფიციენტები პრაქტიკულად ერთნაირია და დროში არ იცვლება.

საკვანძო სიტყვები: ცოცვადობა; ბირთვი; კუმშვა; გაჭიმვა; გრეხა; ტენზომცველობა; კუმშვა-გაჭიმვის ბირთვი; პუასონის; კოეფიციენტი.

1. შუსავალი

ჩატარებულია ცოცვადობაზე გამოცდები კუმშვისას, გაჭიმვისა და გრეხისას. გამოცდილია სხვადასხვა ტენზომცველობის (4,7; 2,7; 2,2 და 1,0% - მასის მიხედვით) ნიმუშები: 1) პრიზმები – $4 \times 4 \times 16$ სმ; $7 \times 7 \times 28$ სმ (კუმშვა); 2) ცილინდრები – $d = 7$ და $\ell = 63$ სმ (გრეხა); 3) ბრტყელი „რვიანები“ – საერთო სიგრძით 53 სმ, სიგანით მუშა ნაწილში – 7სმ, სისქით – 4 სმ.

დადგენილია ბეტონის მექანიკური მახასიათებლები და მათი დამოკიდებულება ტენზომცველობაზე [1, 2, 3, 4].

კვლევის ამოცანაა სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის კუმშვა-გაჭიმვის და ძვრის ცოცვადობის ბირთვების დადგენა. ექსპერიმენტებით, ცოცვადობის პარამეტრებზე დაყრდნობით, შემუშავებული ფორმულით, განსაზღვროს კომპოზიტის პუასონის კოეფიციენტი და მისი დამოკიდებულება მასალის ტენშემცველობაზე.

2. ძირითადი ნაწილი

ჩატარებულია მუდმივი ასაკის ($t_0 = 28$ დღე) ბეტონის ნიმუშების ხანმოკლე და ცოცვადობაზე გამოცდები კუმშვაზე [1], გაჭიმვასა [2] და გრეხაზე [3]. დადგენილია ბეტონის მექანიკური პარამეტრები – სიმტკიცე, დეფორმაციები, ძვრისა და დრეკადობის მოდულები [1, 3, 4].

ცოცვადობის ექსპერიმენტებში გამოცდილი იყო ტენშემცველობის ოთხი დონის ნიმუშები: $W \equiv W_{\max} = 4,7\%$; $W = 2,7\%$; $W = 2,2\%$ და $W = 1,0\%$ (მასის მიხედვით). ყველა ექსპერიმენტში (კუმშვაზე, გაჭიმვასა და გრეხაზე) თითოეულ ტენშემცველობაზე გამოიცდებოდა 4 ტეჟუპისცალი ნიმუში. ნიმუშების ასაკი იყო $t_0 = 28$ დღე. ცოცვადობაზე გამოცდები ჩატარდა $(t - t_0) = 180$ დღის განმავლობაში $T = 20 \pm 1^\circ\text{C}$ ტემპერატურის დროს. ნიმუშების ტექნოლოგიური პარამეტრები, ექსპერიმენტების მეთოდика, გამოყენებული გამოსაცდელი დანადგარები და აპარატურა განხილულია ნაშრომებში [1, 4, 5].

სხვადასხვა ტენშემცველობის ბეტონის დადგენილი კუმშვა-გაჭიმვისა და ძვრის ცოცვადობის ბირთვები მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის
კუმშვა-გაჭიმვისა (Π_p) და ძვრის (Π) ცოცვადობის ბირთვები დროში, $(t - t_0)$ დღე

ტენშემცველობა $W, \%$	(Π; Π _p) · 10 ⁻⁴ მპა ⁻¹ სიდიდეები დროში							
	10	20	30	40	60	90	120	180
Π _p – გაჭიმვა, $\sigma_{11}^0 = 1,78$ მპა								
4.7	65.2	74.2	80.9	85.4	88.8	93.8	96.6	102.8
2.7	52.8	56.7	60.1	61.8	64.6	68.0	69.7	73.0

გაგრძელება

2.2	46.1	51.1	53.9	55.6	59.0	60.7	62.9	65.7
1.0	37.64	39.9	41.6	42.1	43.8	44.9	46.1	46.6
Π_p – კუმშვა, $\sigma_{11}^0 = 12,4$ მპა								
4.7	65.0	73.0	78.0	82.0	87.0	92.1	96.9	101.8
2.7	52.3	57.1	60.6	62.7	65.0	68.0	70.1	72.5
2.2	46.2	50.1	51.5	53.0	57.3	59.2	60.1	61.0
1.0	39.6	40.6	42.8	43.1	43.9	45.8	46.7	47.5
Π – გრეხა, $\sigma_{12}^0 = 2,28$ მპა								
4.7	80.0	90.1	95.0	99.2	105.0	111.0	115.2	120.0
2.7	65.0	70.1	74.0	76.2	79.0	83.0	85.8	89.1
2.2	57.1	61.0	63.0	65.2	67.0	70.2	72.0	74.5
1.0	48.0	50.1	51.5	52.5	53.5	55.0	56.0	57.5

1-ელ ცხრილის მონაცემები გვიჩვენებს, რომ ბეტონის ძერისა და კუმშვა-გაჭიმვის ცოცვადობის ბირთვები იზრდება მასალის ტენშემცველობის პროპორციულად; გაჭიმვისა და კუმშვისას დადგენილი ბეტონის ცოცვადობის ბირთვები პრაქტიკულად ერთნაირია.

მარტივი კუმშვის ან გაჭიმვის შემთხვევაში [1] გრძივი დეფორმაციები $\varepsilon_{11}(t)$ განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\varepsilon_{11}(t) = \int_0^t \Pi_p(t, \xi) d\sigma_{11}, \quad (1)$$

ხოლო განივი დეფორმაციები $\varepsilon_{22}(t)$

$$\varepsilon_{22}(t) = \int_0^t [\Pi_p(t, \xi) - \Pi(t, \xi)] d\sigma_{11}(\xi). \quad (2)$$

ν პუასონის კოეფიციენტი

$$-\nu = \frac{\varepsilon_{22}(t)}{\varepsilon_{11}(t)} = \frac{\Pi_p(t, t_0) - \Pi(t, t_0)}{\Pi_p(t, t_0)},$$

შედგებად მივიღებთ:

$$\nu = \frac{\Pi(t, t_0)}{\Pi_p(t, t_0)} - 1. \quad (3)$$

(3)-დან

$$1 + \nu = \frac{\Pi(t, t_0)}{\Pi_p(t, t_0)}. \quad (4)$$

$\Pi(t, t_0)$ და $\Pi_p(t, t_0)$ დადგენილი სიდიდეები მოცემულია 1-ელ ცხრილში. სხვადასხვა ტენზომცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის პუასონი კოეფიციენტის დადგენა ხდება ფორმულით. 1-ლი ცხრილის მონაცემებზე დაყრდნობით გამოთვლილი $1 + \nu$ სიდიდეები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

მე-2 ცხრილის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ $1 + \nu$ სიდიდეები, როდესაც Π_p დადგენილია კუმშვისა და გაჭიმვის დროს, ორივე შემთხვევაში პრაქტიკულად ერთნაირია. $1 + \nu$ სიდიდეები შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად – ისინი არ იცვლება დროში და არ არის დამოკიდებული მასალის W ტენზომცველობაზე.

კუმშვისას დადგენილი Π_p -ის შემთხვევაში $(1 + \nu)$ -ის გასაშუალებული სიდიდე $1 + \nu = 1.21$; გაჭიმვის შემთხვევაში $(1 + \nu)$ -ის გასაშუალებული სიდიდე $1 + \nu = 1.2$.

ცხრილი 2

$(1 + \nu)$ -ს დამოკიდებულება მასალის ტენზომცველობასა და დროზე

ტენზომცველობა $W, \%$	Π/Π_p , დაკვირვების დრო $t - t_0$, დღე							
	10	20	30	40	60	90	120	180
$\Pi/\Pi_p, \Pi_p$ – კუმშვისას								
4.7	1.23	1.23	1.22	1.2	1.21	1.21	1.19	1.18
2.7	1.24	1.23	1.23	1.21	1.18	1.22	1.23	1.23
2.2	1.23	1.22	1.22	1.23	1.17	1.18	1.20	1.22
1.0	1.21	1.23	1.20	1.22	1.22	1.20	1.20	1.21
$\Pi/\Pi_p, \Pi_p$ – გაჭიმვისას								
4.7	1.23	1.21	1.17	1.16	1.18	1.18	1.19	1.17
2.7	1.23	1.23	1.23	1.23	1.22	1.22	1.23	1.22
2.2	1.23	1.20	1.17	1.17	1.14	1.15	1.14	1.13
1.0	1.27	1.25	1.24	1.24	1.22	1.22	1.21	1.23

ν -ს მნიშვნელობა იქნება: $\nu = 0,21 = \nu_0 = const$.

როდესაც $v = v_0 = \text{const} = 0.21$, სხვადასხვა ტენშემცველობის ნიმუშებისთვის (მუდმივი ასაკის $t_0 = 28$ და ტემპერატურის $T = 20 \pm 1^\circ\text{C}$) ბეტონის ძვრისა და კუმშვა-გაჭიმვის ბირთვებს შორის კავშირს ჩავწერთ შემდეგი [1] ფორმულით:

$$\Pi(t, t_0, W) = (1 + v_0) \cdot \Pi_p(t, t_0, W). \quad (5)$$

(5) ფორმულით და მე-2 ცხრილის მონაცემებით გამოთვლილი Π -ს მნიშვნელობები მნიშვნელობები მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

სხვადასხვა ტენშემცველობის ბეტონის ძვრის ცოცვადობის ბირთვები გამოთვლილი კუმშვა-გაჭიმვის ცოცვადობის ბირთვის გამოყენებით $\Pi_{\text{თეორიული}} = (1 + v_0) \cdot \Pi_p$; Π_p -ს მონაცემები აღებულია მე-2 ცხრილიდან

ტენშემცველობა $W, \%$	$\Pi = (1 + v_0) \cdot \Pi_p \cdot 10^{-4}$ მპა ⁻¹ დაკვირვების დრო $t - t_0$, დღე							
	10	20	30	40	60	90	120	180
$\Pi = (1 + 0.21) \cdot \Pi_p$, Π_p – დადგენილი კუმშვისას								
4.7	78.7	88.3	94.4	99.3	105.3	111.4	117.2	123.2
2.7	63.3	69.1	73.3	75.9	78.7	82.3	84.7	87.7
2.2	55.9	60.6	62.3	64.1	69.3	71.6	72.7	73.8
1.0	47.9	49.1	51.7	52.2	53.1	55.4	56.5	57.5
$\Pi = (1 + v_0) \cdot \Pi_p$, Π_p – დადგენილი გაჭიმვისას								
4.7	78.9	89.8	97.8	103.3	104.4	113.5	116.9	130.8
2.7	63.9	68.6	72.7	74.8	78.2	82.3	84.3	88.3
2.2	55.8	68.1	65.2	68.5	71.4	73.4	76.1	79.5
1.0	45.5	48.3	50.3	50.9	53.0	54.3	55.8	56.4

მე-3 ცხრილის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს: (5) ფორმულით და Π_p -ის ექსპერიმენტული მონაცემებით (ცხრილი 1) გამოთვლილი Π -ს თეორიული მნიშვნელობები (ცხრილი 3) კარგი მიახლოებით ასახავს Π -ს ექსპერიმენტულ მონაცემებს (ცხრილი 1).

3. დასკვნა

სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის გამოცდით კუმშვაზე, გაჭიმვასა და გრესაზე განისაზღვრება კომპოზიტის კუმშვა-გაჭიმვისა და ძვრის ცოცვადობის ბირთვები. ბირთვებით გამოთვლილი პუასონის კოეფიციენტების ანალიზით დადგენილია, რომ წვრილმარცვლოვანი ბეტონის პუასონის კოეფიციენტის სიდიდე არ არის დამოკიდებული მასალის ტენშემცველობასა (W) და დატვირთვის ხანგრძლივობაზე ($t-t_0$). დამტკიცებულია, რომ 28 დღის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის პუასონის კოეფიციენტი $\nu = \nu_0 = 0,21 = const$. $\nu = const$ -ით მნიშვნელოვნად მარტივდება კომპოზიტების სხვადასხვა ბირთვს შორის კავშირის დადგენა. შემუშავებული ფორმულით და Π_p ექსპერიმენტული მონაცემებით გამოთვლილი Π -ს თეორიული მნიშვნელობები კარგი სიზუსტით ასახავს Π -ს ექსპერიმენტულ მონაცემებს.

ლიტერატურა

1. Сакварелидзе А.В. Вопросы вязкоупругости строительных композиционных материалов на силикатной основе. Автореферат докторской диссертации, Тбилиси, 1999.- 49 с.
2. A. Sakvarelidze. Dependence of creep nucleus on moisture containing of cement based composite materials at tension First international conference on seismic safety problems of Caucasus region population, cities and settlements. September, 8-11, 2008, Tbilisi, Georgia. Book of extended abstracts, p. 59-62.
3. ა. საყვარელიძე. გრესისას წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ცოცვადობაზე მასალის ტენშემცველობის გავლენა // სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3(10), 2008. თბილისი, გვ. 87-91.
4. Сакварелидзе А.В. Прочностные и деформационные свойства сталефибробетона // Бетон и ж/б. Москва, 1986, № 8, с. 12-13.
5. Сакварелидзе А.В. Зависимость характеристик ползучести сталефибробетона 28- суточного возраста при постоянных влажности и температуре // Механика композитных материалов. Рига, 1986, № 3, с. 59-66.

შპს 631.626.3

კომბინირებული სამიარუსიანი სადრენაჟო სისტემის დრენებს შორის მანძილის განსაზღვრა

გ. გავარდაშვილი*, მ. გუგუჩია**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ც. მირცხულავას
სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი)

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: საქართველოს ჭარბტენიან რეგიონებში, მათ შორის კოლხეთის დაბლობზე ადგილობრივი მოსახლეობის ცხოვრების უზრუნველყოფის მიზნით ნაშრომში შემოთავაზებულია სამიარუსიანი კომბინირებული სადრენაჟო სისტემის შემადგენელ დრენებს შორის მანძილის განსაზღვრის მეთოდი და სადრენაჟო მილებზე ნახვრეტების რაოდენობის გაანგარიშების კონკრეტული მაგალითი.

საკვანძო სიტყვები: კოლხეთის დაბლობი; სამიარუსიანი კომბინირებული დრენაჟი.

1. შესავალი

საქართველოს ჭარბტენიან რეგიონებში, მათ შორის კოლხეთის დაბლობზე, ადგილობრივი მოსახლეობის ცხოვრების უზრუნველყოფისთვის ერთ-ერთ გადაუჭრელ პრობლემად გვევლინება ზედაპირული და გრუნტის წყლების მოცილება ან მათი დონეების (ჰორიზონტის) რაც შეიძლება დაბლა დაწევა. ეს პრობლემა გადაიჭრება მხოლოდ დამშრობი ქსელის საიმედოობისა და მისი ექსპლუატაციის დროის გაზრდით [6].

დამშრობი სისტემების ხარისხის ძირითად კრიტერიუმებად უნდა ჩაითვალოს გრუნტის წყლის გამტარუნარიანობა (წყლის ხარჯი), საპროექტო სიმაღლის სიზუსტის დაცვა და საიმედოობა. ამას გარდა, უნდა გავითვალისწინოთ სისტემების გეგმური და განივი მდგრადობა, მქ კოეფიციენტი, მასალებისა და ენერგიის ტევა-

დობა, ეკონომიურობა, ტექნოლოგიურობა, სარემონტოდ ვარგისობა, მუშაობის დროს კონტროლის შესაძლებლობა და ა.შ. დრენაჟის კონსტრუქცია უნდა შეესაბამებოდეს საექსპლუატაციო, ეკონომიკურ, ტექნოლოგიურ და სხვა მოთხოვნებს [2].

ამ თვისებებს შორის საექსპლუატაციო პრობლემებს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. ხარისხის მახასიათებლების შეცვლა სადრენაჟო სისტემის ექსპლუატაციის დროს ძირითადად გარე კავშირების ხარჯზე ხდება.

სწორედ ისინი ახასიათებენ ობიექტის გარემოსთან ურთიერთქმედების შედეგს და ფუნქციონირების რეჟიმების ფაქტობრივ პარამეტრებს.

ცნობილი მეცნიერი, რუსეთის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის და საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი ც. მირცხულავა[5] აღნიშნავდა, რომ დამშრობი სისტემის და მისი ობიექტების ხარისხის პროგნოზირება შეიძლება განხორციელდეს ორი მიმართულებით:

- მშენებარე ობიექტისა და მისი ექსპლუატაციის სისტემის ხარისხის ფორმირების ფიზიკური არსის ანალიზის საფუძველზე;
- მტყუნების მონაცემების დამუშავების სტატისტიკური მეთოდების გამოყენების საფუძველზე.

სადრენაჟო სისტემის ხარისხის შეფასება უნდა ეყრდნობოდეს ხარისხის კონკრეტულ კრიტერიუმებს, რომელიც დამოკიდებულია კონსტრუქციის ობიექტის დანიშნულებასა და წაყენებულ მოთხოვნებზე.

კოლხეთის დაბლობზე ჩატარებული მრავალწლიანი გამოკვლევა გვიჩვენებს, რომ სადრენაჟო სისტემის საიმედო მუშაობისათვის საჭიროა პროფილაქტიკური სამუშაოების მოცულობისა და პერიოდულობის დადგენა.

კომბინირებული (რთული) სადრენაჟო სისტემებისათვის საჭიროა ხანგრძლივი პროფილაქტიკის მიზანშეწონილობის, ასევე პროფილაქტიკის მოცულობის განსაზღვრა, რომელიც უნდა ჩატარდეს ყოველი სამუშაო ციკლის შემდეგ.

სადრენაჟო სისტემების, მათ შორის კომბინირებულის, ექსპლუატაციის დროს, მომსახურების ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემა პროფილაქტიკის ჩატარების ვადის განსაზღვრაა.

მასალების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სადრენაჟო სისტემებისათვის, რომლებიც ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში მძიმე პირობებში და შესვენების გარეშე მუშაობს, პროფილაქტიკური სამუშაოების ჩატარება მიზანშეწონილია სისტემის გარკვეული ნამუშევრის მიღწევისას.

2. პირითადი ნაწილი

1. დრენებს შორის მანძილის დადგენა

კომბინირებული სამიარუსიანი დრენაჟის (საქართველოს პატენტი № H3573 B) მიზანია, უშუალოდ დასაშრობი ფართობისათვის წყლისა და ჰაერის რეჟიმის შექმნა და რეგულირება სამეურნეო გამოყენებისათვის საჭირო პარამეტრებში [1].

კომბინირებული დრენაჟი (ნახ. 1) შედგება მიწისქვეშა ნაპრალისებრი დრენებისგან (1), რომელთა ქვეშ მოთავსებულია წყალმიმღების (2) მაღალი სიმტკიცის პოლიეთილენის მასალისგან დამზადებული მილები ელიფსისებრი პერფორირებული კვანძებით (4).

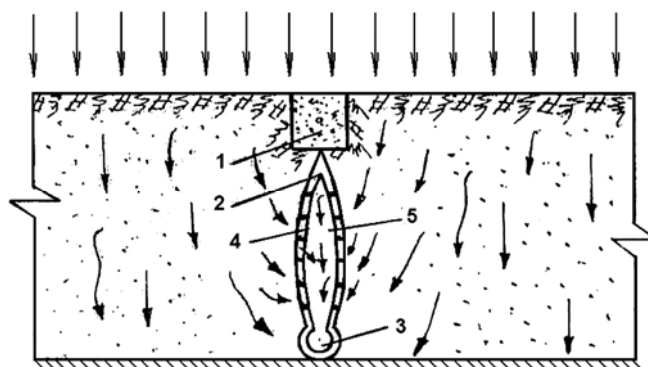
წყალმიმღები შეერთებულია მილსადენთან (3), რომელიც ჩართულია წყალსადენის კოლექტორში (5).

კონსტრუქცია იმგვარად არის შესრულებული, რომ გრუნტის წყლიდან ან ჭარბი ატმოსფერული ნალექებიდან ფორმირებული მიწისქვეშა წყლის ნაკადები მოხვდეს ნაპრალისებრი დრენებში (1); შემდეგ მიწისქვეშა წყლის ნაკადი ელიფსისებრი პერფორირებული (4) კვანძების (2) მიმართულებით მოძრაობს და მილსადენში (3) გროვდება. მილსადენი უზრუნველყოფს ჭარბი წყლის სწრაფ მოცილებას დასაშრობი ფართობიდან.

კონსტრუქციის ელემენტების ფუნქციები:

- **პირველი იარუსის** (1) დანიშნულება ზედაპირული ჩამონადენი წყლის რეგულირებაა, რათა ის დასაშვებ დროზე მეტ ხანს (დატბორვის და ნიადაგის დაჭაობებისას) არ შეეოვნდეს;
- **მეორე იარუსი** – ელიფსისებრი პოლიეთილენის პერფორირებული კონსტრუქცია (2), რომელიც უზრუნველყოფს ჭარბი ტენის შთანთქმას ნიადაგიდან და მის ტრანსფორმაციას წყლის ნაკადებში;
- **მესამე იარუსი** – წყალმიმღები მილი (3), რომელიც უზრუნველყოფს გამტარ არხებში (მილები 5) წყლის მიწოდებას, გრუნტის წყლის საჭირო დონისა და ტენტევალობის რეჟიმის შენარჩუნებას.

დრენებს შორის მანძილი, აგრეთვე ელიფსისებრი პერფორირებული კვანძის გეომეტრიულ ზომები გამოიანგარიშება ისე, რომ დაშრობის ნორმა უმოკლეს დროში ეფექტური გახდეს.



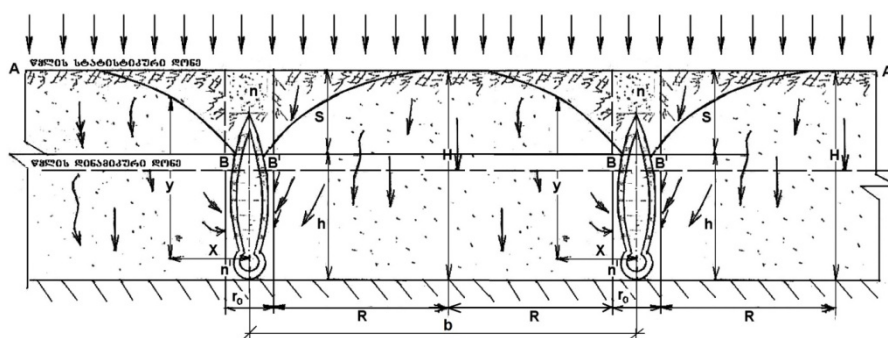
ნახ. 1. კომბინირებული დრენაჟის განივკვეთი

დრენებს შორის მანძილის დადგენას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, ამასთან იგი დამოკიდებულია მრავალ რთულ ფაქტორთან, როგორიცაა მოსული ნალექების ინტენსიურობა, გრუნტის წყლების სიმაღლე, სანიადაგო და სხვა ძირითადი ფაქტორები [2,4].

დრენებს შორის მანძილი (b) ისე უნდა შეირჩეს, რომ მოგვცეს გრუნტის დონის ეფექტური დაწევა დროის მოცემულ მომენტში და უნდა შეესაბამებოდეს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალჰაეროვანი რეჟიმის ოპტიმალურ მოთხოვნებს.

ვიციოთ რა გრუნტის წყლის სიღრმე, ასევე სანიადაგო, ჰიდროგეოლოგიური, კლიმატური პირობები, შესაძლებელია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალჰაეროვანი რეჟიმის რეგულირება სამიარუსიანი კომბინირებული დრენაჟის გამოყენებით [1].

მეორე ნახაზზე მოცემულია დრენებს შორის მანძილის დადგენის საანგარიშო სქემა.



ნახ. 2. დრენებს შორის მანძილის საანგარიშო სქემა

თეორიული და სავსელე კვლევების ანალიზით მიღებული დამოკიდებულება, საანგარიშო სქემის (ნახ. 2) გათვალისწინებით, შეიძლება გარდავქმნათ [2], რომელიც შემდეგ მიიღებს სახეს:

$$Q = \frac{2KHS}{\ln \frac{b}{2\eta r_0}}, \text{ სმ}^3/\text{წმ} \quad (1)$$

გავამარტივოთ (1) დამოკიდებულება:

$$Q(\ln b - \ln 2\eta r_0) = 2KHS. \quad (2)$$

(2) დამოკიდებულებიდან განვსაზღვროთ დრენებს შორის მანძილი (b), მივიღებთ:

$$\ln b = \frac{2KHS}{Q} + \ln 2\eta r_0, \quad (3)$$

ე.ი.

$$\ln b = \frac{2KHS}{Q} + \ln 2\eta r_0. \quad (4)$$

$$b = \exp\left(\frac{2KHS}{Q} + \ln 2\eta r_0\right). \quad (5)$$

დრენებს შორის მანძილის (b) დასადგენად შემდეგნაირად ვიქცევით: თუ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ათვისება ხდება სამიარუსიანი კომბინირებული სადრენაუო სისტემის მოწყობით, მაშინ დრენებს შორის მანძილს გამოვთვლით (5) ფორმულით, როდესაც მრავალწლიანი ნარგავების ფართობზე აუცილებელია სამიარუსიანი კომბინირებული დრენაჟის მოწყობა, მაშინ სადრენაუო სისტემას ვამონტაჟებთ მრავალწლიანი ნარგავების რიგის მწკრივთა შორის შუაში, ასევე შესაძლებელია მრავალწლიანი ნარგავების რიგის მწკრივთა შორის სადრენაუო სისტემის მოწყობა ერთზე მეტი სადრენაუო ხაზით.

