

ISSN 1829-488X

ISSN online 1829-4898

**ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ԲԱՐՁՐ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ**

**ИЗВЕСТИЯ
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**BULLETIN
OF HIGH TECHNOLOGY**



2 (34)/2025

ԵՐԵՎԱՆ – YEREVAN

2025

ԲԱՐՁՐ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

ИЗВЕСТИЯ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

BULLETIN OF HIGH TECHNOLOGY

ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՂ ԽՈՐՀՈՒՐԴ

Ավետիսյան Վահան (տ.գ.դ., ՀՀ), Բալյան Պարգև (տ.գ.դ., ՀՀ), Թոքմաջյան Հովհաննես (տ.գ.դ., գլխավոր խմբագիր, ԱՀ), Թոքմաջյան Վաչե (տ.գ.դ., ՀՀ), Մարկոսյան Աշոտ (տ.գ.դ., ՀՀ), Մարկոսյան Մհեր (տ.գ.դ., ՀՀ), համակարգող խորհրդի նախագահ), Մինասյան Ռոբերտ (եր.գ.դ., ՀՀ), Վարդանյան Արևշատ (տ.գ.դ., ՌԴ):

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Аветисян Ваан (д.т.н., РА), Балджян Паргев (д.т.н., РА), Вартанян Аревшад (д.т.н., РФ), Маркосян Ашот (д.э.н., РА), Маркосян Мгер (д.т.н., РА), председатель координационного совета), Минасян Роберт (д.геол.н., РА), Токмаджян Ваче (д.т.н., РА), Токмаджян Оганес (д.т.н., главный редактор, РА).

COORDINATION BOARD

Avetisyan Vahan (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Baljyan Pargev (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Markosyan Ashot (Doctor of Sciences (Economics), RA), Markosyan Mher (Doctor of Sciences (Engineering), RA, Chairman of the Coordinating Council), Minasyan Robert (Doctor of Sciences (Geology), RA), Tokmajyan Hovhannes (Doctor of Sciences (Engineering), Chief Editor, RA), Tokmajyan Vache (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Vartanyan Arevshad (Doctor of Sciences (Engineering), RF).

ԽՐԱԳՐԱԿԱՆ ԽՈՐՀՈՒՐԴ

Ազիզյան Լևոն (տ.գ.թ., ՀՀ), Ավետիսյան Վալերի (գ.գ.դ., ՀՀ), Աղաջանյան Արմեն (բ.գ.դ., ՀՀ), Աղայան Արարատ (արվեստագիտության դոկտոր, ՀՀ), Ավետիսյան Վահան (տ.գ.դ., ՀՀ), Բալյան Պարգև (տ.գ.դ., ՀՀ), Բերդնիկ Տատյանա (փ.գ.թ., ՌԴ), Գագոշիձե Շավա (տ.գ.դ., Վրաստան), Գասպարյան Մարիետտա (ճ.դ., ՀՀ), Գավարդաշվիլի Գիվի (տ.գ.դ., Վրաստան), Գոլով Ռոման (տ.գ.դ., ՌԴ), Գվիշիանի Ջուրաբ (տ.գ.թ., Վրաստան), Դարայան Տիգրան (տ.գ.դ., ՀՀ), Եղիազարյան Գուրգեն (գ.գ.դ., ՀՀ), Թոքմաջյան Սարգիս (ճ.դ., ՀՀ), Թոքմաջյան Վիգեն (բ.գ.դ., ՀՀ), Թոքմաջյան Վաչե (տ.գ.դ., ՀՀ), Թոքմաջյան Հովհաննես (տ.գ.դ., գլխավոր խմբագիր, ՀՀ), Ժիլակտկատկեն Բնա (տ.գ.թ., Լիտվա), Խաչատրյան Արարատ (ՖՖ.գ.դ., ՀՀ), Կիրակոսյան Լուսինա (ճ.դ., ՀՀ), Կարոսյանյան Համետ (տ.գ.դ., ՀՀ), Հովհաննես Նորայր (տ.գ.թ., ՀՀ), Ղազարյան Էդուարդ (ՖՖ.գ.դ., ՀՀ), Մարգարյան Արթուր (տ.գ.դ., ՀՀ), Մարկոսյան Աշոտ (տ.գ.դ., ՀՀ), Մարկոսյան Մհեր (տ.գ.դ., ՀՀ), Մելիքյան Անդրեաս (գ.գ.դ., ՀՀ), Մելիքյան Վաչե (ՖՖ.գ.դ., ՀՀ), Մինասյան Ռոբերտ (երկ.գ.դ., ՀՀ), Միրզախանյան Արամ (բ.գ.թ., ՀՀ), Միրզախանյան Նվեր (ճ.դ., ՀՀ), Միսակյան Էդգար (տ.գ.թ., ՀՀ), պատասխանատու քարտուղար), Մոսիսյան Յուրի (գ.գ.դ., Բելառուս), Ներսիսյան Վարեն (տ.գ.թ., ՀՀ), Ուլմա Արամ (տ.գ.թ., Լեհաստան), Պողոսյան Մանվել (տ.գ.դ., ՀՀ), Ռայչիկ Մարկոսյան (տ.գ.դ., Լեհաստան), Ռայչիկ Յարոսլավ (տ.գ.դ., Լեհաստան), Սահակյան Սամվել (կ.գ.դ., ՀՀ), Սահակյան Վալերի (տ.գ.թ., ՀՀ), Սայադյան Խաչիկ (թժ.գ.դ., Գերմանիա), Սարգսյան Սերգի (բ.գ.դ., ՀՀ), Սարգսյանյան Արտուր (տ.գ.դ., ՀՀ), Վարդանյան Արևշատ (տ.գ.դ., ՌԴ), Տեր-Մինասյան Մանուշ (ճ.դ., ՀՀ), Փանոսյան Հովհան (կ.գ.դ., ՀՀ):

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Агасян Арарат (доктор искусствоведения, РА), Аветисян Ваан (д.т.н., РА), Агаджанян Армен (д.х.н., РА), Азизян Левон (к.т.н., РА), Алексанян Валери (д.с/х.н., РА), Арутюнян Гамлет (д.т.н., РА), Балджян Паргев (д.т.н., РА), Бердник Татьяна (к.ф., РФ), Вартанян Аревшад (д.э.н., РФ), Гавардашвили Гиви (д.т.н., Грузия), Гагошидзе Шалва (д.т.н., Грузия), Гаспарян Мариетта (д.арх., РА), Гвишиани Зураб (к.т.н., Грузия), Голов Роман (д.э.н., РФ), Дадаян Тигран (д.т.н., РА), Егиазарян Гурген (д.с/х.н., РА), Живаткаускаене Ина (к.т.н., Литва), Казарян Эдуард (д.ф-м.н., РА), Киракосян Люба (д.арх., РА), Маргарян Альберт (д.т.н., РА), Маркосян Ашот (д.э.н., РА), Маркосян Мгер (д.т.н., РА), Меликян Андреас (д.с/х.н., РА), Меликян Вагген (д.ф-м.н., РА), Микаелян Арам (к.х.н., РА), Микаелян Нвер (к.арх., РА), Минасян Роберт (д.геол.н., РА), Мисакян Эдгар (к.т.н., РА, ответственный секретарь), Можайский Юрий (д.с/х.н., РБ), Нерсисян Карен (к.э.н., РА), Овумян Норайр (к.т.н., РА), Паносян Овик (д.б.н., РА), Погосян Манвел (д.т.н., РА), Райчик Марлена (д.т.н., Польша), Райчик Ярослав (д.т.н., Польша), Саакян Владимир (к.т.н., РА), Саакян Самвел (д.б.н., РА), Саргсян Сержик (д.х.н., РА), Саруханян Арестарк (д.т.н., РА), Саядян Хачик (д.мед.н., Германия), Тер-Минасян Ануш (кандидат арх., РА), Товмасян Саргис (д.арх., РА), Токмаджян Ваче (д.т.н., РА), Токмаджян Оганес (д.т.н., главный редактор, РА), Топузян Виген (д.х.н., РА), Уйма Адам (к.т.н., Польша), Хачатрян Агавард (д.ф-м.н., РА).

EDITORIAL BOARD

Aghasyan Ararat (Doctor of Fine Art, RA), Aghajanyan Armen (Doctor of Sciences (Chemistry), RA), Aleksanyan Valeri (Doctor of Sciences (Agriculture), RA), Avetisyan Vahan (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Azizyan Leon (Candidate of Sciences (Engineering), RA), Baljyan Pargev (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Berdnik Tatiana (PhD (Philosophy), RF), Dadayan Tigran (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Gagoshidze Shalva (Doctor of Sciences (Engineering), Georgia), Gasparyan Marietta (Doctor of architecture), RA), Gavardashvili Givi (Doctor of Sciences (Engineering), Georgia), Ghazaryan Eduard (Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), RA), Golov Roman (Doctor of Sciences (Economics), RF), Gvishiani Zurab (PhD (Engineering), Georgia), Harutyunyan Hamlet (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Hovumyan Norayr (Candidate of Sciences (Engineering), RA), Khachatryan Aghavard (Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), RA), Kirakosyan Lyuba (Doctor of architecture), RA), Margaryan Albert (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Markosyan Ashot (Doctor of Sciences (Economics), RA), Markosyan Mher (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Melikyan Andreas (Doctor of Sciences (Agriculture), RA), Melikyan Vazgen (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Mesropyan Susanna (Executive Secretary, RA), Mikaelyan Aram (Candidate of Sciences (Chemistry), RA), Mikayelyan Nver (Candidate of architecture), RA), Minasyan Robert (Doctor of Sciences (Geology), RA), Misakyan Edgar (Candidate of Sciences (Engineering), RA, Executive Secretary), Mozhaisky Yuri (Doctor of Sciences (Agriculture), RB), Nersisyan Karen (Candidate of Sciences (Economics), RA), Panosyan Hovik (Doctor of Sciences (Biology), RA), Poghosyan Manvel (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Rajczyk Jaroslaw (Doctor of Sciences (Engineering), Poland), Rajczyk Marlena (Doctor of Sciences (Engineering), Poland), Sahakyan Samvel (Doctor of Sciences (Biology), RA), Sahakyan Vladimir (Candidate of Sciences (Engineering), RA), Sargsyan Serzhik (Doctor of Sciences (Chemistry), RA), Sarukhanyan Arestak (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Sayadyan Khachik (Doctor of Sciences (Medical), Germany), Tokmajyan Hovhannes (Doctor of Sciences (Engineering), Chief editor, RA), Ter-Minasyan Anush (Candidate of architecture, RA), Tokmajyan Vache (Doctor of Sciences (Engineering), RA), Topuzyan Vigen (Doctor of Sciences (Chemistry), RA), Tovmasyan Sargis (Doctor of architecture, RA), Ujma Adam (PhD (Engineering), Poland), Vartanyan Arevshad (Doctor of Sciences (Economics), RF), Yeghiazaryan Gurgan (Doctor of Sciences (Agriculture), RA), Živatkauskene Ina (Candidate of Sciences (Engineering), Lithuania).

Տեղեկագիրը հրատարակվում է Ակադեմիկոս Ի.Վ.Եղիազարովի ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի, Հիդրավիկական հետազոտությունների հայկական ազգային ասոցիացիայի, Երևանի կապի միջոցների գիտահետազոտական ինստիտուտի և Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարանի կողմից: Հիմնադրվել է 2016թ.: Լոյս է տեսնում տարեկան 4 անգամ:

Известия издают институт водных проблем и гидротехники им. академика И.В. Егиазарова, Армянская национальная ассоциация по гидравлическим исследованиям, Ереванский научно-исследовательский институт средств связи и Шушинский технологический университет. Основан в 2016г. Издаётся 4 раза в год.

Bulletin is published by Yerevan Institute of Water Problems and Hydro-Engineering Named After I.V. Yeghiazarov, National Association of Hydraulic Research, Yerevan telecommunication research institute, Shushi university of technology. Established in 2016. Published 4 times a year.

Տեղեկագիրն ընդգրկված է դոկտորական և թեկնածուական ատենախոսությունների համար ընդունելի հանդեսների ցանկում:

Известия высоких технологий включена в список журналов приемлемых для докторских и кандидатских диссертаций.

Bulletin is included in the list of journals for doctoral and PhD dissertations adopted by HESC of the Republic of Armenia.

Գրանցման վկայականի համար՝ 211.171.05236

Տպարանակ՝ 101 օրինակ:

Պատվեր թիվ 37:

Ստորագրված է տպագրության՝ 29.07.2025թ.

Թողոր՝ օֆսեր: Ծավալը մամուլ 18,75:

e-mail: info@bulletin.am

Հասցե՝ Երևան, 0011, Արմենական փ. 125/3

Адрес: Ереван, 0011, ул. Арменакаяна 125/3

Address: 125/3, Armenakyan Street, Yerevan

Tel. (+374) 93 00 10 30

Url: www.bulletin.am

ISSN 1829-488X, ISSN online 1829-4898

© Բարձր տեխնոլոգիաների տեղեկագիր, 2025

© Известия высоких технологий, 2025

© Bulletin of High Technology, 2025

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachaturyan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

UDC – 626.823.69:626.823.6.4

**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC
STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND PREVENTIVE
METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

Ashot Kh. Markosyan

Armenian State University of Economics

e-mail: ashotmarkos@rambler.ru

ORCID iD: 0000-0002-5077-4253

Republic of Armenia

Vahagn G. Khachaturyan

Political, Legal and Economic Researches and Forecasting NGO

125 Armenakyan St., 0011, Yerevan

e-mail: vahagnkhachaturyan7@gmail.com

ORCID iD: 0000-0003-0412-9170

Republic of Armenia

Pargev H. Baljyan

Institute of Water Problems and Hydro-Engineering

Named After I.V. Yeghiazarov

125/3 Armenakyan St., 0011, Yerevan

e-mail: baljyan-1951@list.ru

ORCID iD: 0000-0002-8936-2547

Republic of Armenia

Albert Ya. Margaryan

Institute of Water Problems and Hydro-Engineering

Named After I.V. Yeghiazarov

125, Armenakyan St., 0011, Yerevan

e-mail: albertmargaryan39@gmail.com

ORCID iD: 0000-0002-3846-0657

Republic of Armenia

Grigor S. Gabayan

Institute of Water Problems and Hydro-Engineering

Named After I.V. Yeghiazarov

125/3 Armenakyan St., 0011, Yerevan

e-mail: grigor.gabayan@hydroenergetica.com

ORCID iD: 0000-0001-7287-4418

Republic of Armenia

Hovhannes V. Tokmajyan

Institute of Water Problems and Hydro-Engineering

Named After I.V. Yeghiazarov

125/3 Armenakyan St., 0011, Yerevan

e-mail: tokmajyan.hovhannes@gmail.com

ORCID iD: 0000-0002-2315-7233

Republic of Armenia

<https://doi.org/10.56243/18294898-2025.2-3>

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan

ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA

Abstract

Hydraulic failures are a global problem where engineering, ecology, economics and social responsibility intersect. Development of monitoring technologies, improvement of design solutions and implementation of international safety standards are the key to reducing risks and protecting the population.

Given the large number of dams existing in the world, the safe operation of these structures takes on important social, economic and environmental significance. A dam failure can have extremely negative consequences, including large human casualties. For countries with a large number of dams, the issue of ensuring their safety becomes especially acute.

The failure of dams and other hydraulic structures causes enormous economic losses, including the costs of rebuilding infrastructure, eliminating the consequences of floods, compensating for damage to property and businesses, as well as long-term environmental costs and the costs of economic recovery. Physical modelling is a powerful tool that can be used at the end of the design phase to check that all the design criteria have been met and thus guarantee the long-term structural soundness of the structures and ensure that they will function efficiently from the hydraulic standpoint, whatever the conditions. Physical modeling is also very useful in the rehabilitation of hydraulic structures after accidents.

Keywords: dam failure, hydraulic modeling, laboratory testing, safety of facility operation.

Introduction

The socio-ecological consequences of dam failures, caused mainly by the impact of the breakthrough wave, exceed the consequences of accidents at many other engineering structures. The number of human casualties and material damage from dam failures and accidents at large hydraulic structures are comparable to the consequences of natural disasters and accidents at nuclear power plants.

Physical modelling offers a means of obtaining a technically and economically optimised design of the hydraulic structures associated with dams and hydropower schemes. In particular, it allows vortices, strong turbulence, and complex flows involving air/water mixtures to be replicated. The principal objective of the studies that on physical models is to validate and optimise the various hydraulic aspects of a dam project (new or rehabilitation), with a view to guaranteeing the degree of safety whilst avoiding any excessive oversizing. Optimisation and validation of the design of dam safety structures (flood spillways, downstream stilling basin, surge shaft, etc.) Determination of the stage/discharge relations for complex structures. Study of 3D flows on the approaches to structures to structures and in their vicinity (for example formation of vortices at the inlets to water intakes or in forebays). Study of sedimentation risks in reservoirs and with regard to water intakes, and validation of structural or operational solutions (bypasses, sediment deposition areas, flushing structures) [1].

A comprehensive analysis of international experience allows us to draw the following conclusions:

1. Damage from accidents at hydraulic structures is large-scale and multi-layered, especially in densely populated and industrial areas.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

2. Prevention is cheaper than elimination of consequences – investments in monitoring, modernization and risk management are justified in the long term.
3. New challenges – climate change, increasing number of extreme weather events, etc. require revision of design standards.
4. International cooperation and data exchange (e.g. through ICOLD) help to develop common approaches to dam safety.

The most common causes of accidents at hydraulic structures are:

- Natural disasters (floods, mudflows, earthquakes, etc.);
- Technical defects and aging of structures;
- Violations of operating rules and insufficient supervision;
- Failure of engineering systems;
- Human factor: from negligence to deliberate actions (including military ones).

The economic consequences of dam failures and accidents at large hydraulic structures include:

- **Damage to infrastructure:**

Destruction of roads, bridges, buildings, dams, power plants, water pipes and other infrastructure.

- **Losses in agriculture:**

Flooding of agricultural land, crop damage, loss of livestock, disruption of agricultural production.

- **Damage to industry:**

Destruction of industrial enterprises, stoppage of production, loss of jobs.

- **Long-term recovery costs:**

Expenses to eliminate the consequences of the flood, restore infrastructure, provide assistance to victims, compensate for damage.

- **Environmental damage:**

Water and soil pollution, disruption of ecosystems, loss of flora and fauna.

- **Social costs:**

Deaths, injuries, population displacement, psychological trauma.

The Kakhovka Dam failure affected more than 100,000 people, and long-term recovery costs are estimated at several billion dollars.

The 2010 Indus River dam collapse in Pakistan caused \$6.2 billion in damage, destroyed thousands of homes and flooded millions of hectares of farmland. Up to 895,000 homes were destroyed and more than 2 million hectares of farmland were flooded. More than 1,700 people died. The flooding affected up to 20 million people in the country, according to the UN.