2. სადრენაუო მილის ხერვტების გაანგარიშება

სადრენაუო მილის ნახერვტის ფართობი (ნახ. 3) გამოითვლება ფორმულით:

$$\omega = \frac{q_{\max}}{\mu\sqrt{2gh}} = \frac{0.00004}{0.61\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.675}} = 0.00002, \quad (6)$$

სადაც $q_{\max}$ დრენაჟის ერთ გრძივ მეტრზე მაქსიმალური მოდინებაა, $q_{\max} = 0.04 \text{ ლ/წმ} = 0.00004 \text{ მ}^3/\text{წმ}$; μ – ხარჯის კოეფიციენტი, მრგვალი ნახერვტებისთვის მიიღება 0,61; h – წყალმიმღები ნახერვტების ზედაპირზე საშუალო დაწნევა, $h = 3D = 3 \cdot 0,225 = 0,675$ მ. D – სადრენაუო მილის გარე დიამეტრი (225 მმ).

ამ ფართობის შესაბამისი ნახვრეტის დიამეტრი 6 მმ ტოლია.



ნახ. 3. სადრენაჟო მილის ნახვრეტების სქემა

მილსადენის ზედაპირის ფართობი 1 გრძივ მეტრზე ტოლია:

$$F = \pi D = 3,14 \cdot 0,225 = 0,7065 \text{ მ}^2 = 706500 \text{ მმ}^2. \quad (7)$$

ნახვრეტების მიერ დაკავებული ფართობი აიღება 2 – 5%-ის ფარგლებში. მივიღოთ მინიმალური რაოდენობა – 2%, მაშინ ნახვრეტების ჯამური ფართობი ტოლია: $706500 \times 0,002 = 14130 \text{ მმ}^2$. პერიმეტრზე ნახვრეტების რაოდენობა იქნება: $14130 \text{ მმ}^2 : 18,2 \text{ მმ}^2 = 766 \approx 770$ ცალი.

3. დასკვნა

დამუშავებული მეთოდოლოგიის გამოყენებით, სამიარუსიან კომბინირებულ სადრენაჟო სისტემის დრენებს შორის სავსე ექსპერიმენტების განხორციელების მიზნით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამტრედიის რაიონის სოფელ დიდი ჯიხაიშის აგარული კოლეჯის საცდელ ბაზაზე მოეწყო საკვლევი პოლიგონი, რომელზედაც მიმდინარეობს სამეცნიერო-კვლევითი დაკვირვებები.

ლიტერატურა

1. გ. გავარდაშვილი. კომბინირებული დრენაჟი. საქართველოს პატენტი. № 3573 B, ბიულ. № 5(167) თბილისი, 2005, გვ. 12.
2. Гавардашвили Г.В., Модебадзе Н.Л., Гавардашвили Н.Г. Новая конструкция комбиниро-

ванного трехъярусного дренажа и расчет водопропускной способности. // Инженерная экология. Москва, № 3, 2007, с. 55 - 61.

3. Гавардашвили Г.В., Собола Ю. Обеспечение экологической безопасности сельскохозяйственных угодий на Колхидской низменности для улучшения социально-экологических условий местного населения // Сборник трудов I Международной конференции «Водные экосистемы Колхидской низменности – охрана и рациональное использование». Тбилиси – Поти, 2013 г., с. 108-111.
3. Gavardashvili G.V., Guguchia M. - The Research of the Combine Three Tier Drainage. International scientific-practical conference use of reclaimed land - Current State and Prospects of Development reclamative farming. Tver, RUSSIA, 2015 г, с 196-201.
4. Мирцхулава Ц. Е. Надежность систем осушения. Москва, 1985.-239 с.
5. ა. მოწერელია. კულურტექნიკა და აგრომელიორაცია კოლხეთის დაბლობის დაშრობილ მიწებზე. თბილისი, 1986.- 184 გვ.

შპს 621. 317. 36

კატასტროფული ტალღების მაქსიმალური ამპლიტუდის განსაზღვრა “ლოკალური არასტაციონარულობის” მეთოდის გამოყენებით

ლ. ლოდელიანი, ე. ხატიაშვილი, ზ. ასკურავა, გ. მჭედლიშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია წყალსატევებში ტალღების წარმოქმნის პროცესი მის ლოკალურ არეში სელებისა და ჩამოქცევა-მეწყერული ქანების დარტყმითი ზემოქმედებისას. ასეთ შემთხვევაში წარმოიქმნება დიდი ამპლიტუდის მქონე კატასტროფული ტალღები.

კვლევის თეორიულ საფუძვლად გამოყენებულია ლოკალური არასტაციონარულობის თეორია, რომელიც ეყრდნობა არასტაციონარული ჰიდრაულიკის ზოგად განტოლებას სენ-ვენან-ბუსინესკის ფორმით.

აქტუალური სიღრმის ტალღური შეშფოთების განსაზღვრისას ვიყენებთ მეორე რიგის წრფივ, არაერთგვაროვან დიფერენციალურ განტოლებას.

ტალღის მაქსიმალური ამპლიტუდის გამოსათვლელად მიღებულია დამოკიდებულება წყალსატევში შეჭრილი სხეულის გეომეტრიული ზომების, მისი მექანიკური და დინამიკური მახასიათებლების საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები: კატასტროფული ტალღები; ლოკალური; არასტაციონარული; ტალღის ამპლიტუდა; ჰიდრაულიკური ნახტომი.

1. შესავალი

განიხილება ტალღების წარმოქმნის პროცესი წყალსატევების, ლოკალურ არეში სელებისა და ჩამოქცევა-მეწყერული ქანების მასების დარტყმითი ზემოქმედებისას. ამრიგად, წყალსატევის ლოკალურ არეში დაიკვირვება „სუფთა იმპულსური დარტყმის ეფექტი“, რომლის დროსაც წყალსატევების ზედაპირზე წარმოიქმნება დიდი ამპლიტუდის მქონე ტალღები.

კვლევის თეორიულ საფუძვლად გამოყენებულია ე.წ. „ლოკალური არასტაციონარულობის“ თეორია, რომელიც შემუშავებულია „თბილწყალგეოში“ აკად. თ. ვოინიჩ-სიანოუენცკის მიერ, ჰიდრაულიკური მოვლენების (ჰიდრაულიკური ნახტომი, მასზე ზედდებული არამდგრადობის ტალღები და სხვა) შესწავლისას წარმოშობილი ამოცანების გადასაწყვეტად.

ამოცანის გადაწყვეტისას მიიღება შემდეგი სახის დაშვებები:

ა) დარტყმის პირველ ეტაპზე ხდება პირველადი ტალღის წარმოქმნა წყლის გარკვეული ფენის დეფორმაციის ხარჯზე;

ბ) შემდგომ ხდება სხეულის წყალში სრული შეჭრა მისი გაჩერებით ფსკერზე, ინერციის და წინაღობის ძალების თანაფარდობის გათვალისწინებით;

გ) სითხეში სხეულის იმპულსური ზემოქმედებისას წარმოქმნილი ტალღების სიდიდეზე, პირველ რიგში, გავლენას ახდენს სხეულის (ტანის) მოძრაობის სიჩქარე დარტყმის მომენტში, მისი ფორმა, ზომები, სიმკვრივე, ერთგვაროვნება და შეჭრის კუთხე (შეტევის კუთხე);

დ) წყალსატევებში სელური სხეულების შეჭრისას განისაზღვრება მაქსიმალური ტალღების სიმაღლე;

ე) დარტყმისას აღიძვრება ტურბულენტური ხახუნის ძალები, რომლებსაც უგულებელვყოფთ.

2. ძირითადი ნაწილი

დასმული ამოცანის განხილვისას განისაზღვრება მყისი შეშფოთების მაქსიმალური ამპლიტუდები ლოკალური არის სასაზღვრო კვეთებში, მოცემული იმპულსის შემთხვევაში. ამასთან, მოცემულად ითვლება შეშფოთების მახასიათებლები საწყის სასაზღვრო კვეთში. ამ მონაცემებით აუცილებელია განისაზღვროს ანალოგიური მახასიათებლები იმავე არის მეორე საზღვარზე – კვეთში, სადაც მაქსიმალური ტალღა დაიკვირვება.

ლოკალური არასტაციონარულობის თეორია ეყრდნობა არასტაციონარული ჰიდრაულიკის ზოგად, ერთგანზომილებიან განტოლებებს, აღებული სენ-ვენან-ბუსინესკის ფორმით:

$$Q_\zeta = Q_\eta - \frac{\partial W \bar{\ell}}{\partial t}. \quad (1)$$

ეს არის უწყვეტობის განტოლება,
ხოლო დინამიკის განტოლებაა

$$\frac{x_c}{g} \frac{d^2 \Omega_0}{dt^2} + \Pi_\zeta = \Pi_\eta \quad (2)$$

სადაც ζ და η მყისი შეშფოთების ორდინატებია; $\bar{\ell}$ – ლოკალური არის გასაშუალოებული გრძივი მახასიათებელი; Q_ζ და Q_η – მყისი ხარჯები სასაზღვრო კვეთებში; $W\bar{\ell}$ – ლოკალური არის მყისი მოცულობა; x_c – მანძილი $W\bar{\ell}$ მოცულობის სიმძიმის ცენტრიდან ერთ-ერთ სასაზღვრო კვეთამდე; Π_η და Π_ζ – სრული იმპულსების მყისი წამური მნიშვნელობები შესაბამის კვეთებში.

წყალსაცავში სხვადასხვა სახის სხეულების შეჭრის შედეგად წარმოქმნილი ტალღების შესწავლისას მნიშვნელოვანია ტალღების ამპლიტუდა, რომელიც აღძრული ნაკადის აქტუალური და გასაშუალოებული სიმაღლეების სხვაობის ტოლია. ამიტომ, (1) და (2) განტოლებები უნდა წარმოვადგინოთ იმ ფორმით, რომელიც ასახავს ნაკადის სიღრმის ცვლილებას დროის მიხედვით. თუ ამ დროს გავითვალისწინებთ, რომ ტალღური პროფილი სინუსოიდურია, მაშინ უწყვეტობის განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{2n\bar{h}_2}{\Pi} \frac{dh_2}{dt} = q_2 - q_1, \quad (3)$$

სადაც $\bar{h}_2$ არის t დროისაგან დამოუკიდებელი სიღრმე სასაზღვრო კვეთში სტაციონარული დინების პირობებში; q_1 და q_2 – t დროზე დამოკიდებული ხვედრითი ხარჯები ლოკალური არის კვეთებში; n – პარამეტრი, ლოკალური არის გრძივი ზომის მახასიათებელი არასტაციონარული დინებისას.

ანალოგიურად შეიძლება ჩაიწეროს (2) დინამიკის განტოლების პირველი წევრი

$$\frac{x_c}{g} \frac{d^2 \Omega_0}{dt^2} = \beta \beta_c \frac{n\bar{h}_2 \bar{l}}{g} \frac{d^2 h_2}{dt^2}, \quad (4)$$

სადაც x_c გამოსახულია აქტუალური (მყისი) სიღრმის მნიშვნელობით

$$x_c = \beta_c h_2 n. \quad (5)$$

Ω_0 არის შეშფოთებული ლოკალური არის გრძივი პროფილის ფართობი; β – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ტალღის გრძივ ფორმას; β_c – იგივე x_c სიგრძის შემთხვევაში.

მეისი სრული იმპულსების წამური მნიშვნელობები ლოკალური არის შესაბამის სასაზღვრო კვეთებში სიგანის ერთეულისათვის იქნება:

$$\Pi_\zeta = \frac{\alpha_{02} q_2^2}{gh_2} + \frac{h_2^2}{2}; \quad (6)$$

$$\Pi_\eta = \frac{\alpha_{01} q_1^2}{gh_1} + \frac{h_1^2}{2}. \quad (7)$$

თუ ჩავთვლით $\alpha_{02} = \alpha_{01} = 1$, როგორც ეს მიღებულია ჰიდრაულიკური ნახტომის თეორიაში, მაშინ

$$\beta\beta_c \frac{nh_2 \bar{l}}{g} \frac{d^2 h_2}{dt^2} + \frac{h_2^2}{2} + \frac{q_2^2}{gh_2} = \frac{h_1^2}{2} + \frac{h^2}{gh_1}. \quad (8)$$

თუ შესასწავლ პროცესს წარმოვადგენთ ფსკერული ჰიდრაულიკური ნახტომის სახით, მაშინ $\beta_c = \frac{5}{8}$ და $\beta = \frac{2}{3}$.

ზემოთქმულის გათვალისწინებით, მივიღებთ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემას, რომელიც აღწერს განსახილველ მოვლენას ლოკალური არასტაციონარულ უბანზე:

$$\frac{10n}{24} \rho_2 \bar{h}_2 \bar{l} \frac{d^2 h_2}{dt^2} + \gamma_2 \frac{h_2^2}{2} + \rho_2 \frac{q_2^2}{h_2} = \rho_1 \frac{q_1^2}{h_1} + \gamma_1 \frac{h_1^2}{2}; \quad (9)$$

$$\frac{2n}{\Pi} \bar{h}_2 \bar{\rho} \frac{dh_2}{dt} = \rho_2 q_2 - \rho_1 q_1. \quad (10)$$

(9) – (10) ფორმულები ამონახსნების სტაციონარული პირობებისათვის გვაძლევს ცნობილ დამოკიდებულებებს, საიდანაც განსაზღვრავენ ძირითად ჰიდრაულიკურ მახასიათებლებს შორის ურთიერთკავშირს იმ კვეთებში, რომლებიც დამყარებული მოძრაობის ლოკალურ არეს შემოსაზღვრავს დიდი გრძივი წნევის გრადიენტი. გამოვიყენოთ (7) – (9) განტოლებები წყალსაცავში ტალღის მაქსიმალური სიმაღლის განსაზღვრავად, სელური ნაკადის შეჭრისას.

სელური სხეულის დარტყმითი ზემოქმედება, რომელიც მოძრაობს ცალკეული ტალღების ან ტალღების მიმდევრობითი სერიის სახით საკმაოდ მაღალი სიჩქარით,

შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც იმპულსის ზემოქმედება ისეთ სისტემაზე, რომლის დინამიკა აღწერილია (7)–(9) განტოლებებით.

ტალღური შემადგენლის სიდიდე $\bar{h}_2$ წარმოვადგინოთ ასე: $\zeta = h_2 - \bar{h}_2$. ζ შემფოთების სიმაღლეა. (7)–(9) განტოლებათა გაწრფივება გვაძლევს:

$$\frac{10n\bar{l}\bar{h}_2}{24}\rho_2\frac{d^2\zeta}{dt^2} + \left(1 - \frac{q^2}{gh_2^3}\right)\gamma_2\bar{h}_2\zeta + \gamma_2\frac{\bar{h}_2}{2} + \rho_2\frac{q_2^2}{h_2} = \rho_1\frac{q_1^2}{h_1} + \gamma_1\frac{h_1^2}{2}. \quad (11)$$

რადგან დინების კინეტიკურობის ხარისხი ლოკალური არასტაციონარულობის არის დასაწყისში გაცილებით მეტია, ვიდრე ბოლოში, ამიტომ

$$\frac{q_2^2}{gh_2^3} \ll 1 \quad (12)$$

და

$$\gamma_2\frac{\bar{h}_2}{2} \approx \rho_1\frac{\bar{q}_1^2}{h_1} + \gamma_1\frac{\bar{h}_1^2}{2}. \quad (13)$$

აღნიშნული მოსაზრებების გათვალისწინებით, რომლებიც ტიპურია ლოკალური არასტაციონარულობის ამოცანებისათვის, გვექნება:

$$\frac{10n}{24}\rho_2\bar{h}_2\bar{l}\frac{d^2h_2}{dt^2} + \gamma_2\bar{h}_2\zeta = \left(\rho_1\frac{q_1^2}{h_1} + \gamma_1\frac{h_1^2}{2}\right) - \left(\rho_1\frac{\bar{q}_1^2}{h_1} + \gamma_1\frac{\bar{h}_1^2}{2}\right). \quad (14)$$

(14) განტოლების მარჯვენა მხარე ჭარბი მოძრაობის რაოდენობის წამური სიდიდეა, რომელიც შეაქვს წყალსაცავში სელურ სხეულს, ამიტომ

$$\left(\rho_1\frac{q_1^2}{h_1} + \gamma_1\frac{h_1^2}{2}\right) - \left(\rho_1\frac{\bar{q}_1^2}{h_1} + \gamma_1\frac{\bar{h}_1^2}{2}\right) = \rho_c\frac{W_c\bar{c}}{b\tau^*} = \rho_c\frac{W_c\bar{c}^2}{2l^*b}, \quad (15)$$

სადაც $\rho_c = \rho_1$ სელური სხეულის სიმკვრივეა; W_c – სელის მოცულობა; $\bar{c}$ – სელის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე წყალსაცავში ტალღების გენერაციის საზღვრებში; τ^* – დრო წყალსაცავში სელის შესვლის მომენტიდან მის გაჩერებამდე; b – წყალსაცავის სიგანე სელის შესვლის ადგილში; l^* – მანძილი, რომელსაც გაივლის სელის სხეული წყალში;

თუ W მოცულობას მიახლოებით წარმოვადგენთ სამკუთხა პარაბოლური პრიზმის სახით – $W_c = \frac{2}{3}h_cl_cb_c$, სადაც h_c, l_c, b_c , სელური სხეულის სიმაღლე, სიგრძე და სიგანეა და მივიღებთ $\rho_2 = \rho$. საბოლოოდ, სელური სხეულის დინამიკური ზემოქმედების ზოგადი განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\frac{10n}{24} \frac{\bar{h}_2 \bar{l}}{g} \frac{d^2 \zeta}{dt^2} + \bar{h}_2 \zeta = \frac{2}{3} \frac{\rho_c}{\rho} \frac{h_c l_c b_c}{bl^*} \frac{\bar{c}^2}{g}. \quad (16)$$

ამრიგად, მივედით წრფივი არაერთგვაროვანი მეორე რიგის დიფერენციალურ განტოლებამდე, აქტუალური სიღრმის ტალღური შეშფოთებების განსასაზღვრავად. ამ განტოლების ამონახსნი, როგორც არაერთგვაროვანი მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლების ამონახსნი, თავისუფლების ერთი ხარისხით იძულებითი რხევებისას, ძალური ზემოქმედებით შეშფოთებისას, ჩაიწერება სახით:

$$\zeta = \frac{2}{3} \beta' \pi \frac{\rho_c}{\rho} \frac{l_c h_c}{bl^*} \frac{\bar{c}^2}{gh_2} \sin \sqrt{\frac{24g}{10nl}}. \quad (17)$$

3. დასკვნა

(17) განტოლების ამონახსნის შესაბამისი რეზონანსული ამპლიტუდა სელის მიერ გენერირებული ტალღისა განისაზღვრება დამოკიდებულებით:

$$\alpha = \frac{2}{3} \beta' \pi \frac{\rho_c}{\rho} \frac{l_c h_c b_c}{bl^*} \frac{\bar{c}^2}{gh_2}. \quad (18)$$

ამრიგად, (18) დამოკიდებულებით შესაძლებელია განისაზღვროს წარმოქმნილი ტალღის მაქსიმალური ამპლიტუდა, როდესაც წყალსაცავში ხდება სელური სხეულის შეჭრა. ტალღის ამპლიტუდა განისაზღვრება წყალსატევში შეჭრილი სხეულის გეომეტრიული ზომების, მისი მექანიკური და დინამიკური მახასიათებლების და წყალსაცავის ლოკალური არის მახასიათებლებით.

დამოკიდებულება, რომელიც წყალსაცავის ლოკალურ არეში დინამიკურ ზემოქმედებას აღწერს, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყალსატევში ზეგავების შეჭრის შემთხვევაშიც.

შპს 628.3

სანიადვრე წყალარინების კოლექტორის სიდიდის შეფასება

ნ. ნაცვლიშვილი, მ. ნაცვლიშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია სანიადვრე წყლების აცილებისათვის საჭირო კოლექტორების (გვირაბების) ზომების (გამტარუნარიანობის) შეფასების საკითხი ქ. თბილისში მდინარე ვერეზე, 2015 წლის 13–14 ივნისის წყალდიდობის მახასიათებლების მაგალითზე. განსაზღვრულია წვიმის საანგარიშო ხარჯის სიდიდე და გაანალიზებულია არსებული გვირაბის გამტარუნარიანობის ხარისხი წყლის დინების სხვადასხვა სიჩქარის დროს. რეკომენდებულია გვირაბის რეკონსტრუქცია მისი გამტარუნარიანობის გაზრდის მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: წვიმის ინტენსიურობა; წყალშემკრები აუზი; ერთჯერადი გადავსების პერიოდი; საანგარიშო ხარჯი; გამტარუნარიანობა.

1. შესავალი

მთავარიანი ქვეყნების დასახლებული ადგილებიდან ატმოსფერული ნალექების აცილება აქტუალური საკითხია, ვინაიდან პროცესი როგორც ფიზიკურ, ასევე მორალურ ზემოქმედებასა და ზარალთანაა დაკავშირებული. საქართველოში ატმოსფერული ნალექების გაყვანა დაკავშირებულია დიდი თუ მცირე მდინარეების მახასიათებლების ცვალებადობასთან, რაც თავისთავად საკითხის უფრო მეტად გამწვავებას იწვევს, ვინაიდან ატმოსფერული და მდინარის წყლებიც ტერიტორიიდან, უმეტეს შემთხვევებში, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების (მილსადენების, გვირაბების და სხვა) მეშვეობით გაიყვანება. ასეთ ვითარებაში მნიშვნელოვანია ნაგებობათა საანგარიშო პარამეტრებისა და ზომების (გამტარუნარიანობის) საკმარისი (დასაშვები) სიზუსტით დადგენა.

2. ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ ატმოსფერული ნალექების (ძირითადად წვიმების) ინტენსიურობა, ხანგრძლივობა და წყალშემკრები ფართობის სიდიდე განსაზღვრავს მოსული წყლის რაოდენობას და ხასიათდება მკვეთრი უთანაბრობით. საქართველოს დედაქალაქში სტატისტიკური მონაცემებით, წლების განმავლობაში მოსული წვიმების ინტენსიურობის სიდიდე (მმ/წთ) 0,01-დან 3,1-მდე მერყეობს. ამ სიდიდეებით მხოლოდ ზოგადად შეიძლება შეფასდეს წყლის საანგარიშო მოცულობა, წყალშემკრები ფართობების გათვალისწინებით. კონკრეტული ტერიტორიების განხილვისას სარგებლობენ სამშენებლო ნორმებსა და წესებში [1] მოყვანილი მითითებებით, რომელთა მიხედვით წვიმის წყლის ხარჯი q (ლ/წმ) განისაზღვრება ზღვრული ინტენსიურობის მეთოდით შემდეგი ფორმულით:

$$q = \frac{Z_{საშ} \times A^{1,2} \times F}{t_{საანგ}^{1,2n-0,1}},$$

სადაც $Z_{საშ}$ ჩადინების აუზის ზედაპირის მახასიათებელი კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობაა. იგი განისაზღვრება, როგორც ზედაპირის მახასიათებელი Z კოეფიციენტის საშუალო შეწონილი სიდიდე (მაგალითისათვის გრუნტის ზედაპირისათვის $Z=0,064$, გაზონებისათვის – $0,038$ და ა. შ.). ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით, თუ პარამეტრი 1100 აჭარბებს, მაშინ Z წყალგაუმტარი ზედაპირებისთვის მიიღება $0,24$ -ის ტოლი; A, n – პარამეტრები, რომლებიც განისაზღვრება წვიმასაზომის მრავალწლიანი ჩანაწერების დამუშავების შედეგად; $t_{საანგ}$ – წვიმის საანგარიშო ხანგრძლივობა წუთებში (ზედაპირული კონცენტრაციის დრო $5-10$ წთ მიიღება). გარემოს ეროვნული სააგენტოს ანგარიშში მითითებულია, რომ წვიმა გრძელდებოდა სავარაუდოდ $3-4$ საათი ანუ $180-240$ წთ; F – ჩადინების საანგარიშო ფართობი, კა (სააგენტოს ანგარიშის მიხედვით არის 19400 კა).

მონაცემების უქონლობის შემთხვევაში დასაშვებია A პარამეტრი განისაზღვროს ფორმულით:

$$A = q_{20} \times 20^n \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m} \right)^r,$$

სადაც q_{20} წვიმის ინტენსიურობაა, ლ/წმ 1 კა-დან, რომლის ხანგრძლივობა 20 წთ-ია, $P=1$ წლის ერთჯერადი გადავსების პერიოდში განისაზღვრება q_{20} წვიმის ინტენსიუ-

რობის სიდიდის რუკიდან (თბილისისათვის 100 ლ/წმ-ის ტოლია); n – ხარისხის მაჩვენებელი და მდ. მტკვრის აუზის განხილვისას 0,63-ის ტოლი მიიღება, როცა $P > 1$ და 0,52-ის ტოლი, როცა $P < 1$; m – წვიმების საშუალო რაოდენობა წელიწადში (ნორმების მიხედვით თბილისში 90-ის ტოლია); γ – ხარისხის მაჩვენებელი მიიღება 1,33-ის ტოლი; P – წვიმის საანგარიშო ინტენსიურობაზე ერთჯერადი გადავსების (გადაჭარბების) პერიოდი, კოლექტორების მოწყობის არახელსაყრელი პირობებში მიიღება 5–10-ის ტოლი, როცა $q_{20} > 80$ -ზე.

აღნიშნული სიდიდეების გათვალისწინებით, თბილისისათვის: პარამეტრი $A = 1144$, ხოლო საანგარიშო ხარჯი $q = 597,95 - 722,26$ მ³/წმ.

თუ დავეყრდნობით გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემებს, 2015 წლის 13–14 ივნისს დ. ვერეს ხეობაში 1 ჰა-ზე მოსული ნალექების რაოდენობა იყო 41 მმ/წთ (ზოგიერთი წყარო ასახელებს 100 მმ/წთ) ანუ 6831 ლ/წმ. თუ წყალშემკრები ფართობი 19400 ჰექტარია, ხარჯი იქნება 132566,7 მ³/წმ; ზედაპირის საფარვლის გათვალისწინებით კი საანგარიშო რაოდენობა $132566,7 * 0,24 = 31816$ მ³/წმ ტოლი იქნება, რაც წარმოუდგენლად დიდი და არარეალური სიდიდეა. უფრო რეალურია, სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნათა მიხედვით, ზემოთ მიღებული საანგარიშო ხარჯების სიდიდეები.

სტატისტიკური და ისტორიული მონაცემებით, 1924 წლის 12 ივნისს მდ. ვერეს ხეობაში დიდის 8 საათზე, 1-საათიანი წვიმის დროს, ღვარცოფულმა ნიაღვარმა გაიტაცა გლეხები ხარურმთან და მდ. მტკვარში შეიტანა. 1940 წ. 10 მაისს თბილისის ყველა მდინარეში წყალმოვარდნები იყო. 1960 წელს დაიტბორა ზოოპარკის ტერიტორია. მაშინდელი გათვლებით ხარჯი შეადგენდა $Q = 259$ მ³/წმ. წყალმოვარდნა იყო 1972 წელს, 1980 წლის 13 მაისს, დიდი წვიმის გამო, წყნეთში გაირღვა არსებული ხელოვნური წყალსაცავის ჯებირი. ასევე, დაფიქსირებულია 1999 წ. 28 აგვისტოს და 2002 წ. 15 ოქტომბრის, 2015 წლის 3 და 13–14 ივნისის წყალდიდობები (მეტეოსადგურით აღირიცხა 41 მმ ნალექი, მაღალმთიან ზონაში – 100 მმ). უხვი ატმოსფერული ნალექები ბოლო 133 წლის განმავლობაში 52-ჯერ მოვიდა, რაც სამომავლოდ დამაფიქრებელი მახასიათებელი სიდიდეა.

ქალაქის ფარგლებში მდ. ვერეს ნაკადი პირველად ხვდება 1958 წელს აშენებულ გვირაბში, რომელიც კვეთს ვაკე-საბურთალოს დამაკავშირებელ გზას. გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემებში გვირაბის ზომები არ არის მითითებული

და არაა შეფასებული მისი გამტარუნარიანობა. თუმცა საგარეოდ მიღებულია საანგარიშო ხარჯების სიდიდეები: $Q=220$ მ³/წმ და 480 მ³/წმ ან 320 მ³/წმ და 720 მ³/წმ. შესაბამისი წყლის დინების პირობითი დასაშვები სიჩქარეებია 4 და 6 მ/წმ, როცა გვირაბის განივკვეთის ფართობი 60 მ²-ია, გამტარუნარიანობა, ნაკადის მაქსიმალური სიჩქარის ($4-6$ მ/წმ) დროს, $240-360$ მ³/წმ.

3. დასკვნა

გამოთვლილი საანგარიშო ხარჯის სიდიდე ($598-722$ მ³/წმ) ორჯერ და მეტად აჭარბებს გვირაბის მაქსიმალურ გამტარუნარიანობას, ამასთან დამატებით გათვალისწინებული არ არის თავად მდ. ვერეს ჩამონატანი და ხარჯი. ბუნებრივია, რომ მდინარე ვერეს ნაკადი, რომელიც მოხვდა ვაკე-საბურთალოს გზის გადაკვეთაზე არსებულ გვირაბში, ამ უკანასკნელის გამტარუნარიანობის სიმცირის გამო, შეიჭბორებოდა და წარმოქმნიდა საშიშროებას, რაც სამწუხაროდ დადასტურდა კიდევ. გამტარუნარიანობის გაზრდის მიზნით საჭიროა გვირაბის რეკონსტრუქცია.

ლიტერატურა

1. СНиП 02.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1986 г.
2. პ. ნამგალაძე. კანალიზაცია. პირველი ნაწილი. თბილისი: განათლება, 1981 წ.
3. გარემოს ეროვნული სააგენტოს წინასწარი შეფასება 2015 წლის 13–14 ივნისს მდ. ვერეს აუზში განვითარებული კატასტროფით გამოწვეული მდგომარეობის შესახებ. თბილისი, 2015 წ.
4. მდინარე ვერეს 2015 წლის 13 ივნისის წყალმოვარდნა. ADC Austrian Development Cooperation, CENN Caucasus Environmental NGO Network. თბილისი, 2015 წ.
5. Таблицы гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. М.: Стройиздат, 1974 г.

შპს 628.81:697.3

იატაკის გათბობის სისტემები ძველ ცივილიზაციებში

ო. ფურცელაძე, ნ. მეფარიშვილი, ი. დენისოვა

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია ძველ ცივილიზაციებში არსებული იატაკის გათბობის სისტემები, მათი მონტაჟი და განვითარება როგორც ევროპაში, ასევე აზიის ქვეყნებში. აღწერილია კორეაში არსებული ძვ. წ. მე-3 საუკუნის ონდოლის ტიპის გათბობის სისტემა და საქართველოს ტერიტორიაზე, არქეოლოგიური გათხრების შედეგად აღმოჩენილი, ნაქალაქარ ძალისის ჰიპოკაუსტის სისტემა, რომელიც ახ. წ. I-IV საუკუნეებით თარიღდება.

საკვანძო სიტყვები: თბილი იატაკი; ონდოლი; ძალისი; ჰიპოკაუსტი.

1. შესავალი

ადამიანის კომფორტული პირობები მნიშვნელოვანია მისი ჯანმრთელობისა და შრომისუნარიანობისთვის. კომფორტის პირობების შექმნის ერთ-ერთი ძირითადი საშუალება სწორად მოწყობილი გათბობის სისტემებია. იატაკის გათბობა არის ცენტრალური გათბობის ფორმა, რომლის გამოყენებით შენობაში მყარდება კომფორტული მიკროკლიმატის პირობები. სათავსის შიგა ჰაერი თბება იატაკის საშუალებით, ქვემოდან ანუ სათბობი ხელსაწყო როლს უშუალოდ თბილი იატაკი ასრულებს.

დღეს, ძირითადად წყლის ან ელექტროიატაკის გათბობის სისტემები გამოიყენება. ძველ ცივილიზაციებში თბური ენერგიის გადასაცემად ანუ თბოშემცველად გაცხელებული ჰაერი გამოიყენებოდა. ეს სისტემები შენობებში ქმნიდა კომფორტულ მიკროკლიმატს და გავლენას არ ახდენდა ეკოლოგიაზე.

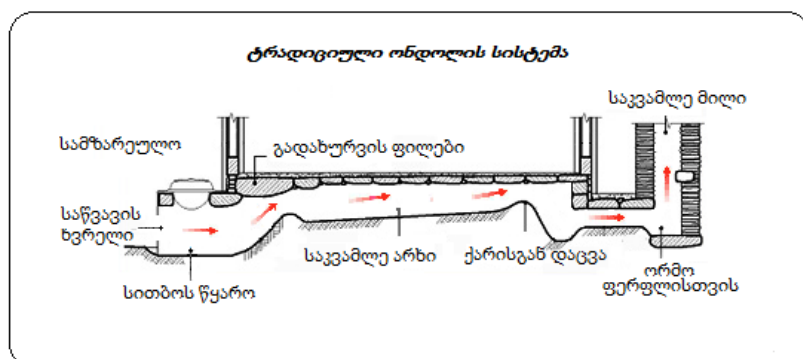
2. ძირითადი ნაწილი

პირველყოფილი ადამიანი, გამოქვაბულების ეპოქაში, გასათბობად კოცონს იყენებდა. მოგვიანებით, ადამიანმა შეიტყო, რომ ქვას ჰქონდა სითბოს დაგროვების უნარი. მან ქვის ეს თვისება გათბობისთვის გამოიყენა. თბოტევადი მასალის გაცხელება და ამ სითბოს გამოყენება უკვე წარმოადგენდა საინჟინრო სისტემას, რომელიც რამდენიმე ელემენტისგან შედგებოდა.

იატაკით გათბობა 6000 წლის წინ არსებობდა. არქეოლოგიური გათხრების შედეგად ლაპლანდიაში აღმოჩენილი იყო იატაკით გათბობის სისტემები, თუმცა პრიმიტიული, მაგრამ საკმაოდ კარგად ასრულებდა თავის ფუნქციებს. სათავესში განთავსებული იყო ორმოები, რომლებშიც მიეწოდებოდა გამთბარი ჰაერი სპეციალური მიწისქვეშა არხებით.

ჩინეთში ჩატარებული არქეოლოგიური გათხრების შედეგად აღმოჩენილ იქნა ძვ.წ. მე-11 საუკუნით დათარიღებული ნეოლითური პერიოდის სახლები, რომლებშიც იატაკზე განლაგებული საწოლი ქვები ღია ცეცხლით ზემოდან თბებოდა (ჰოუკანი). დაწოლის წინ ქვას წმენდნენ კოცონისგან დარჩენილი ფერფლისგან და ღამე თბებოდნენ ქვის მიერ გამოყოფილი სითბოთი.

მოგვიანებით, ძვ.წ. მე-3 საუკუნეში შეიქმნა თბილი იატაკ-საწოლის ტიპის სისტემა – კანგი. კერა განთავსდა ცაღკე, ხოლო საკვამლე არხები – იატაკ-საწოლის ქვეშ. უფრო სრულყოფილ სისტემას, რომელიც მთელი იატაკის ზედაპირს ათბობდა, დიკანგი ეწოდებოდა. იმავე პერიოდში მსგავსი სისტემები კორეაში გავრცელდა – ონდოლი.



ტრადიციული ონდოლის სისტემა შემდგენილია იყო ორგანიზებული: სითბოს წყაროს ღუმელი წარმოადგენდა. იგი განლაგებული იყო სამზარეულოში ან ოთახის გარე კედელში. ეწყობოდა ერთი ან რამდენიმე ღუმელი, გასათბობი ოთახების

რაოდენობის შესაბამისად. სამზარეულოს ღუმელზე მოთავსებული იყო რკინის ქვაბი, რომელშიც საკვებს ამზადებდნენ. საკვების მოსამზადებლად გამოყენებული სითბო ათბობდა სამზარეულოს მომიჯნე ოთახებსაც. სამზარეულო ეწყობოდა გასათბობ ოთახებზე ერთი მეტრით ქვემოთ, რაც უზრუნველყოფდა თბილი ჰაერისა და ბოლის იატაკის ქვეშ თავისუფალ ცირკულაციას. იატაკის ქვეშ განლაგებული იყო ჰორიზონტალური არხები, რომლებიც აკავშირებდა ღუმელს საკვამლე მილთან. საკვამლე მილი სახლის საპირისპირო მხარეს ან ცალკე, საკუთარ საძირკველზე იყო განლაგებული. ცხელი ჰაერი, იატაკის ქვეშ გასვლისას, ათბობდა ქვისა და თიხისგან მოწყობილ იატაკს. ონდოლის სისტემაში ორი პირობა უნდა ყოფილიყო დაცული, ერთი მხრივ, ცხელი ჰაერი დაუბრკოლებლად უნდა გასულიყო საკვამლე მილიდან, მეორე მხრივ, ცხელი ჰაერი და ბოლი რაც შეიძლება დიდხანს უნდა გაჩერებულიყო არხებსა და გვირაბებში, რათა მაქსიმალურად გაეთბო იატაკი. თუ დაცული იყო ორივე ეს პირობა, სისტემა ინარჩუნებდა საკმაოდ მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტს. ორი საათის განმავლობაში ღუმელში წვის შედეგად დაგროვილი სითბო სათავსს მთელი ღამე ყოფნიდა.

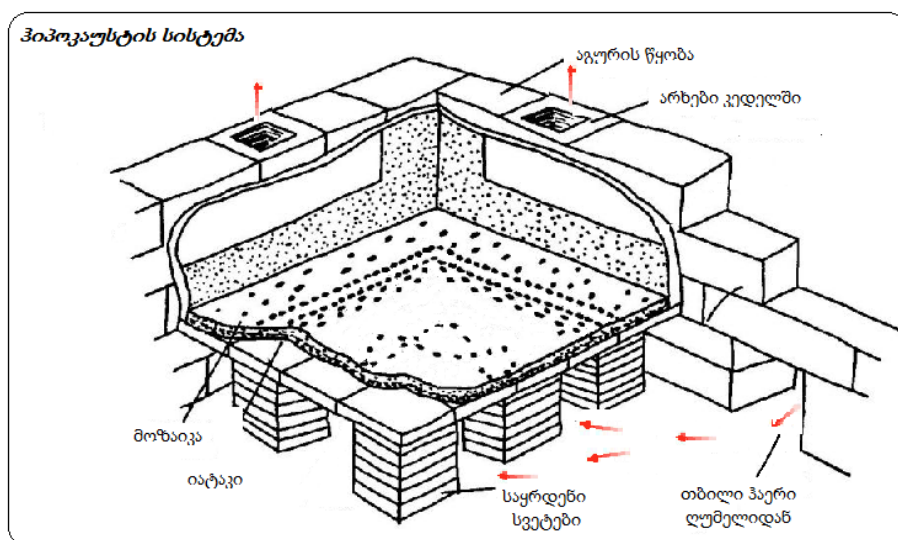
იატაკი შემდეგნაირად ეწყობოდა: არხები გადახურული იყო 80–120 მმ ბრტყელი ქვის ფილებით. ღუმლის სიახლოვეს, სადაც იატაკი მეტად თბებოდა, აწყობდნენ უფრო სქელ ქვებს, რათა თავიდან აეცილებინათ თბოდანაკარგები. ქვები დაფარული იყო ყვითელი თიხის ფენით. თიხას ზემოდან აკრავდნენ გაზეთილი, წყალგაუმტარი ქაღალდის ფენას, რომელიც მზადდებოდა თუთის ბოჭკოებისაგან. დაზეთვისთვის იყენებდნენ მცენარე პერილას წყალმედვე ზეთს [5]. კანგისა და ონდოლის ტიპის გათბობის სისტემები დღესაც გამოიყენება ჩინეთსა და კორეაში.

ამავე პერიოდში, ძველ საბერძნეთში, დამოუკიდებლად ვითარდება გათბობის სისტემა – ჰიპოკაუსტი (*hypocaustum*, ბერძნ. *hypo*-ქვემოთ; *kaustos*-ცხელი) ანუ გათბობა ქვემოდან.

ციცერონის მეგობარმა, იმ დროის ცნობილმა ინჟინერმა და ვაჭარმა, სერგიუს ორატამ (*Sergius Orata*) მოახდინა ჰიპოკაუსტის სისტემის მოდერნიზაცია. სერგიუს ორატა, დაინტერესდა რა მეთევზეობით, შექმნა მსოფლიოში პირველი ხამანწკების ხელოვნური მოშენების ფერმა. ორატამ სწორად ამ ფერმის გასათბობად დახვეწა ჰიპოკაუსტის სისტემა.

ჰიპოკაუსტის სისტემის ძირითადი კომპონენტები იყო იატაკის დონის ქვემოთ განლაგებული შეშის ღუმელი და არხების სისტემა იატაკის ქვეშ და კედლებში.

ღუმლით თბებოდა რამდენიმე სათავსი. გამომწვარი თიხისგან დამზადებული იატაკის ფილები ეყრდნობოდა ქვის ან თიხის მილებისგან მოწყობილ საყრდენ სვეტებს. კედლებში გაყვანილი იყო არხები ღრუიანი მართკუთხა აგურის მეშვეობით. გაცხელებული ჰაერი ვრცელდებოდა იატაკის ქვემოთ სივრცეში, შემდეგ აღიოდა კედლის არხებში და შენობას ათბობდა.



გარდა არქეოლოგიური მტკიცებულებებისა, ჩვენამდე მოაღწია ჰიპოკაუსტის სისტემის ფუნქციონირების წერილობითმა აღწერამ, რომელიც დათარიღებულია ძვ. წ. I საუკუნით. რომის იმპერატორების – იულიუს კეისრისა და ავგუსტუსის დროინდელმა რომაელმა ინჟინერმა მარკ ვიტრუვი პოლიომ (*Marcus Vitruvius Pollio*) შექმნა ტრაქტატი “ათი წიგნი არქიტექტურის შესახებ” (*De architectura libri decem*). ეს არის ერთადერთი ნაშრომი არქიტექტურაზე, რომელიც ანტიკური ხანიდან შემორჩა. მეხუთე წიგნში ვიტრუვი დეტალურად აღწერს აბანოების ჰიპოკაუსტის სისტემას, მის პროპორციებს, სამშენებლო მასალებსა და განლაგებას [3].

ჰიპოკაუსტის მშენებლობა მოითხოვდა მნიშვნელოვან ფინანსურ ინვესტიციებს, ამიტომ ცენტრალური გათბობის ეს სისტემა ძირითადად იგებოდა სახელმწიფოს ხარჯზე, საზოგადოებრივ ცენტრებში – თერმებში. კერძო ჰიპოკაუსტი ხელმისაწვდომი იყო მხოლოდ იმპერიის საკმაოდ შეძლებული მოქალაქეებისთვის და ისინიც თავიანთ მდიდრულ სასახლეებში მხოლოდ ცალკეულ სათავსებს ათბობდნენ.

რომაელებმა ჰიპოკაუსტის სისტემა მთელი იმპერიის მასშტაბით გაავრცელეს. ყველაზე ფართო გამოყენება სისტემამ პოვა ჩრდილოეთის ცივ პროვინციებსა და მთის რეგიონებში, როგორიც იყო ბალკანეთი, ალპები და კავკასიის იბერია.

საქართველოს ტერიტორიაზე, მუხრანის ველზე, მცხეთიდან 20 კმ-ის დაშორებით, აღმოჩენილი იყო ანტიკური ხანის ნაქალაქარი – ძაღისი. II საუკუნეში მოღვაწე ბერძენი გეოგრაფი კლავდიოს პტოლემასი თავის წიგნში “გეოგრაფიული სახელმძღვანელო” (*Geographike Hyphegesis*) იბერიის აღწერისას, სხვა ქალაქებთან ერთად, ძაღისის ნაქალაქარსაც მოიხსენიებს. ნაქალაქარზე მოპოვებული ყველაზე ადრეული არქეოლოგიური მასალა თარიღდება ძვ.წ. II–I საუკუნეებით, ხოლო მთავარი ნაგებობები განეკუთვნება ახ.წ. I–IV საუკუნეებს.

აღმოჩენილია სასახლის ნაშთები, საზოგადოებრივი შენობები, წყალსადენისა და კანალიზაციის ქსელები. განსაკუთრებით საინტერესოა II საუკუნით დათარიღებული რომაული ტიპის აბანოები – თერმები. აბანო შედგება სამი ერთმანეთთან დაკავშირებული ცხელი, თბილი და ცივი განყოფილებებისგან. იატაკი მოპირკეთებულია მოზაიკით. კედლები აგებულია გამომწვარი აგურისაგან. კედლებში დამონტაჟებულია თიხის მიღები, რომლებშიც ცხელი ჰაერი ადის ჰიპოკაუსტიდან იატაკქვეშა არხების გავლით და კედლებს ათბობს. ამ აბანოს მახლობლად აღმოჩენილია მეორე, უფრო დიდი ზომის საზოგადოებრივი დანიშნულების აბანო საცურაო აუზით, შადრევნითა და ჰიპოკაუსტით. ჰიპოკაუსტში განლაგებული იატაკის საყრდენი სვეტების რიგები სხვადასხვა ფორმის, ოთხკუთხა და მრგვალი აგურითაა აგებული. მრგვალ აგურს გარსშემოდენის მაღალი უნარი აქვს და, სავარაუდოდ, ცხელი ჰაერის მაღალი სიჩქარის შესანარჩუნებლად იყენებდნენ. ოთხკუთხა აგურის სვეტები ძირითადად თბილი აბანოს ჰიპოკაუსტში გვხვდება, სადაც თბოშემცველის სიჩქარე ნაკლები უნდა ყოფილიყო. სვეტები ზემოდან დაფარულია კერამიკული ფილებით და ტუფის გათლილი ქვებით, რომლებზეც დასხმულია ჰიდრავლიკური კირხსნარის 120–150 მმ სისქის იატაკის ფენა.

ძალისის ნაქალაქარის ჰიპოკაუსტი



ლეგან ჯაფოშვილის ფოტო

ყველაზე დიდ ნაგებობა ძალისში სასახლეა, რომლის ფართობი 2500 მ² აღემატება. მასში შედის 30-მდე სხვადასხვა ზომის, ფორმისა და დანიშნულების ოთახი. ცენტრში მოთავსებულია ატრიუმი. შემორჩენილია დარბაზი და საძინებელი ოთახები. მეტად საინტერესოა ორგანოფილებიანი საპირფარეშო, საკუთარი წყალსადენითა და კანალიზაციით. სასახლეს ჰქონდა ჰიპოკაუსტის ტიპის ცენტრალური გათბობის სისტემა [1,2,6].

საქართველოს ტერიტორიაზე არაერთი ჰიპოკაუსტის გათბობის სისტემის მქონე აბანოა გათხრილი, მაგალითად, არმაზციხე-ბაგინეთის, არმაზხევის, ბიჭვინთის, შუხუთის, ნოქალაქევის და სხვა აბანოები.

რომის იმპერიის დაშლის შემდეგ ჰიპოკაუსტის სისტემა დავიწყებას მიეცა. იგი ევროპაში, ესპანეთის გარდა, არსად დამკვიდრებულა. ესპანეთის კასტილიაში ჰიპოკაუსტის სისტემამ მცირე ცვლილება განიცადა – სახელწოდებით გლორია (*gloria*), რომელიც ძველ შენობებში დღესაც გვხვდება [4]. მაღალმა მარგი ქმედების კოეფიციენტმა და ეკონომიურობამ განაპირობა გლორიის სისტემის გამოყენება ნაკლებხეობიან რეგიონებში, სადაც საწვავად ჩალა და ნამჯა გამოიყენებოდა.

3. დასკვნა

იატაკით გათბობის სისტემა დღესაც არ კარგავს პოპულარობას. თანამედროვე საზოგადოებაში იგი ხელმისაწვდომია. ამ სისტემის მოდერნიზაცია არ შეჩერებულა. ინჟინრები მუშაობენ იატაკის გათბობის სისტემის სრულყოფაზე, რათა იგი კიდევ უფრო ხელმისაწვდომი, ეკონომიურად მომგებიანი და უსაფრთხო გახდეს.

ლიტერატურა

1. გ. აბრამიშვილი, პ. ზაქარაია, ი. ციციშვილი. ქართული ხუროთმოძღვრების ისტორია. თბილისი: სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2000, გვ. 32-45.
2. ი. ციციშვილი. ქართული ხელოვნების ისტორია თბილისი: ისტ. და კულტ. ძეგლთა დაცვის საზ-ბა, 1995, გვ. 33-34; 41-43.
3. Витрувий. Десять книг об архитектуре / Пер. Ф. А. Петровского. Т. 5. (М.: Изд-во Всес. Академии архитектуры. Серия «Классики теории архитектуры», 1936), Глава X.
4. И. Сучков. Теплый пол в Древнем Риме, Greenbag, (Сентябрь 2014)
<http://greenbag.ru/teplyi-pol-v-drevnem-rime> (09.11.2015)
5. Robert Bean, Bjarne W. Olesen, Kwang Woo Kim, Arch.D, „History of Radiant Heating & Cooling Systems - Part 1 – Asia“, ASHRAE Journal, (January 2012), გვ.40-47.
<http://naturalhomes.org/img/kang.pdf> (12.11.2015)
6. Robert Bean, Bjarne W. Olesen, Kwang Woo Kim, Arch.D, „History of Radiant Heating & Cooling Systems-Part 2-Europe and North America“, ASHRAE Journal, (February 2010), 50-55.
http://www.healthyheating.com/History_of_Radiant_Heating_and_Cooling/history_of_radiant_heating_Europe_and_North_America.htm#.Vlij6F7Ue_o (15.11.2015)

УДК 697

ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛИМАТА ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ

О.Г. Пурцеладзе, Н.М. Мепаришвили, И.А. Денисова

(Грузинский технический университет)

Резюме. *В православных храмах главным фактором комфорта является микроклимат внутри помещения. Особенно остро проблемы с микроклиматом возникают во время церковных праздников, когда количество прихожан порой превышает расчетные значения. В случае неправильного расчета или устройства системы отопления и вентиляции в помещении храма, может повыситься температура и влажность. Высокая влажность может вызвать на внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции образование водяных паров (конденсата). Водяные пары доставляют дискомфорт прихожанам, а также являются причиной порчи настенной живописи и других элементов убранства. В данной статье рассматриваются факторы, при которых возможно выпадение конденсата. Поднимается вопрос влияния правильного расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций для поддержания требуемых параметров микроклимата.*

Ключевые слова: *вентиляция храма; выпадение конденсата; температура внутренней поверхности; относительная влажность; точка росы.*

1. ВВЕДЕНИЕ

При проектировании отопления, вентиляции и кондиционирования православных храмов, основной задачей является правильный расчет тепло- и воздухообмена для обеспечения требуемых параметров микроклимата во внутреннем помещении храма. Это довольно сложная задача, так как храмы являются уникальными архитектурными сооружениями с неординарной структурой внутреннего пространства. Следует учитывать неравномерность посещения храмов, простои между службами и разную степень заполняемости. При

реконструкции и строительстве новых храмов необходимо не только создать комфортные условия для прихожан, а также обеспечить сохранность внутреннего убранства храма, фресок, иконостасов и других элементов.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Микроклимат в здании зависит, прежде всего, от климатических условий, от архитектуры, теплофизических характеристик строительных материалов и от наличия или отсутствия систем искусственной климатизации. Для правильного выбора и настройки регулирующих элементов систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тепловой баланс и воздухообмен следует рассчитывать при разной степени заполняемости храма прихожанами, с учетом разных тепло- и влагоизбытков в центральной части храма. Следует тщательно рассчитывать переходный и зимний период, так как в это время наиболее вероятно выпадение конденсата. Важнейшей задачей является правильный теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций, стен, сводов и барабана. В барабане главы, как правило, толщина стен уменьшается, что свидетельствует о высокой теплопроводности конструкции и низкой температуре внутренней поверхности в переходный и зимний период. Необходимо предусмотреть мероприятия по дополнительной теплоизоляции конструкций стен барабана и дополнительному обогреву верхней зоны храма.