The collapse of the Brumadinho Dam (Brazil, 2019), which held waste from iron ore mining (tailings pond), resulted in the death of 270 people. The environmental disaster and the shutdown of the mining company Vale S.A. cost more than US\$7 billion. This includes: payments to the families of the deceased and injured; fines and compensations; environmental costs; reputational damage; and a drop in the market value of shares. What makes this case special is the combination of environmental, economic, and legal damage, which illustrates the growing demands for business responsibility for man-made risks.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

As a result of the accident at the Sayano-Shushenskaya hydroelectric power station (Russian Federation, August 2009), 75 people died, the equipment and premises of the station were seriously damaged. The work of the station for the production of electricity was suspended. The consequences of the accident affected the environmental situation of the water area adjacent to the hydroelectric power station, and the social and economic spheres of the region. The amount of damage amounted to more than 40 billion Russian rubles.

One of the most tragic man-made disasters of the 20th century occurred in Henan Province (Banqiao, China, 1975). As a result of the failure of the Banqiao Dam after Typhoon Nina and the cascading destruction of neighboring dams, more than 170,000 people died. The damage was estimated at more than \$1.5 billion (in 1975 prices), which is equivalent to over \$10 billion today. Millions of homes were destroyed, crops were destroyed, and transport infrastructure was destroyed. The disaster demonstrated the vulnerability of design solutions to extreme climatic events and the lack of early warning systems.

The Oroville dam (California, USA) in 2017 was at risk of failure due to erosion of the main and emergency spillways. The accident was avoided, but more than 180,000 people were evacuated, and the costs of repairs, temporary accommodation, logistics and strengthening of infrastructure amounted to about \$ 1.1 billion. This case showed that even in highly developed countries, rapid deterioration of hydraulic structures is possible if risk assessments are not carried out in time and modernization is not invested in.

Assessing economic damage is an important tool not only for analyzing the consequences, but also for justifying investments in the safety of water infrastructure.

World practice offers the following approaches to assessing economic damage from accidents at hydraulic structures:

- Modeling destruction scenarios;
- Inventory of assets in the flood-prone area;
- Estimate of restoration costs (repairs, compensation);
- Calculation of long-term losses (downtime of hydroelectric power station, crop loss, reduction of tourism).

Indicators of indirect losses, such as declining property values, deteriorating investment climate, and rising prices for utilities and food products, should also be taken into account.

Research Results

Considering that hydraulic structures are not subject to precise calculations, physical modeling plays an important role in their construction, restoration, technical diagnostics and emergency response. In this regard, hydraulic modeling laboratories are of great importance for ensuring the safety of hydraulic structures.

Model studies of structures allow to increase the safety of water facilities and reduce the costs of construction and operation.

Hydraulic modeling is carried out for the following hydraulic structures:

- Dams;
- Catastrophic spillways;
- Water intakes;
- Artificial and natural canals, aqueducts;

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
 PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

- Anti-mudflow structures;
- Pumping stations, hydraulic rams;
- Hydro turbines;
- Hydraulic locks;
- Water conduits, water diversion structures;
- Water treatment facilities;
- Drainages, melioration systems,
- Fish passages.

Hydraulic modeling laboratories in several countries

The world's leading scientific centers and universities, successfully combining educational and scientific research processes in the field of water issues and hydraulic engineering, have achieved tangible successes. In particular, the hydraulic research laboratories operating within them, along with the implementation of scientific research and experimental programs, are used to organize training courses and student research work. Information about a number of such laboratories is provided below.

The University of Utah is ranked 62nd in the list of the best universities in the United States. The university is rightfully considered the heart of innovation. It combines engineering, medicine, and economics. Fig. 1 shows some models of the hydraulic research laboratory of the University of Utah, USA.



Fig. 1 Hydraulic Modeling Laboratory at the University of Utah (USA)

In particular, in 2024, the University of Utah Hydraulics Lab developed a device (AWH) to extract water molecules from the air and then release them into liquid form under the influence of heat. The device uses hygroscopic materials, such as metal-organic frameworks,

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
 PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

which have high selectivity and the ability to absorb water vapor. Even a small amount of this material can hold a lot of water.

The research and design potential of the VNIIG named after B.E. Vedeneyev (RF) is in demand by a variety of industries, but the main focus of work is on topics related to hydropower [1]. The VNNIG hydraulic laboratory has an experimental hall measuring 140 x 48 m. The room contains a 5,000 cubic meter basin with a pumping station that provides water circulation for the laboratory. In the center of the experimental hall there is a free space for placing spatial models (Fig. 2).



**Fig. 2 Hydraulic Research Laboratory of the B.E. Vedeneyev Institute
of Hydraulic Engineering (St. Petersburg, Russia)**

For research of fragments of hydraulic structures on flat and semi-spatial models of large scales, as well as for conducting methodological research, the laboratory has eight stationary hydraulic trays. The laboratory of the institute houses cavitation, aerodynamic, high-pressure and other stands.

The Hydraulic Research Laboratory of the Technical University of Athens deals mainly with wave modelling problems (Fig. 3).

The study of wave action on structures in laboratory conditions is carried out in wave trays on a two-dimensional model (plane problem) and in wave pools on a three-dimensional model (spatial problem). In the case of spatial modeling, all three dimensions of the object under study are introduced into the study to the fullest extent possible: its height, width and the third dimension, for example, the profile of the coast and its orientation in relation to the wave beam at different non-frontal approaches to the coastline, in particular, the entire actual relief of the coast and the bottom of the reservoir is fully reproduced.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA



Fig. 3 Hydraulic Research Laboratory of the Technical University of Athens (Greece)

Hydraulic structures built on rivers must be able to withstand mudflows and flash floods. A mudflow is one of the most dangerous natural phenomena. It is a sudden, rapid flow of mud, rocks and water. A mudflow poses a threat not only to human life, but also leads to material damage and destruction of infrastructure. Unlike ordinary flows, mudflows do not move continuously, but in separate shafts (waves), which is due to the mechanism of their formation and the jam nature of the movement - the formation of accumulations of solid material in narrowings and on bends of the channel with their subsequent breakthrough. Mudflows move at a speed of up to 10 meters per second or more. The volumes of one-time removals reach hundreds of thousands, and sometimes millions of cubic meters, the size of the transferred debris is 3-4 meters (in diameter), with a mass of 100-200 tons. Having a large mass and speed of movement, mudflows destroy structures, infrastructure facilities, and destroy agricultural lands.

Flood waters, overflowing their channels or changing their natural channel, inundate coastal agricultural and other lands. Floods cause significant damage to coastal buildings and engineering structures, including bridges, roads, irrigation networks, etc. Large-scale landslides occur.

The laboratories of the Moscow Hydrodesign Institute named after N.E. Zhuk (Fig. 4), Moscow State University of Civil Engineering (Fig. 5) and Novocherkassk Engineering and Reclamation University (Fig. 6) specialize in hydraulic studies of river hydraulic structures.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA



Fig. 4 Hydraulic research laboratory of the Moscow Hydrodesign Institute named after N.E. Zhuk (Russia)



Fig. 5 Hydraulic Research Laboratory of Moscow State University of Civil Engineering (Russia)

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA



Fig. 6 Hydraulic research laboratory of Novocherkassk Engineering and Meliorative University (Russia)

The center of leading hydraulic modeling laboratories "Artelia" is located in Grenoble (France) (Fig. 7).



Fig. 7 Hydraulic research laboratories "Artelia", Grenoble (France)

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

The Scientific and Educational Center for Hydraulic Research in Tajikistan was closed for more than 30 years, and its restoration was a significant step in the development of the scientific research and educational base in the field of water management (Fig. 8). The laboratory is equipped with modern equipment. The Ministry of Energy and Water Resources of Tajikistan considers the opening of the laboratory one of the key goals of the strategy for scientific, technical and personnel support of the water industry. The renewal of this laboratory creates the necessary conditions for the training of highly qualified specialists in demand both in Tajikistan and abroad [3].



Fig. 8 Hydraulic research laboratory of the Tajik Agrarian University

The hydraulic modeling laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering named after Academician I.V. Yegiazarov is one of the best in the South Caucasus. In terms of its capabilities, it is not inferior to similar laboratories in many leading countries. The laboratory has existed for about 30 years since its denationalization, having been replenished with a number of new structures (Fig. 9).

In the laboratory of hydraulic research, models of the culvert were built, on which the structural features, types and sizes of coastal protection measures of mountain rivers were determined based on the results of the tests. A large amount of theoretical and experimental research was carried out on the protection of pipelines against non-stationary fluid movement, in particular, hydraulic shock.

In 1997-98, an automatic system for protecting against hydraulic shock in the 1st stage of the Mkhchyan pumping station's pumping pipelines was developed, designed and installed, which is still in operation today. The implementation of this system eliminated frequent pipeline ruptures in the event of emergency power outages.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
 PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**



Fig. 9. Hydraulic research laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering named after Academician I.V. Yegiazarov (Armenia)

Modeling of water intake structures

Whether in a marine or river environment, on an urban or industrial site, the design of a water intake for a process (hydropower, irrigation, drinking water, industrial use, cooling, etc.) or an outfall discharging effluent into the environment raises issues that are often examined using physical modelling. Water intake structures must comply with a certain number of hydraulic design criteria, such as: uniform intake velocity; absence of vortices; limitation of head losses; low sensitivity to floating debris; fish-friendliness; etc. Similarly, to minimise environmental impacts, effluent discharged from the outfall must be well diluted in the receiving environment. The energy from the flow must be dissipated efficiently in order to limit risks of scour. The structural stability of intake and outfall structures exposed to hydrodynamic stresses from their environment must also be checked. [1].

In the area of water intake and sanitation, the following tasks must be solved:

- dimensional design and hydraulic optimisation of intake and outfall structures;
- checking of different operating configurations and identification of operating limits (flow rate, water level, obstruction, head loss);
- characterisation of hydraulic behaviour, velocity field and risk of air entrainment;
- checking of efficient effluent dilution following release from an outfall
- checking of the hydraulic stability of intake and outfall protection structures.

An example of a model of a shaft-type water intake structure is shown in Fig. 10, Scale 1:20.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**



Fig. 10 Water intake in a vortex drop shaft (Scale 1:20) [1]

An example of a model of a water intake structure for a hydroelectric power station (Morocco) is shown in Fig. 11, Scale 1:68.



Fig. 11 Wave propagation on the outfall structure of the Safi thermal power plant (Morocco) - Scale: 1:68 [1]

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachaturyan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

An example of a model of a water intake structure hydroelectric power station (Portugal) is shown in Fig. 12, Scale 1:33.



Fig. 12 Upstream water intakes of the Venda Nova III (pumped storage) hydropower scheme (Portugal) - Scale: 1:33.33 [1]

Spillway structures

Optimising and validating the design (new or rehabilitation) of flood spillways: a critical issue with regard to dam risk management.

The flood spillway of a dam built for any purpose (hydroelectricity, irrigation, flood protection, etc.) is a safety component designed to avoid an uncontrolled rise in reservoir level during a flood in the catchment basin, a water overflow over the dam crest, and the potential subsequent failure of the dam and all the ensuing catastrophic consequences for the population living downstream. For this reason, correct spillway dimensional design and operation are fundamental aspects of risk management.

Physical modelling is the best tool for checking and optimising the hydraulic design of these structures, and the entire profession (project owners, engineering consultants, control authorities, funding agencies) has used it continuously for more than 100 years, in spite of the emergence since the early 2000s of numerical modelling, which still tends to remain insufficient for certain technical aspects [1].

Physical modelling contributes a guarantee of satisfactory operation over the full range of the expected flow rates, detecting and correcting any possible hydraulic malfunctions that would not be seen in an analytical approach, and if necessary searching for the geometrical configuration that will be sufficient to ensure an adequate degree of safety, without excessive oversizing.

The physical model allows all the hydraulic aspects of the operation of a spillway to be explored, in particular the following main points:

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan

ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA

- Discharge capacity of the structure: the "stage-discharge" relation for various degrees of opening of any movable components. This point in particular can be of great interest:
 - for the dam design, potentially generating significant savings,
 - providing discharge charts for the future operator of the prototype structure;
- Determination of water level profiles and changes in flow conditions (free surface, pressurised);
- Evaluation of energy dissipation and risk of scouring at the downstream toe;
- Measurement of forces and pressures;
- Evaluation of sensitivity to floating debris;
- Identification of areas of negative pressure on training walls or aprons;
- etc.

Physical modelling provides substantial technical added value for all spillway construction or rehabilitation projects:

- involving large dimensions or conveying large floods;
- where there is potential to make real budget savings, but a need for reliable verification;
- with a complex geometry and in which the dam - even if it is small - presents a particularly high safety concern.

The following structures are systematically tested using a hydraulic model:

- spillway equipped with fusegates;
- nonlinear spillways, for example labyrinth or semi-labyrinth configurations;
- spillways equipped with gates or flaps;
- high-velocity pressure spillways;
- morning glory spillways;
- lateral spillways with the risk of submersion of the weir from the downstream side;
- high velocity chute;
- flip bucket spillway with a natural or concrete-faced stilling basin;
- etc.

To increase the useful volume of the reservoir, a water-retaining structure can be installed on the head of a concrete dam or on the crest of the head of a spillway structure – an additional barrier that, if necessary (dangerous), opens and allows the water level, which has risen above the design level, to be lowered.

The increase in the useful volume of the reservoir may vary from the normal backed up level of the reservoir to the fared backed up level. However, in the case of an increase in flood flows, an unacceptable increase in the water level in the upper pool of the reservoir may occur, requiring the operator's intervention to open the gates of the spillway structure.

It is necessary to take into account that in emergency situations the valve control equipment may fail.

In particular, due to the lack of backup power supply for the electric motors of the pre-turbine gates of the Sayano-Shushinskaya hydroelectric power station, the turbine penstock was not automatically closed, which resulted in an increase in the development time of the disaster, which led to further destruction.

The «Hydroplus» system gates are free from the above-mentioned drawbacks, which is why they have found wide application at many hydroelectric power plants [4]. The «Hydroplus»

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachaturyan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

system gates are installed on the upper part of the spillway of the dam and are designed to increase the useful volume of reservoirs and ensure safe passage of flood discharge. Their first prototype is a sand embankment erected along the entire length of the spillway structure. If the water level in the reservoir does not exceed a specified value, the embankment is stable, and an additional volume of water accumulates in the reservoir. When the water level on the spillway exceeds a specified value, the embankment is destroyed and washed away by the flow of water.

The appearance of the "Hydroplus" system is shown in Fig. 13.



Fig.13 Retaining structure of the "Hydroplus" type

In particular, the design of the «Hydroplus» system was modeled in France (Fig. 14).



**Fig. 14 Development of piano-key weirs on the existing spillway
at the Charmine dam (France) [1]**

The design of the stationary automatic gate was developed and tested by professors Albert Margaryan and Vache Tokmajyan in the laboratory of hydraulic modeling of the Institute

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

of Water Problems and Hydraulic Engineering named after Academician I.V. Egiazarov (Fig. 15) [5].

The purpose of the experimental study was:

1. checking its operability;
2. determining the value of the opening angle of the gate shield depending on the amount of water supplied to the pool;
3. checking the operability of the seals, changing their design or material if necessary;
4. determining the effect of the hydroballast regulator on all phases of the gate operation;
5. checking the functionality of the softener , adjusting the opening-closing speed (if necessary, changing the type of throttle unit by increasing or decreasing the throughput capacity of the valve).



**Fig. 15. Testing of the model and prototype of a stationary automatic gate
in the hydraulic laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic
Engineering named after Academician I.V. Yegiazarov**

When constructing the theory of hydraulic calculation of the gate, the main initial data are the estimated maximum flow rate of the river flowing into the reservoir, and the maximum flood level determined for the reservoir. The use of a stationary automatic gate allows to significantly increase the accumulation of additional water in the reservoir, ensuring the safety of the dam operation. Only by installing the already developed gate with a height of 1 m, on the Akhuryan, Azat and Kechut reservoirs, it is possible to accumulate an additional 46 million m³

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
 PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

of water per year. Since this volume is at the highest existing mark of the reservoir mirror, it creates the possibility of irrigating an additional 9,000 hectares of land by gravity [5].



Fig. 16. Catastrophic spillways of the Kechut and Azat Dams, modeled in the hydraulic laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering named after Academician I.V. Yegiazarov

In 1995, as a result of an accident caused by a sudden flood, the power unit and the main building of the Argel HPP (Gumush HPP) were so damaged that foreign experts recommended building a new one next to the old one. However, a decision was made to restore the structure and a project was developed. The proposed designs were modeled in the hydraulic research laboratory of the I.V. Yegiazarov Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering. The hydroelectric power plant was put into operation again in 1999.

A model of an earth dam breakthrough was built and tested in the hydraulic research laboratory of the I.V. Yegiazarov Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering under the supervision of Professor Pargev Baljyan (Fig. 17).

Research has shown that, contrary to popular belief, the dam does not completely collapse during a breakthrough. Significant fragments of the dam banks (more than 50% by volume) remain undamaged. Experiments also show that the expansion of the initial dam breakthrough toward the river bed occurs more than 2 times faster than toward the walls. This fact is confirmed by world experience of natural disasters.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
 PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**



Fig. 17 Model of the collapse of an earthen dam in the Hydraulic Research Laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering named after Academician I.V. Yeghiazarov

Mudflows. Sedimentation in rivers and reservoirs

The goal - Finding ways to manage the sedimentary impact of river structures, in particular sedimentation in dam reservoirs, to operate them sustainably in the long-term and limit their ecological impact. This sedimentary aspect of hydraulic projects is now rightly considered to be a serious environmental and sustainable management issue. In particular, the risk of sedimentation in dam reservoirs is an essential component of the dimensional design : sediments from the catchment basin can rapidly fill up part of the reservoir and thereby reduce its water storage capacity.

In the hydraulic modeling laboratory, it is possible to study the mechanisms of sedimentation of sediments in rivers and reservoirs. The physical model replicates these complex mechanisms and provides a means of testing various solutions to limit the impact of sediment on projects, such as by-passes, sediment flushing, or full gate opening during floods, in order to propose durable structures. In addition, these studies are paired with an operational study of the various hydraulic components of the structure (flood spillway, outlet structure, operation of the water intake, etc.) (Fig. 18 and 19).

World experience in hydraulic modeling to define and study [1]:

- Extremely precise physical modelling;
- Sediment transport: bed-load or suspended transport;
- Phenomena in steady and unsteady flow conditions.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA



Fig. 18 Modelling of sedimentation in the Inga dam headrace channel
Scales: 1:140 (horizontal), 1:100 (vertical)



Fig. 19. Model studies of erosion of accumulated sediments in the hydraulic laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering named after I.V. Yrgiazarov (within the framework of the European program: Greece, Turkey, Georgia, Armenia)

High pressure water systems

In mountainous terrain, the pipelines of irrigation, gravity water pipelines for drinking water, and pumping stations have numerous siphon sections in the vertical plane, in which air accumulations are formed. The main reason for the formation of air accumulations in high-altitude sections of gravity pipelines is the entry of aerated currents arising in the head structures

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

into the pipe. The upstream and downstream branches of high-altitude sections of the pipeline in most cases have large slopes, due to which the air accumulations formed in siphon sections are not carried away by the liquid flow under the conditions of the hydraulic regime of operation. As a result of all this, the amount of output released through the pipeline decreases. Not infrequently, in particular, in the case of relatively small diameter pipes, air accumulations become the cause of complete blockage of the pipe. The phenomenon of air emissions is extremely dangerous during the operation of the pipeline, which can lead to a loss of strength and stability of the structures of the head of the pipeline.