Выпадение конденсата часто происходит в весеннее время, когда храм проветривают в теплую погоду, при этом температура стен храма ниже температуры наружного воздуха. Поэтому надо проводить регулируемые проветривания. Проветривать можно только в том случае, если точка росы наружного воздуха ниже температуры внутренней поверхности стены. Современные термогигрометры позволяют сразу определять температуру точки росы, без использования мокрого термометра и Id-диаграммы.

Важную роль играет выбор строительных материалов. Например, для обеспечения паропроницаемости стен из кирпичной кладки вместо цементно-песчаного раствора рекомендовано использовать известково-песчаную смесь, которая в отличие от цементного раствора обладает меньшей теплопроводностью и способствует быстрому освобождению внутренних пор стен от застаивающегося в них влажного воздуха. Не рекомендуется наружную поверхность ограждающих конструкций покрывать пароизоляционными материалами, облицовывать керамической плиткой или оштукатуривать цементно-песчаной штукатуркой.

Необходимо использовать двойное или тройное остекление. На стадии проектирования здания важно определить рациональное расположение оконных блоков с целью исключения возможности выпадения конденсата или промерзания конструкции оконных откосов. Не рекомендуется устанавливать современные герметичные пластиковые и металлические оконные переплеты со стеклопакетами, во избежание возникновения компактных воздушных потоков при открывании наружных дверей, что может вызвать затухание свечей и раскачивание лампад. В случае установки пластиковых или металлических оконных переплетов со стеклопакетами, обязательно установить на них воздушные клапаны. При наличии раздельных оконных переплетов, для защиты от проникновения влаги в межстекольное пространство, следует уплотнять внутренний переплет. При возможном выпадении конденсата на поверхностях оконных стекол необходимо предусмотреть мероприятия по его сбору и отведению.

По периметру здания необходимо устроить отмостку с уклоном в направлении от здания храма, для защиты фундамента от дождевых вод. Подземную часть цокольной кладки необходимо утеплять не менее глубины промерзания грунта района строительства.

При максимальном заполнении храма прихожанами, вследствие тепло- и влаговыведений от людей и зажженных свечей, в центральной части храма происходит повышение температуры и влажности внутреннего воздуха. Воздух, по мере удаления от рабочей зоны, поднимаясь вверх, нагревается. Большая часть воздуха удаляется через вытяжные отверстия, но в центральной части храма поток нагретого воздуха достигает барабана и купола храма. Обычно стены барабана имеют меньшую толщину, чем несущие конструкции. Это делается с целью облегчения нагрузки. Однако за счет этого снижается сопротивление теплопередаче стен главы барабана. То же можно сказать про купол. Так как температура внутри помещения достигает максимальных пределов на уровне конструкции барабана, необходимо производить расчет сопротивления ограждающих конструкций с учетом температур в данной зоне. Рекомендуется дополнительная теплоизоляция купола и стен барабана во избежание выпадения конденсата.

Конденсат крайне негативно влияет на конструкции храма. На увлажненных ограждающих конструкциях возможно появление плесневых грибов. В случае замерзания переувлажненных ограждающих конструкций, возникает объемное напряжение, что вызывает разрушение материала.

Исходя из вышесказанного, первостепенной задачей при проектировании отопления, вентиляции и кондиционирования является недопущение переувлажнения конструкции и обеспечение условий для невыпадения конденсата.

Образование конденсата на ограждающих конструкциях обусловлено температурой воздуха и ограждающих конструкций, относительной влажностью воздуха в помещении и температурой точки росы при данных условиях. Поднимаясь из рабочей зоны воздух нагревается, при этом ограждающие конструкции нагреваются гораздо медленнее, чем воздух.

В СП 50.13330.2012 [1] нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $R_o^{норм}$, ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт следует определять по формуле

$$R_o^{норм} = R_o^{тр} \cdot m_p, \quad (1)$$

где $R_o^{тр}$ - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C$ /Вт, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП), $^\circ C \cdot \text{сут/год}$, региона строительства;

m_p - коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, принимается равным 1, [1]

$$\text{ГСОП} = (t_b - t_{от})Z_{от}, \quad (2)$$

где $t_{от}$, - средняя температура наружного воздуха, $^\circ C$;

$z_{от}$ - продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемая по своду правил для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более $8^\circ C$;

t_b - расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^\circ C$, [1].

$$R_o^{тр} = a\text{ГСОП} + b, \quad (3)$$

где a , b - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий (таблица 3. [1]).

В Стандарт АВОК-2-2004 [2] приведенное сопротивление теплопередаче основных ограждающих конструкций строящихся и реконструируемых храмов рекомендуют принимать не менее значений, определяемых по формуле, которая не учитывает продолжительность отопительного периода:

$$R_o^{тр} = \frac{n(t_b - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_b}, \quad (4)$$

где n -коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху (таблица 6 [1]);

t_b -расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ C$;

t_n -расчетная температура наружного воздуха, $^\circ C$;

Δt_n -нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_b и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °C, (табл. 5 [1]);

α_b -коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°C) (таблица 4 [1]).

Температура уходящего воздуха рассчитывается по формуле

$$t_y = t_b + grad\ t(H - h_{p.з.}), \quad (5)$$

где t_y - температура уходящего воздуха, °C;

t_b -температура воздуха в рабочей зоне, °C;

$grad\ t$ -градиент линейного уравнения температуры над рабочей зоной, до уровня вытяжных отверстий, в зависимости от теплового напряжения помещения, °C/м; [3];

H - высота помещения (вытяжных отверстий), м;

$h_{p.з.}$ - высота рабочей зоны, м [3];

Температуру внутренней поверхности однородной, однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями следует определять по формуле

$$t_{b.п.} = t_b - \frac{(t_b - t_n)}{R_o \cdot \alpha_b}, \quad (6)$$

где $t_{b.п.}$ - температура внутренней поверхности ограждающей конструкции, °C;

t_b, t_n, R_o и α_b - то же что в (1).[4]

Рассмотрим пример расчета температурных параметров воздуха и ограждающих конструкций храма, строящегося в Московской области в зимний период, при максимальном заполнении прихожанами: площадь центральной зоны храма 10м x10м=100 м²; высота до вытяжных отверстий (окон) $H=7$ м, температура наружного воздуха $t_n = -28$ °C, расчетная температура внутреннего воздуха, $t_b=14$ °C (таблица 1 [2]); средняя температура воздуха, периода со ср.сут.темп. воздуха ≤ 8 °C, $t_{от.пер.} = -3,1$ °C [5]; продолжительность периода со ср.сут.темп. воздуха ≤ 8 °C: $Z_{от.пер.} = 214$ сут. [5]; $\alpha_b=8,7$ Вт/(м²·°C); $n = 1$; $\Delta t_n=4,5$ °C [1]; $h_{p.з.}=2$ м [3]. Максимальное количество прихожан - на одного прихожанина 0,25м² площади, $100/0,25=400$ человек [6].

Проведем расчет по СП 50.13330.2012.

По данным нашего примера ГОСП=((14-(-3,1))·214=3659 °C·сут. $a=0,0003$, $b=1,2$ [1].

Требуемое сопротивление теплопередаче стен:

$$R_{1_0}^{тр} = 0,0003 \cdot 3659 + 1,2 = 2,297 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}.$$

Минимальное приведенное сопротивление теплопередаче по АВОК-2-2004 равняется:

$$R_{2_0}^{тр} = \frac{1((14 - (-28))}{4,5 \cdot 8,7} = 1,073 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}.$$

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$t_{1\text{вп}} = 14 - \frac{14 - (-28)}{2,297 \cdot 8,7} = 11,59; \text{ (По СП 50.13330.2012)}$$

$$t_{2\text{вп}} = 14 - \frac{14 - (-28)}{1,073 \cdot 8,7} = 9,5 \text{ }^{\circ}\text{C}; \text{ (По АВОК-2-2004)}$$

Температура уходящего воздуха в обоих случаях будет равняться ($\text{grad } t = 0,3 \text{ }^{\circ}\text{C/м}$, [3]):

$$t_y = 14 + 0,3(7 - 2) = 15,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

В верхней зоне храма температура внутреннего воздуха поднимается до $15,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, так как ограждающие конструкции нагреваются гораздо медленнее воздуха, за температуру ограждающей конструкции в верхней зоне храма можем принять $t_{1\text{вп}}$ и $t_{2\text{вп}}$.

Температурный перепад внутреннего воздуха с ограждающей конструкцией будет равняться:

$$\Delta t_1 = 15,5 - 11,59 = 3,91 \text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta t_n = 4,5 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ удовлетворяет нормируемые требования};$$

$$\Delta t_2 = 15,5 - 9,5 = 6 \text{ }^{\circ}\text{C} > \Delta t_n = 4,5 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ не удовлетворяет нормируемые требования}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче $R1_o^{\text{TP}}$ удовлетворяет требованиям нормируемого температурного перепада. И конденсат на стенах образовываться не будет.

Во втором расчете, из-за низкого приведенного сопротивления теплопередаче $R2_o$ возможно выпадение конденсата на поверхности стены выше рабочей зоны.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче основных ограждающих конструкций, по рекомендуемой формуле (4) АВОК-2-2004, может привести к выпадению конденсата на ограждающих конструкциях. Нормируемый перепад достигается при $H \leq h_{\text{р.з.}}$. При значениях $H > h_{\text{р.з.}}$ температурный перепад внутреннего воздуха больше нормируемого перепада Δt_n и создаются температурные условия для выпадения конденсата.

2. В СП 50.13330.2012 формула (4) дается для расчета значения сопротивления теплопередаче стен, в случаях реконструкции зданий, для которых по архитектурным или историческим причинам невозможно утепление стен. В таких случаях, во избежание появления конденсата на стенах, надо в центральной части храма увеличить воздухообмен, что ведет к значительным энергозатратам.

3. Для достижения допустимых параметров микроклимата в центральной зоне православных храмов, при расчете ограждающих конструкций, вместо АВОК-2-2004, целесооб-

разно пользоваться рекомендациями СП 50.13330.2012 с учетом температур воздуха на разной высоте помещения. Это обеспечит комфортное пребывание прихожан в храме во время проведения праздничных служб и обеспечит сохранность внутреннего убранства храма, фресок, иконостасов и других элементов.

Авторы выражают особую благодарность за содействие в создании статьи преподавателю МАМИ к.т.н. Синицыну Валерию Ивановичу и начальнику вентиляционного бюро АО «ЗАВОД «КОМПОНЕНТ» Христофоровой Ирине Геннадьевне.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. Стандарт АВОК-2-2004. Храмы православные. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха.
3. Краснов Ю.С. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий.
4. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
5. СП131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
6. МДС 31-9.2003 Православные храмы. Том 2. Православные храмы и комплексы. Москва, 2003.
7. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

UDC 628.16

ABOUT SIMULATION MODELLING OF WATER PURIFICATION PROCESS

G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili, N. Soselia

(Georgian Technical University)

Abstract: *On the basis of the theory of general system analysis, complex discrete process of water treatment has been studied and classified. The integral conceptual scheme of investigation and simulation of the complex water treatment process based on the principles of the general system approach has been introduced.*

Key words: *water treatment, water treatment plant, simulation.*

1. INTRODUCTION

In the development of a simulation model, first of all, must be chosen a conceptual framework for describing the simulated water treatment system. This scheme should be based on a specific methodological approach, in which described the functional relationship of water purification systems [1]. If imagine that the water treatment system is a complex set of interconnected buildings (chemical plant, mixers, settling tanks - illuminators, filters, chlorinators), it's clear that water treatment is complex ongoing process.

At the same time, in this complex processes presence of the operator (human) is unavoidable as a system chain. It causes a system of wide methodological approach used for the survey of water treatment systems.

2. THE BODY OF THE ARTICLE

In this case, the term "system" is a relative term. In system approach a certain set of elements can be viewed only as a small part of the larger system or subsystem. On the other side of the same body can be in the center of interest of researcher and therefore this may itself be considered as a system [2].

The scope of any simulation model determines the features of the problem, for which solutions developed this model [3]. To determine the scope of the waste-water treatment system, first, it is necessary to identify all of its borders of study and composition. During determination of the boundaries of the system there are identified not only the physical, but also the causal link between its constituent elements.

In general simulation modeling variables of the model may vary discretely, continuously or as continuously superimposed discrete jumps. Time changes either discrete, or continuous.

In the process of water treatment, it is desirable to present variables as discrete (these elements may be individual equipment and construction of water treatment systems, water flows, etc.) that are included in the simulation model and called its components. It should be noted, that a human can also be regarded, as a necessary component of the system.

Feature of digital simulation is the ability to play interactions involving all components of the system. For this must be separated temporary state of the system and described actions that transfer them from one variable state to another. Thus, imitation is the dynamic "portrait" of the system's state in time.

During discrete simulation system status can be changed in time of the event and may vary by its movement in time, from the perfect event for the new.

The relationship between the concepts of the event, the action and the process of water treatment can be represented by the following scheme (Fig.1).

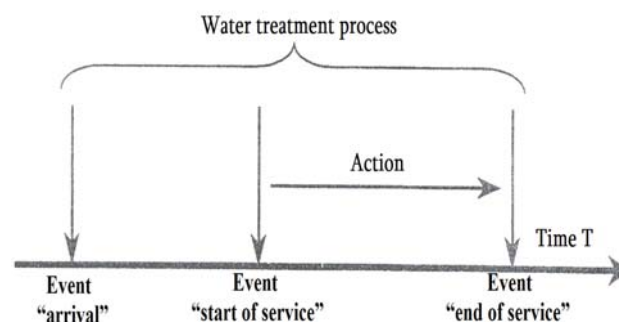


Figure 1. Schematic diagram of the water treatment process

The event culminates in the moment, when a decision is made about the end, or the beginning of a new action. The process of water treatment is oriented in time sequence of events, which may consist of several technological processes, leading to a specific goal (the desired quality of water treatment).

Note, that in the process of water treatment can be influenced by various factors, so that account certain reliability is not always possible.

However, if they are it's possible to take into account (even partialy) then,

- or including these factors in system;
- or neglect them;
- or considering them, as inputs to the system.

If external factors are considered as inputs into the system, it is assumed, that they are functionally defined by a value, the empirical data tables or equations.

3. CONCLUSION

Thus, the whole process of water treatment is a set of interacting elements, that may influenced by external factors, in addition to factors such as finance, organisational, logistical, economic and others.

Fig. 2 shows a simplified model of water treatment

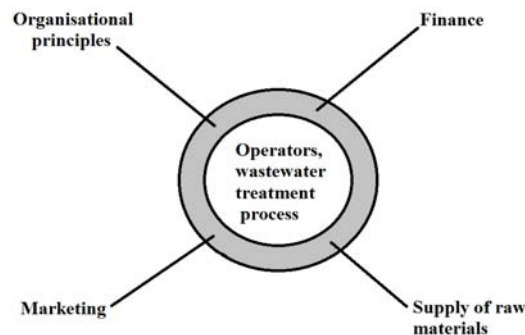


Figure 2. The basic model of water purification

REFERENCES

1. Montazer M. A., K. Ece, H. Alp. Simulation modeling in operations management: A Sampling of Applications. Proceedings of the 14th Annual Conference of the Production and Operations Management Society, POM. 2003, Savannah, GA.
2. Van Gigch J.P. Applied General Systems Theory, 2nd edition. Harpercollins College Div. 1978.
3. Mesarovic M.D., Y. Takahara. General Systems Theory: Mathematical Foundations (Mathematics in Science and Engineering). Elsevier Science. 1975.

UDC 634.8:581.54

PECULIARITY OF DETERMINATION OF VINE'S WATER REQUIREMENT

T. Odilavadze, K. Bziava, I. Inashvili, A. Davitashvili

(Georgian Technical University)

Abstract: *Among the many natural and climatic factors affecting the dynamic processes of agricultural crop development a special significance acquires such climate index, as evapotranspiration (ET). Determining factors of evapotranspiration for the different climatic conditions are key indicators of water requirement and its optimal productivity for agricultural crops.*

For determination of the vine evapotranspiration was used Blaney-Criddle method according to which with high accuracy were determined Regulated Deficient Irrigation (RDI) of vine's crop.

On the basis of the 2013 experiment using the method of L. Williams at the experimental plot of the Georgian Agrarian University for the vine breed "Rkatziteli" we identified the crop coefficient (K_c) and respectively its water requirement during the crop growing season.

Key words: *evapotranspiration; coefficient of biological water demand; regulated deficient irrigation.*

1. INTRODUCTION

The influence of agrometeorological factors and modern irrigation technologies on the vine's water requirement and respectively on grape yield and its qualitative indices has hardly been studied. These issues require special attention gaining global climate change.

Georgia became involved in global warming and the some negative impact of the country's agriculture has been made. As a result, significant alternation of air temperature, precipitation, solar radiation and other climate indicators, caused serious harm of agricultural crops, especially - the vine. Considering that viticulture is the profiling sector of country's agriculture and its share in total agriculture production 20-25 years ago was of 18-20 per cent it's easy to imagine what a great loss

is expected. Water shortage and, therefore, lack of moisture due to the vine cannot develop normally and received product has a low quality. This often caused crop losses of over 30-40 per cent. Increase in temperature and decrease in precipitation observed in the viticulture regions of eastern Georgia. During such global climate change observed trend of deterioration of product's quality.

In this regard, introduction of drip irrigation, as the modern irrigation technology in irrigation farming viticultural regions can be considered as the most efficient for productive usage and management of water resources. Drip irrigation technology provides maximum, sustainable and ecologically pure crop adoption of minimum labor, material and technical resources charges on final emblems per unit volume. It is necessary to note, that drip irrigation technology actually eliminates the risk factor for providing of vine's water _ supply of the entire crop growing period. This is argue with the results of large-scale usage of drip irrigation in the United States, where this technology is used at 2 000 000 hectares in viticulture regions, such as California and Washington.

Models for agricultural productive process mainly developed for annual crops. This, primarily, can be explained by the fact, that in perennial crop formation more complex and numerous factors are involved and architectonic and geometric structure of perennial plants (vines) is complicated. Therefore, the quantitative description of radiation, heat transfer and water regimes of vines canopy involves great difficulties.

2. THE BODY OF THE ARTICLE

Increasing of vine productivity (yield and quality) requires quantitative assessment of agrometeorological, agricultural and technological processes. These issues are actual and their study and practical application of obtained results will significantly improve irrigated viticulture regions, the socio-economic situation by the intensification of agricultural production, which includes modern irrigation technology – usage of drip irrigation technology, based on the analysis of local natural and climatic characteristics database, that provides regulation of vine productivity and grape quality characteristics.

From such dynamic process, as air temperature, atmospheric precipitation, relative humidity, wind speed and direction, solar radiation, soil temperature and humidity that affects to growth and development of agricultural crops, it assumes special importance such comprehensive indicator, as evapotranspiration, as it is the major expenditure component of the water balance.

The study of evapotranspiration and its determining factors in the different climatic conditions is the basic indicator for determination of crop water requirement and optimal productivity of water resources.

In order to determine vine's water requirement in condition of limited climatic indicators it can be used Blaney-Criddle [1] evapotranspiration determining method, that is recommended by the UN Food and Agriculture Organization (FAO), which makes it possible to determine the crop water requirement.

Evapotranspiration of crops is generally determined by the formula [1]:

$$ET_c = K_c \times ET_0, \text{ (mm)}$$

where:

ET_c is the actual evapotranspiration, mm;

ET_0 – reference evapotranspiration, mm;

K_c – crop coefficient, which depends on the biological characteristics of the crop and climatic conditions.

In order to determine agricultural crop's reference evapotranspiration (ET_0), we use FAO-recommended Blaney-Criddle empirical formula [1]:

$$ET_0 = C[P(0.46T + 8)], \text{ mm/per day,}$$

where:

T is the average daily temperature, °C;

P – daily percentage of annual daytime hours %;

C - correction coefficient.

For example, in 2013, during the experiment provided at the experimental plot of Georgian Agricultural University, value of evapotranspiration was highest in July:

$$ET_0 = 6,0 \text{ mm/per day.}$$

Given that $K_c=0,65$, the vine's evapotranspiration will be:

$$ET_c = 3,9 \text{ mm.}$$

Considering the vine Regulated Deficient Irrigation (RDI) – 75%, then:

$$ET_c \approx 3,0, \text{ mm/per day}$$

The dropper consumption of each vine take up to 3 l/h, while the location scheme of vines on total area - 2m x 2,5m. Under this scheme on 1 ha area the number of vines will be 2000. Amount of water to be supplied in 1 hour will be equal to: $W = 6 \text{ m}^3$.

Irrigation rate of a single vine takes up to 6 l/hr. Then for irrigation of 1 ha it will be necessary 12m³ of water amount. For ten time irrigation it will be necessary of 120 m³ of water amount, for twenty time - 2400 m³, etc.

The amount of water, which loses, as a result of the vine transpiration in a certain period of time, may vary according to the development of the vine's canopy. Accordingly, for the vine crop coefficient K_c , with respect to the reference evapotranspiration, we can determine only that amount of water, which was used by the vine. It is known, that vine crop is highly adapted to drought and accordingly the value of its crop coefficient is much less than indicators of such reference crops as alfalfa or grass. Vine crop coefficient varies during the crop growing period and is directly linked to the growth and development of vine's canopy.

In general, in the conditions of full development of vine's canopy $K_c = 0,65$ for wine varieties and $K_c = 0,85$ – for table grapes varieties.

According to the L. Williams method, vine water requirement can be determined [2]:

$$ET_c = \frac{ET_0 \times K_c}{E_{ff}},$$

where,

ET_0 is a reference evapotranspiration per day, week, etc., mm;

K_c – crop coefficient;

E_{ff} - irrigation efficiency, which during usage of driping irrigation technology varies within 0,85-0,95.

For determination of K_c for red wine varieties of vines, that was found by L.Williams, vine canopy's shaded area is in linear correlation with as vine water requirement (ET_c), as with (K_c) when the sun at noon (12³⁰-13³⁰ hr) is in the zenith.

L. Williams was found relationship between K_c and the percentage value of shaded area at the bottom of the vine plant [2]

$$K_c = 0,002 + 0,017x$$

Where x is the ratio of vine shaded area in the bottom of plant with the area occupied by the single vine, expressed as a percentage and the numeric indicator 0.017 is the value of slope of equation of linear correlation between shaded canopy's area percentage and crop coefficient.

There are several reasons why the vine's water requirement and crop coefficient is related to percentage of shaded area in the bottom of plant in a case, that sun is located in the zenith.

- The highest rate of solar radiation is observed from 11am to 14pm hours of the day;

- Approximately 75% of daily usage of water is from 10am to 14pm;
- The vine shaded area in the bottom of plant is indirect indicator of solar radiation absorbed by canopy;
- The vine shaded area in the bottom of plant is changing from 9am at 3pm;
- During vine growth and development stage, absorbed solar radiation gradually increasing (rising shadow area) and accordingly increasing water requirement until they established a stable canopy development conditions (in accordance with the shaded area)

The L. Williams method was adapted at the Tbilisi's Digomi experimental plot for vine breed "Rkatsiteli" foresight the full range of the local weather conditions.

There were determined crop coefficient and accordingly actual evotranspiration with considering of regulated deficient irrigation in the following order:

- Area occupied by single vine in our case was:

$$\omega = \ell \times b = 2.0\text{m} \times 2.5\text{m} = 5.0\text{m}^2,$$

where

ℓ is the distance between the vines, m;

b - the distance between the vine rows, m.

- The vine canopy shaded area in the bottom of plants was average of 0.5 m (taken from 12³⁰ hr to 13³⁰ hr period, where the sun is in the zenith);
- Canopy grape vines at the foot of the canopy of the shadow width where the sun is in the zenith);
- Vine's single shadow area (SSV) is determined by:

$$SSV = 2.0\text{m} \times 0.5\text{m} = 1.0\text{m}^2.$$

- The percentage of shaded area in relation to area occupied by single vine will be:

$$PSA = \frac{SSV}{\omega} \times 100\% = \frac{1.0\text{m}^2}{5\text{m}^2} \times 100\% = 20\%.$$

During the given stage of vine growth and development the crop coefficient in our case will be:

$$K_c = PSA \times 0.017 = 20 \times 0.017 = 0.34.$$

Vine crop coefficient for III and IV stages of development is $K_c=0.34$.

It should also be noted, that on the basis of specific nature of local agro-technical events, vine crop coefficient, that was obtained and calculated during the experiment, is 1,5 times less than values found by L.Williams in the same stages of development and growth.

This is primarily due to the fact, that in Georgia it is decided to spend so called vine's "Green operations", which is almost impossible in the US, because vine-occupied areas are very large.

3. CONCLUSION

Conducted experiments and computations show, that taking into consideration the particularity of natural and climatic conditions and the characteristics of the vine cultivation in Georgia it is possible to determine crop coefficients for all stages of growth and development of wine or table vines and accordingly determine water requirement for the whole crop growing period with considering regulated deficient irrigation, that can be provided by usage of drip irrigation technology.

REFERENCES

1. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1998
<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm>
2. Williams L.E. Irrigation of wine grapes in California. Practical Winery and Vineyard Journal. November/December 2001.
<http://www.practicalwinery.com/novdec01p42.htm>

შპს 626. 9

გრძელი ტალღების გაანგარიშება მდინარეთა შესართავ აკვატორიებში

მ. კოდუა

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

(სამუშაო შესრულებულია რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის, გრანტ

FR/35/9-120/14 და DO /77/3-109/14-ის ფარგლებში)

რეზიუმე: სტატიაში განიხილება მდინარეთა შესართავ აკვატორიებში ტალღების გაანგარიშების ამოცანა, რომელიც, არსებული ენერგეტიკული მოდელეებისგან განსხვავებით, უშუალოდ ეფუძნება ცვალებადი სიღრმის თავთხელ ნაკადებში ტალღური მოძრაობის წრფივი განტოლების ანალიზურ ამოხსნას. ნახვენებია, რომ მდინარის შესართავის მახლობლად, ზღვის მცირე სიღრმეებში, მდინარის დინება აფერხებს როგორც ტალღის სიმაღლის ინტენსიურ ზრდას, ასევე მისი სიგრძის კლებას. მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ტალღის სიგრძე დამოკიდებულია არა მარტო მდინარის დინების პარამეტრებსა და ზღვის სიღრმეზე, არამედ ტალღური რხევების სიხშირეზე.

საკვანძო სიტყვები: მდინარის შესართავი; გრძელი ტალღა; დინების სიჩქარე; ცვლადი სიღრმე; ტალღის ტრანსფორმაცია.

1. შესავალი

საინჟინრო პრაქტიკაში, მდინარეთა შესართავ აკვატორიებში, გრძელი ზედაპირული ტალღების გაანგარიშება წარმოებს მდინარის დინების შემხვედრი მიმართულებით, ტალღის მიერ გადატანილი ენერგიის ბალანსის განტოლების გამოყენებით.

ქვემოთ, ამ ამოცანის ჩვენ მიერ შემოთავზებული გადაწყვეტა უფუძნება მცირე წყლის განტოლებათა სისტემის უშუალო ამოხსნას, რაც საშუალებას გვაძლევს მეტი სიზუსტით გამოვიანგარიშოთ ზღვიდან მდინარის შესართავ აკვატორიაში შეჭრილი ტალღების პარამეტრები – ტალღის სიგრძე, სიმაღლე და დავადგინოთ მდინარის დინებით ტალღის შეჩერების კრიტერიუმები.

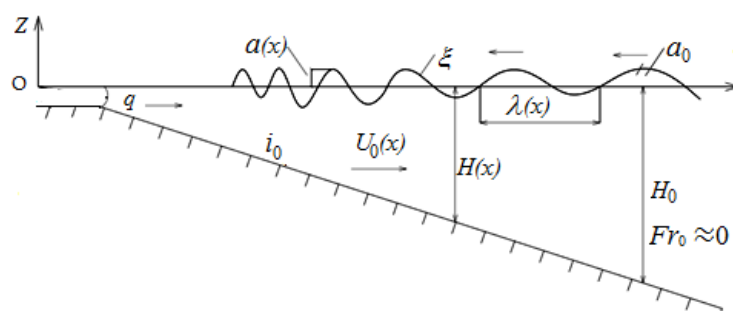
ამოცანა ამოიხსნება წრფივი მიახლოებით დეკარტის კოორდინატთა სისტემაში, რომლის ათვლის ნულოვანი წერტილი, ამოხსნათა გამარტივების მიზნით, მიჩნეულია დინების წერტილოვან წყაროდ, ხოლო მდინარის შესართავი უბნის ფსკერი არის მცირედ დახრილი სიბრტყე, რომლის თავზე მდინარის სტაციონარული სიჩქარე ზღვის მიმართულებით სიღრმის უკუპროპორციულად კლებულობს.

2. ძირითადი ნაწილი

წყლის სიღრმეები მდინარის ზღვაში შესართავ უბნებში, უმრავლეს შემთხვევაში, გაცილებით ნაკლებია ზღვის მხრიდან ამ უბნებში შემოჭრილი ტალღების სიგრძეზე, რის გამოც ტალღური მოძრაობის გაანგარიშებისას სავსებით დასაშვებია ვისარგებლოთ დინებაზე გრძელი ტალღების გავრცელების წრფივ განტოლებათა სისტემით, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს [4]:

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + U_0 \frac{\partial u}{\partial x} &= -g \frac{\partial \xi}{\partial x}; \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} + U_0 \frac{\partial \xi}{\partial x} &= -\frac{\partial HV}{\partial x},\end{aligned}\tag{1}$$

სადაც $U_0(x)$ და $H(x)$ მდინარის ტალღებით შეუშფოთებული დამყარებული ნაკადის ცვალებადი სიჩქარე და სიღრმეა Ox ღერძის გასწვრივ (ნახ.1); OZ ღერძი მიმართულია ვერტიკალურად ზემოთ; $u(x,t)$ – სითხის ნაწილაკების გრძივი სიჩქარე, წარმოქმნილი ზღვიდან მომავალი გრძელი ტალღების ზემოქმედებით; $\xi(x,t)$ – თავისუფალი ტალღური ზედაპირის ვერტიკალური კოორდინატი. განტოლებათა წრფივი სისტემის (1) გამოყვანისას აგრეთვე მიჩნეულია, რომ მდინარის ნაკადის სიჩქარე ზღვის მიმართულებით გადაადგილებისას იცვლება ტალღური შეშფოთებების სიჩქარეზე გაცილებით უფრო მცირედ ანუ სრულდება პირობა: $\frac{\partial U_0}{\partial x} \ll \frac{\partial u}{\partial x}$.



ნახ. 1. გრძელი ტალღების ტრანსფორმაციის სქემა მდინარის შესართავ უბანზე

1-ელ ნახ-ზე მოცემული საანგარიშო სქემის მიხედვით, სტაციონარული დინების ძირითად მახასიათებლებს შორის დამოკიდებულება შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$H_0 = i_0 x, \quad U_0 = \frac{q}{H_0} = \frac{q}{i_0 x}, \quad (2)$$

სადაც q შესართავ აკვატორიაში მდინარის სიგანის მიხედვით დაყვანილი ხვედრითი ხარჯია, ხოლო i_0 - ფსკერის ქანობი.

$u(x, t)$ და $\xi(x, t)$ სიდიდეები წარმოვადგინოთ დროზე პერიოდულად დამოკიდებული ფუნქციების სახით: $u = \bar{u}(x)e^{i\sigma t}$ და $\xi = \bar{\xi}(x)e^{i\sigma t}$ (სადაც i წარმოსახვითი ერთეულია; $\sigma = \frac{2\pi}{\tau}$ - ტალღის რხევათა სიხშირე; τ - პერიოდი, ხოლო $\bar{u}(x)$ და $\bar{\xi}(x)$ - წყლის ნაწილაკების სიჩქარისა და წყლის ზედაპირის ტალღურ რხევათა მხოლოდ x კოორდინატზე დამოკიდებული ფუნქციები). (1) სისტემიდან გამოვრიცხოთ ტალღურ შემფოთებათა $\xi(x)$ კოორდინატი. (2) დამოკიდებულებების გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$\left(gi_0 x - \frac{q^2}{(i_0 x)^2} \right) \cdot \frac{d^2 \bar{u}}{dx^2} + \left(2gi_0 - \frac{2gi\sigma}{i_0 x} \right) \cdot \frac{d\bar{u}}{dx} + \sigma^2 \bar{u} = 0. \quad (3)$$

სითხის სტაციონარული მოძრაობის უგულებელყოფის შემთხვევაში, ე.ი. როცა $q = 0$, (3) განტოლება დაიყვანება ბესელის განტოლებაზე, რომლის ასიმპტოტური ამოხსნა ემთხვევა ნაპირთან მიახლოებისას გრძელი ტალღების ამპლიტუდის ცვალებადობის გრინის ცნობილ კანონს - უძრავ თავთხელ წყალზე ტალღის ამპლიტუდა იზრდება $\sqrt[4]{1/x}$ დამოკიდებულების შესაბამისად ანუ წყლის სიღრმის

კლებასთან ერთად ამპლიტუდა მატულობს გრინის ფორმულის შესაბამისად:
 $\bar{\xi}(x) = \sqrt[4]{1/H(x)}$ [4,7].

განვიხილოთ ტალღური მოძრაობები, როცა $q \neq 0$ და იმ შუალედისთვის, სადაც $gi_0 x > \frac{q^2}{(i_0 x)^2}$, ე.ი. როცა ფრუდის რიცხვი გაცილებით ნაკლებია 1-ზე, რაც სრულდება თითქმის ყველა მდინარის შესართავ უბანში. ამ შემთხვევაში (3) განტოლება დაიყვანება ბესელის ტიპის განტოლებაზე:

$$x^2 \frac{d^2 \bar{u}}{dx^2} + \left(2x - \frac{2i\sigma q}{gi_0^2} \right) \cdot \frac{d\bar{u}}{dx} + \frac{\sigma^2}{gi_0} x \bar{u} = 0, \quad (4)$$

რომლის ამოხსნას ჰანკელის ფუნქციის დახმარებით შემდეგი სახე აქვს:

$$u(x, t) = Cx^{-\frac{1}{2}} e^{\frac{i\sigma q}{gi_0^2} \frac{1}{x}} \cdot H_1^{(1,2)} \left(2\sqrt{\frac{\sigma^2 x}{gi_0}} \right) e^{i\sigma t}. \quad (5)$$

აქ $H_1^{(1,2)}$ ჰანკელის პირველი და მეორე გვარის პირველი რიგის ფუნქციებია; C – ინტეგრირების მუდმივა ანუ მანორმალიზებული ამპლიტუდა.

ჰანკელის პირველი და მეორე გვარის ფუნქციებიდან საანგარიშოდ ვირჩევთ პირველი გვარის ფუნქციას, რომელიც შეესაბამება ზღვიდან მდინარის შესართავისკენ მიმართულ ტალღებს.

წარმოვადგინოთ (5) ფორმულა ასიმპტოტურად და გამოვეყოთ ამონახსნის ნამდვილი ნაწილი. მივიღებთ წყლის ნაწილაკების ტალღური შეშფოთებით განპირობებულ რხევით მოძრაობათა სიჩქარის გამოსათვლელ მარტივ დამოკიდებულებას:

$$u(x, t) = C \sqrt{\frac{1}{\pi}} \cdot \sqrt[4]{\frac{gi_0}{\sigma^2}} \cdot x^{-3/4} \cdot \cos \left(\sigma t - \frac{\sigma q}{gi_0^2} \cdot \frac{1}{x} + 2\sqrt{\frac{\sigma^2 x}{gi_0}} - \frac{3}{4}\pi \right). \quad (6)$$

ნაკადის თავისუფალი ზედაპირისთვის, (5)-ის გათვალისწინებით, (1) სისტემის მეორე განტოლება ტალღური ზედაპირისთვის შემდეგი სახით ჩაიწერება:

$$\xi = C' \sqrt{\frac{1}{\pi}} \cdot \sqrt{\frac{gi_0}{\sigma^2}} \cdot x^{-1/4} \cdot \left(-\sqrt{\frac{i_0}{g}} + \frac{q^3}{g^2 i_0^4} \cdot x^{-4.5} + \frac{q^2}{g^{3/2} i_0^{5/2}} \cdot x^{-3} \right) \sin \left(\sigma t + 2\sqrt{\frac{\sigma^2 x}{gi_0}} - \frac{\sigma q}{gi_0^2} \cdot \frac{1}{x} - \frac{\pi}{4} \right). \quad (7)$$

(6) და (7) დამოკიდებულებებში C და C' ინტეგრების ნებისმიერი მუდმივები საწყისი ამპლიტუდებია, ხოლო x კოორდინატზე დამოკიდებული კოეფიციენტები (კოსინუსისა და სინუსის წინ) განსაზღვრავენ სიჩქარისა და ტალღური ზედაპირის

ამპლიტუდების მნიშვნელობებს კოორდინატთა სათავიდან x მანძილით დაშორებულ ნებისმიერ კვეთში.

აღნიშნოთ ტალღის ამპლიტუდები, სიგრძეები და მდინარის არათანაბარი სიჩქარის პარამეტრები (კერძოდ, ფრუდის რიცხვი $Fr = q^2/gH^3$) 0 და x ინდექსებით შესართავიდან, შესაბამისად, შორ (სადაც ტალღური პარამეტრები მოცემულ სიდიდეებად ითვლება, ხოლო მდინარის ნაკადის სიჩქარე ახლოა ნულთან) და ნებისმიერ შუალედურ მანძილებზე, სადაც საჭიროა ამ პარამეტრების გაანგარიშება.

მიღებული ამონახსნების თანახმად, ტალღის ამპლიტუდის (ან, რაც იგივეა სიმაღლის) ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$K_a = \frac{a_x}{a_0} = \sqrt[4]{H_0/H_x} \cdot \frac{1 - Fr_0^{3/2}(H_0/H_x)^{3/2} - Fr_0(H_0/H_x)}{1 - Fr_0^{3/2} - Fr_0}. \quad (8)$$

(7) და (8) ფორმულების თანახმად, შესართავ აკვატორიაში მდინარის შემხვედრი დინების გარეშე, წყლის სიღრმეების შემცირება იწვევს ტალღის სიმაღლის ზრდას - ტალღა ხდება სულ უფრო ციცაბო და ბოლოს იმსხვრევა, როცა მისი ამპლიტუდა აღწევს $a_x < 0,39H_x$ მნიშვნელობას [3]. მაგრამ მდინარის შემხვედრი დინების გათვალისწინებით, მდინარის სიჩქარის მატება ამცირებს სიღრმის შემცირებით განპირობებული ტალღის სიმაღლის ზრდის ინტენსიურობას. უფრო მეტიც, შესართავ უბანში დინების აღმა მდინარის სიჩქარის შემდგომმა მატებამ შეიძლება ტალღის ამპლიტუდების ზრდის პროცესი, განპირობებული სიღრმეთა კლებით, შეცვალოს ამპლიტუდების კლების პროცესით და საერთოდ დაბლოკოს ტალღის გავრცელება მდინარის საწინააღმდეგო მიმართულებით, რაც, (8) დამოკიდებულების თანახმად, გამოიხატება ტალღის ამპლიტუდის განულებაში. ასევე, თუ საწყის კვეთში მდინარის ფრუდის რიცხვი $Fr_0 \geq 0,57$, ზღვიდან მოსული ტალღები საერთოდ ვერ შედის მდინარის კალაპოტში ამპლიტუდის მკვეთრი განულების გამო. ზემოთქმული ნათელია მე-2, ა ნახ-ზე წარმოდგენილი მრუდებით, რომლებიც აგებულია (8) დამოკიდებულების საფუძველზე.

რაც შეეხება ტალღის სიგრძეს, მისი ცვლილება განისაზღვრება ტალღის ფაზის ანუ (6) და (7) დამოკიდებულებებში ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ფრჩხილებქვეშ მოთავსებული მრავალწევრიანი გამოსახულების ქცევიდან. კერძოდ, როცა $q \neq 0$, ტალღის სიგრძის ცვლილება დამოკიდებულია არა მხოლოდ შე-

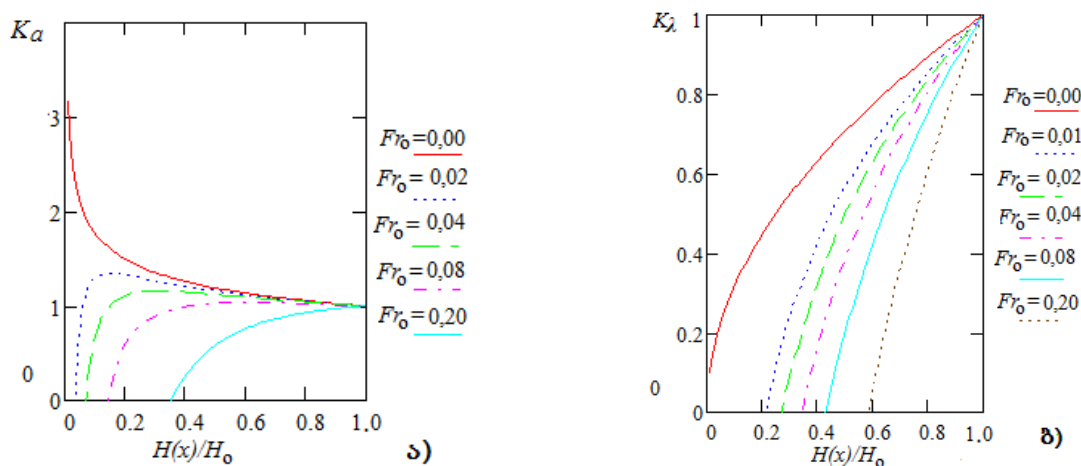
სართავის სიღრმესა და და მდინარის ფრუდის რიცხვზე, არამედ ტალღურ რხევის σ სიხშირეზე (პერიოდზე), რომელიც ითვლება მოცემულ მუდმივ სიღრმედ მდინარის შესართავის მთელ სიგრძეზე და ამიტომ სავსებით დასაშვებია სიზუსტით შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ შემდეგი დამოკიდებულებით [5,6]:

$$\sigma = \frac{2\pi}{\lambda(x)} \left[\frac{q}{H(x)} - \sqrt{gH(x)} \right] = \text{const}. \quad (9)$$

გამომდინარე (7)-დან, t დროის მომენტში, როცა $\sigma = \frac{\pi}{4}$, ტალღის სიგრძის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_\lambda = \frac{\lambda_x}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{H(x)}{H_0}} \left[\frac{1}{1 - \sqrt{Fr_0}} - \frac{\sqrt{Fr_0}}{1 - \sqrt{Fr_0}} \left(\frac{H_0}{H(x)} \right)^{3/2} \right], \quad (10)$$

სადაც λ_0 და Fr_0 , შესაბამისად, ტალღის სიგრძე და ფრუდის რიცხვია მოცემულ H_0 სიღრმეში, სადაც ღინების გაეღენა უმნიშვნელოა. (10) გამოსახულების მიხედვით, მე-2, ბ ნახ-ზე აგებულია მდინარის შესართავში ტალღის სიგრძის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების მრუდეები, რომელთა თანახმად, მდინარის სიჩქარის მატება, სიღრმეების შემცირების გამო, მართლაც ზრდის ზღვის მხრიდან შემოჭრილი ტალღების სიგრძის კლების ინტენსიურობას, განპირობებულს წყლის სიღრმეთა კლებით.



ნახ. 2. ტალღის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების დამოკიდებულება ფრუდის რიცხვზე მდინარეთა შესართავ უბნებში: ა) ტალღის ამპლიტუდის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის მრუდეები; ბ) ტალღის სიგრძის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების მრუდეები

3. დასკვნა

1. იმ შემთხვევაში, როცა ტალღები ვრცელდება ზღვიდან მდინარის შესართავისკენ, მდინარის სიჩქარის მატება აფერხებს ტალღების სიმაღლის მატებას და ამაღდროულად, ხელს უწყობს მისი სიგრძის კლებას, განპირობებულს შესართავში წყლის სიღრმეთა შემცირებით;

2. ზღვის მხრიდან მდინარის შესართავში შემოჭრილი ტალღების სიგრძის ტრანსფორმაცია დამოკიდებულია არა მხოლოდ წყლის სიღრმეებსა და მდინარის დაყვანილ ხარჯზე, არამედ შემოჭრილი ტალღების რხევის სიხშირეზეც.

ლიტერატურა

1. Longuet-Higgins M.S., Steward R.W. The Changes in Amplitude of Short Gravity Waves on Steady Non Uniform Currents *J.Fluid Mechanic* № 10, 1961, pp. 56 – 73
2. Unna P.I. Waves and Tidal Streams *Nature*, V . 149, 1942pp. 124-143
3. Крылов Ю.М. Спектральные методы исследования и расчета ветровых волн. Л.: Гидрометеоиздат, 1966.- 255 с.
4. Ламб Г. Гидродинамика. М.: Гостехиздат, 1947.- 928 с.
5. Практикум по динамике океана / Под ред. Некрасова А.В., Пелиновского Е.Н. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992.- 320 с.
6. Войнич-Сяноженцкий Т.Г. Гидродинамика устьевых участков рек и взморий бесприливных морей // *Тр.ЗакНИГМИ*, вып. 46(52), Л.: Гидрометеоиздат, 1972.- 204 с.
7. Стокер Дж. Волны на воде. М.: ИЛ, 1959.- 620 с.

შპს 693.54

ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციებში რღვევის პროცესის გამოკვლევა პოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდით

გ. დალაქიშვილი, კ. ხაზალია, მ. სანიკიძე, გ. ნოსელიძე, დ. ხიმშიაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია ექსპერიმენტული კვლევა, რომლის საშუალებითაც დგინდება ბზარმდებლობის ერთ-ერთი მთავარი მაჩასიათებლის – K_{1c} -ს მნიშვნელობა ისეთ აქტუალურ სამშენებლო მასალაში, როგორიც ცემენტი. ცდა ჩატარებულია პოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდით M-400 მარკის პორტლანდცემენტისაგან დამზადებული პრიზმის ფორმის მქონე ძელაკებზე. აღწერილია აღნიშნული ექსპერიმენტის მსვლელობა, სიზუსტე და მნიშვნელობა სამშენებლო საქმიანობაში.

საკვანძო სიტყვები: ფენომენოლოგია; კონტინუალური; დაძაბულობის ინტენსიურობის კოეფიციენტი; პოლოგრაფიული ინტერფერომეტრია; He-Ne ლაზერი.

1. შესავალი

ბეტონი, როგორც სამშენებლო კონსტრუქციული მასალა, მტკიცედ არის დამკვიდრებული სამშენებლო პრაქტიკაში და მომავალშიც არ დაკარგავს თავის მნიშვნელობას. გამომდინარე იქიდან, რომ ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები მნიშვნელოვნად განსხვავებულ სფეროებში გამოიყენება, განსაკუთრებით კი ჰიდროტექნიკურ მშენებლობებში (მაღლივი ბეტონის კაშხლების მშენებლობა), დიდი ყურადღება ექცევა ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების ხანგამძლეობას, მათი საექსპლუატაციო სპეციფიკიდან გამომდინარე.

მიუხედავად მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებისა, ბეტონის დეფორმირებისა და რღვევის ბუნების შესახებ ერთიანი დასრულებული თეორია არ არსებობს, რისი ძირითადი მიზეზიც ბეტონის რთული აღნაგობაა. არსებული თეორიებიდან

შეიძლება გამოიყოს სამი მიმართულება: ფენომენოლოგიური, სტრუქტურული და კონტინუალური.

ფენომენოლოგიური თეორიების მიხედვით რღვევა იწყება მაშინ, როდესაც სხეულის რაღაც წერტილში შესაბამისი პარამეტრები ან მათი კომბინაცია მიაღწევს ექსტრემალურ მნიშვნელობას. შედარებით ერთგვაროვანი სხეულებისათვის, როგორცაა ლითონები, მინა და სხვა, ეს თეორიები დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იძლევა, მაგრამ ბეტონებისათვის სხვადასხვა მკვლევარის მიერ მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები ხშირად ურთიერთსაპირისპიროა.

სტრუქტურულ თეორიებში წინა პლანზე გამოდის ბეტონის სტრუქტურის თავისებურება. ამ თეორიების საფუძველზე ბეტონის რღვევა განიხილება, როგორც ცალკეული ბზარების ჩასახვა სტრუქტურის არაერთგვაროვნების გამო, დეფექტების დაძაბულობის გაზრდილი კონცენტრაციის მიზეზით.

კონტინუალურ თეორიებში სხეულის რღვევა წარმოდგენილია როგორც დაზიანების დაგროვების პროცესი. ამ თეორიებში არ განიხილება მასალის რეალური სტრუქტურა და მასთან დაკავშირებული დაძაბული მდგომარეობის გამოკვლევა. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ამ თეორიების საფუძველზე ბეტონის რღვევის პროცესის განხილვა, როგორც დაზიანებების დაგროვების შემთხვევითი პროცესი, სათანადო სტატისტიკური აპარატის გამოყენებით საკმაოდ პერსპექტიულია.

არსებული პრობლემების გადაწყვეტისათვის ჩამოყალიბდა მრავალი თეორია, რომელთაგან აღსანიშნავია სიმტკიცის თეორია, მაგრამ მისი გამოყენება ვერ ჭრიდა იმ პრობლემას, რომელიც წარმოიქმნებოდა ექსპერიმენტის მსვლელობის დროს. კონსტრუქციების რღვევა ისეთ პირობებში ხდებოდა, როდესაც დაძაბულობის დონე გაცილებით ნაკლები იყო საკვლევი მასალის მრღვევი დაძაბულობის მნიშვნელობასთან შედარებით. ამ წინააღმდეგობის თავიდან ასაცილებლად გასულ საუკუნეში ჩამოყალიბდა რღვევის მექანიკის თეორია, რომელიც ყველაზე საიმედო და ფიზიკურად დასაბუთებულ შეფასებას იძლევა ბზარის გავრცელების არსსა და ენერგიის ბალანსზე [1; 2].

2. ძირითადი ნაწილი

რღვევის მექანიკის პარამეტრებიდან მნიშვნელოვანია K დაძაბულობის ინტენსიურობის კოეფიციენტი, რომელმაც ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი დაიკავა დრეკა-

დობის მოდულსა და პუასონის კოეფიციენტთან ერთად. იგი ითვლება მასალის მუდმივ სიდიდედ და ბზარმდეგობის ძირითად მახასიათებლად. K ერთადერთი პარამეტრია, რომლის მეშვეობითაც გამოითვლება დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა ბზარის არეში. ერთი შეხედვით, ცემენტის ქვისათვის, რომელიც გაცილებით ერთგვაროვანი მასალაა, ეს სიდიდე უნივერსალური მახასიათებელი უნდა იყოს. ამ ეტაპზე ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევის მიზანია დავადგინოთ რამდენად გამოსადეგია K_{1c} (გამოსახავს ბზარების ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით დაშორებას) კრიტერიუმი ცემენტის ქვისათვის.

აღნიშნული პარამეტრის განსაზღვრისათვის შეირჩა სამწერტილოვანი ღუნვის სქემა. რღვევის მექანიკის კრიტერიუმების დასადგენად მნიშვნელოვანია, რომ ნიმუშების გამოცდა ხდებოდეს ბრტყელ დაძაბულ მდგომარეობაში. იმის გათვალისწინებით, რომ ცემენტის ქვა შედარებით ერთგვაროვანი მასალაა და მასშტაბური ფაქტორები შეიძლება უგულებელყოფილ იქნეს, ნიმუშის ზომები $160 \times 36 \times 18$ მმ შეირჩა, რაც აშშ-ის სტანდარტს შეესაბამება. დრეკადობის პარამეტრების განსაზღვრისათვის M-400 მარკის პორტლანდცემენტისაგან დამზადდა ორი სერიის პრიზმის ფორმის $160 \times 40 \times 40$ მმ ზომის ძელაკები, თითოეული სერიისათვის წყალ-ცემენტის ფარდობა, შესაბამისად, 0.3 და 0.4 ტოლი იყო. ნიმუშებს ცენტრალურ ნაწილში გაუკეთდა $1 \times 18 \times 18$ მმ ზომის ჭდე. ნიმუშების გამყარება ხდებოდა ტენიან გარემოში 28 დღე-ღამის განმავლობაში, რის შემდეგაც წარმოებდა მათი გამოცდა. დრეკადი პარამეტრები განისაზღვრა პრიზმის ფორმის ნიმუშების კუმშვაზე გამოცდით.