Fig. 20. Experimental setup for studying air accumulations in the hydraulic laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering named after Academician I.V. Yegiazarov

Preventive methods of protection of hydrotechnical structures

In order to take appropriate measures to prevent emergency situations and mitigate the consequences of possible accidents at hydraulic structures, it is necessary to predict all types of emergency situations that may arise and assess them taking into account the scale of the consequences in the event of a dam break [6].

During the design, construction, commissioning, operation, decommissioning, reconstruction or major repairs of hydraulic structures, as well as in cases of temporary cessation of activity, the owner or, on his behalf, the user draws up a declaration of safety of hydraulic structures, which is the main official document containing information on the compliance of hydraulic structures with safety standards [7, 8].

The preparation of a safety declaration for hydraulic structures in operation is preceded by their inspection. The safety declaration for hydraulic structures is prepared by their owner or user, and the declaration for hydraulic structures under design and construction is prepared by the customer. The Water Committee ensures that the safety declaration for hydraulic structures submitted by the declarant is examined and, based on the conclusion, approves it, which is subject to registration in the state water cadastre [7].

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

The Water Committee, in agreement with the interested state bodies, forms a technical commission to conduct an inspection of hydraulic structures. The Technical Commission establishes [8]:

- 1) Control over the activities of organizations operating hydraulic structures in terms of ensuring compliance with safety rules and regulations;
- 2) Assessment of the technical condition of hydraulic structures.

According to the decision of the Government of the Republic of Armenia, inspections and declarations of safety of hydraulic structures are carried out at least once every three years [9].

The declaration of safety of hydraulic structures may be supplemented and amended at the initiative of the declarant [7]:

- In the event of a change in conditions affecting safety;
- In the event of detection of new damage;
- After reconstruction, major repairs, restoration or termination of operation, before acceptance of the relevant construction and installation works.

Visual inspection may be accompanied by verification measurements and, if necessary, by decision of the technical commission, verification tests and calculations. The composition of special instrumental examinations is determined taking into account the purpose of the structure, its design features, natural, climatic and technological conditions, operating requirements, and the nature of defects in the structure [9]. Tests may be carried out in research laboratories that have the appropriate capabilities.

The hydraulic laboratory of the Institute of Water Problems and Hydraulic Engineering named after Academician I.V. Yegiazarov has the appropriate capabilities to conduct the necessary hydraulic tests.

A comprehensive assessment of observations to identify the genesis of anomalies in hydraulic structures can sometimes lead to radical inaccuracies, so it is necessary to separate possible violations and try to separately build cause-and-effect relationships for each violation. A scenario of possible failure development can be presented by constructing a so-called "failure tree", which will allow predicting the further course of development of phenomena and assessing its impact on the reliability of the structure.

The scope of work to assess the safety of a dam must be proportionate to the significance and complexity of the hydraulic structure, as well as the nature of the consequences of a possible accident.

Conclusions

1. The processes of investigating faults identified during the operation of dams and other large hydraulic structures should be based on the use of modern calculation methods and comparison of the results of hydraulic modeling.

2. Physical modelling is a powerful tool that can be used at the end of the design phase to check that all the design criteria have been met and thus guarantee the long-term structural soundness of the structures and ensure that they will function efficiently from the hydraulic standpoint, whatever the conditions (floods, screens blocked by waste, etc.). Physical modeling

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachaturyan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
**ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA**

is also very useful in the rehabilitation of hydraulic structures after accidents. In this regard, the issues of preserving and modernizing the relevant hydraulic modeling laboratories are relevant.

3. The solutions proposed on the basis of the study should ensure the safety of further operation of hydraulic structures, based on the following priorities:

- Physical safety of the population;
- Prevention of economic losses;
- Environmental protection;
- Prevention of transboundary impact.

References

1. Artelia Hydraulic Laboratory // www.laboratory.arteliagroup.com/
2. The Power of Water in the Hands of Man: on the 100th Anniversary of the VNIIG named after B.E. Vedeneyev // Moscow: «Modern Information Systems», 2021. -304 p.
3. Hydraulics laboratory reopens in Tajikistan after 30 years of inactivity // www.asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/society/20250124/v-tadzhikistane-cherez-30-let-prostoya-zarabotala-laboratoriya-gidravliki
4. Chevalier S., Culshaw S.T., Fauquez J.P. The Hydroplus Fusegate System - four years on. The reservoir as an asset, Thomas Telford, London, 1996, pp. 32-40.
5. Tokmajyan Vache Engineering measures to increase the useful volume of the reservoir and increase the efficiency of the operation of water intake structures //05.23.05 - Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty "Water Management Systems and Their Operation", Yerevan, 2015 - 221 pages.
6. Bradlow D. Regulatory Framework for Dam Safety / Daniel D. Bradlow, Alessandro Palmieri, Salman M.A. Salman; trans. from English; ed. and foreword by prof. L.A. Zolotova. — World Bank Washington (District of Columbia) //Publishing House "Ves Mir", Moscow, 2003. — 196 p.
7. On establishing the content of the safety declaration for hydraulic structures, the procedure for its development and examination //Decision of the Government of the Republic of Armenia of 31.07.2003, N957-N.
8. Water Code of the Republic of Armenia //HO-373-N.
9. On establishing the procedure for safety control and inspection of hydraulic structures //Decision of the Government of the Republic of Armenia dated 08.05.2003, N686-N.

References

1. Artelia Hydraulic Laboratory // www.laboratory.arteliagroup.com/
2. Сила воды в руках человека: к 100-летию ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. — Москва: «Современные информационные системы», 2021. — 304 с.
3. В Таджикистане через 30 лет простоя заработала лаборатория гидравлики // www.asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/society/20250124/v-tadzhikistane-cherez-30-let-prostoya-zarabotala-laboratoriya-gidravliki
4. Chevalier S., Culshaw S.T., Fauquez J.P. The Hydroplus Fusegate System - four years on. The reservoir as an asset, Thomas Telford, London, 1996, pp. 32-40.

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan
ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND
PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA

5. Թորքմաջյան Վաչե Հովհաննեսի Ջրամբարի օգտակար ծավալի մեծացման եվ ջրառ կառուցվածքների շահագործման արդյունավետության բարձրացման ինժեներական միջոցառումները //Ե.23.05 - «Ջրատնտեսական համակարգեր և դրանց շահագործումը» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսություն, Երևան, 2015թ.-221 էջ:
6. Брэдли Д. Нормативноправовая база безопасности плотин / Дэниэл Д. Брэд лоу, Алессандро Пальмиери, Салман М.А. Салман; пер. с англ.; ред. и предисл. проф. Л.А. Золотова. — Всемирный банк Вашингтон (округ Колумбия) //Издательство «Весь Мир», М: 2003. — 196с.
7. Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հայտարարագրի բովանդակությունը, դրա մշակման եվ փորձաքննության իրականացման կարգը սահմանելու մասին //ՀՀ կառավորության 31.07.2003., N957-Ն որոշումը:
8. ՀՀ ջրային օրենսգիրք //ՀՕ-373-Ն
9. Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հսկողության եվ զննման կարգը սահմանելու մասին //ՀՀ կառավորության 08.05.2003., N686-Ն որոշումը:

ՀԻԴՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ.
ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ

Ա.Խ. Մարկոսյան¹, Վ.Գ. Խաչատրյան², Պ.Հ. Բալջյան³,
Ա.Յա.Մարգարյան³, Գ.Ս.Գաբայան³, Հ.Վ. Թորքմաջյան³

¹Հայաստանի պետական տնտեսագիտական համալսարան

²Քաղաքագիտական, իրավագիտական, տնտեսագիտական հետազոտությունների և կանխատեսումների ՀԿ

³Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ

Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների վթարները գլոբալ խնդիր են դարձել ամբողջ աշխարհում: Այստեղ հատվում են ինժեներական, բնապահպանական, տնտեսագիտական և սոցիալական շահերը: Մոնիթորինգի նոր տեխնոլոգիաների մշակումը, նախագծային լուծումների կատարելագործումը և միջազգային անվտանգության ստանդարտների ներդրումը ռիսկերի նվազեցման և բնակչության պաշտպանությանն ուղղված երաշխիքներից են:

Հաշվի առնելով աշխարհում գոյություն ունեցող ջրամբարների մեծ թիվը, պատվարների անվտանգ շահագործումը ձեռք է բերում կարևոր սոցիալական, տնտեսական և բնապահպանական նշանակություն: Պատվարի փլուզումը կարող է հանգեցնել ծայրահեղ բացասական հետևանքների, այդ թվում՝ մեծ մարդկային զոհերի: Մեծ թվով ջրամբարներ ունեցող երկրների համար պատվարների անվտանգության ապահովման հարցը հատկապես կարոր է դառնում:

Պատվարների և հիդրոտեխնիկական այլ կառուցվածքների փլուզումը հանգեցնում է նաև հսկայական տնտեսական կորուստների, այդ թվում՝ ենթակառուցվածքների վերականգնման, ջրհեղեղների հետևանքների վերացման, գոյքին և բիզնեսին հասցված վնասի փոխհատուցման, ինչպես նաև բնապահպանական և տնտեսության կայունացմանն

A.Kh. Markosyan, V.G. Khachatryan, P.H. Baljyan, A.Ya. Margaryan, G.S. Gabayan, H.V. Tokmajyan

ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA

նւղղված երկարաժամկետ ծախսերի: Ֆիզիկական մոդելավորումը հզոր գործիք է, որը կարող է օգտագործվել հիդրոհանգույցների նախագծման վերջնական փուլում՝ ստուգելու համար կառուցվածքների նախագծային լուծումների ճշտությունը, որով երաշխավորում է դրանց անվտանգ աշխատանքը: Ֆիզիկական մոդելավորումը կարող է կիրառվել նաև վթարված հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների վերականգնման գործընթացում արդյունավետ լուծումներ գտնելու համար:

Բանալի բաներ. պատվարի փլուզում, հիդրավիկական մոդելավորում, լաբորատոր փորձարկումներ, կառուցվածքների շահագործման անվտանգություն

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ – МИРОВОЙ ОПЫТ И ПРИМЕНТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ В РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИЯ

A.X. Markosyan¹, V.G. Khachatryan², P.O. Baljyan³, A.Ya. Margaryan³, G.S. Gabayan³, O.V. Tokmajyan³¹Армянский государственный экономический университет³ОО по политическим, правовым и экономическим исследованиям и прогнозам³Институт водных проблем и гидротехники им. акад. И.В.Егизарова

Аварии гидротехнических сооружений являются глобальной проблемой, где пересекаются вопросы инженерии, экологии, экономики и социальной ответственности. Развитие технологий мониторинга, совершенствование проектных решений и внедрение международных стандартов безопасности — ключ к снижению рисков и защите населения. Учитывая большое количество плотин, имеющихся в мире, безопасная эксплуатация этих сооружений имеет важное социальное, экономическое и экологическое значение. Авария плотины может повлечь за собой крайне негативные последствия, включая большие человеческие жертвы. Для стран с большим числом плотин вопрос обеспечения их безопасности приобретает особую остроту. Разрушение плотин и других гидротехнических сооружений наносит огромный экономический ущерб, включающий в себя затраты на восстановление инфраструктуры, ликвидацию последствий наводнений, компенсацию ущерба имуществу и бизнесу, а также долгосрочные экологические издержки и затраты на восстановление экономики. Физическое моделирование — мощный инструмент, который можно использовать на заключительном этапе проектирования для проверки соблюдения всех проектных критериев, что гарантирует долгосрочную прочность конструкции и гарантирует её эффективное функционирование с точки зрения гидравлики в любых условиях. Физическое моделирование также весьма полезно при восстановлении гидротехнических сооружений после аварий.

Ключевые слова: прорыв плотины, гидравлическое моделирование, лабораторные испытания, безопасность эксплуатации сооружений.

Submitted on 29.05.2025

Sent for review on 03.06.2025

Guaranteed for printing on 29.07.2025

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H. Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

UDC – 626.816:556

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

Albert Ya. Margaryan

Institute of Water Problems and Hydro-Engineering
Named After I.V. Yeghiazarov
125, Armenakyan St., 0011, Yerevan
e-mail: albertmargaryan39@gmail.com
ORCID iD: 0000-0002-3846-0657
Republic of Armenia

Davit H. Grigoryan

National University of Architecture and
Construction of Armenia
105, Teryan St. 0009, Yerevan
e-mail: davit-grigoryan@yandex.com
ORCID iD: 0009-0004-9081-3204
Republic of Armenia

Arevshad A. Vartanyan

M.V. Lomonosov Moscow State University
1, Kolmogorov str. 119991, Moscow
e-mail: arevshad@mail.ru
ORCID iD: 0000-0002-0317-7296
Russian Federation

Eleonora V. Avanesyan

National University of Architecture and
Construction of Armenia
105, Teryan St. 0009, Yerevan
e-mail: avanesyane@rambler.ru
ORCID iD: 0000-0002-4443-2353
Republic of Armenia

Gagik H. Martirosyan

Institute of Water Problems and Hydro-Engineering
Named After I.V. Yeghiazarov
125/3 Armenakyan St., 0011, Yerevan
e-mail: gagik.martirosyan1@yandex.ru
ORCID iD: 0009-0007-2546-7167
Republic of Armenia

Vache H. Tokmajyan

Institute of Water Problems and Hydro-Engineering
Named After I.V. Yeghiazarov
125 Armenakyan St., 0011, Yerevan
e-mail: tokmajyanv@gmail.com
ORCID iD: 0000-0001-8096-064X
Republic of Armenia

<https://doi.org/10.56243/18294898-2025.2-27>

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H. Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

Abstract

River water flowing in mountainous areas are characterized by significant seasonal changes due to spring and autumn floods, making their efficient use difficult. Fountain wells increase total water consumption by providing water not only for irrigation but also for drinking and household needs. It is known that in many countries the use of water comes from groundwater basins, into which, in addition to atmospheric precipitation, river runoff is forcibly directed. In flat places, these activities require large financial costs both for water purification and for injection into underground reservoirs. Mountainous areas have high water quality indicators. In addition, natural relief differences make it possible to pump large volumes of fresh water into the underground basin without the use of pumping stations. The volume of water injected into underground aquifers is determined by the pipeline's water pressure, the filtration properties of the aquifers, the number of wells, the distance between them, and other factors. Based on comparisons of the calculated data on water consumption according to different empirical formulas, which showed close results, the mentioned researchers were given reason to believe that these formulas can be trusted. The authors of this paper consider the use of empirical formulae for calculating the replenishment flow rate of an artesian basin is inappropriate, because of the large risk of distorting the real picture. Based on the fundamentals of technical hydromechanics a method for hydraulic calculation of the distribution of flow rates in absorbing wells has been proposed

Keywords: underground water basin, artificial recharge, absorbing borehole, river streams regulation, reservoir

Introduction

Accumulation of significant volumes of water runoff in reservoirs in complex hydrogeological conditions requires not only large investments in construction, but also in water transportation to the consumer, which is fraught with significant filtration losses. Tatevik Yedoyan et al. show that artificial replenishment of the Ararat artesian basin with water in an underground basin is possible and profitable [1].

The global freshwater deficit is expanding faster than predicted at the turn of the century. Water scarcity has already become an urgent issue for more than 40% of the world's population. There is a good chance that the situation will deteriorate. Currently, 1.7 billion people live in river basins where the demand for water far outstrips the river's ability to purify itself. resource and the inefficiency with which it is used [2, 3]. More than 80 percent of the world's wastewater is discharged untreated into rivers or seas. Ensuring sanitation, hygiene and a sustainable supply of clean drinking water has become imperative in the fight against the COVID-19 pandemic. Regular hand washing is one of the most effective actions a person can take to reduce the spread of germs and prevent infections. When discussing the issues of water resource management, it should also be taken into account that significant climate changes are also already present in the South Caucasus region. In particular, the average annual temperature increase in the eastern regions of Armenia during the last 50 years was 1.3°C, and the average monthly temperature increase reaches 3.2°C [4, 5]. In many countries of the world, these indicators are much more worrying. Because the existence of both human society and flora and fauna is dependent on this

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H.Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

unique resource, fresh water has become a symbol of the concept of "life" in the modern world. However, as a study of indicators of fresh water resource use in individual countries and regions of the world reveals, the specific volumes of water use vary greatly, indicating a lack of socioeconomic tools for this resource and a low efficiency of its use [1, 2].

During periods of low water demand, there is a problem of storage of excess fresh water, which during the last two centuries has been mainly done by \$3.5. It is not possible to effectively solve the issue of filtration prevention in many reservoir bowls. Although a number of effective technologies for implementing anti-filtration measures have been developed in recent years, their widespread application necessitates long-term experimental research, and the problem will remain unresolved for a long time [6, 7].

In addition to these open water ecosystems, there is a decrease in the amount of stored water due to evaporation. The construction of reservoirs also raises a number of other problems: seismic risks increase, the consequences of a possible collapse of the dam can lead to major humanitarian disasters. It should also be noted that over the years, the reservoirs are filled with sediments, which, mainly being installed in the useful volume, continuously reduce the possibility of regularization of the structure [8].

The possibility of storing storm water in underground basins has received a lot of attention in recent years. In a number of countries, where reservoir construction is technically difficult and inefficient, and the hydraulic structure system lacks the capacity to store the required water, special wells are built for this purpose, primarily in decommissioned mines. Tests of constructed wells have shown that there are large differences in the hydraulic parameters of the well between pumping and recharging wells, because such wells are frequently blocked [9].

Recharge schemes for the various managed deep aquifers are varied. They are mainly used in developed countries for various purposes, but until now there is no systematic classification and collection of data about them [10].

The goals of underground water artificial storage are the following [11]:

- to increase the usable water balance;
- improve water quality in aquifers;
- use aquifers for seasonal storage;
- store excess water during periods of low water demand.

Studies show that in wells where water is injected from aquifer-rich coastal aquifers, absorption capacity drops by up to one-third during the season. Experiments have shown that dual-purpose wells work more efficiently than single-purpose injection wells because it is relatively easy to wash wells of solid and organic contaminants in dual-purpose wells.

However, the main disadvantage of using wells for water storage is the low injection rate and the need for multiple recharge wells when the total volume of water to be injected is large. However, it should also be noted that interest in artificial storage of water in underground basins has increased in response to a decrease in the level of groundwater, an increase in the pollution and vulnerability of surface water, the opposition of a number of environmental factors to dependence on surface water resources, and other reasons [10, 12, 13].

Artificial storage of water in underground basins also requires that there is a flow in the aquifer or that it has a sufficiently large volume [14].