დაძაბულობის ინტენსიურობის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა პოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდი. ნაჭდევიათ ნიმუშების დატვირთვა სამწერტილოვანი ღუნვით წარმოებდა მექანიკურ გამოსაცდელ და-ნადგარზე. ნიმუშები იტვირთებოდა საფეხურებრივად, 24.0, 16.8 და 8.4 ნიუტონი სიდიდით, ნულოვანი დატვირთვიდან რღვევამდე. თითოეულ საფეხურზე ხდებოდა პოლოგრაფიული ინტერფეროგრამების მიღება ორსხივიანი ლეიტის სქემით [3].

ექსპერიმენტისათვის გამოყენებულ იქნა He-Ne ლაზერი, ექსპონირების დრო მოიცავდა 1 წუთს. თითოეულ ინტერფეროგრამაზე დაფიქსირდა როგორც ამ საფეხურის დატვირთვის შესაბამისი გადაადგილების ვექტორის ველი ნიმუშის ზედაპირზე, ასევე ბზარის სიგრძე, მისი კვაზისტატიკური ზრდის დროს. ბზარის კვაზისტატიკური ზრდის აღწერილ მექანიზმზე დაყრდნობით შესაძლებელია განვ-

სახდვროთ K_{1c} მნიშვნელობა ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდის გამოყენებით.

თუ მაგალითად i -ურ ინტერფეროგრამაზე დაფიქსირებულ იქნა ბზარის სიგრძის მომატება, მაშინ i -ს ინტერფეროგრამა შეესაბამება ზღვრულ მდგომარეობას, რომლის შედეგადაც დატვირთვის მცირე მომატებით იწყება განვითარება. მაშასადამე, თუ ბზარის მახლობელ რაიმე წერტილში, რომლის პოლარული კოორდინატებია r და θ , გავზომავთ v გადაადგილების ვექტორის კომპონენტს თითოეულ საფეხურზე, მათი ჯამი მოგვცემს იმ V_c ზღვრულ გადაადგილებას, რომლის შემდეგაც იწყება ბზარის განვითარება.

$$V_c = \sum_{K=\Theta}^{i=1} V_K \quad (1)$$

თუ გამოსახულებაში ჩაესვამთ r_1 და θ_1 შერჩეული წერტილის კოორდინატებს, გადაადგილების ვექტორის ზღვრულ მნიშვნელობას და შესაბამის მოდულებს, შესაძლებელია განვსაზღვროთ K_1 -ს მნიშვნელობა.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ამ ეტაპზე ჩატარებული კვლევის მიზანი იყო დაგვედგინა რამდენად მნიშვნელოვანია K_{1c} კრიტერიუმი ცემენტის ქვისათვის. ცვალებად ფაქტორად მივიღეთ წყალ-ცემენტის ფარდობა. შესაბამისად, გამოვცადეთ ორი სერიის ნიმუში, როცა $\nabla/\nabla=0.3$ და $\nabla/\nabla=0.4$. მივიღეთ K_{1c} -ს ორი მნიშვნელობა, რითაც დადგინდა, რომ ამ ორი სერიის ნიმუშებისათვის ფარდობითი ცდომილება საგრძნობლად განსხვავდებოდა.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, K_{1c} კრიტერიუმი მიღებულია წრფივი დრეკადი რღვევის მექანიკის კრიტერიუმად. ექსპერიმენტული შედეგებიდან გამომდინარე, ცემენტის ქვა მიეკუთვნება წრფივ დრეკად მასალას, მაგრამ, როგორც K_{1c} -ს უშუალო გაზომვებმა ცხადყო, ჩვენ მიერ არჩეული წრფივი მოდელი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული წყალ-ცემენტის ფარდობაზე. ამ ფაქტის ახსნა იმით შეიძლება, რომ წყალ-ცემენტის ფარდობის ზრდასთან ერთად იზრდება ცემენტის ქვის სტრუქტურის არაერთგვაროვნება და, შესაბამისად, მასალის თვისებები განსხვავებულია წრფივი დრეკადი მასალისაგან.

ცნობილია, რომ ცემენტის ქვის სტრუქტურის ერთგვაროვნება დამოკიდებულია არა მარტო ტექნოლოგიურ ფაქტორებზე, როგორიცაა წყალ-ცემენტის ფარდობა, არამედ იმ გარე პირობებზე, რომელშიც ხდება მისი ფორმირება (ტემპერატურა, ტე-

ნიანობა და სხვა). არანაკლებ მნიშვნელოვანია გამყარების სტადია, შეკვრის პროცესი, რადგან სწორედ ამ სტადიაზე ხდება ცემენტის ქვის სტრუქტურის ხარისხობრივი ფორმირება, შემდგომში იცვლება მხოლოდ მისი რაოდენობრივი მახასიათებლები.

ამდენად, ის მიდგომა, რომელიც მოცემულ ნაშრომშია წარმოდგენილი, კერძოდ მასალის თვისებების შესწავლა მისი გამყარების საწყისი სტადიიდან და შემდგომში რღვევის მექანიკის კრიტერიუმებზე დაყრდნობით მასალის მექანიკური პარამეტრების დადგენა, სტრუქტურის გათვალისწინებით და თანამედროვე ფიზიკური მეთოდების გამოყენებით, პერსპექტიულია და ვიმედოვნებთ, რომ შემდგომი კვლევა საშუალებას მოგვცემს უფრო დრამატიკულად ჩავეწვდეთ აღნიშნულ საკითხს.

ზემოთ მოყვანილი გამოსახულება საშუალებას გვაძლევს განისაზღვროს K_{1c} მნიშვნელობა. ცნობილია, რომ ეს პარამეტრი დამოკიდებულია იმ წერტილის მდებარეობაზე ბზარის წვეროს მიმართ, რომელშიც ვზომავთ გადაადგილებას. რადგან ჰოლოგრაფიული ინტერფეროგრაფიის მეთოდის გამოყენებით ეს პრობლემა არ განხილულა, ლიტერატურაში არ მოიძებნება იმის მკაცრი განმარტება, თუ ბზრიდან რა მანძილზე უნდა გაიზომოს აღნიშნული გადაადგილებები.

განვიხილოთ ეს საკითხი. წარმოვადგინოთ შემდეგი გამოსახულება:

$$K_1 = \frac{V}{\sqrt{r}} B, \quad (2)$$

სადაც

$$B = \frac{C\sqrt{2\pi}}{\sin \frac{\alpha}{2} \left(2 - \frac{2\nu}{1+\nu} - \cos^2 \frac{\alpha}{2} \right)}. \quad (3)$$

წრფივი რღვევის მექანიკის მიხედვით ν ნივთიერების მახასიათებელია და მუდმივი სიდიდეა. ასევე B მუდმივი სიდიდეა იმ შემთხვევაში, თუ ათვლა ხდება Y ღერძის გასწვრივ, რომლის სათავე მდებარეობს ბზარის წვერში და მართობულია ბზარის სიბრტყისა.

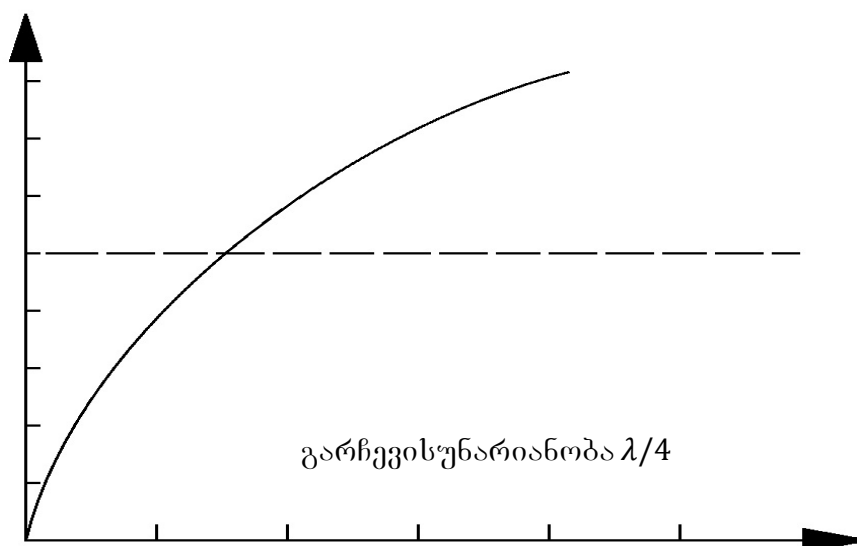
მაშინ (2) შეიძლება ჩავეწეროთ შემდეგი სახით:

$$\frac{V_C}{\sqrt{r}} = \frac{K_{1c}}{B} = const. \quad (4)$$

როგორც ლიტერატურიდან არის ცნობილი, ცემენტის ქვისათვის K_{1c} მნიშვნელობა 0.5 ნ/მმ 1.5 რიგისაა. ჩვენს შემთხვევაში B -ს მნიშვნელობა $0.08 \cdot 10^6$ მგპა რიგისაა. მაშინ (4)-დან

$$V_C \approx 6 \cdot 10^{-6} \sqrt{r}.$$

აგაგოთ ამ გამოსახულების გრაფიკი.

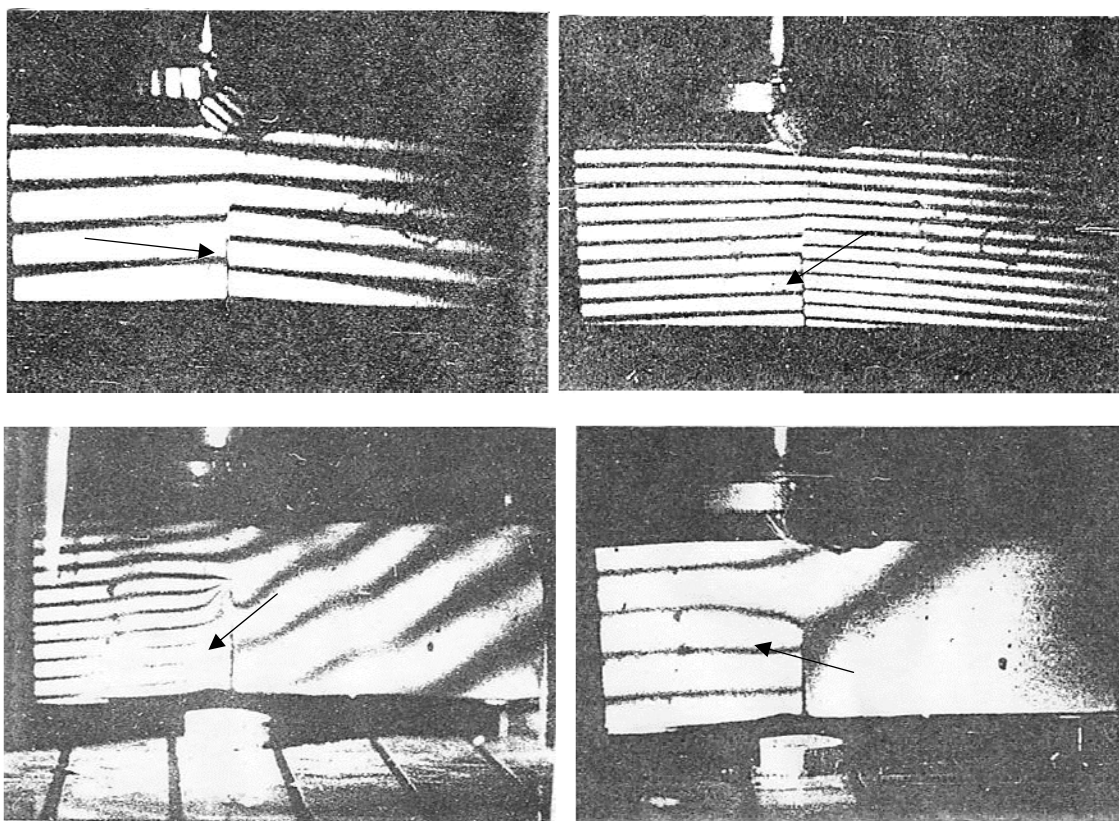


როგორც გრაფიკიდან ჩანს, იმისათვის, რომ შესრულდეს (3) ტოლობა, ბზარის წვერთან მიახლოებასთან ერთად უნდა შემცირდეს გადაადგილების ვექტორის მნიშვნელობა. ამავე გრაფიკზე მოცემულია ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის გარჩევისუნარიანობის ქვედა ზღვარი, რომელიც დაახლოებით $\frac{\lambda}{4} \approx 0.1 \cdot 10^{-6}$ მკმ რიგისაა. მაშასადამე, ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდი, გარჩევისუნარიანობის შეზღუდვის გამო, საშუალებას გვაძლევს 4 მმ-ზე უფრო ახლო მიეუახლოვდეთ ბზარის წვერს. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ანათვლებს ავიდებთ 4–9 მმ ინტერვალში, იმის გამო, რომ ახლო ვართ ქვედა ზღვართან, გვექნება ცდომილებები. თუ ბზარის წვერს დიდი მანძილით (რამდენიმე სანტიმეტრით) დავშორდებით, როგორც თეორიიდან არის ცნობილი, K_{1c} -ს განსაზღვრა არ იქნება კორექტული.

აქედან გამომდინარე, მოყვანილი რიცხვითი მნიშვნელობები ხარისხობრივად სწორად ასახავს ბზარის წვერში მიმდინარე პროცესებს. რიცხვითი მონაცემების სიზუსტის გარდა, ექსპერიმენტის უნიკალურობა მდგომარეობს შესაძლებლობაში, რომ დაკვირვებას ვაწარმოებთ შეუიარაღებელი თვალით ვიზუალურად უხილავ პროცესებზე, რომლებიც საკვლევი ნიშნის სხეულში მიმდინარეობს. მაგალითისთვის მოცემულია რამდენიმე სურათი.

ნიმუშის ინტერფეროგრამა სამწერტილოვანი დატვირთვის დროს

ბზარი, რომელიც გამოსახულია სურათებზე ვიზუალურად არ ჩანდა, სანამ არ მოხდა კონსტრუქციის რღვევა, რომელიც დაფიქსირდა ბოლო სურათზე და ნიმუშის მარჯვენა მხარეს დაბაბულ-დეფორმირებული პროცესი შემცირდა.



3. დასკვნა

მიღებულია დაბაბულობის ინტენსიურობის კრიტიკული კოეფიციენტების მნიშვნელობის რიცხვითი მონაცემები ცემენტის ქვისათვის, წყალ-ცემენტის სხვადასხვა ფარდობის დროს.

კვლევის საფუძველზე ცემენტის ქვაზე დამზადებული ნიმუშების წყალ-ცემენტის ფარდობით 0.3 და 0.4 დადგენილ იქნა ინტენსიურობის კრიტიკული კოეფიციენტის რიცხვითი მონაცემები, რომელიც $\nabla/\nabla=0.3$ -ის დროს $K_{1c}=4.6$ მნ/მ^{1.5} იყო, ხოლო $\nabla/\nabla=0.4$ -ის დროს – $K_{1c}=5.45$ მნ/მ^{1.5} და ვიზუალურად დაფიქსირდა ბზარის შემდგომი განვითარება.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, აუცილებელია ბეტონის დეფორმირებისა და რღვევის პროცესის შემდგომი კომპლექსების შესწავლა მეცნიერებისა და ტექნიკის უახლესი მიღწევების გამოყენებით, რის შესაძლებლობასაც გვაძლევს ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრია და აღნიშნული მეთოდი პერსპექტივაში ხელს შეუწყობს ისეთი სამშენებლო მასალის კონსტრუქციების საიმედოობასა და ხანგამძლეობას, როგორიცაა ბეტონი და რკინაბეტონი, რაც დიდად წაადგება საინჟინრო სფეროში მომუშავე პერსონალს.

ლიტერატურა

1. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей. Москва: Высшая школа, 1991 г.
2. Коллакот Р. Диагностика повреждений. Издательство „Мир“, 1989 г.
3. გ. დალაქიშვილი, ა. დანელია, მ. სანიკიძე, კ. ყალიჩავა. ბეტონის კაშხლებში შეკლებისა და ბზარწარმოქმნის პროცესის მონიტორინგი და დიაგნოსტიკა ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდის გამოყენებით // სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერგია“, 2015 წ.

УДК 621.227.3

Определение величины повышения давления в трубе при гидравлическом ударе

М.В. Топурия, А.Г Сурмава

(Грузинский технический университет)

Резюме. *Рассматривается напорное движение жидкости в трубе в случае мгновенного закрытия крана, вследствие которого частицы жидкости совершают затухающие колебания, одновременно с которыми будет изменяться давление и соответственно скорость за весьма малый промежуток времени. Для получения расчетной зависимости используется теорема о количестве движения, согласно которой приращение последней за некоторый промежуток времени равно сумме проекций импульсов сил на направление движения. Отмечено, что при гидравлическом ударе повышение напора в трубопроводе равно (vc/g) , где v – скорость, скорости распространения ударной волны.*

Ключевые слова: гидравлический удар; напорное движение.

1. ВВЕДЕНИЕ

Широко известное явление гидравлического удара в трубах часто создает множество проблем в водопроводах. Причиной является изменение давления в жидкости при напорном движении, вызываемое резким изменением скорости течения за весьма малый промежуток времени. Увеличение давления при гидравлическом ударе может привести к разрыву стенок трубы. Целью статьи является уточнение величины повышения давления в трубе при гидравлическом ударе. Рассматриваются примеры определения повышения напора при гидравлическом ударе в чугунных трубах.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Если при напорном движении жидкости в трубе (рис. 1) мгновенно закрыть кран, то движущаяся жидкость остановится, кинетическая энергия потока израсходуется на сжатие жидкости и расширение стенок трубы. Вследствие сжатия жидкости и расширения стенок трубы любое сечение А – А, взятое в жидкости, сместится по направлению движения в положение Б – Б. Аналогичные явления произойдут и со всеми остальными сечениями. Таким образом, вся жидкость в трубе по окончании деформации окажется сжатой, а поэтому обладающей большей энергией, чем жидкость в баке. В результате этого начнется обратное движение жидкости и сечение Б – Б, пройдя свое первоначальное положение А – А, займет место В – В. Аналогичные движения совершат и все остальные сечения, вследствие чего в трубе создается пониженное давление и жидкость двинется от сосуда к крану. Затем все явление повторится и будет повторяться снова и снова, пока под влиянием сопротивлений оно постепенно не прекратится.

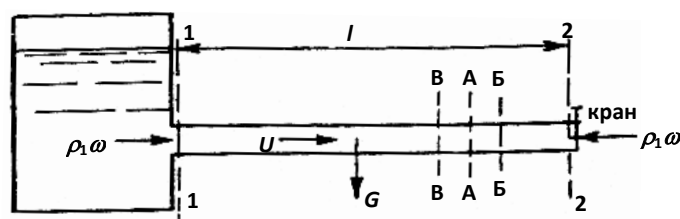


Рис.1

Итак, частицы жидкости будут совершать затухающие колебания, одновременно с которыми будет изменяться и давление. Изменение давления в жидкости при напорном движении, вызываемое резким изменением скорости течения за весьма малый промежуток времени, называется гидравлическим ударом.

Увеличение давления при гидравлическом ударе может привести к разрыву стенок трубы. Это увеличение давления в первый момент происходит непосредственно у крана, а затем оно передается через соседние слои по всей длине l до ее начала с некоторой скоростью c . Эта скорость носит название скорости распространения ударной волны. По истечении времени $t = l/c$ ударная волна дойдет до начала трубы и вся жидкость в трубе остановится.

Величину повышения давления в трубе при гидравлическом ударе можно определить следующим образом.

Обозначим в горизонтальной трубе (рис. 1) давление в сечении 1–1 буквой p_1 , а давление в сечении 2–2 (при гидравлическом ударе) – p_2 , площадь поперечного сечения – ω , а расстояние между сечениями 1–1 и 2–2 – буквой l .

Воспользуемся теоремой о количестве движения, согласно которой приращение количества движения системы за некоторый промежуток времени равно сумме проекций импульсов сил на направление движения.

Рассмотрим жидкость между сечениями 1–1 и 2–2. В момент закрытия крана количество движения этой жидкости равнялось $m\nu$ (где m – масса жидкости, равная $\rho\omega l$, а ν – скорость), а через промежуток времени $t = l/c$, т.е., когда вся жидкость в трубе остановится и скорость будет равна нулю, количество движения также будет равно нулю. Следовательно, за время $t = l/c$ приращение количества движения равно $(-\rho\omega l\nu)$.

В течение этого же времени, т.е. времени $t = l/c$, на жидкость действовали следующие силы, не считая сил трения, которыми пренебрегаем:

- 1) в сечении 1–1 сила $p_1\omega$;
- 2) в сечении 2–2 сила $p_2\omega$;
- 3) сила тяжести жидкости G .

Первые две силы горизонтальны, третья вертикальна.

Сумма проекций импульсов этих сил на направление движения, т.е. на горизонтальную ось, равна

$$(p_1\omega - p_2\omega)\frac{l}{c}.$$

Согласно теореме о количестве движения, получаем

$$-\rho\omega l\nu = (p_1\omega - p_2\omega)\frac{l}{c}.$$

Сокращая на ωl , имеем

$$-\rho\nu = \frac{p_1 - p_2}{c},$$

откуда

$$p_2 - p_1 = \rho\nu c.$$

Обозначая повышение давления $p_2 - p_1$ буквой p , находим

$$p = \rho\nu c. \quad (1)$$

Разделив выражение (1) на ρg , получим

$$\frac{p}{\rho g} = \frac{vc}{g} \quad \text{или} \quad H = \frac{vc}{g}. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что при гидравлическом ударе повышение напора в трубопроводе равно vc/g .

Численное значение величины c также выведено Н.У. Жуковским и определяется по следующей формуле:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{1}{E_1} + \frac{D}{sE_2} \right)}} = \frac{\sqrt{\frac{E_1}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{E_1 D}{E_2 s}}}, \quad (3)$$

где ρ – плотность жидкости;

E_1 – модуль упругости жидкости;

E_2 – модуль упругости стенок трубы;

D – внутренний диаметр трубы;

s – толщина стенки трубы.

Пример 1. Определить повышение напора при гидравлическом ударе в чугунной трубе $D = 200$ мм, если толщина стенки трубы $s = 10,5$ мм, модуль упругости воды $E_1 = 2 \cdot 10^9$ н/м², модуль упругости чугуна $E_2 = 10^{11}$ н/м², а скорость течения $v = 2$ м/сек.

Решение. По формуле (3) находим скорость распространения ударной волны:

$$c = \frac{1}{\sqrt{1000 \left(\frac{1}{2 \cdot 10^9} + \frac{0,2}{0,0105 \cdot 10^{11}} \right)}} = 1203 \text{ м/сек.}$$

По формуле (2) определяем повышение напора.

$$H = \frac{vc}{g} = \frac{2 \cdot 1203}{9,81} = 245 \text{ мм вод. ст.}$$

Как сказано выше, гидравлический удар может повредить трубы. Для предохранения труб от разрушения принимаются следующие меры.

1. Из формулы (1) видно, что происходит увеличение давления пропорционально скорости течения v , поэтому в трубопроводах не следует допускать больших скоростей без принятия соответствующих предохранительных мер.

2. Причиной гидравлического удара является быстрое закрытие крана, поэтому следует устраивать краны и задвижки, закрывающиеся медленно; время закрытия t в секундах может быть подсчитано по формуле Н.Е. Жуковского

$$t \geq \frac{2\rho v l}{p_d} \quad \text{или} \quad t \geq \frac{2v l}{g H_d}, \quad (4)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³;

v – скорость течения, м/сек;

l – длина трубопровода, м;

p_d – допускаемое повышение давления, н/м²;

H_d – допускаемое повышение напора столба жидкости.

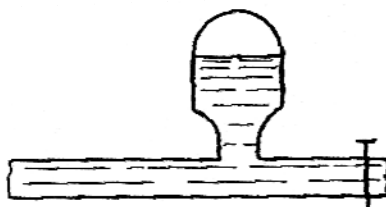


Рис. 2

Необходимо отметить на основании формулы (4), что время закрытия t прямо пропорционально длине трубопровода l , т.е. чем длиннее трубопровод, тем длительнее должно быть закрытие кранов и задвижек.

3. Для уменьшения вредного действия давления при гидравлическом ударе устраивают предохранительные клапаны, которые, открываясь при определенном давлении, предохраняют трубопровод от разрушения.

4. Кроме предохранительных клапанов, для уменьшения давления применяют воздушные колпаки (рис. 2). В момент повышения давления жидкость входит в колпак и сжимает находящийся в нем воздух, что уменьшает повышение давления.

Пример 2. Определить время закрытия задвижки на трубопроводе, если длина трубопровода $l = 800$ м, $v = 3$ м/сек, допускаемое давление в трубопроводе 1000000 н/м², а гидростатическое давление $p = 200000$ н/м².

Решение. Допускаемое повышение давления от гидравлического удара $p_d = 1000000 - 200000 = 800000$ н/м².

$$t \geq \frac{2\rho v l}{p_d},$$

или, подставляя численные значения, получим

$$t \geq \frac{2 \cdot 1000 \cdot 3 \cdot 800}{800000} = 6 \text{ сек.}$$

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При использовании теоремы о количестве движения, согласно которой приращение последней за некоторый промежуток времени равно сумме проекций импульсов сил на направление движения, уточнена расчетная зависимость для повышения напора в чугунном трубопроводе при гидравлическом ударе.

შპს 691.32

**წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მოცულობითი
ცოცვადობის ბირთვის ახალი გამოსახულება,
რომელიც მასალის ტენზომეცვლელობას ითვალისწინებს**

ა. საყვარელიძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ექსპერიმენტებით შესწავლილია სხვადასხვა ტენზომეცვლელობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ცოცვადობის საკითხი კუმშვისას, გაჭიმვისა და გრეხისას. დადგენილია კომპოზიტის კუმშვა-გაჭიმვის და ძერის ცოცვადობის ბირთვები. ცოცვადობის ბირთვებს შორის კავშირის შემუშავებული ფორმულით გამოთვლილია წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვები, მასალის სხვადასხვა ტენზომეცვლელობის დროს.

შემუშავებულია კომპოზიტის მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვის ახალი გამოსახულება, ლოგარითმული ფუნქციების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ცოცვადობა; მოცულობა; ძერა; კუმშვა; გაჭიმვა; ბირთვი; ლოგარითმი; ფუნქცია; ტენზომეცვლელობა; გამოსახულება.

1. შესავალი

ჩატარებულია ექსპერიმენტები ბეტონის ცოცვადობაზე კუმშვისას, გაჭიმვისა და გრეხისას. ექსპერიმენტში გამოიყენა 4 სხვადასხვა დონის ტენზომეცვლელობის ნიმუშები. ნიმუშების ხანმოკლე გამოცდით დადგინდა მასალის მექანიკური მახასიათებლები, ცოცვადობაზე გამოცდით კი – სხვადასხვა ტენზომეცვლელობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ძერისა და კუმშვა-გაჭიმვის ცოცვადობის ბირთვები.

ცოცვადობის ბირთვებს შორის კავშირის ფორმულით გამოთვლილია კომპოზიტის მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვები (ძვრისა და კუმშვა-გაჭიმვის ცოცვადობის ბირთვების გამოყენებით).

2. ძირითადი ნაწილი

ჩატარდა სხვადასხვა ტენზომეტრების წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ხანმოკლე და ხანგრძლივი (ცოცვადობაზე) გამოცდები კუმშვისას, გაჭიმვისა და გრეხილას. ხანმოკლე დატვირთვებით განისაზღვრა ნიმუშების სიმტკიცე, დეფორმაციები, ძვრის და დრეკადობის მოდულები.

გამოიყენა $t_0 = 28$ დღის ასაკის ნიმუშები: კუმშვაზე – პრიზმები $4 \times 4 \times 16$ და $7 \times 7 \times 28$ სმ (ხანმოკლე და ცოცვადობაზე გამოცდები). ცილინდრები – $d = 7$ და $\ell = 63$ სმ (ხანმოკლე და ცოცვადობაზე) – გრეხაზე; ბრტყელი „რვინები“ საერთო სიგრძით 53 სმ, სიგანით მუშა ნაწილში 7 სმ და სისქით 4 სმ – გაჭიმვაზე.

ცოცვადობაზე კი გამოიყენა ნიმუშები ტენზომეტრებით: 4,7%; 2,7%; 2,2% და 1,0% (მასის მიხედვით).

ნიმუშების ტექნოლოგიური პარამეტრების, გამოსაცდელი დანადგარებისა და აპარატების ექსპერიმენტების მეთოდის შესახებ მოცემულია შესაბამის ლიტერატურაში [1, 2, 3, 4].

ცოცვადობის ბირთვები კუმშვისას (Π_p), გაჭიმვისა (Π) და ძვრისას მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

სხვადასხვა ტენზომეტრების წვრილმარცვლოვანი ბეტონის კუმშვა-გაჭიმვის (Π_p) და ძვრის (Π) ცოცვადობის ბირთვების დამოკიდებულება დროზე, $(t - t_0)$ დღე

დატვირთვის სიდიდე σ_{ij} მპა	ტენზომეტრ- ლობა $W, \%$	(Π ; Π_p) $\cdot 10^{-4}$ მპა $^{-1}$ სიდიდეები დროში							
		10	20	30	40	60	90	120	180
Π_p – გაჭიმვა									
$\sigma_{11}^0 = 1,78$	4.7	65.2	74.2	80.9	85.4	88.8	93.8	96.6	102.8
	2.7	52.8	56.7	60.1	61.8	64.6	68.0	69.7	73.0
	2.2	46.1	51.1	53.9	55.6	59.0	60.7	62.9	65.7
	1.0	37.6	39.9	41.6	42.1	43.8	44.9	46.1	46.6

გაგრძელება

Π_p – კუმშვა									
$\sigma_{11}^0 = 12,4$	4.7	65.0	73.0	78.0	82.0	87.0	92.1	96.9	101.8
	2.7	52.3	57.1	60.6	62.7	65.0	68.0	70.1	72.5
	2.2	46.2	50.1	51.5	53.0	57.3	59.2	60.1	61.0
	1.0	39.6	40.6	42.8	43.1	43.9	45.8	46.7	47.5
Π – გრესა									
$\sigma_{12}^0 = 2,28$	4.7	80.0	90.1	95.0	99.2	105.0	111.0	115.2	120
	2.7	65.0	70.1	74.0	76.2	79.0	83.0	85.8	89.1
	2.2	57.1	61.0	63.0	65.2	67.0	70.2	72.0	74.5
	1.0	48.0	50.1	51.5	52.5	53.5	55.0	56.0	57.5

1-ლი ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მასალის ცოცვადობის ბირთვები იზრდება კომპოზიტის ტენშემცველობის პროპორციულად; ბეტონის კუმშვა-გაჭიმვის ბირთვის სიდიდეები, განსაზღვრული კუმშვისას და გაჭიმვისას, პრაქტიკულად შეიძლება ერთნაირი აღმოჩნდეს. 1-ლი ცხრილის მონაცემებით და კომპოზიტების ცოცვადობის ბირთვებს შორის კავშირის შემუშავებული ფორმულით [3] სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მოცულობით ცოცვადობებს (თითოეული ტენშემცველობის დროს) განვსაზღვრავთ ფორმულით:

$$\Pi_1 = 9\Pi_p - 6\Pi, \quad (1)$$

სადაც Π_1 მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვია; Π – ძვრის ცოცვადობის ბირთვი; Π_p – კუმშვა-გაჭიმვის ცოცვადობის ბირთვი – შეიძლება ვისარგებლოთ კუმშვის ან გაჭიმვის მონაცემებით ან ავიღოთ მათი საშუალო ფორმულა (1). 1-ლი ცხრილის მონაცემებზე დაყრდნობით გამოთვლილი კომპოზიტის მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვები მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

სხვადასხვა ტენშემცველობის ნიმუშების მოცულობითი ცოცვადობის

ბირთვების დამოკიდებულება დროზე, $(t-t_0)$ დღე

ტენშემცველობა $W, \%$	$\Pi_1 \cdot 10^{-4}$ მპა ⁻¹ დაკვირვების დრო $(t-t_0)$ დღე							
	10	20	30	40	60	90	120	180
4.7	105.0	117.0	132.0	144.0	153.0	162.0	182.1	196.0
2.7	80.0	93.9	101.4	108.3	111.6	114.0	115.2	118.0
2.2	73.8	84.9	85.5	87.0	93.0	95.7	101.0	102.0
1.0	68.4	65.4	76.2	72.9	74.1	82.0	84.0	85.0

(1) ფორმულაში გამოთვლებისას Π_p -ის მნიშვნელობები აღებულია კუმშვის ექსპერიმენტიდან.

მე-2 ცხრილის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ტენშემცველობის მთელ დიაპაზონში ($1,0 \leq W \leq 4,7\%$) მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვები თითოეული W -ს შემთხვევაში კარგად აპროქსიმირდება ლოგარითმული ფუნქციით:

$$\Pi_1(t, t_0, W) = A_1(t_0, W) + B_1(t_0, W) \cdot \lg \frac{t - t_0}{t_1}, \quad (2)$$

სადაც Π_1 მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვია; t – დრო ნიმუშის დამზადებიდან, ჩვენს შემთხვევაში $0 \leq t \leq 208$ დღე; $t_1 = t - t_0 = 2$ დღე; $t - t_0 = 0 \leq t - t_0 \leq 180$ დღე (ცდის ხანგრძლივობა); W – ტენშემცველობა ნიმუშის გამოცდის განმავლობაში, $1,0 \leq W \leq 4,7\%$ (მასის მიხედვით).

უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დადგენილი A_1 და B_1 კონსტანტები აღებულია მე-2 ცხრილიდან და მე-2 ფორმულიდან და შეტანილია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

A_1 და B_1 კონსტანტების მნიშვნელობები ნიმუშების სხვადასხვა ტენშემცველობის დროს

ტენშემცველობა $W, \%$	$A_1 \cdot 10^{-6} \text{ მპა}^{-1}$	$B_1 \cdot 10^{-6} \text{ მპა}^{-1}$
4.7	53.7	68.41
2.7	62.8	30.98
2.2	61.4	22.62
1.0	53.5	16.48
0	57.3	0

მე-3 ცხრილის მონაცემებით $A_1 \sim W$ და $B_1 \sim W$. A_1 კონსტანტა არ არის დამოკიდებული ტენშემცველობაზე და ვიღებთ მის საშუალო სიდიდეს, ჩვენს შემთხვევაში $A_{\text{საშ}} = 57,3 \cdot 10^{-7} \text{ მპა}^{-1}$. B_1 დამოკიდებულება ტენშემცველობაზე საკმარისი სიზუსტით აღიწერება წრფივი ფუნქციით:

$$B_1(28, W) = B_1(28, 0) + \frac{W}{W_m} [B_1(28, W_m) - B_1(28, 0)]. \quad (3)$$

$B_1(28, 0)$ მიიღება მე-3 ცხრილის მნიშვნელობების ინტერპოლაციით; W ღერძზე გრაფიკის აგებით დავრწმუნდებით, რომ $B_1(28, 0) = 0$.

ამ მნიშვნელობების შეტანით მივიღებთ მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვის უნივერსალურ გამოსახულებას, რომელიც ითვალისწინებს ბეტონის ტენშემცველობას მუდმივი ასაკის და ტემპერატურის დროს

$$\Pi_1(t, t_0, W) = A_0(28, 0) + B(28, W_m) \frac{W}{W_m} \lg \frac{t - t_0}{t_1}, \quad (4)$$

სადაც Π_1 მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვია; $A_1(28, 0) - A_1(28, W) -$ საშუალო მნიშვნელობები, დატანილი $W = 0$ ღერძზე $1,0 \leq W \leq 4,7\%$; $W_m = W_{\max} = 4,7\%$ - მასის მიხედვით; $B_1(28, W_m) - B_1$ -ის მნიშვნელობა, როცა $W = W_m = 4,7\%$.

მე-2 ცხრილის შედეგების მიხედვით აგებული Π_1 და მე-3 ცხრილის მონაცემებით და მე-4 ფორმულით გამოთვლილი Π_1 მნიშვნელობების შედარებით დავრწმუნდებით, რომ ისინი საკმარისი სიზუსტით ემთხვევა ერთმანეთს.

3. დასკვნა

გამოკვლევით პირველად დადგინდა სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვები, მუდმივი ასაკისა და ტემპერატურის დროს.

შემუშავებულია მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვის ახალი თეორიული აპროქსიმაცია, ლოგარითმული ფუნქციების გამოყენებით.

მოცემულია ფორმულაში შემავალი კონსტანტების განსაზღვრის მეთოდისა და განსაზღვრულია მათი სიდიდეები სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონისთვის.

ლიტერატურა

1. Сакварелидзе А.В. Зависимость характеристик ползучести сталефибробетона 28-суточного возраста при постоянных влажности и температуре // Механика композитных материалов, № 3. Рига, 1976, с. 440-445.
2. Сакварелидзе А.В. Прочностные и деформационные свойства сталефибробетона // Бетон и ж/б, № 8, Москва, 1986, с. 12-13.
3. Сакварелидзе А.В. Вопросы вязкоупругости строительных композитов на силикатной основе. Автореферат докторской диссертации, Тбилиси, 1999. - 49 с.
4. ა. საყვარელიძე. გრესისას წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ცოცვადობაზე მასალის ტენშემცველობის გავლენა // მშენებლობა, № 3(10). თბილისი, 2008, გვ. 87-91.

რეზერატი

შპს 628.1034

წყლის გაწმენდის ტექნიკური პროცესების გაუმჯობესების საპროექტი.
ზ. ცხელაშვილი, გ. სოსელია, ა. დავითაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 6-8.

რეზიუმე: წყლის გაწმენდის პროცესების გაუმჯობესებლად გამოიყენება ჰარინგტონის ფსიქოფიზიკური სკალა, რომელიც დამოკიდებულებას ადგენს სურვილების ფუნქციასა და სხვადასხვა ცვლადს შორის, რომლებიც ამ პროცესის კონტროლისათვის არის საჭირო. აღწერილია წყლის ხარისხის განმსაზღვრელი კომპონენტები.

შემოთავაზებული მეთოდი გამოიყენება ჩამდინარე წყლების გამწმენდ სადგურში ოპერაციული ეფექტურობის გაუმჯობესებლად.

საკვანძო სიტყვები: ჰარინგტონის ფსიქოფიზიკური სკალა; წყლის ხარისხი; წყლის გაწმენდა; კონტროლის გაუმჯობესება.

შპს 628.16

წყლის გაწმენდის პროცესების იმიტაციური მოდელირების შესახებ.
გ. სოსელია, ა. დავითაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, ნ. სოსელია // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 9-17.

რეზიუმე: ზოგადისტემური ანალიზის თეორიაზე დაყრდნობით, შესწავლილ და კლასიფიცირებულ იქნა წყლის დამუშავების კომპლექსური პროცესი.

შემოთავაზებულია წყლის დამუშავების პროცესის ინტეგრირებული კონცეპტუალური სქემა, რომელიც დაფუძნებულია ზოგადისტემური ანალიზის მიდგომებზე.

საკვანძო სიტყვები: წყლის გაწმენდა; წყლის გამწმენდი სადგური; სიმულაცია.

შპს 551.49

წყლისმიერი ეროზიის პროდუქტების კლასიფიკაცია და ტერმინოლოგია.
ზ. დანელია, მ. თოფურია // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 18-22.

რეზიუმე: განხილულია ნებისმიერი ეროზიული პროდუქტების კლასიფიკაცია და ტერმინოლოგიების დამკვიდრება ქართულ ჰიდროლოგიურ კვლევებში და მათი გავრცელება ამ დარგის სპეციალობებში.

საკვანძო სიტყვები: ალუვიონი; დანალექები; პარალუვიონი; პროალუვიონი; შეწონილი ნატანი.

შაკ 691.32

ხანგრძლივად ღატვირთული ბეტონის პუასონის კოეფიციენტის დამოკიდებულება მასალის ტენშემცველობაზე. ა. საყვარელიძე, ნ. ნარიშკინი, ნ. ლუღუშაური // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 23-28.

რეზიუმე: ჩატარებულია სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ცოცვადობის ექსპერიმენტები კუმშვაზე, გაჭიმვასა და გრეხაზე. დადგენილია ბეტონის კუმშვა-გაჭიმვის და ძერის ცოცვადობის ბირთვების დამოკიდებულება მასალის ტენშემცველობაზე. ცოცვადობის განსაზღვრული პარამეტრების გამოყენებით შემუშავებული ფორმულით გამოთვლილია კომპოზიტის პუასონის კოეფიციენტი. დადგენილია, რომ სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის პუასონის კოეფიციენტები პრაქტიკულად ერთნაირია და დროში არ იცვლება.

საკვანძო სიტყვები: ცოცვადობა; ბირთვი; კუმშვა; გაჭიმვა; გრეხა; ტენშემცველობა; კუმშვა-გაჭიმვის ბირთვი; პუასონის კოეფიციენტი.

შაკ 631.626.3

კომბინირებული სამიარუსიანი სადრენაჟო სისტემის დრენებს შორის მანძილის განსაზღვრა. გ. გავარდაშვილი, მ. გუგუჩია // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 29-35.

რეზიუმე: საქართველოს ჭარბტენიან რეგიონებში, მათ შორის კოლხეთის დაბლობზე, ადგილობრივი მოსახლეობის ცხოვრების უზრუნველყოფის მიზნით ნაშრომში შემოთავაზებულია სამიარუსიანი კომბინირებული სადრენაჟო სისტემის შემადგენელ დრენებს შორის მანძილის განსაზღვრის მეთოდი და სადრენაჟო მილებზე ნახვრეტების რაოდენობის გაანგარიშების კონკრეტული მაგალითი.

საკვანძო სიტყვები: კოლხეთის დაბლობი; სამიარუსიანი კომბინირებული დრენაჟი.

შაკ 621.317.36

კატასტროფული ტალღების მაქსიმალური ამპლიტუდის განსაზღვრა “ლოკალური არასტაციონარულობის” მეთოდის გამოყენებით. ლ. ლოღელიანი, ე. ხატიაშვილი, ზ. ასკურავა, გ. მჭედლიშვილი // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 36-41.

რეზიუმე: განხილულია წყალსატევებში ტალღების წარმოქმნის პროცესი მის ლოკალურ არეში სელებისა და ჩამოქცევა-მეწვრული ქანების დარტყმითი ზემოქმედებისას. ასეთ შემთხვევაში წარმოიქმნება დიდი ამპლიტუდის მქონე კატასტროფული ტალღები.

კვლევის თეორიულ საფუძვლად გამოყენებულია ლოკალური არასტაციონარულობის თეორია, რომელიც ეყრდნობა არასტაციონარული ჰიდრაულიკის ზოგად განტოლებას სენ-ვენან-ბუსინესკის ფორმით.

აქტუალური სიღრმის ტალღური შეშფოთების განსაზღვრისას ვიყენებთ მეორე რიგის წრფივ, არაერთგვაროვან დიფერენციალურ განტოლებას.

ტალღის მაქსიმალური ამპლიტუდის გამოსათვლელად მიღებულია დამოკიდებულება წყალსატევში შეჭრილი სხეულის გეომეტრიული ზომების, მისი მექანიკური და დინამიკური მახასიათებლების საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები: კატასტროფული ტალღები; ლოკალური; არასტაციონარული; ტალღის ამპლიტუდა; ჰიდრაულიკური ნახტომი.

შპპ 628.3

სანიადვრე წყალარინების კოლექტორის სიღრმის შეფასება. **ნ. ნაცვლიშვილი, მ. ნაცვლიშვილი** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 42-45.

რეზიუმე: განხილულია სანიადვრე წყლების აცილებისათვის საჭირო კოლექტორების (გვირაბების) ზომების (გამტარუნარიანობის) შეფასების საკითხი ქ. თბილისში მდინარე ვერეზე, 2015 წლის 13–14 ივნისის წყალდიდობის მახასიათებლების მაგალითზე. განსაზღვრულია წვიმის საანგარიშო ხარჯის სიდიდე და გაანალიზებულია არსებული გვირაბის გამტარუნარიანობის ხარისხი წყლის დინების სხვადასხვა სიჩქარის დროს. რეკომენდებულია გვირაბის რეკონსტრუქცია მისი გამტარუნარიანობის გაზრდის მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: წვიმის ინტენსიურობა; წყალშემკრები აუზი; ერთჯერადი გადავსების პერიოდი; საანგარიშო ხარჯი; გამტარუნარიანობა.

შპპ 628.81:697.3

იატაკის გათბობის სისტემები ძველ ცივილიზაციებში. **ო. ფურცელაძე, ნ. მეფარიშვილი, ი. დენისოვა** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 46-52.

რეზიუმე: განხილულია ძველ ცივილიზაციებში არსებული იატაკის გათბობის სისტემები, მათი მონტაჟი და განვითარება როგორც ევროპაში, ასევე აზიის ქვეყნებში. აღწერილია კორეაში არსებული ძვ. წ. მე-3 საუკუნის ონდოლის ტიპის გათბობის სისტემა და საქართველოს ტერიტორიაზე, არქეოლოგიური გათხრების შედეგად აღმოჩენილი, ნაქალაქარ ძაღლისის ჰიპოკაუსტის სისტემა, რომელიც ახ. წ. I–IV საუკუნეებით თარიღდება.

საკვანძო სიტყვები: თბილი იატაკი; ონდოლი; ძაღლისი; ჰიპოკაუსტი.

მართლმადიდებელი ტაძრების მიკროკლიმატის თავისებურება. **ო. ფურცელაძე, ნ. მეფარიშვილი, ი. დენისოვა** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 53-59.

რეზიუმე: მართლმადიდებელ ეკლესიებში კომფორტის მთავარი ფაქტორი იქ არსებული მიკროკლიმატია. მიკროკლიმატთან დაკავშირებული პრობლემები თავს იჩენს საეკლესიო დღესასწაულების დროს, როდესაც მრევლის რაოდენობა მაქსიმალურია. ტაძარში გათბობის ან ვენტილაციის სისტემის არასწორი გათვლის და მონტაჟის შემთხვევაში მოსალოდნელია ტემპერატურისა და ტენიანობის ზრდა. მაღალმა ტენიანობამ შეიძლება გამოიწვიოს წყლის ორთქლის (კონდენსატის) გაჩენა შემომზღუდავ კონსტრუქციებზე, დისკომფორტის შეგრძნება და ხატებისა და ეკლესიის გაფორმების ელემენტების დაზიანება. სტატიაში განხილულია ფაქტორები, რომლებიც იწვევს კონდენსატის გაჩენას. წამოჭრილია მიკროკლიმატის პარამეტრების შენარჩუნებისთვის შემომზღუდავი კონსტრუქციების თერმული წინააღობის სწორი გათვლის საკითხი.

საკვანძო სიტყვები: ეკლესიის ვენტილაცია; კონდენსატის ჩამოცვენა; შიგა ზედაპირის ტემპერატურა; ფარდობითი ტენიანობა; ნაძის წერტილი.

თბილისის მოსახლეობის მიერ წყლის ფაქტობრივი მოხმარების შეფასება. **გ. სოსელია, ა. დავითაშვილი, ლ. კლიმიაშვილი, ნ. სოსელია** // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 60-62.

რეზიუმე: თბილისის წყალმომარაგებისა და წყალარინების პროექტი ითვალისწინებს წყალმომარაგების სისტემის რეაბილიტაციას. პროექტის მიზანია, ჩატარებული კვლევების შედეგების საფუძველზე, თბილისის მოსახლეობის მიერ მოხმარებული წყლის ფაქტობრივი რაოდენობის განსაზღვრა, ჟონვის რაოდენობის შეფასება როგორც ამ სექტორში, ასევე მაგისტრალურ და სადისტრიბუციო ქსელში.

მაგისტრალური და სადისტრიბუციო ქსელის შერჩეულ უბნებში დამონტაჟდა მოცულობითი და კომბინირებული წყლის საზომები და გამოანგარიშებულ იქნა ჟონვის რაოდენობა თითოეულ კილომეტრზე.

კვლევებმა აჩვენა, რომ მიღების შეერთების წერტილებში, მაღალი წნევა იწვევს ჟონვის ზრდას ერთ სულ მოსახლეზე (ლ/ერთ სულ მოსახლეზე/დღეში);

ჟონვის გაზრდა ზრდის შენობების დაზიანების რისკს;

მაგისტრალურ და სადისტრიბუციო ქსელში ჟონვის აღმოფხვრა იწვევს წყლის მიწოდების რაოდენობის შემცირებას და, შესაბამისად, სატუმბ სადგურში გამოყენებული ელექტროენერგიის დანახარჯების შემცირებასაც.

მომავალში პროექტის შედეგები გამოყენებული იქნება საერთაშორისო და ადგილობრივი კონსულტანტების მიერ წყალმომარაგების სისტემის რეაბილიტაცი-

ის საინვესტიციო პროექტებში, რომელიც გააუმჯობესებს წყლის მიწოდებას თბილისის მოსახლეობისათვის.

საკვანძო სიტყვები: თბილისის წყალმომარაგება; ჟონვა; ერთ სულ მოსახლეზე წყლის რესურსი; წყლის დანაკარგი; ხარჯსაზომი; წყალსაზომი.

შპს 634.8:581.54

ვაზის წყალმოთხოვნის განსაზღვრის თავისებურება. თ. ოდილაგაძე, კ. ბზიაგა, ი. ინაშვილი, ა. დავითაშვილი // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 63-68.

რეზიუმე: სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების დინამიკურ პროცესებზე, მრავალრიცხოვანი ბუნებრივ-კლიმატური ფაქტორებიდან, განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ისეთი კლიმატური მახასიათებელი, როგორიცაა ევაპოტრანსპირაცია (ჯამური აორთქლება). ევაპოტრანსპირაცია და მისი განმაპირობებელი ფაქტორები, სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში, ძირითადი მაჩვენებლებია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალმოთხოვნილების და მისი ოპტიმალური პროდუქტიულობის დასადგენად.

ვაზის ევაპოტრანსპირაციის განსაზღვრისათვის ჩვენ მიერ გამოყენებულ იქნა ბლინეი-კრიდლის მეთოდი, რომლის მიხედვით ვაზის კულტურისათვის მაღალი სიზუსტით განესაზღვრეთ ირიგაციის რეგულირებადი დეფიციტის მნიშვნელობები.

2013 წელს საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის საცდელ პოლიგონზე ჩატარებული ექსპერიმენტის საფუძველზე, ლ. უილიამსის მეთოდით დაგადგინეთ რქაწითელის ჯიშის ვაზისათვის ბიოლოგიური წყალმოთხოვნის კოეფიციენტები და, შესაბამისად, მისი წყალმოთხოვნა ევგეტაციის პერიოდში.

საკვანძო სიტყვები: ევაპოტრანსპირაცია; ბიოლოგიური წყალმოთხოვნის კოეფიციენტი; დეფიციტური ირიგაციის რეგულირება.

შპს 626. 9

ბრძოლი ტალღების გაანგარიშება მდინარეთა შესართავ აკვატორიებში. მ. კოდუა // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 69-75.