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H. Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

During the artificial storage of water in underground basins, water quality deterioration may also occur, affecting the quality recovery processes of the injected water [15]. In this regard, for artificial storage of water in underground basins, it is preferable to use those boreholes that have been used for irrigation, fish farming or other purposes of groundwater abstraction. There are many such preserved or partially used boreholes in Armenia, particularly in the Ararat Plain.

Conflict setting

The purpose of this work is to develop a universal hydraulic system providing the transfer of storm water to underground basins, and in the period of water shortage, to the water intake through the existing deep wells.

Using the methods of technical hydromechanics, the problem is to obtain a calculation scheme for the determination of flows transported by deep wells to underground basins.

Research Results

Consider the calculation schemes for two and three absorption wells to obtain a theoretical general solution. The first calculation scheme consists of an above-ground basin, a main pipeline AB, a distribution pipe BC, units B and C, and a number of two vertical pipes that supply water to the underground artesian basin (Fig.1).

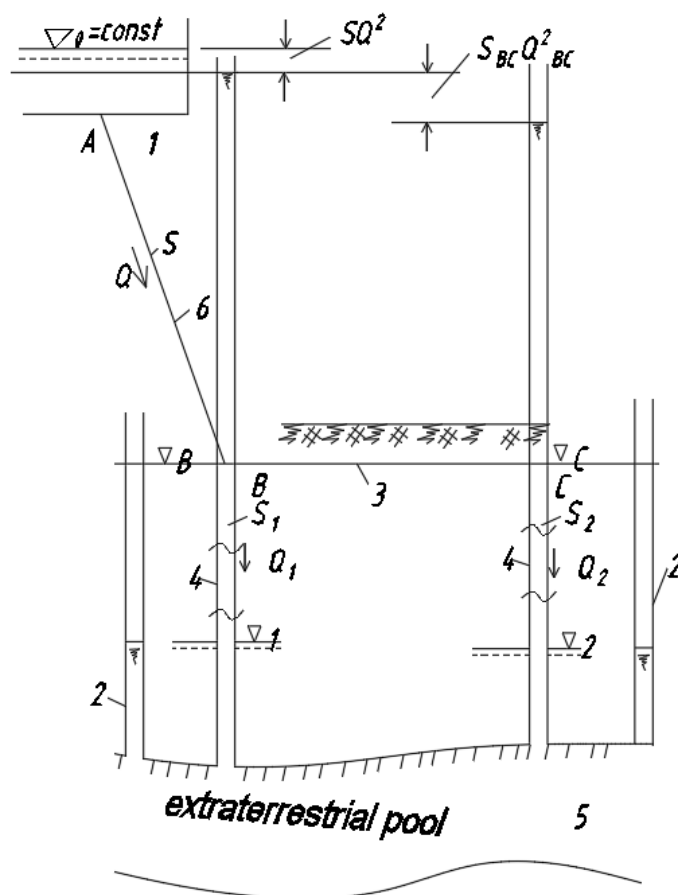


Fig. 1 Calculation scheme of two absorption wells

1 – ground basin, 2 – piezometer, 3 – distribution pipe,
4 – deep well, 5 – underground basin, 6 – highway pipe

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H. Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

Piezometers are placed at the unit points, which determine the pressure levels in the underground basin. The energy losses in the above-ground pool, main pipe, distribution pipe and delivery pipe system are determined by the well-known Shezi formula: Piezometers are placed at the unit points, which determine the pressure levels in the underground basin. The energy losses in the above-ground pool, main pipe, distribution pipe and delivery pipe system are determined by the well-known Shezi formula: $h_w = SQ^2$.

The pressure at unit B will be

$$y_B = \nabla_0 - \nabla_B - SQ^2, \quad (1)$$

where S is the hydraulic resistance of the pipe AB, which is determined depending on the length and diameter of the pipe, Q is the discharge established in the pipe AB, ∇_0, ∇_B are the geometric characters of the above-ground reservoir and unit B, respectively, y_B - where B is the pressure at the unit.

In the underground basin, let's denote the mark of piezometric height in the vertical pipe descending from unit B as ∇_1 , the flow: Q_1 , the hydraulic resistance of the pipe S_1 . For the pipe descending from unit C, these parameters will be: ∇_2, Q_2, S_2 , respectively.

The flow Q_1 in the vertical pipe descending from unit B will be determined by the following formula

$$y_B + \nabla_B - \nabla_1 = S_1 Q_1^2, \quad (2)$$

The pressure at unit C will be:

$$y_C = y_B - (\nabla_C - \nabla_B) - S_{BC} Q_{BC}^2, \quad (3)$$

where S_{BC} is the hydraulic resistance in the pipe BC, Q_{BC} is the flow through the pipe BC, ∇_C is the geometric character of the unit C, y_C is the pressure at the unit C which will be less than the pressure at the unit B $S_{BC} Q_{BC}^2$ in size.

If the system consists of two branches, the flow from the external pool will be equal to the sum of the flow rates Q_1 and Q_2 in the vertical pipe descending from units B and C

$$Q_{BC} = Q_2 = Q - Q_1 \quad (4)$$

The flow Q_2 in the vertical pipe descending from unit C will be determined from the following equation

$$y_C + \nabla_C - \nabla_2 = S_2 Q_2^2. \quad (5)$$

Thus, the system of equations (1)...(5) is closed, and the unknowns Q, Q_1, Q_2, y_B, y_C are determined uniformly.

Suppose B unit feeds three deep wells (Fig.2).

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H. Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

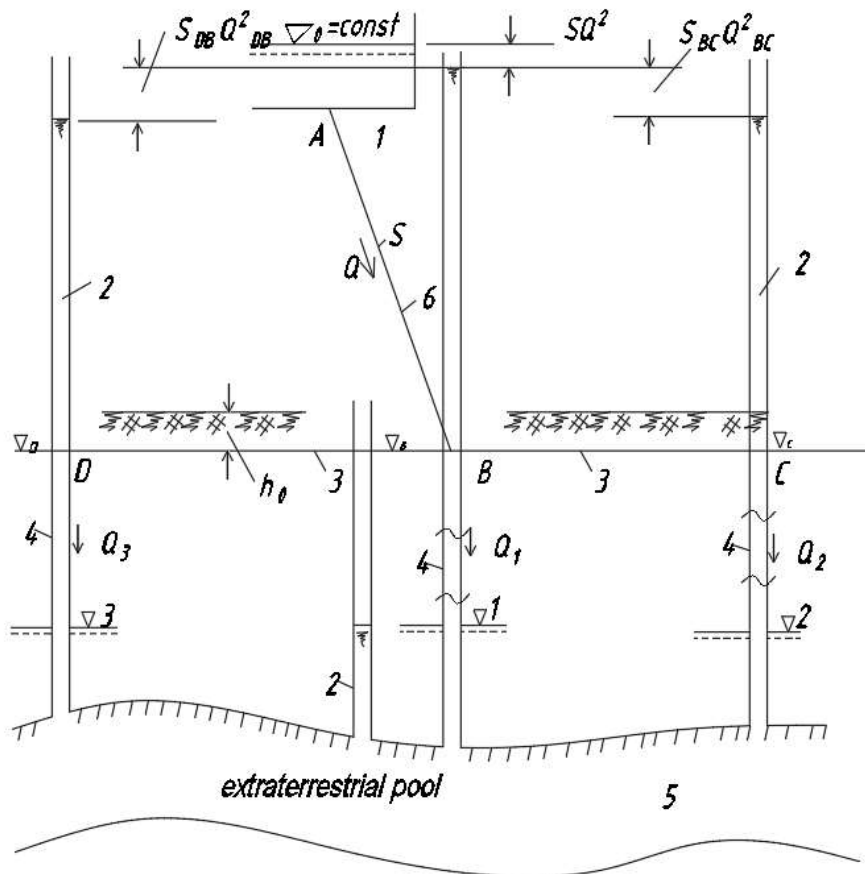


Fig. 2 Calculation scheme of the three absorbing wells

In this case, the calculation equation system consists of seven equations.

$$\left\{ \begin{array}{l} y_B = \nabla_0 - \nabla_B - SQ^2, \\ y_B + \nabla_B - \nabla_1 = S_1 Q_1^2 \\ y_C = y_B - (\nabla_C - \nabla_B) - S_{BC} Q_{BC}^2 \\ y_C = (\nabla_2 - \nabla_C) + S_2 Q_2^2 \\ y_C = (\nabla_2 - \nabla_C) + S_2 Q_2^2 \\ y_D = (\nabla_3 - \nabla_D) + S_3 Q_3^2 \\ Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \end{array} \right. \quad (6)$$

System blockages may necessitate the need to protect pipelines from short-term impact forces caused by non-stationary hydraulic regimes. It is proposed that the distribution pipes be equipped with a vent and a universal ventilation device to establish an accounting mode in the system. The system of equations contains $2n+1$ equations if the surface basin is fed by n wells, each with its own distribution pipe (Fig.3).

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H.Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

It is recommended that the discharge from the catch basin to the underground basin be distributed from a single unit (for example, unit B). Water is supplied from the selected unit to existing deep wells that have been decommissioned or are partially operational via pipes buried deeper than the freezing mark.

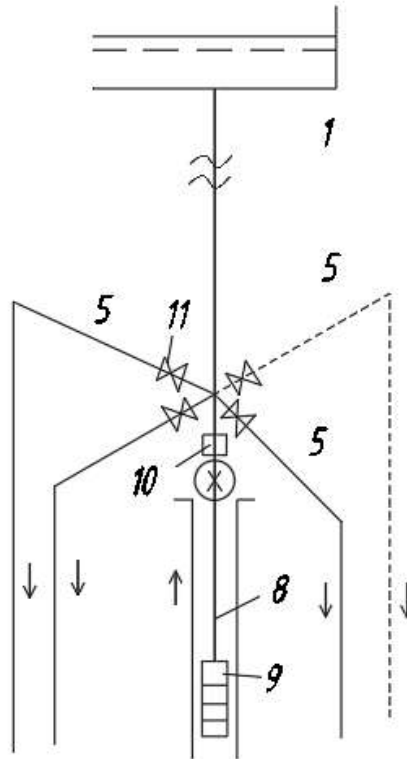


Fig. 3 Calculation scheme of the absorption well with n number

1-7 appointments see in Fig.1, 8- water collection well,
9- submersible pump, 10- revers, 11 – valve

It is recommended that the discharge from the catch basin to the underground basin be distributed from a single unit (for example, unit B). Water is supplied from the selected unit to existing deep wells that have been decommissioned or are partially operational via pipes buried deeper than the freezing mark.

The proposed outlet distribution scheme allows for the storage of abundant spring flows through a deep well in the underground basin and the use of the accumulated water in times of water scarcity. In other words, the deep well serves two purposes throughout the year: first as an accumulator, then as a feeder.

Conclusions

1. The magnitudes of flow transported by deep wells to underground basins are determined by the surface basin's character, the underground basin's piezometric heights, and the geometric and hydraulic parameters of the pipelines.
2. The proposed hydraulic system assumes underground basin storage during periods of flooding and water intake during periods of water deficit.

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H. Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

3. In order to put these conclusions into action, at least one nearby well must be outfitted with a submersible pump. The water will be pumped into the above-ground basin in this manner using the same delivery main pipe. At the same time, all distribution pipe inlet valves are closed, with the exception of the valve on the distribution pipe of the pump equipped with a pump. To prevent reverse water movement in the event of an emergency power failure of the pump's electric motor, the given push pipe is equipped with a reverse valve.

References

1. Sahakyan, S., Sarukhanyan, A., Yedoyan, T., Vartanyan, A. and Avanesyan, E. 2023. Restoration Peculiarities of Ground Water Basins in the Mountainous Relief Regions. Journal of Architectural and Engineering Research. 5, (Nov. 2023), 19–32. DOI:<https://doi.org/10.54338/27382656-2023.5-003>
2. Markosyan, A. Kh., Matevosyan, E.N., Tokmajyan, S.H., Avanesyan, E.V., 2021. The Supplies of Fresh Water and Main Indicators of Their Utilization in the World. Bulletin of High Technology, Stepanakert, N1 (15), 66-77.
3. Markosyan, A.Kh., Matevosyan, E.N., Tokmajyan, S.H., Avanesyan, E.V., 2021. Comparative Research of Indicators of Fresh Water Utilization Assessed in Different Countries and Regions. Bulletin of High Technology, Stepanakert, N2 (16), 71-84.
4. Avanesyan, E.V., 2021. Some Problems on Enhancing the Efficiency of Water Utilization in a Climate Change in the Republics of Armenia and Artsakh. Bulletin of High Technology, Stepanakert, N2 (16), 3-14.
5. Paris Agreement, 2015. – UNFCCC
https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf
6. Tokmajyan, Vache, Vardanyan, Arevshad et. Al.. 2020. The application of anti-filtering polymer mass to solve the water storage problem in highland regions. Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym. 10. 17-22.
doi.org/10.17512/bozpe.2020.2.02.
7. Vartanyan, A.H., Shakhnazarov, A.A., Tokmajyan, V.H., Sarukhanyan, A.A., 2020. Increase of Soil Moisture Content by Applying Polymer-Mineral Material. Bulletin of High Technology, Shushi, N1 (11), 3-10.
8. Baljyan, P.H., Kelejian, H.G., Avanesyan. E. V., Tokmajyan, V.H., 2021. Evaluation of the Actual State of the Mataghis Reservoir, W-H Characteristics and Forecasting of Future Changes. Bulletin of High Technology, Stepanakert, N3 (17), 14-22.
9. Guttman, J., Negev, I., Rubin, G., 2017. Design and Testing of Recharge Wells in a Coastal Aquifer: Summary of Field Scale Pilot Tests. Water, 9, 53.
doi.org/10.3390/w9010053
10. Sprenger, C., Hartog, N., Hernández, M. et al., 2017. Inventory of managed aquifer recharge sites in Europe: historical development, current situation and perspectives. Hydrogeol J 25, 1909–1922. doi.org/10.1007/s10040-017-1554-8
11. Dillon, P., 2005. Future management of aquifer recharge. Hydrogeol J 13, 313–316.
<https://doi.org/10.1007/s10040-004-0413-6>

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H. Tokmajyan

HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS

12. Kurtzman, D., Netzer, L., Weisbrod, N., Nasser, A., Graber, E. R., and Ronen, D., 2012. Characterization of deep aquifer dynamics using principal component analysis of sequential multilevel data, Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 761–771, <https://doi.org/10.5194/hess-16-761-2012>, 2012.
13. Pyne, R.D.G., 1995. Groundwater Recharge and Wells: A Guide to Aquifer Storage Recovery (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203719718>
14. Bouwer, H., 2002. Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. Hydrogeology Journal 10, 121–142. <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0182-4>
15. Antoniou, E.A., Hartog, N., Van Breukelen, B.M., Stuyfzand, P.J.. 2014. Aquifer pre-oxidation using permanganate to mitigate water quality deterioration during aquifer storage and recovery. Applied Geochemistry, Vol. 50, November 2014, 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.08.006>

**ԼԵՈՆԱՅԻՆ ՌԵԼԻԵՖԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԱՐՏԵՐՅԱՆ ԱՎԱԶԱՆԻ ԶՐԱՅԻՆ
ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ԱՐՇԵՍՏԱԿԱՆ ԼԻՑՔԱՎՈՐՄԱՆ ՀԻԴՐԱՎԼԻԿԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ**

**Ա.Յա. Մարգարյան¹, Դ.Հ. Գրիգորյան², Ա.Ա. Վարտանյան³,
Է.Վ. Ավանեսյան², Գ.Հ. Մարտիրոսյան¹, Վ.Հ. Թոքմաջյան¹**

¹Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտ

²Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան

³Լոմոնոսովի անվան Մոսկվայի պետական համալսարան

Լեռնային տարածքներում գետերի հոսքը բնութագրվում է գարնանային և աշնանային հոսքերի հետ կապված զգալի սեզոնային փոփոխություններով, ինչը դժվարացնում է դրա արդյունավետ օգտագործումը: Շատրվանային հորերի առկայությունը մեծացնում է ջրի ընդհանուր սպառումը՝ ապահովելով ջուր ոչ միայն ոռոգման, այլև խմելու և կենցաղային կարիքների համար: Հայտնի է, որ շատ երկրներում ջուրն օգտագործվում է ստորգետնյա ավազաններից, որտեղ, տեղումներից բացի, հարկադրաբար ուղղորդվում է գետերի հոսքը: Հարթ տարածքներում այս աշխատանքները պահանջում են մեծ ֆինանսական ծախսեր ինչպես ջրի մաքրման, այնպես էլ այն ստորգետնյա ավազաններ մղելու համար:

Լեռնային տարածքները բնութագրվում են ջրի բարձր որակի ցուցանիշներով: Բացի այդ, ռելիեֆի նիշերի տարբերությունները հնարավորություն են տալիս մեծ քանակությամբ քաղցրահամ ջուր մղել ստորգետնյա ավազան՝ առանց պոմպակայաններ օգտագործելու: Ստորգետնյա ջրատար հորիզոններ մղվող ջրի ծավալը որոշվում է խողովակաշարում ջրի ճնշմամբ, ջրատար հորիզոնների ֆիլտրացիոն հատկություններով, հորատանցքերի քանակով, դրանց միջև հեռավորությամբ և այլ գործոններով:

Հոդվածի հեղինակները արտեզյան ավազանի համալրման հոսքի արագության հաշվարկման համար էմպիրիկ բանաձևերի կիրառումը համարում են անտեղի՝ իրական

A.Ya. Margaryan, D.H. Grigoryan, A.A. Vartanyan, E.V. Avanesyan, G.H. Martirosyan, V.H. Tokmajyan

**HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES
ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS**

պատկերը խեղաթյուրելու բարձր ռիսկի պատճառով: Տեխնիկական հիդրոմեխանիկայի տեսության հիման վրա առաջարկվում է կլանման հորատանցքերում հոսքի արագությունների բաշխման հիդրավլիկ հաշվարկի մեթոդ:

Բանալի բառեր. ստորգետնյա ջրավազան, արհեստական լրացում, կլանող հորատանցք, գետային հոսքերի կարգավորում, ջրամբար:

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ПОПОЛНЕНИЯ ВОДНЫХ
РЕСУРСОВ АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА**

А.Я. Маргарян¹, Д.Г. Григорян², А.А. Вартанян³

Э.В. Аванесян², Г.А. Мартиросян¹, В.О. Токмаджян¹

¹Институт водных проблем и гидротехники им. акад. И.В.Егизарова

²Национальный университет архитектуры и строительства Армении

³Московский государственный университет им. М.Ломоносова

Речной сток в горных районах характеризуется значительными сезонными изменениями, связанными с весенними и осенними паводками, что затрудняет его эффективное использование. Наличие фонтанных скважин увеличивает общее водопотребление, обеспечивая водой не только орошение, но и питьевые и хозяйственно-бытовые нужды. Известно, что во многих странах вода используется из подземных бассейнов, куда, помимо атмосферных осадков, принудительно направляется речной сток. На равнинных участках эти работы требуют больших финансовых затрат как на очистку воды, так и на закачку в подземные резервуары. Горные районы характеризуются высокими показателями качества воды. Кроме того, естественные различия отметок рельефа позволяют закачивать большие объемы пресной воды в подземный бассейн без использования насосных станций. Объем воды, закачиваемой в подземные водоносные горизонты, определяется напором воды в трубопроводе, фильтрационными свойствами водоносных горизонтов, количеством скважин, расстоянием между ними и другими факторами. Сравнение расчетных данных по различным эмпирическим формулам, показавшее близкие результаты, дало упомянутым исследователям основания полагать, что этим формулам можно доверять. Авторы статьи считают использование эмпирических формул для расчета дебита восполнения артезианского бассейна нецелесообразным ввиду большого риска искажения реальной картины. На основе теории технической гидромеханики предложен метод гидравлического расчета распределения дебитов в поглощающих скважинах.

Ключевые слова: подземный бассейн, искусственное пополнение, поглощающая скважина, регулирование речных потоков, водохранилище.

Submitted on 23.02.2025

Sent for review on 26.02.2025

Guaranteed for printing on 29.07.2025

COMMUNICATIVE-AESTHETIC ASPECT OF PHOTOGRAPHY IN DESIGN

T.O. Berdnik

Don State Technical University

1, Gagarin Square, 344000, Rostov-on-Don

e-mail: tatiana@berdnik.me

ORCID iD: 0000-0003-4698-9013

Russian Federation

<https://doi.org/10.56243/18294898-2025.2-37>

Abstract

The article is a study of the phenomenon of photography, its place and significance in the design of graphic design objects. The essential difference between photography as a technological process and photography as a type of fine art is highlighted. A description is given of the author's methodological approaches to teaching the academic discipline «Photography» in the framework of training student designers.

Keywords: photography, communication design, graphic design object, photo image transformation.

Keywords: Informal employment, income tax, construction sector, shadow economy, tax reform, undeclared work

Introduction

Communicative or graphic design is a special area of artistic creativity that includes a multi-stage task of visualizing and promoting certain information. This type of design activity combines many different elements that help transform a message into a visually attractive, understandable and ergonomically convenient product. Among the rich spectrum of communication design tools, photography occupies a very significant place.

First of all, it seems necessary to define the essence of the concept of "photographics". Unlike photography, the purpose of which is to record objective reality, photographics involves stylization, transformation and conversion of a photographic image into a graphic object. The degree of transformation depends on many factors, including the stylistic direction of the design concept, current trends in graphic design, and the subjective author's method, which determines the preferences of the designer-photo artist. In any case, photography is not so much a technological process as an artistic one, which brings it closer to the fine arts, although the purpose of photography is usually applied, related to design projects [1, 2].

In almost any project situation, when creating a graphic image, photography is an indispensable tool for a designer. Thanks to its use, text information becomes more visual,

COMMUNICATIVE-AESTHETIC ASPECT OF PHOTOGRAPHY IN DESIGN

accessible and attractive from the point of view of its aesthetic perception. In other words, with the help of this tool, a designer can transform even purely semantic information into an aesthetic product, which significantly increases its competitiveness in the unlimited information flow. And this determines the modern mission of graphic design, in connection with which it has recently been increasingly renamed into communicative design.

Photographics can be widely used in the creation of both an independent work (and then it becomes similar in function to artistic photography), and can also become part of more complex structures, combining with other techniques of designer form-making [3]. Therefore, the professional training of future graphic designers must necessarily include the study of the basics of photography.

For the first time, this discipline was included in the methodological structure of the educational program in the German Bauhaus and in the Russian VKHUTEMAS (Higher Art and Technical Workshops), which became the first higher education institutions to train designers. The photography course for designers was developed by such avant-garde artists and teachers as Laszlo Mahoy-Nagy (Bauhaus) and Alexander Rodchenko (VKHUTEMAS). They became the inventors of a large number of manual techniques for artistic processing and transformation of photographic images, achieving almost fantastic effects [4]. The Hungarian artist and theorist of photography and cinematography, Mahóy-Nagy, was the author of the concept of the New Vision, which represented a modern visual system. He made photography the basis of a new artistic program, where "it is not photography that is subordinate to painting, but vice versa – painting and the architectural program depend on the conditions of photographic perception" [5, 144].

No less significant in the field of photography were the innovations of the representative of the Russian avant-garde Alexander Rodchenko. He is rightfully considered the "father" of perspective photography. He was the first to feel the emotional effect of using an unusual point of view when creating a photo - "top-down" and "bottom-up". In addition, Rodchenko boldly distorted perspective and scale, used sharp diagonal composition and cropping of objects in the image, and revealed the aesthetics of material surfaces [6]. Both photo artists skillfully engaged in photomontage, using exclusively manual technologies, which today seems almost incredible. In 1929, László Mahóly-Nagy, who was an active member of the German Werkbund, organized the exhibition "Cinema and Photography" on behalf of the organization. The exhibition became a creative platform for demonstrating the achievements of avant-garde photography. It showcased photo experiments by leading artists of the world, who convincingly presented technical forms of art as a self-valuable phenomenon in art. Among other "stars" of world photography, the exhibition included Russian constructivists Alexander Rodchenko and El Lissitzky [7].

Conflict Setting

The task is to determine the difference between photography as a technological process and photography as a form of fine art.

Research Results

This study aims to present the experience of teaching the discipline "Photography" at the Department of Design at the Don State Technical University. Inheriting the creative

COMMUNICATIVE-AESTHETIC ASPECT OF PHOTOGRAPHY IN DESIGN

pedagogical technologies of Laszlo Mahoy-Nagy and Alexander Rodchenko, the teachers of the discipline enriched and updated them with their own methodological techniques. The course is mastered over two semesters in senior years of study. Practical assignments develop exponentially both within one semester and within the course as a whole, relying on knowledge and skills acquired consistently.

The photography course solves many problems, both practical and research. The latter include the ability to analyze, critically comprehend, structure a project task and, based on immersion in its problems, generate an author's idea [8]. In terms of practical competencies, it is important to teach the student to transform, compare processed photo images according to certain characteristics and, based on the chosen design methodology for creating a product, apply certain techniques to create a complete and holistic result. The essential tasks of the educational strategy of this academic discipline also include the development of skills in the use of innovative computer technologies, and mastery of professional software for the creation of a unique and compositionally harmonious project.

In order to successfully master the program material and acquire the necessary practical skills, it is necessary to use a rich arsenal of tools. Since students process exclusively the author's photo material, they must have a camera. In the context of solving educational problems, it is sufficient to use a camera in a mobile phone if it provides good quality resolution of the pictures. Photo processing is performed using computer programs (Adobe Photoshop, Adobe Illustrator) [8], but at the same time, analog materials are also used (simple pencils, liners, markers, etc.) to record ideas and concepts, associative series, and to make preliminary sketches.

When creating photographs, students follow methodological recommendations to avoid difficulties with further processing of photographic material. The most important of these include requirements for framing - it should be without excessive distortion, without elements that block the center of the composition, disrupt the unimpeded perception of the photographed object, complicate further cropping, retouching. In addition, photography is carried out with sufficient lighting (artificial or natural). Photography is not recommended at all in unlit areas.

Taking photos in unlit areas is not recommended at all. Avoid depicting other people's graphics, people and animals, shots containing overly decorative and stylized elements. A conceptual approach to form-building based on formal composition using unexpected scaling, angles, and contexts is welcomed. The recommendations also regulate technical requirements for photographic material.

As an example of the author's methodology for teaching the academic discipline "Photographics", several examples of practical tasks can be given.

The first example describes an assignment aimed at developing students' skills of observation, attentiveness, final critical analysis and professional assessment of the surrounding everyday environment when choosing an object for creating the original photographic material. The object of visual research is the products of industrial design, which surround the average person in sufficient quantities, forming an aesthetic living environment [7].

As part of the pre-project analysis, it is recommended to study the prerequisites for the emergence and principles of form-creation of samples of innovative, significant works in the field of industrial design to identify the fundamental characteristics [2]. Personalities to study: Peter Behrens, Dieter Rams, Jonathan Ive, etc. After studying the theory, it is important to

COMMUNICATIVE-AESTHETIC ASPECT OF PHOTOGRAPHY IN DESIGN

choose such a household object that, when transferred to the plane of a photograph, looked expressive and memorable. After taking several photos from different angles, processing and cutting out the object, it is important to compare the elements within the framework of a harmonious (static or dynamic) composition [9].



Fig.1 Compositions based on photographic recordings of everyday objects.

The essence of the second task is to create an image of a movie poster. A poster or a playbill essentially conveys a catchy expressive metaphor, a message, and calls for action. At the same time, typography is an integral part of the layout. As a result of the task, the student creates an organic symbiosis of photography and typography, based on the principles of harmony (both stylistic and compositional), structure, and information content [3].

Stages of implementation:

- Selecting and watching a film (further development of horizons; a film is a sequence of static frames, photos);
- Argumentation, justification of the idea, identification of the key image that conveys the essence of the film;
- Moodboard, sketching;
- Photographing, transferring material to a graphic editor, organizing typography, all elements.

The result of the following task is the creation of a commercial poster. Photography is often the main tool of advertising campaigns, clearly demonstrating to a potential client an almost tangible appearance of a product or service.

T.O. Berdnik

COMMUNICATIVE-AESTHETIC ASPECT OF PHOTOGRAPHY IN DESIGN



Fig.2 Movie posters based on the synthesis of photography and typography

When receiving commercial requests and proposals from customer brands, a graphic designer must comprehensively assess what properties both the individual components of the layout and the quality of the whole should have at all stages of preparation.



Fig.3 Advertising posters for commercial products

The task of the work is to prepare a full-fledged advertising poster using the author's photography and typography that matches the style (the selection of information is based on the study of analogs and references). When visualizing an object, it is important to theorize,

COMMUNICATIVE-AESTHETIC ASPECT OF PHOTOGRAPHY IN DESIGN

summarize the properties, demonstrating which will be possible "sell" the product to the viewer, thereby ensuring the potential profitability and commercial success of the brand.

During the final retouching, it is important to maintain the naturalism and sufficient naturalness of the image to avoid misleading the viewer.

For a designer, the main creative characteristic is the ability to construct an expressive semantic metaphor. To develop this competence in students, it is necessary to exercise their associative thinking. For this purpose, the following task is introduced into the course "Photographics" the following task is introduced. In terms of content, this is an associative portrait of a creative personality through the analysis of his author's works. It is important to summarize the main qualities, features of the psyche, biography, preferences, interests for the selection of optimal design solutions: techniques, color scheme, composition properties. The result is a collage or series of photographs based on a selected outstanding figure in the visual arts, design or architecture. Examples of personalities: Andy Warhol, Alexander Rodchenko, Kazimir Malevich, Zaha Hadid.

The main task is to convey the characteristics of creativity, main ideas, biography through metaphors, non-standard solutions, avoiding a frontal demonstration through repetition of works. It is important to comprehend the approaches, experience of personalities, integrating them into the result of one's own creativity. For a professional designer, such a skill is necessary for reflection, analysis, and development of horizons.

Stages of implementation:

- Selection of personnel, study of scientific and popular science sources;
- Identifying significant ideas, structuring information, defining concepts;
- Moodboard, sketching;
- Photographing, transferring material to a graphics editor, retouching.

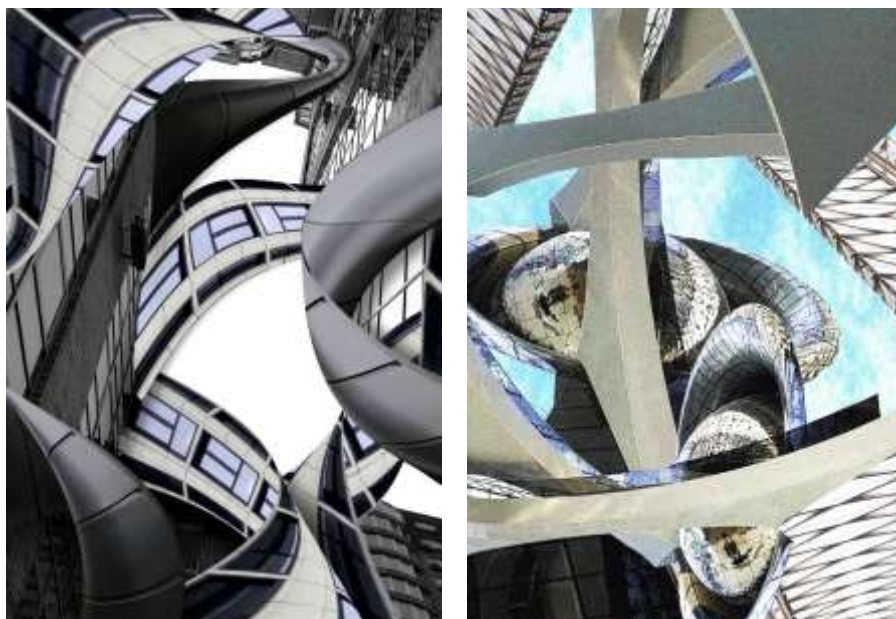


Fig.4 Photo associations with the work of architect Zaha Hadid

Conclusions

Mastering the art of photography helps the designer create a truly original, exclusive product that provides instant perception of information by the viewer through the creation of visual stimuli. Photographics is one of the main artistic means used in the work of a graphic designer. Using modern technical means and possessing compositional and artistic culture, the designer transforms photographic material into an expressive and innovative layout of a future printed product. Photographics highlight and visualize the product's features, clearly demonstrating its best properties.

References

1. Cotton, S. Photography as Contemporary Art: trans. from English / Charlotte Cotton. – Moscow: Ad Margenem Press: Garage Museum of Contemporary Art, 2022. – 288 p.
2. Sontag, S. About Photography / Susan Sontag – Moscow: Ad Margenem Press: Garage Museum of Contemporary Art, 2021. – 272 p.
3. Design and the Basics of Composition in Design Creativity and Photography / author and compiler M. V. Adamchik. – Minsk: Harvest, 2010. – 191 p.
4. Laszlo Moholy-Nagy and the Russian Avant-garde: Articles and translation from Hungarian and German / Comp. S. Miturich; ed. Yu. Gerchuk. — Moscow: Tri Kvadrata, 2006. – 296 p.
5. Vasilyeva E. 36 essays about photographers: [collection] / Ekaterina Vasilyeva. - St. Petersburg. ; M.: “RUGRAM_Palmira”, 2022. - 255 p.
<https://www.academia.edu/77295776> (access date 03/05/2025)
6. Rodchenko Alexander Photography is an art. M.: Interros, 2006. - 480 p.
7. Lapin A.I. Photography as... M.: Treemedia 2024. 309 p.
8. Krylov, A.P. Photomontage: a tutorial for photo artists / A.P. Krylov. - Moscow: Course: Infra-M, 2013. - 79 p.
9. Freeman, Michael. Composition in digital photography. Creative techniques for creating successful photographs. M.: Dobraya kniga. 2014. 192 p.

ԴԻԶԱՅՆՈՒՄ ԼՈՒՍԱՆԿԱՐԶՈՒԹՅԱՆ ՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ-ԳԵՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱՍՊԵԿՏԸ

S.O. Բերդնիկ

Դոնի պետական ​​​​տեխնիկական համալսարան

Լուսանկարչության արվեստին տիրապետելը դիզայներին օգնում է ստեղծել իսկապես ինքնատիպ քաջատիկ արտադրանք, որը տեսողական խթանների ստեղծման միջոցով ապահովում է տեղեկատվության ակնթարթային ընկալում դիտողի կողմից: Լուսանկարչությունը գրաֆիկական դիզայների աշխատանքում օգտագործվող հիմնական գեղարվեստական ​​միջոցներից մեկն է: Օգտագործելով ժամանակակից տեխնիկական միջոցներ և ունենալով կոմպոզիցիոն և գեղարվեստական ​​մշակույթ, դիզայները լուսանկարչական նյութը վերածում է ապագա տպագիր

T.O. Berdnik

COMMUNICATIVE-AESTHETIC ASPECT OF PHOTOGRAPHY IN DESIGN

արտադրանքի արտահայտիչ և նորարարական դասավորության: Լուսանկարչությունը ընդգծում և պատկերացնում է արտադրանքի առանձնահատկությունները՝ հստակ ցուցադրելով դրա լավագույն դրակները:

Բանալի բաներ՝ լուսանկարչություն, հաղորդակցման դիզայն, գրաֆիկական դիզայնի օբյեկտ, լուսանկարչական պատկերի փոխակերպում:

**КОММУНИКАТИВНО-ЭСТЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ
ФОТОГРАФИКИ В ДИЗАЙНЕ**

Т.О. Бердник

Донской государственный технический университет

Статья представляет собой исследование феномена фотографии, его места и значения в проектировании графических дизайнерских объектов. Выделяется сущностное различие между фотографией как технологическим процессом и фотографией как разновидностью изобразительного искусства. Изучается творческий и педагогический опыт авангардной фотографии 20-30-х годов XX столетия и ее лучших представителей Ласло Махой-Надя и Александра Родченко, реализующих свои методики в Баухаузе и во ВХУТЕМАС-е соответственно. Дается описание авторских методических подходов к преподаванию учебной дисциплины «Фотографика» в рамках подготовки студентов-дизайнеров.

Ключевые слова: фотографика, коммуникативный дизайн, графический дизайнерский объект, трансформация фотоизображения.

Submitted on 10.06.2025

Sent for review on 15.06.2025

Guaranteed for printing on 26.07.2025

M.V. Markosyan, H.H. Ayvazyan

RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM

UDC – 53.043:699.83

NEW TECHNOLOGIES FOR DIAGNOSTICS AND REDUCTION OF
INTENSITY OF SURFACE WIND OF HIGH-RISE BUILDINGS

Mher V. Markosyan

Yerevan Telecommunication Research
Institute CJSC
26, Dzorapi str., Yerevan
e-mail: mark@yetri.am
ORCID iD: 0000-0003-1972-5266
Republic of Armenia

Hrant.H.Ayvazyan

Yerevan Telecommunication Research
Institute CJSC
26, dzorapi str., Yerevan
e-mail: hrant_ayvazyan@yahoo.com
ORCID iD: 0009-0009-5223-6238
Republic of Armenia

<https://doi.org/10.56243/18294898-2025.2-45>

Abstract

Numerous observations of the process of surface winds at the base of skyscrapers have nevertheless not enabled scientists to create a physically based technology to combat them. Consequently, administrations of large cities are forced to restrain the pace of urban construction to ensure the safety of citizens. The version proposed in the article is based on the fundamental laws of physics about the movement of air masses and considers the process of formation of surface wind as a consequence of the formation of the difference of temperature fronts on both sides of a high-rise building facing south.

Keywords: ground wind, high-rise building, skyscraper, volume of air.

Introduction

High-rise construction appeared back in the 1950s in America at the turn of the Industrial Revolution, when production began to develop in fast-growing cities, which entailed a large influx of people. High-rise buildings had many advantages over low and medium-rise buildings and completely solved the problems of growing megacities. The question of the impact of high-rise buildings on the environment arose at the same time when high-rise construction itself began. The interest in studying the impact of high-rise construction on the environment was caused by the unusual behavior of air masses near high-rise buildings. This

*M.V. Markosyan, H.H. Ayyazyan***RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

was manifested in the fact that some buildings literally attracted winds to themselves and vortex flows appeared in their surface part, creating great inconvenience for pedestrians [1].