რეზიუმე: სტატიაში განიხილება მდინარეთა შესართავ აკვატორიებში ტალღების გაანგარიშების ამოცანა, რომელიც, არსებული ენერგეტიკული მოდელებისაგან განსხვავებით, უშუალოდ ეფუძნება ცვალებადი სიღრმის თავთხელ ნაკადებში ტალღური მოძრაობის წრფივი განტოლების ანალიზურ ამოხსნას. ნაჩვენებია, რომ მდინარის შესართავის მახლობლად, ზღვის მცირე სიღრმეებში, მდინარის დინება აფერხებს როგორც ტალღის სიმაღლის ინტენსიურ ზრდას, ასევე მისი სიგრძის კლებას. მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ტალღის სიგრძე დამოკიდებულია

არა მარტო მდინარის დინების პარამეტრებსა და ზღვის სიღრმეზე, არამედ ტალღური რხევების სიხშირეზე.

საკვანძო სიტყვები: მდინარის შესართავი; გრძელი ტალღა; დინების სიჩქარე; ცვლადი სიღრმე; ტალღის ტრანსფორმაცია.

შაკ 693.54

ბეატონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციებში რღვევის პროცესის გამოკვლევა ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდით. გ. დალაქიშვილი, ხ. ხაზალია, მ. სანიკიძე, გ. ნოსელიძე, დ. ხიმშიაშვილი // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 76-83.

რეზიუმე: განხილულია ექსპერიმენტული კვლევა, რომლის საშუალებითაც დგინდება ბზარმედგობის ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებლის – K_{IC} -ს მნიშვნელობა ისეთ აქტუალურ სამშენებლო მასალაში, როგორიც ცემენტია. ცდა ჩატარებულია ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდით M-400 მარკის პორტლანდცემენტისაგან დამზადებული პრიზმის ფორმის მქონე ძეგლებზე. აღწერილია აღნიშნული ექსპერიმენტის მსვლელობა, სიზუსტე და მნიშვნელობა სამშენებლო საქმიანობაში.

საკვანძო სიტყვები: ფენომენოლოგია; კონტინუალური; დაძაბულობის ინტენსიურობის კოეფიციენტი; ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრია; He-Ne ლაზერი.

შაკ 621.227.3

წნევის ნახარდის სიდიდის განსაზღვრა მილსადენში ჰიდრაულიკური დარტყმისას. მ. თოფურია, ა. სურმავა // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 84-89.

რეზიუმე: განხილულია სითხის დაწნევითი მოძრაობა მილებში საკეტის მყისი დაკეტვისას, რომლის შედეგად იცვლება წნევა და, შესაბამისად, სიჩქარე დროის მცირე მონაკვეთში და ადგილი აქვს ჰიდრაულიკური დარტყმის მოვლენას.

საანგარიშო ფორმულის მისაღებად გამოყენებულია მოძრაობის რაოდენობის ფორმულა, რომლის თანახმად დროის გარკვეულ მონაკვეთში მოძრაობის რაოდენობის ნახარდი ძალების იმპულსების პროექციათა ჯამის ტოლია მოძრაობის მიმართულებაზე.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდრაულიკური დარტყმა; სადაწნეო მოძრაობა.

წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვის ახალი გამოსახულება, რომელიც მასალის ტენშემცველობას ითვალისწინებს. ა. საყვა-რელიძე // ჰიდროინჟინერია, №1-2(21-22), 2016, გვ. 90-94.

რეზიუმე: ექსპერიმენტებით შესწავლილია სხვადასხვა ტენშემცველობის წვრილმარცვლოვანი ბეტონის ცოცვადობის საკითხი კუმშვისას, გაჭიმვისა და გრეხისას. დადგენილია კომპოზიტის კუმშვა-გაჭიმვის და ძვრის ცოცვადობის ბირთვები. ცოცვადობის ბირთვებს შორის კავშირის შემუშავებული ფორმულით გამოთვლილია წვრილმარცვლოვანი ბეტონის მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვები, მასალის სხვადასხვა ტენშემცველობის დროს.

შემუშავებულია კომპოზიტის მოცულობითი ცოცვადობის ბირთვის ახალი გამოსახულება, ლოგარითმული ფუნქციების გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: ცოცვადობა; მოცულობა; ძვრა; კუმშვა; გაჭიმვა; ბირთვი; ლოგარითმი; ფუნქცია; ტენშემცველობა; გამოსახულება.

SUMMARIES

UDC 628.1.034

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE TECHNICAL PROCESSES OF WATER TREATMENT. **Z. Tsikhelashvili, G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 6-8.

Summary: The Harrington psycho-physical scale, which establishes the dependence of the desirability function on the variable physical parameters is used, as optimisation method for controlling of water treatment processes. There is described the quality of the water with multiple constituent components. The proposed method can be used for improving the operational efficiency of water treatment plants of sewerage systems.

Key words: Harrington psycho-physical scale, water quality, water treatment, control optimisation.

UDC 628.16

ABOUT SIMULATION MODELLING OF WATER PURIFICATION PROCESS. **G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili, N. Soselia** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 9-17.

Summary: On the basis of the theory of general system analysis, complex discrete process of water treatment has been studied and classified. The integral conceptual scheme of investigation and simulation of the complex water treatment process based on the principles of the general system approach has been introduced.

Key words: water treatment; water treatment plant; simulation.

UDC 551.49

CLASSIFICATION AND TERMINOLOGY OF WATER EROSION PRODUCTS. **Z. Danelia, M. Topuria** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 18-22.

Summary: this article is dedicated to classification of any erosion products and introduction of terminologies in Georgian hydrological researches and in similar fields.

Key words: alluvion; sediments; paralluvion; proalluvion; suspension deposit.

UDC 691.32

INFLUENCE OF MOISTURE CONTAINMENT AND TIME ON COEFFICIENT POISSON OF FINE CONCRETE. **A. Sakvarelidze, N. Narimanidze, N. Gudushauri** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 23-28.

Summary: There are investigated the issues of creep of fine concrete with different moisture containment in stress, tension and torsion. In experiments the specimens had humidity 4,7; 2,7; 2,2 and 1,0% (by mass).

The experiment has shown, that stress-tension and shear creep nucleus of specimens is increased in proportion to moisture containment.

Creep nucleus are determined by theoretical treatment of the results of experiment.

Appropriate formulation of creep nucleus application is determined by Poisson coefficients.

There is proved, that coefficient Poisson practically do not alter in time and moisture containment. coefficient is constant.

Key words: creep; nucleus; pressure; tension; moisture containment; shear creep nucleus; poisson coefficient.

UDC 631.626.3

DETERMINING OF THE DISTANCE BETWEEN DRAINAGE CANALS OF THREE-STAGE COMBINED DRAINAGE SYSTEMS. **G. Gavardashvili, M. Guguchia** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 29-35.

Summary: Within the wetland regions of Georgia, in order to improve the local social and economic conditions, methods for determination of distance between three-stage combined drainage canals and specific examples for defining the number of vents on the drainage pipes, have been conducted.

Key words: Kolkheti lowland, three-stage combined drainage.

UDC 621.317.36

DETERMINATION OF MAXIMUM AMPLITUDE OF CATASTROPHIC WAVES USING LOCAL NON-STATIONNARY METHODS. **L. Ghogheliani, E. Khatishvili, Z. Askurava, G. Mchedlishvili** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 36-41.

Summary: There is considered the process of formation of catastrophic waves in the water reservoirs under the influences of mud streams, avalanches and land-slides.

For the basement of theoretical research there is used the theory of local instability, which is based on the basic equations of non-stationary hydraulics.

Key words: catastrophic waves; local; non-stationary; amplitude of waves; hydraulic spring

UDC 628.3

MAGNITUDE OF STORM WATER DRAINAGE COLLECTOR. **N. Natsvlishvili, M. Natsvlishvili** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 42-45.

Summary: There is considered issue of estimation sizes (capacity) collectors (tunnels) necessary for storm water drainage on the example of the characteristics of flood of 13-14 June 2015 on the river Vere in Tbilisi. There is determined rain reporting flaw and analyzed water quality in a variety of capacity speeds time. There is recommended reconstruction of tunnel to increase the limited capacity.

Key words: intensivity of rain; collector; single overflow period of collector; expense reporting; capacity.

UDC 628.81:697.3

FLOOR HEATING SYSTEMS IN ANCIENT CIVILIZATIONS. **O. Purtseladze, N. Mepaishvili, I. Denisova** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 46-52.

Summary: The article deals with the underfloor heating systems of ancient civilizations, the emergence and development of these systems in Europe and in Asia. Described Korean ondol heating system existing in the III century BC and the system of hypocaust discovered during archaeological excavations in Georgia, Dzalisi dated I-IV centuries AD.

Key words: warm floor; ondol; Dzalisi; hypocaust.

UDC 697

FEATURES OF THE MICROCLIMATE OF THE ORTHODOX CHURCHES. **O. Purtseladze, N. Meparishvili, I. Denisova** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 53-59.

Summary: In the orthodox churches the main factor of comfort is the microclimate in the premises of the temple. The problem with microclimate is especially acute during religious holidays, when the number of parishioners, sometimes exceeds the estimated number. In case of wrong calculation, or allocation of heating and ventilation systems, the temperature and humidity may increase; high humidity induces moisture of walling and the occurrence of condensation, it causes discomfort to the parishioners, as well as causes deterioration of wall paintings and other elements of decoration. There is discussed the factors, that allow condensation. There is arisen question of the influence of the correct calculation of thermal resistance of enclosing structures, to maintain the required parameters of the microclimate.

Key words: ventilation of a church; to fall out condensate; temperature of internal surface; dew point.

UDC 628.113

ESTIMATION OF ACTUAL CONSUMPTION OF WATER BY TBILISI POPULATION.

G. Soselia, A. Davitashvili, L. Klimiashvili, N. Soselia // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 60-62.

Summary: Tbilisi water supply and sanitation project considers rehabilitation of water supply system, based on the results of the pilot project, carried out in the scope of the project preparation activities and aimed estimation of actual consumption of water by Tbilisi population, evaluation of leakages from domestic sector, transmission mains and distribution network.

Bulk and combined water meters were installed at the selected main and distribution network and, finally, leakages per km of transmission main and distribution network was calculated.

The studies have shown that:

- High pressures on connections cause increase in amount of leakages per capita (L/per capita/day);
- Leakages increase the, risk of damages to buildings.
- Decrease in amount of leakages from transmission mains and distribution network would reduce production of water and subsequently cost of power energy used by pumping stations.

Results of the pilot project will be used by international and local consultants in order to identify future investment projects for water supply rehabilitation, which would improve supply of water to the population of Tbilisi.

Key words: water supply of Tbilisi, leakages, water resources per capita, water losses, flow meters, water meters.

UDC 634.8:581.54

PECULIARITY OF DETERMINATION OF VINE'S WATER REQUIREMENT. **T. Odilavdze, K. Bziava, I. Inashvili, A. Davitashvili** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 63-68.

Summary: Among the many natural and climatic factors affecting the dynamic processes of agricultural crop development a special significance acquires such climate index, as evapotranspiration (ET). Determining factors of evapotranspiration for the different climatic conditions are key indicators of water requirement and its optimal productivity for agricultural crops.

For determination of the vine evapotranspiration was used Blaney-Criddle method according to which with high accuracy were determined Regulated Deficient Irrigation (RDI) of vine's crop.

On the basis of the 2013 experiment using the method of L. Williams at the experimental plot of the Georgian Agrarian University for the vine breed "Rkatziteli" we identified the crop coefficient (K_c) and respectively its water requirement during the crop growing season.

Key words: evapotranspiration, coefficient of biological water demand, regulated deficient irrigation.

UDC 626. 9

CALCULATION OF LONG WAVES IN THE EQUATORS OF RIVER ESTUARY.

M. kodua // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 69-75.

Summary: There is presented asymptotic solution for the propagation of long waves in the equator of the river estuary, as the initial use of linear shallow water equations. It is shown, that in the depth decreases the propagation of waves in the direction of the mouth of the river, the river flowing reduces the growth rate of wave heights and at the same time will prevent a reduction of its length. The obtained relations show, that the transformation of the wave-length depends not only on the parameters of the river flow and depths of the river, but also on the frequency of the wave oscillation.

Key words: estuary; long waves; the speed of the river stream; variable depth; wave transformation.

UDC 693.54

INVESTIGATION OF DESTRUCTION PROCESS OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE BY HOLOGRAPHIC INTERFEROMETER METHOD. **G. Dalakishvili, K. Khazalia, M. Sanikidze, G. Soselidze, D. Khimshiashvili** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 76-83.

Summary: There is considered experimental research, with the help of that there was established one of the main components K_{lc} – crack stableness in such actual building material, what is cement. There were carried out tests by the holographic interferometer method on the prismatic bars, made from portland cement of mark M-400. There is described the meaning of this experiment, its exactness and turned out how much is important use this method in building work.

Key words: phenomenology; coefficient of tension intensity; holographic interferometer; He-Ne Laser.

UDC 621.227.3

DETERMINATION OF VALUE OF PRESSURE INCREASING IN THE PIPE AT THE MOMENT OF WATER-HAMMER. **M. Topuria, A. Surmava** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 84-89.

Summary: There is considered crowding motion of water in pipes in case of momentary closing of tap (stopcock), after what, elementary particles of fluid are accomplished damped surging. Together with this there will be changed pressure and accordingly velocity of flow in very small interval of time.

For the getting calculative dependence there was used theorem of quantity of motion, according which increasing of speed in very small interval of time is equal to sum of projection of impulses of force on the direction of movement

Key words: water hammer; pressure flow.

THE THEORETICAL DEPENDENCE OF VOLUME CREEPING NUCLEOS OF FINE-GRAINED CONCRETE, CONSIDERING THE MOISTURE CONTAINMENT OF MATERIALS. **A. Sakvarelidze** // Hydroengineering. №1-2(21-22), 2016, p. 90-94.

Summary: There are investigated the issues of creeping of fine-grained concrete with different moisture containment in pressing, tension and torsion.

The experiment has shown, that creeping of specimens is increased in proportion to moisture containment. Pressing-tension and shear- creeping of nucleuis are determined by treatment of the results of experiments.

The theoretical dependence of volume creeping nucleus of fine-grained concrete, considering the materials moisture containment at permanent age and temperature has been elaborated.

Key words: creeping; volume; shear- pressing; tension; nucleos; logarithm; function; moisture containment; representation.

РЕФЕРАТЫ

УДК 628.1.034

К ВОПРОСУ ОБ УЛУЧШЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ.

Цихелашвили З.И., Соселия Г.А., Давиташвили А.Н., Климиашвили Л.Д. // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 6-8.

Резюме: Для улучшения процессов очистки воды была использована психофизическая шкала Харрингтона, которая устанавливает зависимость между функцией желательных и имеющихся переменных, используемых для контроля этого процесса. Были описаны компоненты определения качества воды.

Предложенный метод можно использовать для улучшения операционной эффективности очистительной станции сточных вод.

Ключевые слова: психофизическая шкала Харрингтона; качество воды; очистка воды; улучшение контроля.

УДК 628.16

ОБ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ.

Соселия Г.А., Давиташвили А.Н., Климиашвили Л.Д., Соселия Н.Г. // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 9-17.

Резюме: На основании теории общего системного анализа был изучен и классифицирован комплексный процесс обработки воды. Предложена интегрированная концептуальная схема процесса обработки воды, которая основана на общих подходах системного анализа.

Ключевые слова: очистка воды; станции очистки воды; симуляция.

УДК 551.49

КЛАССИФИКАЦИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ.

Дanelia З.Н., Топурия М.В. // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 18-22.

Резюме: Статья посвящена классификации продуктов любых эрозий и внедрению специальной терминологии в грузинские гидрологические исследования, ее использованию в научной литературе этой отрасли.

Ключевые слова: аллювий; осадки; парааллювий; проаллювий; взвешенный нанос.

УДК 691.32

ВЛИЯНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ И ВРЕМЕНИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПУАССОНА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА. **Сакварелидзе А.В., Нариманидзе Н.М., Гудушаури Н.А.** // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 23-28.

Резюме: Исследованы вопросы ползучести мелкозернистого бетона различного влагосодержания при кручении, сжатии и растяжении. Установлены ядра ползучести растяжения-сжатия и сдвига образцов различного влагосодержания. Во время испытаний образцы имели влажность 4,7; 2,7; 2,2 и 1,0% (по массе). Доказано, что ядра ползучести мелкозернистого бетона увеличиваются пропорционально влагосодержанию материала.

Разработанной формулой по данным ядер ползучести композита определены коэффициенты Пуассона. Установлено: коэффициент Пуассона не зависит от влажности материала и длительности нагружения. Коэффициент Пуассона является величиной постоянной $\nu = const$.

Ключевые слова: ползучесть; ядро; сжатие; растяжение; влагосодержание; коэффициент Пуассона.

УДК 631:626.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ДРЕНАМИ В КОМБИНИРОВАННЫХ ТРЕХЪЯРУСНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМАХ. **Гавардашвили Г.В., Гугучия М.М.** // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 29-35.

Резюме: В регионах Грузии, где наблюдается повышенная влажность (в том числе на Колхетской низменности), для улучшения жизни населения в работе представлен метод определения расстояния между дренами в трехъярусных комбинированных дренажных системах, а также представлен пример расчета количества отверстий на дренажных трубах.

Ключевые слова: Колхетская низменность; трехъярусный комбинированный дренаж.

УДК 621.317.36

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ АМПЛИТУДЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА «ЛОКАЛЬНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ». **Гогелиани Л.Д., Хатиашвили Э.Б., Аскурава З.И., Мchedlishvili Г.М.** // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 36-41.

Резюме: Рассмотрены процессы волнообразований в водоемах при селевых и оползневых-обвальных ударных воздействиях, при которых существует опасность возникновения катастрофических волн.

За теоретическую основу принята теория локальной нестационарности, которая, в свою

очередь, основывается на общих уравнениях нестационарной гидравлики в форме Сен-Венана - Буассинеса.

Ключевые слова: катастрофические волны; амплитуда локальной нестационарной волны; гидравлический скачок.

УДК 628.3

К ОЦЕНКЕ ВЕЛИЧИНЫ ЛИВНЕВОГО ВОДООТВОДЯЩЕГО КОЛЛЕКТОРА. **Нацвлишвили Н.В., Нацвлишвили М.Н.** // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 42-45.

Резюме: Рассмотрен вопрос оценки размеров (пропускной способности) коллекторов (тоннелей) необходимых для отвода ливневых вод на примере характеристики наводнения 13-14 июня 2015 года на реке Вере в г. Тбилиси. Определена величина расчетного расхода дождя и проанализирована степень пропускной способности существующего тоннеля при различных скоростях течения воды. Рекомендована реконструкция тоннеля с целью увеличения его пропускной способности.

Ключевые слова: водоотводящий коллектор; пропускная способность; ливневые воды.

УДК 628.81:697.3

СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПОЛАМИ В ДРЕВНИХ ЦИВИЛИЗАЦИЯХ. **Пурцеладзе О.Г., Мепаришвили Н.М., Денисова И.А.** // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 46-52.

Резюме: Рассматриваются системы отопления полами в древних цивилизациях, зарождение и развитие этих систем как в Европе, так и в странах Азии. Описана корейская система отопления—ондол, существующая в III веке до нашей эры, и система гипокауста, обнаруженная при археологических раскопках в Грузии на территории Дзалиси, датированная I-IV вв нашей эры.

Ключевые слова: теплый пол; ондол; Дзалиси; гипокауст.

УДК 697

ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛИМАТА ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ. **Пурцеладзе О.Г., Мепаришвили Н.М., Денисова И.А.** // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 53-59.

Резюме: православных храмах главным фактором комфорта является микроклимат внутри помещения. Особенно остро проблемы с микроклиматом возникают во время церковных праздников, когда количество прихожан порой превышает расчетные значения. В случае неправильного расчета или устройства системы отопления и вентиляции в

помещении храма, может повыситься температура и влажность. Высокая влажность может вызвать на внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции образование водяных паров (конденсата). Водяные пары доставляют дискомфорт прихожанам, а также являются причиной порчи настенной живописи и других элементов убранства. В данной статье рассматриваются факторы, при которых возможно выпадение конденсата. Поднимается вопрос влияния правильного расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций для поддержания требуемых параметров микроклимата.

Ключевые слова: вентиляция храма; выпадение конденсата; температура внутренней поверхности; относительная влажность; точка росы.

УДК 628.113

ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ НАСЕЛЕНИЕМ ТБИЛИСИ.
Соселия Г.А., Давиташвили А.Н., Климиашвили Л.Д., Соселия Н.Г. // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 60-62.

Резюме: Проект водоснабжения и канализации Тбилиси предполагает фактическое количество потребляемой воды населением Тбилиси на основании проведенных исследований, оценка количества утечек как в этом секторе, так и в магистральной и дистрибуционной сети.

В подобранных участках магистральной дистрибуционной сети был сделан монтаж объемных и комбинированных водомеров и было вычислено количество утечек на каждом километре. Исследования показали, что:

- в точках соединения труб высокое давление вызывает повышение утечек на душу населения (л / на душу населения / в день).
- увеличение утечки повышает риски подтопления зданий .
- ликвидация утечек в магистральной и дистрибуционной сети вызывает уменьшение количества подачи воды и соответственно уменьшение затрат использованной электроэнергии в насосных станциях.

Итоги проекта в будущем будут использованы международными и местными консультантами в инвестиционных проектах реабилитации системы водоснабжения, что улучшит подачу воды населению Тбилиси.

Ключевые слова: водоснабжение Тбилиси; утечки; ресурсы воды на душу населения; потери воды; водомеры; расходомеры.

УДК 634.8:581.54

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ.

Одилавадзе Т.В., Бзиава К.Г., Инашвили И.Д., Давиташвили А.Н. // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 63-68.

Резюме: Среди многочисленных природно-климатических факторов, влияющих на динамические процессы развития сельскохозяйственных культур, особую значимость приобретает такой климатический показатель, каковым является эвапотранспирация (суммарное испарение). Эвапотранспирация и обеспечивающие ее факторы, для разных климатических условий, являются основными показателями определения водопотребности и ее оптимальной продуктивности для сельскохозяйственных культур.

Для определения эвапотранспирации виноградной лозы нами был использован метод Х. Блини-В. Криддла, с помощью которого с высокой точностью были определены значения регулирующего дефицита ирригации виноградной лозы.

На основе проведенного в 2013 году эксперимента на полигоне Грузинского аграрного университета, с использованием метода Л. Вильямса, для виноградной лозы сорта «Ркацители» мы определили коэффициенты биологической водопотребности и соответственно, ее водопотребность в период вегетации.

Ключевые слова: эвапотранспирация; коэффициент биологической водопотребности; регулируемый дефицит ирригации.

УДК 626. 9

РАСЧЕТ ДЛИННЫХ ВОЛН В АКВАТОРИИ РЕЧНЫХ УСТЬЕВ. Кодуа М.А.

// Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 69-75.

Резюме: Рассмотрена задача расчета волн в акваториях речных устьев, которая, в отличие от существующих энергетических моделей, непосредственно опирается на аналитическое решение линейного уравнения изменчивости волнового движения в глубинных отдельных потоках.

Показано, что вблизи речного устья, в малых морских глубинах, течение рек затруднено как интенсивным ростом высоты волн, так и уменьшением их длины.

Полученные результаты показали, что длина волны зависит не только от параметров течения реки и глубины моря, но и от частоты волновых колебаний.

Ключевые слова: устье реки; длинная волна; скорость течения; переменная глубина; трансформация волны.

УДК 693.54

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ. Далакишвили Г.Л., Хазалия К.Р., Саникидзе Г.С, Химшиашвили Д.Б. // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 76-83.

Резюме: Проведено экспериментальное исследование, с помощью которого был установлен один из главных компонентов - K_{Ic} – трещиностойкости в таком актуальном строительном материале каким является цемент. Опыт проводился методом голографической интерферометрии на брусках призмы, изготовленной из портландцемента марки М-400. Описаны ход этого эксперимента, его точность и выяснено насколько важно применение этого метода в строительном деле.

Ключевые слова: феноменология; континуальный; коэффициент напряженности интенсивности; голографическая интерферометрия; лазер He-Ne.

УДК 621.227.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБЕ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ УДАРЕ. Топурия М.В., Сурмава А.Г. // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 84-89.

Резюме: Рассматривается напорное движение жидкости в трубе в случае мгновенного закрытия крана, вследствие которого частицы жидкости совершают затухающие колебания, одновременно с которыми будут изменяться давление и соответственно скорость за весьма малый промежуток времени. Для получения расчетной зависимости используется теорема о количестве движения, согласно которой приращение последней за некоторый промежуток времени равно сумме проекций импульсов сил на направление движения. Отмечено, что при гидравлическом ударе повышение напора в трубопроводе равно $(\nu c/g)$, где ν – скорость, скорости распространения ударной волны.

Ключевые слова: гидравлический удар; напорное движение.

УДК 691.32

НОВАЯ ФОРМУЛА ОБЪЕМНОГО ЯДРА ПОЛЗУЧЕСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА, КОТОРАЯ УЧИТЫВАЕТ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ МАТЕРИАЛА. Сакварелидзе А.В. // Гидроинженерия, №1-2(21-22), 2016, с. 90-94.

Резюме: Исследованы вопросы ползучести мелкозернистого бетона при сжатии, растяжении и кручении.

На основании определенных параметров ползучести композита установлены ядра

объемной ползучести мелкозернистого бетона различного влагосодержания. Разработана новая теоретическая формула объемного ядра ползучести, которая учитывает влагосодержание материала. Определены константы в формуле для композита различного влагосодержания.

Ключевые слова: ползучесть; объем; сдвиг; сжатие; растяжение; ядро; логарифм; функция; влагосодержание; формула.

რედაქტორები: ლ. მამალაძე, დ. ქურიძე, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ე. ქარჩავასი

გადაეცა წარმოებას 01.07.2016 ხელმოწერილია დასაბეჭდად 20.07.2016
ქაღალდის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 7.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77