Known versions of the causes of surface winds

In these years, such winds were first felt by Chicago residents, but the city authorities and scientists could not take effective measures to combat them, so the city hall limited itself to building railings around skyscrapers to provide some safety for pedestrians who were thrown by the wind on the roadway.

In 2015, the 160-meter Walkie-Talkie skyscraper in the City of London (Fig. 1) was found to have this property, which was of particular concern to the city authorities, who have been steadily tightening the standards for skyscraper construction every year for the safety of pedestrians and cyclists [2,3], thus curbing the city's growth rate.

The cause of hurricane-force surface winds at the base of skyscrapers has been the focus of attention of experts in the field for decades. However, numerous observations of the properties of these winds have not yet allowed to create a unified theory from the position of which it would be possible to develop an effective technology to combat them.

The main version is the following - "Wind acceleration near skyscrapers is caused by the downward flow effect. This occurs when the wind hits a building and, with no other place to go, is pushed up, down and sideways. The air pushed downward increases in velocity at street level." [4, 5]. However, this version is in contradiction with the laws of Newtonian mechanics, according to which no body, and in this case a mass of air pushed downward, can acquire acceleration without the influence of an external force, and the noted version does not specify the mechanism of any force on the noted mass of air. Moreover, its velocity will decrease due to friction against the lower floors of the building and due to collision with the wind blowing perpendicular to its direction at the level of these floors. Therefore, this volume of air will not be able to maintain the speed of the wind rushing against the skyscraper, especially since much of its energy will be lost when it hits the street, when the wind must change direction to blow along it.

New methodology for studying surface winds

Research conducted at the State University of Architecture and Construction of Armenia has shown that the surface wind of skyscrapers can occur even in conditions of absolutely windless weather and along with a huge number of "problem-free" skyscrapers is observed only in those that are directed with the broad side to the south or at an angle to it.

Such buildings themselves generate the surface wind around themselves in the following way - the sun-warmed facade of the building across its width and height forms a powerful upward flow of warmed air, forming a low-pressure area at its base. This area draws in cooler air from the surrounding streets and especially the much colder and heavier air from the north side of the skyscraper, where it has created a large shadow area due to its size and has kept the nighttime cool for a long time. These air currents, which girdle the skyscraper on both sides from north to south and are directed towards it from all nearby streets, create the surface winds recorded at the base of the skyscraper.

*M.V. Markosyan, H.H. Ayvazyan***RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

The proposed version is in full compliance with the laws of physics describing the process of wind formation as a consequence of atmospheric pressure difference. Moreover, it provides an exhaustive explanation of all observations about the behavior of these winds in the vicinity of skyscrapers. In this context, the observation that - "wind acceleration occurs if the building has absolutely right angles" [4, 6] is very interesting. However, in the laws of physics and in known technical solutions there is no such concept that a right angle of a building or any other structure can serve as a source of additional energy for the wind and accelerate it. On the contrary, it is known from the theory of tunnel ventilation that straight (unrounded) corners of tunnel portals counteract the drawing of fresh air into it.

In fact, the reason for strong winds is not the presence of right angles in a building, but the fact that buildings of rectangular construction containing right angles have a larger surface area and create a greater upward flow than buildings with rounded construction, such as Gherkin (Fig. 2) in London [6] and Burj Khalifa (Fig. 3) in Dubai [4], which are less warmed by the sun and do not create a sufficiently powerful upward flow, which is also dissipated due to the narrowing of their structure towards the top.

It is also quite true that taller skyscrapers create stronger winds. However, the reason is not that their upper floors face stronger winds [6], but that their larger surface creates a stronger upward flow. It is certainly true that higher altitudes are dominated by faster winds, but such a wind would need to overcome much greater frictional resistance against all floors of the building before reaching street level.

In some works, the presence of strong winds at the foot of skyscrapers is explained by the «channeling» effect [6], where the wind is forced through a narrow space, entering a canyon between two skyscrapers. It is also suggested that "the wind between two skyscrapers is compressed and accelerated. It is exactly like using a nozzle to increase the velocity of water" [7] . However, the physical basis of wind and water motion are diametrically opposite - wind moves due to the fact that the force of atmospheric pressure «pushes» the air from the high pressure area to the low pressure area, and water moves due to the fact that the Earth's gravity «attracts» a certain mass of water with some constant force and therefore, according to the law of conservation of energy, the speed of water increases when the volume and, accordingly, the mass of water passing through the narrowing openings of rivers decreases.

This is not the case with wind. There is no physical force that «pulls» it into the narrowing opening - it hits obstacles, is dispersed and partially thrown back. This effect is clearly demonstrated in practical wind energy classes by a fan blowing into a funnel. Experience shows that the same amount of air passes through the outlet nozzle of the funnel and at the same velocity as through the same opening in a smooth barrier. This is explained by the fact that the wind, reflecting from the conical walls of the funnel, creates an air cushion in front of the entrance to its nozzle, the pressure in which is directed against the wind blowing into the funnel.

The same thing happens when the wind hits buildings - it dissipates from hitting them and the air thrown into the space between the buildings creates a barrier to the oncoming wind, preventing it from accelerating, as in the case of the funnel. However, the observation that the narrow streets of London generate stronger surface winds than the wide streets of New York [4] is quite true. This is explained by the fact that skyscrapers of the same size in London and New York form the same upward flow, but the air, which, according to the stated version, is

*M.V. Markosyan, H.H. Ayyazyan***RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

«pulled» into its place (in this case by analogy with water) along the narrow London streets, has a higher speed in comparison with the movement of the same volume of air along the wide streets of New York.

The large number of «problem» skyscrapers and stronger surface winds in England can also be explained by the fact that, due to weather conditions, English architects are more inclined to “sunny” orientation of skyscraper facades and prefer to clad their structures with heat-absorbing materials. Examples of this are the cladding of Bridewater Place in Leeds (Fig. 4) with aluminum, which is the second most heat-absorbing material after copper, and the bright Walkie- Talkie cladding in London (Fig. 1), on the reflected rays of the sun, according to journalists [2], you can cook eggs.

Recommendations on design and diagnostics of skyscrapers aerodynamics

Thus, it can be stated that the proposed version fully explains all the reasons for the formation of surface winds and manifestations of their properties in the vicinity of skyscrapers. This allows us to formulate some recommendations for their design:

- high-rise buildings should face south with a narrow side;
- even in such an arrangement, building facades should not contain heat-absorbing cladding to avoid surface winds during sunrise and sunset hours;
- buildings located to the north of the projected skyscraper will contribute to the reduction of its surface winds, as the warming of their facades will draw some of the cold air from the northern courtyard of the skyscraper to itself;
- the presence of buildings to the south of the projected skyscraper will increase its surface winds, as in their shadow areas will be formed an additional volume of cold air, which will rush to skyscraper as soon as its heating will create an upward flow of air and will form, as a result, an area of low pressure at its base.

Consequently, the surface wind of each skyscraper is the result of the complex influence on its «wind situation» of all nearby buildings. Therefore, the diagnosis of the expected surface winds on each street should be carried out by the technology of computer modeling, in the program of which it is necessary to introduce algorithms of the underlying physical phenomena:
1 - air moves from a high-pressure region to a low-pressure region;
2 - warmed air rises upwards.

Diagnostics is also possible by analogy with tests of buildings in a wind tunnel [6], but for the case of studying surface winds it is necessary to build a model of a residential complex from heat-absorbing material, simulate the sun by means of a thermal radiator and register the air movement on the streets of the model by means of smoke or micro sensors. The warming effect of building facades can be enhanced by realizing their local heating by means of built-in electric heaters.

Technologies to reduce the intensity of surface winds

However, the diagnosability in the design of new skyscrapers leaves open the following question – «buildings that create wind flow problems are large, beautiful and expensive, so they cannot simply be demolished» [4, 6] . Currently, to reduce the intensity of surface winds near these buildings, protective barriers are used [8] , which partially disperse or deflect the already generated wind from the sidewalks without having any effect on the causes of its occurrence.

*M.V. Markosyan, H.H. Ayvazyan***RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

In this perspective it is of interest the method of counteracting the process of formation of surface wind [9], based on the statement of the above-mentioned version that a large volume of cold air is formed in the northern part of the building, which creates the greatest pressure at its base, pushing the air from there to the southern side of the building, where the upward flow of air formed a low-pressure area.

The movement of this volume of air along the entire circumference of the building can be prevented by providing the air with a shortened corridor from the base of the north wall of the building to its south façade through several 30-50 cm diameter pipes that will run through the technical floors of the building and exit through its lobby at the second floor level, so as not to interfere with pedestrians and traffic. Design solutions will make it possible to make the pipe outlets look like portholes or other design structures.

From the perspective of theoretical physics, it can be argued that this technology can provide complete suppression of the surface wind around the building only if it is assumed that the pipes laid through the building present zero resistance to the air passing through them. In the real case, however, a very small amount of wind flow will continue to girdle the building due to the fact that the inner walls of the pipes will offer some non-zero resistance to air movement.

Therefore, the wind intensity in the pipes and in the direction around the building will be determined by the ratio of the resistance of these directions to the air flow in accordance with the well-known physical law of the movement of certain media in the direction of least resistance, which is a fundamental principle in both electrical engineering and computing technologies.

Consequently, it can be concluded that increasing the number of “parallel” installed pipes in a building will contribute to reducing the total resistance of the through corridor running through the building. It is also obvious that the increase of wind flow through the pipes will be promoted by the increase of their diameter, as in this case the internal resistance of the pipes will grow in proportion to the radius of the pipe, and its capacity - in proportion to the square of the radius.



**Fig. 1. Walkie -Talkie skyscraper (160 m)
in London**



**Fig. 2. Skyscraper Gherkin (180 m) in
London**

M.V. Markosyan, H.H. Ayyazyan

RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM



Fig. 3. Skyscraper Burj Khalifa (828 m)
in Dubai



Fig. 4. Bridgewater Place skyscraper (112
m) in Leeds

Conclusion

The presented version gives an exhaustive explanation of all manifestations of the properties of surface winds. It allows us to formulate some recommendations for the design of high-rise buildings, providing the reduction of the effect of surface winds, as well as to develop a technique for diagnosing their interaction with high-rise buildings. A new technology for reducing the intensity of surface winds at the base of already built skyscrapers is proposed.

References

1. Kashin M.D., Nabokova T.B., Bgashev V.N. Ecological interaction of high-rise buildings and the environment - experience of foreign countries // International electronic scientific and educational journal N1(30) 2015 [Moscow Architectural University](#)
2. Gwyn Topham , Adelina Adjei City of London Tightens rules on skyscrapers over wind tunnel fears // The Guardian. Tue 20 Aug 2019 . [The Guardian](#)
3. Antonio Pacheco London to regulate wind design for new skyscrapers //Archinect News. Aug 20 ,2019. [Archinect News](#)
4. Jose Diego Monroy Why is there more wind at the base of the skyscrapers and how to reduce it? //Civl Engineering - Construction - Land Development. 16 July 2019. [Civil Engineering](#)
5. Skripchenkova S.Yu. Impact of wind loads on high-rise buildings // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. No. 2 (40) 2017. pp. 103-108. [Astrakhan State University](#)
6. Justin Parkinson The problem with the skyscraper wind effect //BBC News. 9 July 2015. [2015 BBC News](#)
7. By editor of Windcrane Logic Energy LTD. Why Skyscrapers cause windiness in the streets around them [Windcrane](#)
8. Nada Piradeepan Bridgewater Place puts «wings» in place to block wind". BBC News . 13 okt. 2017. [2017 BBC News](#)

M.V. Markosyan, H.H. Ayvazyan

RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM

9. Ayvazyan H.H. High-rise building with reduced intensity of surface wind //Patent AM 954 Y. Priority 30.08.2023. [Patent](#)

ԲԱՐՁՐԱՀԱՐԿ ՇԵՆՔԵՐԻ ԳԵՏՆԱՄԵՐՁԱՅԻՆ ՔԱՄԻՆԵՐԻ ՆՎԱՋԵՑՄԱՆ և
ԱԽՏՈՐՈՇՄԱՆ ՆՈՐ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ

Մ.Վ. Մարկոսյան, Հ.Հ. Այվազյան

Երևանի կապի միջոցների ԳՀԻ ՓԲԸ

Բարձրահարկ շենքերի հիմքերի շրջակայքում առաջացող գետնամերձային քամիների բազմաթիվ ուսումնասիրությունները մինչ օրս դեռևս թույլ չեն տվել գիտնականներին առաջադրել ֆիզիկայի տեսանկյունից հիմնավորված տեխնոլոգիա նրանց դեմ պայքարելու համար: Դրա հետևանքով խոշոր քաղաքների իշխանությունները ստիպված են սահմանափակել քաղաքաշինության աճը քաղաքացիների անվտանգությունը ապահովելու նպատակով: Հոդվածում առաջարկված վարկածը կառուցված է օդային զանգվածների շարժման ֆիզիկայի հիմնարար օրենքների վրա և դիտարկում է գետնամերձային քամիների առաջացումը որպես դեպի հարավ ճակատային մասով ուղղված շենքերի երկու կողմերի օդի զանգվածների միջև ջերմային տարբերության ձևավորման հետևանք:

Բանալի բառեր՝ գետնամերձային քամի, բարձրահարկ շենք, երկնաքեր, օդի զանգված

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ И СНИЖЕНИЯ
ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИЗЕМНОГО ВЕТРА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

М.В.Маркосян, Г.Г.Айвазян

Ереванский НИИ Средств Связи

Многочисленные наблюдения процесса возникновения приземных ветров у основания небоскрёбов тем не менее не позволили учёным создать физически обоснованную технологию борьбы с ними. В связи с этим администрации больших городов вынуждены сдерживать темпы городского строительства для обеспечения безопасности граждан. Предложенная в статье версия основана на фундаментальных

M.V. Markosyan, H.H. Ayvazyan

**RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

законах физики о движении воздушных масс и рассматривает процесс формирования приземного ветра как следствие образования разности температурных фронтов по обе стороны высотного здания, обращённого фасадом на юг.

Ключевые слова: приземный ветер, высотное здание, небоскрёб, объём воздуха

Submitted on 03.02.2025

Sent for review on 10.02.2025

Guaranteed for printing on 26.07.2025

UDC – 331.526

LABOR MARKET PROSPECTS AS A RESULT OF IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE FINANCIAL SECTOR

Lusine H. Azatyán

Public Administration Academy

e-mail: lusiazatyan@gmail.com

ORCID iD: 0009-0004-3536-168X

Republic of Armenia

<https://doi.org/10.56243/18294898-2025.2-53>

Abstract

The path of human development has always been aimed at identifying innovations and improving the quality of life. It is noteworthy that, especially recently, the development of the latest topologies is lightning fast, creating a perfect version at each subsequent stage, and very often people do not even have time to follow the dynamics of development. However, like almost all economic phenomena, this development also has both its positive and negative sides. In particular, with the introduction of the latest digital technologies, the business environment becomes easier to manage., strives to be more secure and improves productivity by providing greater fair value. But at the same time, the introduction of digital technologies is pushing the labor market into a crisis situation, since an automated mechanism is replacing a person, which in many cases is a more profitable option for the employer. This phenomenon in itself causes an increase in the unemployment rate, which is one of the most important strategic tasks for any country. This article aims to present the implications of the introduction of digital technologies in the financial sector., analysis and vision of the development of the financial sector of developing countries, both in the Republic of Armenia and in the international arena, in accordance with the Armenian economy. The causal article presents the impact of digital technologies on the labor market in the financial and banking sector, the pros and cons of this phenomenon. The article concludes with a conclusion drawn from the analysis and comparison of the above-mentioned phenomena.

Keywords: Digital technologies, financial sector, labor market trends, IT, artificial intelligence(AI), automation of robotic processes (RPA), fintech (fintech).

Introduction

The introduction of digital technologies in the financial sector over the past decade has radically changed the business environment, affecting both the operations of companies and the structure of the labor market. Traditional banking and financial systems are being transformed, becoming more secure, automated, fast and flexible, which creates new professions, as well as reduces the demand for some traditional jobs. The impact of the digital age on the financial labor market is inevitable, and it requires adaptation and continuous training on the part of employees.

In Armenia, this process is also evident in the digitization of financial institutions, the development of innovative payment systems and fintech startups. Digital technologies such as

artificial intelligence (AI), machine learning (Machine Learning), blockchain, and cybersecurity are strongly influencing how financial and banking services are provided, requiring professionals with new skills.

This article will describe how the labor market is changing due to the introduction of digital technologies in the financial sector, what new professions are emerging, what are the main factors of job cuts, and what are the prospects for professionals in this field.

Conflict Setting

Today, almost all countries of the world are making major investments in the development of digital technologies in their country. This development, in turn, brings forward a number of new needs that may have been unrealistic and unattainable until now.

The introduction of digital technologies, especially in the financial sector, has become an important turning point in the global economic context. The introduction of digital technologies in the financial sector is significantly changing the traditional ways of providing financial services. This, of course, helps to speed up the execution of transactions, reduce costs, increase security, and also contributes to more efficient management. Of course, the introduction of digital technologies in the financial sector also opens up new opportunities., but there are also new challenges in the labor market [1]. The introduction of digital technologies in financial services is also affecting the labor market, creating new professions and demands on the workforce. This requires new skills from employees in the financial sector, given the use of artificial intelligence, blockchain technologies, digital assets, data analysis, and mobile payments. Digital technologies such as blockchain, artificial intelligence (AI), big data (big data), mobile payment systems and other innovations, not only financial services are changing, but also the structure of the labor market. Innovations related to automation in the financial sector using robots and bots may reduce the demand for traditional financial work. For example, in banking services, customer service can be automated, leading to the provision of less traditional services without human intervention. The introduction of digital technologies requires new skills from employees of the financial sector. Artificial intelligence, The growing demand for blockchain technology and data analysis is forcing employees to acquire technology skills. The development of high technologies plays a crucial role in improving the competitiveness, security and standard of living of the state. States that create and develop high technologies register changes in the competitive environment and occupy leading positions in the international arena. The financial technology market is experiencing significant development in Armenia, This is accompanied by significant investments from private market participants and the development of their own high-tech products. The fastest growing market segments are digital banking services, digital wallets, digital credit platforms, etc. [2]. Armenia has made some progress in terms of digital technology development, but compared to the leading countries of the world, it is at different levels.

Research Results

If we look at global experience and statistics, the leading countries are distinguished by the widespread use of digital banking services, fintech innovations and the relevant regulatory environment in terms of the level of implementation and development of digital technologies in the financial sector. However, the introduction of digital technologies in the financial sector

has had a significant impact on labor markets around the world. if we look at an analysis of several leading countries based on official data, we will have the following description:

- USA-The rapid development of artificial intelligence (AI) and digital technologies in the USA has led to the automation of certain professions. A study by the Brookings Institution found that the impact of AI is particularly noticeable in high-paying professions such as programmers, lawyers, and financial analysts. This may lead to the reduction of certain jobs, but at the same time opens up new opportunities in AI-related fields [3];
- United Kingdom-According to a PwC report, widespread adoption of artificial intelligence in the UK has led to increased productivity and higher wages. The number of jobs requiring artificial intelligence skills has increased significantly, and employers are offering an average of 14% higher wages in these areas [4] This indicates the positive impact of artificial intelligence on the labor market;
- Australia-By 2030, the development of artificial intelligence in Australia is projected to affect up to 1.3 million jobs, especially in the areas of catering, office support and customer service. But sectors that require physical labor, such as mining and construction, are relatively less threatened by automation [5];
- India-The fintech sector in India has grown significantly in recent years. According to the Ernst & Young report, India ranks second after China in terms of fintech adoption - 87%. This has contributed to the creation of new jobs and the expansion of the labor market in the financial technology sector [6];
- EU countries-data analysis shows that the demand for digital professions in EU countries has grown significantly. For example, in Italy, the demand for database and network technology specialists increased nine-fold between 2014 and 2021. This demonstrates the importance of digital skills in the labor market. [7].

If we look at the degree of implementation and development of digital technologies in countries that are comparable to Armenia in terms of development and economic size, it can be noted that Georgia is perhaps in the leading position, occupying a leading position in the field of digital technologies in the South Caucasus. Financial services, digital payment systems, and blockchain technologies are actively developing in this country, as well as FinTech and Log-In startups in Georgia. [8].

Perhaps we can also include Bulgaria and Romania in the list of countries comparable to Armenia in terms of development and economic size.

It is true that Bulgaria has a stable and growing digital technology sector, which is one of the largest income-generating sectors in the country, but at the same time it is worth noting that only 41% of the Bulgarian population has basic digital skills, which is a challenge for the development of digital technologies [7].

Romania is an emerging economy in which digital technologies are beginning to play an increasingly important role in the financial sector. Although the growth of the Romanian IT market is projected to slow down in 2025, it will remain one of the leaders in the region due to the transformation of digital technologies and outsourcing [9].

Now, if we compare and analyze the changes in the labor markets in these countries over the past 5 years with the introduction of digital technologies in the financial sector, the picture will be as follows:

- The number of new jobs in the digital technology sector in Georgia increased by about 30%, and the demand for digital technology specialists in particular increased by about 50%. In particular, blockchain technologies, jobs that required data analysis and other digital skills were the most advanced. Due to the development of digital technologies in the financial sector, the number of remote jobs has increased by about 25%. Implemented digital tools have enabled financial services workers to work remotely without needing a physical presence. All this has led to the growth of digital banking services by about 35% over the past 5 years. The number of mobile banking users has exceeded 1.5 million people., which makes up about 50% of the world's population [8];
- Due to the introduction of digital technologies in Bulgaria, the number of new jobs in the financial technology sector increased by 20%. In particular, the demand for digital technology specialists, blockchain technology developers, and data analysts has increased in percentage terms. The demand for digital security specialists in Bulgaria has grown by 40% over the past five years. This is due to the increasing number of digital financial instruments and the growing needs of banks for the security of digital infrastructure as digital technologies are introduced., According to statistics, the number of mobile banking users in Bulgaria increased by about 45%, and in general, the frequency of use of digital banking services also increased, accounting for about 60% of all banking transactions. From all this, we can conclude that the introduction of digital technologies in Bulgaria has changed the financial sector and the labor market, creating new opportunities and demand for professionals [10].
- Due to the introduction of digital technologies in Romania, the number of new jobs in the financial technology sector increased by 20%, and the number of remote jobs in the financial sector increased by 30%. And the 45% increase in the number of mobile banking users over the past five years has led to an increase in demand for digital security specialists alone by about 40% [11].

Keeping up with the times, it should be noted that the development and promotion of digital technologies today is perhaps a prerequisite for the economic growth of both the state and organizations. It should be noted that, especially in the financial and banking system, the more innovative and modern digital technologies are introduced, the higher the level of accessibility and trust. The Republic of Armenia, as well as the aforementioned countries, as developing countries, we can note that in the economy, In particular, in the financial and banking sector, the main focus is on the development and modernization of digital technologies. However, it should be noted that despite the fact that the Armenian government has recognized the IT sector as a priority sector of the economy, nevertheless, no substantive steps are being taken to stimulate the development of the sphere. In particular, small amounts of government consumption contradict the logic of international experience in the development of the sphere [12]. More than 60% of Armenian companies have not implemented modern technologies, which indicates that, that compared to European partners, local companies are still lagging behind in the level of "digital maturity". Advanced digital technologies are little used in such important business functions as manufacturing and service provision (only 7% are used). companies face uncertainty, shortage of skilled workers, as well as a lack of information and awareness about digital technologies that meet the needs of their business, while at the same time experiencing uncertainty about the results of investments in these technologies. The

quality of management and integration with global markets are two more stimulating factors that explain the trend of technology use.[13] In accordance with these incentives, the following important signs of the introduction and development of digital technologies in the financial and banking sector appear:

- "Instant" data analysis at any time, for any period of time, and decision-making based on them—artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) – are used to assess risks, analyze credit histories and detect fraud, while big data (big data) helps predict customer behavior and develop personalized solutions. financial offers;
- Process Automation and Optimization-Robotic process automation (RPA) reduces the amount of manual work, speeds up transactions and increases operational efficiency, and as for reducing transaction costs and transparency, it is based on the Smart Contracts tool based on the blockchain;
- Cybersecurity and data protection - Multi-factor authentication (MFA) reduces the risk of unauthorized access. Protects financial and personal information with data encryption. And implemented cyberattack prevention systems are important in the banking sector, where cyber attacks often occur;
- Customer feedback – This tool is perhaps one of the tools for developing an effective and correct strategy in the financial sector, since, for example, chatbots and virtual assistants simplify customer service. Modern and convenient mobile and online banking provides fast and convenient provision of financial services, which is the key to attracting new customers and retaining existing customers. And personalized offers Digital technologies make it possible to offer customized loans, insurance, and investment opportunities by offering them to customers. What do they need at the moment?

The list of these symptoms can probably be continued indefinitely, and all this, merging together, forms a powerful competitive resonance among the structures of the financial sector. However, it is worth noting that an attractive vision for improving management efficiency and competitiveness in the market may be presented from the employer's point of view, but what about the labor market? By introducing new systems and innovative programs, we can note that in the Armenian reality, as the demand for digital technology specialists grows in the labor market, At the same time, the demand for specialists in the financial sector has declined sharply, as digital technologies have begun to replace human thinking, meeting needs and at the same time predicting the future and making optimal decisions.

Observing the labor market of the Republic of Armenia, according to the indicators of the Statistical committee, we can see that the most sought-after profession in the labor market of the Republic of Armenia is the specialty "Banking and credit business", and the innovation of digital technologies in the financial and banking sector leads to an increase in demand for the services provided. So, in 2024, financial sector services showed an increase of 15%, from which we can assume that the employment rate in the financial and banking sector has improved, but unfortunately,, Official sources have not released specific figures . [14] Despite the fact that the unemployment rate rose to 13.9% in 2024, the demand for specialists in this field in 2024 even exceeded the most in-demand IT sector over the past decade. In the Armenian labor market, this area accounted for about 30% of advertised vacancies, which exceeds its own figure compared to 2023. Summary data for 2024 show that the average employment in the financial and banking sector is 838,000 AMD (including taxes), which is the second highest-

paid sector., giving way only to the IT sector, where the average salary is 1,125,000 AMD (including taxes) . [15] If we make a historical review, we can note that the introduction of innovative digital technologies in the financial and banking sector in Armenia began in the late 1990s. In 1999, the Central Bank introduced the CBA electronic payment system.NET, which automated cash flows between banks. In 2001, the national payment system ARCA was established, which allowed servicing local and international payment cards.: In the mid-2000s, the introduction of remote banking services began, but they became widespread only in the 2010s. In 2017, the government launched the Fintech Hub Armenia program to stimulate the development of fintech startups. In 2022, the Information Systems Agency of Armenia was established to support the country's digital agenda. [16] Thus, over the past two decades, the introduction of digital technologies in the financial and banking sector of Armenia has continued, contributing to the modernization and development of the sector., at the same time, contributing to the growing demand for the workforce of digital technology management specialists. The financial and banking sector of Armenia uses digital technologies such as digital banking platforms such as online banking, payment systems with NFC and QR codes, artificial intelligence and chatbots, big data, blockchain and other digital assets, analytical tools, API integrations and Open Banking. It should be noted the introduction and improvement of cybersecurity, which provides features such as 2FA (two-step authentication), biometric authentication., cyber training for employees. It is noteworthy that with this tool, all investments are monitored in order to protect against hacking and ensure data confidentiality. It is also important to note that AM Local FinTech has been introduced in the Armenian financial and banking sector, providing innovative solutions such as SoftConstruct, Hexact, Mambu integration into some banks, Digitain (Digitain financial branch), innovative digital Credit Systems, and, of course, the availability of a digital credit history of a credit bureau. The introduction of these digital technologies, Despite the widespread increase in unemployment, this contributes to the expansion of the labor market in the financial and banking sector and the growing demand for digital technology management specialists, providing new jobs and new horizons.

However, it should be noted that the introduction of digital technologies, like any phenomenon, has not only positive but also negative sides. Unfortunately, there is currently no official digital data showing how much the number of jobs has decreased as a result of the introduction of digital technologies in the financial and banking sector. Nevertheless, it is important to note that the government and the private sector of Armenia are actively working in accordance with changes in the labor market, introducing training programs and educational initiatives to support employees in acquiring new skills. Example, It is planned to conduct online courses on financial and digital literacy for the participants of the voucher employment program [17].

The introduction of digital technologies in the labor market of the Armenian financial sector is causing profound structural changes. This applies both to the nature of jobs, as well as to the required skills of employees, the professions involved, wages, and ways of organizing work [18].

Considering international experience and vision, we come to an analysis of global and regional trends, according to which automation, AI and fintech in the financial sector lead to staff restructuring rather than widespread reduction, at the same time, one of the most changing

industries is banking and financial services, where the number of data processing and analysis specialists is growing. According to McKinsey & PwC forecasts, approximately 30-40% of the financial sector will be automated by 2030. However, at the same time, 10-15% of new jobs will be created in the digital sphere [1].

If we analyze the changing types of jobs as a result of the introduction of digital technologies in the financial and banking sector, we will get the following scale of changes in requirements, which decrease and increase:

Professions with declining demand	Sought-after professions with growing demand
Classical accountants	Fintech analysts
Service Operators	Data Analysts
Cashiers	Cybersecurity Specialists
Standard Credit Specialists	Developers of online and mobile applications

Conclusion

The introduction of digital technologies into the financial sector has played an important pivotal role in the context of economic development and economic growth. However, at the same time, new demands were put forward in the labor market and new requirements for specialization in the latest digital technologies appeared. We can note that digital technologies have advanced the following trends in the labor market:

- Job growth: the introduction of digital technologies creates new jobs, especially in the field of banking IT and analytics;
- Automation: As a result of automation, some traditional functions are reduced, which may lead to the reduction of some jobs;
- Demand for skills: There is a growing demand for professionals with digital skills;
- Educational initiatives: The Government and the private sector are implementing training programs to improve the skills of employees.

As for the analysis of risks and opportunities of the labor market.

We will have the following problems with medium-term risks:

1. Lack of qualified specialists
2. Job cuts at an average skill level

In the context of long-term opportunities, we will have the following vision:

1. A competitive workforce can be formed through special training programs
2. New high-paying positions are emerging - fintech, cybersecurity
3. Digitalization of the economy can contribute to the activation of regions through remote work

References

1. McKinsey & Company. (2020). *The digital transformation of financial services*. McKinsey & Company.
2. Government of the Republic of Armenia. (2021). *Decision on approving the Armenia digitalization strategy, the strategy's action plan and performance indicators*. Government of Armenia.
3. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *The impact of AI on the labour market*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/7c895724-en>

4. PwC. (2018). *Workforce of the future: The competing forces shaping 2030*. PricewaterhouseCoopers.
5. World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. World Economic Forum.
6. World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum.
7. International Trade Administration. (2024, September). *Trade events: InfoSecurity cybersecurity forum*. U.S. Department of Commerce.
8. Ministry of Economy and Sustainable Development of Georgia. (2024). *Georgia's role in regional digital communications*. Ministry of Economy and Sustainable Development of Georgia.
9. BMI Research. (2024). *Romania information technology report*. Fitch Solutions Group.
10. National Statistical Institute of Bulgaria. (2024). *Statistical data and publications*. <https://nsi.bg/en>
11. National Institute of Statistics of Romania. (2024). *Statistical data and publications*. <https://insse.ro/cms/en>
12. Minasyan, A., Shahbazyan, L., & Sanamyan, A. (2022). Problems and prospects for the development of the digital economy in the Republic of Armenia. *Economics and Management*, 19(4), 45–58.
13. World Bank. (2024). *Armenia firms' adoption of digital technologies*. Washington, DC: World Bank.
14. Statistical Committee of Armenia. (2024). *Statistical publications*. Statistical Committee of the Republic of Armenia.
15. Avetisyan, L. (2024). *The RA labor market 2024: Annual report*. staff.am.
16. Fast Foundation. (n.d.). *About us*. Fintech Incubator Armenia.
17. Government of the Republic of Armenia. (2021). *Armenia's digital transformation strategy (2021–2026)*. Government of Armenia.
18. Government of the Republic of Armenia. (2025). *Strategic employment plan for 2025–2031*. Government of Armenia.

References

1. McKinsey & Company. (2020). *The digital transformation of financial services*. McKinsey & Company.
2. ՀՀ Կառավարության Որոշումը Հայաստանի Թվայնացման Ռազմավարությանը, Ռազմավարության Միջոցառումների Ծրագրին Եվ Արդյունքային Ցուցանիշներին Հավանություն Տալու Մասին (2021)
3. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *The impact of AI on the labour market*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/7c895724-en>
4. PwC. (2018). *Workforce of the future: The competing forces shaping 2030*. PricewaterhouseCoopers.
5. World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. World Economic Forum.

6. World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum.
7. International Trade Administration. (2024, September). *Trade events: InfoSecurity cybersecurity forum*. U.S. Department of Commerce.
8. Министерство экономики и устойчивого развития Грузии (2024) “Роль Грузии в региональной цифровой связанности”
9. BMI Research. (2024). *Romania information technology report*. Fitch Solutions Group.
10. National Statistical Institute of Bulgaria. (2024). *Statistical data and publications*. <https://nsi.bg/en>
11. National Institute of Statistics of Romania. (2024). *Statistical data and publications*. <https://insse.ro/cms/en>
12. Մինասյան Ա. ; Շահբազյան Լ.; Սանամյան Ա. “Թվային տնտեսության զարգացման խնդիրներն ու հեռանկարները ՀՀ-ում” հոդված 2022 19(4), 45–58.
13. World Bank. (2024). *Armenia firms' adoption of digital technologies*. Washington, DC: World Bank.
14. Հայաստանի Հանրապետության վիճակագրական կոմիտե (2024) «Հայաստանի վիճակագրական տարեգիրք»
15. ՀՀ աշխատաշուկա 2024 | staff.am-ի ամենամյա զեկույցը. Լուիզա Ավետիսյան
16. Fast Foundation. (n.d.). *About us*. Fintech Incubator Armenia.
17. Հայաստանի Հանրապետության Կառավարություն (2021). ՀՀ թվային փոխակերպման ռազմավարություն (2021-2026)
18. Հայաստանի Հանրապետության Կառավարություն (2025). Զբաղվածության 2025-2031 թվականների ռազմավարական ծրագիր

ԱՇԽԱՏԱՇՈՒԿԱՅԻ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ՈԼՈՐՏՈՒՄ ԹՎԱՅԻՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ՆԵՐԴՐՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՈՒՄ

Լ.Հ. Ազատյան

Պերական Կառավարման Ակադեմիա

Մարդկային զարգացման ուղին միշտ եղել է նորարարությունների բացահայտման և կյանքի որակի բարձրացմանն ուղղված: Հատկանշական է, որ հատկապես վերջին դարաշրջանում նորագույն տեխնոլոգիաների զարգացումը տեղի է ունենում կայծակնային արագությամբ, յուրաքանչյուր հաջորդ փուլում ստեղծելով կատարելագործված տարբերակը, և շատ հաճախ մարդիկ չեն էլ հասցնում հետևել զարգացման դինամիկային: Սակայն ինչպես տնտեսական գրեթե բոլոր երևույթները, այս զարգացումը ևս ունի ինչպես իր դրական, այնպես էլ բացասական կողմերը: Մասնավորապես՝ նորագույն թվային տեխնոլոգիաների ներդրմամբ, բիզնես միջավայրը դառնում է ավելի հեշտ կառավարելի, ձգտում լինել ավելի անվտանգ և բարձրացնում է արտադրողականությունը, ապահովելով ավելի մեծ արդարական արժեք: Սակայն թվային տեխնոլոգիաների ներդրումը միևնույն ժամանակ առաջ է քաշում աշխատանքային շուկային ճգնաժամային իրավիճակ, քանի որ մարդուն գալիս է «փոխարինելու» ավտոմատացված մի մեխանիզմ, որը շատ դեպքերում գործատուի համար հանդիսանում է ավելի շահեկան տարբերակ: Այս երևույթն էլ ինքնին առաջ է քաշում գործազրկության մակարդակի աճ, որը ցանկացած երկրի

L.H.Azatyanyan

LABOR MARKET PROSPECTS AS A RESULT OF IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE FINANCIAL SECTOR

համար հանդիսանում է ռազմավարական գերագույն խնդիրներից մեկը: Այս հոդվածն ուղղված է ներկայացնել է ֆինանսական ոլորտում թվային տեխնոլոգիաների ներդրման հետևանքները, ինչպես Հայաստանի Հանրապետությունում, այնպես էլ միջազգային ասպարեզում, Հայաստանի տնտեսությանը համընթաց զարգացող երկրների ֆինանսական ոլորտի զարգացվածության վերլուծությունը և տեսականը: Պատճառահետևանքային կապով ներկայացված է հոդվածում ֆինանսաբանկային ոլորտում թվային տեխնոլոգիաների ազդեցությունը աշխատաշուկայի վրա, երկույթի դրական և բացասական կողմերը:

Բանալի բառեր. Թվային տեխնոլոգիա, ֆինանսական ոլորտ, աշխատաշուկայի միտում, SS, Արհեստական բանականություն (AI), ռոբոտացված գործընթացների ավտոմատացումը (RPA), ֆինտեխ (FinTech):

ПЕРСПЕКТИВЫ РЫНКА ТРУДА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФИНАНСОВУЮ СФЕРУ

Л.А. Азатян

Академия государственного управления РА

Путь человеческого развития всегда был направлен на выявление инноваций и повышение качества жизни. Примечательно, что, особенно в последнее время, развитие новейших топологий происходит молниеносно, создавая совершенную версию на каждом последующем этапе, и очень часто люди даже не успевают следить за динамикой развития. Однако, как и почти все экономические явления, это развитие также имеет как свои положительные, так и отрицательные стороны. В частности, с внедрением новейших цифровых технологий бизнес-средой становится легче управлять, стремится быть более безопасным и повышает производительность, обеспечивая большую справедливую стоимость. Но внедрение цифровых технологий в то же время подталкивает рынок труда к кризисной ситуации, поскольку на смену человеку приходит автоматизированный механизм, который во многих случаях является более выгодным вариантом для работодателя. Это явление само по себе вызывает рост уровня безработицы, что является одной из важнейших стратегических задач для любой страны. Эта статья направлена на представить последствия внедрения цифровых технологий в финансовом секторе, анализ и видение развития финансового сектора развивающихся стран, как в Республике Армения, так и на международной арене, в соответствии с экономикой Армении. В статье с причинно-следственной связью представлено влияние цифровых технологий на рынок труда в финансово-банковской сфере, плюсы и минусы этого явления.

Ключевые слова: цифровые технологии, финансовый сектор, тенденции рынка труда, ИТ, искусственный интеллект (ИИ), автоматизация роботизированных процессов (RPA), финтех (FinTech).

Submitted on 15.05.2025

Sent for review on 18.05.2025

Guaranteed for printing on 26.07.2025

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

Meruzhan A. Markosyan

Institute of Economics after M. Kotanyan

15, Grigor Lusavorich st., Yerevan

e-mail: markosyan844@gmail.com

ORCID iD: 0000-0003-3608-0375

Republic of Armenia

<https://doi.org/10.56243/18294898-2025.2-63>

Abstract

The provision of public finances of the state, as well as the increase in their efficiency and scale, the growth of the population's well-being, and the development of the national economy depend on a number of factors and prerequisites. These factors, both in the present and in the long term, predetermine the main strategic directions of socio-economic progress. To ensure the comprehensive development of society and the strengthening of the country, it is necessary not only to achieve an adequate level of consumption but also to ensure a sufficient norm of accumulation, which serves as the basis for further development and expanded reproduction. If this natural course of reproduction is not ensured, society loses guarantees of further development, which may result in the undermining of the country's security and the failure of the state's economic policy. In other words, it is essential to have certain financial, material-technical, labor resources, and natural reserves from the perspective of future development, which can ensure further socio-economic progress. Thus, the formation and multiplication of the country's national wealth acquire not only economic but also political significance and importance.

The state and process of economic progress and expanded reproduction are characterized by several macroeconomic aggregate indicators. Among these, the calculation of gross domestic product (GDP) (with its various modifications, such as the volume, growth rate, GDP per capita, etc.), national income, gross national income, and other macroeconomic indicators with their various modifications is particularly emphasized.

However, the main shortcoming of these indicators is that they essentially represent the current state of a country's development without reflecting its potential and capacity for socio-economic development. This key gap is addressed by the indicator of national wealth.

Currently, the unified methodological guidelines of the World Bank are widely used for defining and calculating national wealth. National wealth constitutes an integral part of the System of National Accounts (SNA). The SNA serves as a foundation for calculating economic growth by governments, the private sector, international organizations, and other stakeholders.

National income and well-being are based on the assets or wealth of a country, calculated based on various criteria. National wealth includes the following four components: produced capital, natural capital (resources), human capital, and net foreign assets.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

It follows that the primary source of increasing a country's national wealth is the growth of gross domestic product. One of the methods for calculating the magnitude of gross domestic product (GDP), as the main macroeconomic indicator for assessing the country's economic potential (strength), is the expenditure approach. The article discusses the relationships of distribution and redistribution of national wealth and their impact on the formation of incomes of different population groups.

Keywords: national wealth, income groups, public finances of the state, economic growth, GDP, GDP growth rate per capita

Introduction

The economic development of the former Soviet Union countries has undergone complex transformational processes, driven by political changes, challenges in transitioning to a market economy, and varying levels of global economic integration. The pace of economic growth, development trajectories, and economic policies of these countries differ significantly depending on their natural resources, human capital, governance systems, and international economic relations.

The South Caucasus countries, Armenia, Georgia, and Azerbaijan represent a unique region where economic development is influenced by both internal reforms and external factors. Georgia has focused on infrastructure development, positioning itself as a regional transit hub; Azerbaijan continues to rely on its oil and gas industry, creating economic dependence on resource exports; and Armenia, with limited natural resources, is compelled to build its economy based on human capital development and technological innovation.

Over the past decades, Armenia's economic model has gradually shifted from a labor-based model to one dominated by capital income. Despite the overall growth in national wealth, the country's economic stability remains dependent on effective governance, innovative policies, and the implementation of long-term development strategies.

The aim of this study is to assess the economic development trends of Armenia, the South Caucasus, and the former Soviet Union countries by analyzing their national wealth structure, economic growth dynamics, and income distribution patterns. Based on this analysis, well-founded recommendations will be presented to ensure economic stability and growth.

National wealth is widely recognized as a measure of a country's economic potential and well-being. Simon Kuznets (1955) emphasized the relationship between economic growth and wealth accumulation, arguing that wealth acts as a catalyst for sustained development. He noted that unequal income distribution could limit the overall socio-economic impact of growth¹. The World Bank's unified methodological guidelines for national wealth estimation provide a comprehensive framework for measuring produced, natural, and human capital, and their report highlights the role of wealth in sustainable economic development².

Wealth distribution has been a focal point of economic inequality debates. Thomas Piketty's *Capital in the Twenty-First Century* (2014) provides an extensive historical analysis, showing that wealth inequality has grown disproportionately due to lower taxation on inherited

¹ Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality." *American Economic Review*, 45(1), pp. 10-12.

² World Bank. (2006). *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. Washington, DC: World Bank, pp. 25-30.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

capital³. Similarly, Stiglitz (2012) explored how unequal distribution of wealth hinders economic growth and creates systemic instability, particularly emphasizing the need for redistributive fiscal policies⁴. Anthony B. Atkinson (2015) further outlined practical approaches to reduce inequality, including progressive taxation and public wealth-sharing mechanisms⁵.

Gross Domestic Product (GDP), while a widely used measure, has been criticized for its inability to fully capture a nation's wealth. Herman Daly (1996) advocated for using genuine savings and national wealth as indicators that incorporate environmental and human capital considerations⁶. Hamilton and Clemens (1999) proposed adjusted net savings, which account for natural resource depletion and investments in human capital, as a more accurate measure of long-term wealth⁷.

The institutional frameworks governing wealth capitalization and distribution play a significant role in economic outcomes. Douglass C. North (1990) analyzed how political and economic institutions shape wealth creation and allocation, emphasizing that inclusive institutions foster equitable growth⁸. Acemoglu and Robinson (2012) expanded on this by demonstrating that inclusive policies contribute to sustained wealth generation, whereas extractive policies exacerbate inequality⁹.

In the South Caucasus, disparities in wealth distribution and income levels are pronounced. Grigoryan (2017) examined the region's structural economic challenges, highlighting the uneven capitalization of natural and human resources and its impact on income inequality¹⁰. Mammadov and Petrosyan (2018) explored the relationship between natural resource wealth and economic growth in the region, emphasizing the need for diversified economic policies to reduce overreliance on natural resources¹¹.

Research Results

Ensuring the sovereignty and independence of the state, the improvement of the population's well-being, and the development of the national economy depend on several factors and prerequisites that determine the main strategic directions of socio-economic progress both in the present and the long term. To ensure the comprehensive development of society and the strengthening of the country, it is necessary not only to achieve an adequate level of consumption but also to secure a sufficient rate of accumulation, which serves as the foundation for further development and expanded reproduction. If this natural course of reproduction is not ensured, society is deprived of guarantees for future development, which can undermine the country's security and lead to the failure of the state's economic policy. In

³ Piketty, T. (2014). *Capital in the Twenty-First Century*. Harvard University Press, pp. 430–440.

⁴ Stiglitz, J. E. (2012). *The Price of Inequality: How Today's Divided Society Endangers Our Future*. W.W. Norton & Company, pp. 62–65.

⁵ Atkinson, A. B. (2015). *Inequality: What Can Be Done?* Harvard University Press, pp. 91–94.

⁶ Daly, H. E. (1996). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press, pp. 45–48.

⁷ Hamilton, K., & Clemens, M. (1999). "Genuine Savings in Developing Countries." *World Bank Economic Review*, 13(2), pp. 339–341.

⁸ North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge University Press, pp. 68–71.

⁹ Acemoglu, D., & Robinson, J. A. (2012). *Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. Crown Business, pp. 87–90.

¹⁰ Grigoryan, A. (2017). "Economic Development and Wealth Distribution in the South Caucasus." *Caucasus Analytical Digest*, 93, pp. 6–8.

¹¹ Mammadov, R., & Petrosyan, T. (2018). "Natural Resource Wealth and Economic Growth in the South Caucasus." *Economic Journal of the Caucasus*, 12(4), pp. 126–128.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

other words, it is essential to have certain financial, material-technical, labor resources, and natural reserves from a perspective of long-term development, which can ensure continued socio-economic progress. Thus, the formation and multiplication of the country's national wealth acquire not only economic but also political significance and importance.

The state and process of economic progress and expanded reproduction are characterized by several macroeconomic indicators. Among these, the gross domestic product (GDP) is of particular importance, calculated in its various modifications, such as its absolute size, growth rate, and per capita GDP. Additionally, the calculation of national income, gross national income, and other macroeconomic indicators with their various modifications is vital.

However, a primary shortcoming of these indicators is that they represent, so to speak, the state of development at a given moment without providing insight into the potential and opportunities for socio-economic development. This significant gap is addressed by the national wealth indicator. Unfortunately, despite its importance, the Statistical Committee of the Republic of Armenia (formerly NSC of the RA), with over three decades of history, has yet to calculate the value of this indicator. Currently, the unified methodological guidelines for defining and calculating national wealth, developed by the World Bank¹², are widely accepted. National wealth is an integral part of the System of National Accounts (SNA). The SNA serves as a foundation for calculating economic growth by governments, the private sector, international organizations, and other interested parties. National income and well-being are based on a country's assets or wealth, calculated using various criteria. National wealth comprises the following four components: **produced capital**, **natural capital (resources)**, **human capital**, and **net foreign assets**. It follows that the primary source of increasing a country's national wealth is the growth of gross domestic product (GDP). One of the methods for calculating GDP, a key macroeconomic indicator for assessing a country's economic potential (strength), is the **expenditure approach**, expressed with the following formula:

$$GDP = \text{Consumption} + \text{Investments} + \text{Government Purchases} + \text{Net Exports}$$

Since the primary source of investments at the national level is **gross accumulation**, it is advisable to use this indicator. Gross accumulation includes **gross fixed capital formation** plus changes in **inventory (stocks)**.

Analysys

As shown by the trends in the main components of GDP structure (Fig. 1), during 2012–2023, the share of consumption exceeded GDP in some years (2012, 2013, 2014). From 2015 to 2020, it accounted for more than 90% of GDP, while in 2021–2023, it decreased from 84.9% to 79.4%, which is a positive trend as it leaves more resources for accumulation. With such indicators, it is evident that Armenia's economy is more "consumptive" than "accumulative." This is also reflected in the accumulation rate (gross accumulation/GDP, as a percentage), which declined by 4.0 percentage points in 2023 compared to 2012. Similarly, the net exports/GDP ratio decreased by 24.1 percentage points over the same period.

Sustainable long-term economic growth requires more intensive inclusion of investments and portfolio assets. While GDP is an important metric for measuring economic growth, it accounts only for income and production, failing to reflect changes in the core asset

¹² World Bank Group. (2018). *The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future*. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29001/9781464810466.pdf>.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

base. Observing GDP in isolation may not accurately depict the economic situation. It does not capture the depletion of natural capital or asset depreciation, nor does it answer critical questions such as whether investments and wealth accumulation are growing due to population increase, or if the composition of assets aligns with the country's development goals.

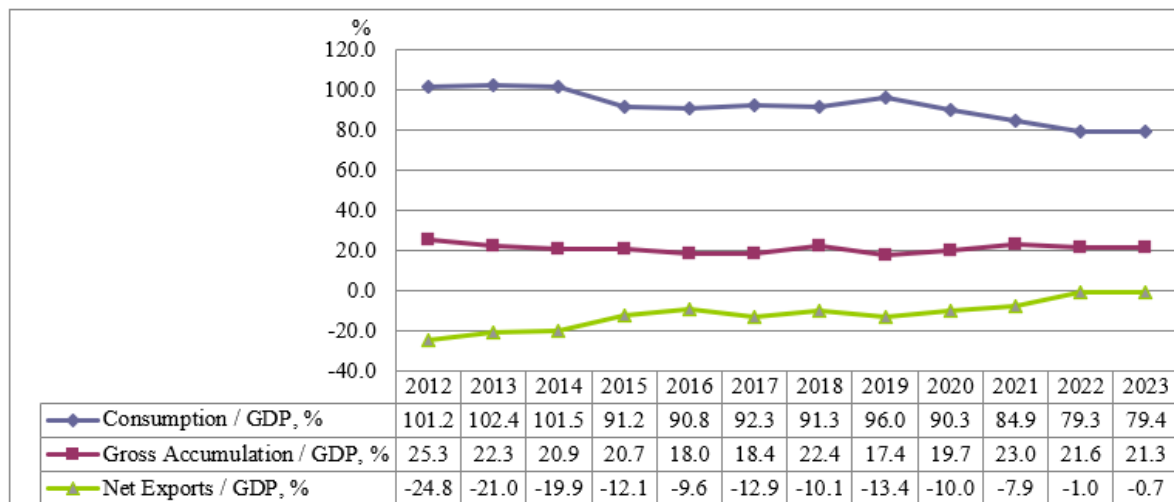


Fig. 1 The Ratio of Consumption, Gross Accumulation, and Net Exports to GDP in Armenia, 2012–2023¹³

The calculation of national wealth, as noted, is based on the following four components, categorized by asset classes:

- **Produced Capital:** Expressed at market prices and includes buildings, machinery, equipment, residential and non-residential urban land.
- **Natural Capital (Resources):** Includes energy resources (oil, gas, coal), minerals (10 categories), agricultural land (pastures and arable land), forests (timber and certain unique forest products), and protected areas. The value of natural capital is calculated as the discounted sum of rental income over the entire active period of the resource.
- **Human Capital:** Measured based on the value of efforts, skills, and experience of the population classified by gender and employment status (employed or self-employed). The value of human capital is calculated as the discounted sum of lifetime wages.
- **Net Foreign Assets:** The difference between a country's foreign assets and liabilities, such as foreign direct investments.

Among macroeconomic components that characterize the socio-economic development of each country, national wealth holds a crucial place. It is measured both at the scale of individual countries and per capita. The national wealth indicator is not merely a quantitative measure but also a qualitative, synthetic indicator. It reflects the effectiveness of utilizing the economic system and social infrastructure potential of the country and its level of development.

This indicator primarily characterizes a country's socio-economic potential for creating material and spiritual goods, serving as the foundation for shaping and improving the standard of living of the population.

¹³ Compiled by the authors based on data from the Statistical Committee of the Republic of Armenia.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

It is worth noting that the issue of national wealth has been and continues to be a fundamental subject of study in economics. Adam Smith's seminal work *The Wealth of Nations* (1776) laid the foundation for economics as a distinct field of study. Both historically and today, economics seeks to identify the sources of national wealth formation in various nations and the primary methods and pathways for increasing this wealth.

Surprisingly, despite the Republic of Armenia having embarked on the path of independence nearly three decades ago, the Statistical Committee of Armenia has yet to publish data on the country's national wealth indicators.

The methodology for calculating this important macroeconomic indicator and the work on its quantitative assessment have only been developed at a global level over the past 15 years. The first study by World Bank specialists was published in 2006 under the title "*Where is the Wealth of Nations. Measuring Capital for the 21st Century.*" This study introduced the concept of national wealth, its assessment methodology, and provided quantitative estimates of national wealth and its components for several countries worldwide¹⁴. The second publication by the World Bank in this direction, "*The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium,*" was released in 2011¹⁵. This report clarified methodological issues and expanded the scope of countries included in the assessment. The third study in this field, titled "*The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future,*" was published in 2018. It is notable for its refined methodology for assessing national wealth, the quantitative evaluation of its individual components, and the expansion of the range of countries included in the analysis¹⁶. The data summarized in that report pertain to the year 2014, while specific data for former Soviet Union countries are presented in Tab. 1. The latest report on national wealth, titled "*The Changing Wealth of Nations 2021: Managing Assets for the Future,*"¹⁷ was published in 2021. It includes an overview of national wealth per capita for countries and country groups worldwide, along with its individual components for the year 2018 (Tab. 2).

Tab. 1 presents the per capita national wealth figures, composition, and structure for countries of the former Soviet Union, income-classified country groups, and the world, based on the latest available estimates.

As evident from the table, the size of wealth varies significantly both across individual countries and income-classified country groups, which is influenced by the proportions of the different components forming national wealth. For instance, in the Republic of Armenia, the share of subsoil assets in the wealth structure is 4.1%, whereas in Azerbaijan, this figure is 42.1% (more than ten times higher than Armenia's), and in Georgia, it is twice as low as Armenia's. It is also clear that the primary component of wealth globally is **human capital**, accounting for 64.5% of the world's wealth, while in high-income OECD countries, it is 70.4%. Armenia does not lag far behind the global average in this regard, with human capital

¹⁴ "*Where is the Wealth of Nations. Measuring Capital for the 21st Century.*" The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, D.C., 2006, pp. 19, 143–158.

¹⁵ "*Where is the Wealth of Nations. Measuring Capital for the 21st Century.*" The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, D.C., 2006, pp. 159–162.

¹⁶ "*The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium.*" The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, D.C., 2011, pp. 27–49.

¹⁷ "*The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future.*" International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington, D.C., 2018, pp. 28–29, 38–39.

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

comprising 51.7% of the country's national wealth. In contrast, Azerbaijan has one of the lowest human capital shares among the former Soviet Union countries, at just 14.0%.

Table 1

Per Capita National Wealth, Composition, and Structure for Former Soviet Union Countries, Income-Classified Country Groups, and the World in 2014

Countries and Income-Classified Country Groups	National Wealth	Including				
		Produced Capital	Natural Capital	of which: Subsoil Assets	Human Capital	Net Foreign Assets
1	2	3	4	5	6	7
Armenia	52,894	15,451	12,702	2,150	27,329	-2,588
	100.0	29.2	24.0	4.1	51.7	-4.9
Azerbaijan	85,341	20,061	45,935	35,938	11,961	7,384
	100.0	23.5	53.8	42.1	14.0	8.7
Belarus	99,685	33,388	21,882	1,167	49,004	-4,588
	100.0	33.5	22.0	1.2	49.2	-4.6
Estonia	258,903	91,646	20,093	591	155,041	-7,876
	100.0	35.4	7.8	0.2	59.9	-3.0
Georgia	44,327	20,415	7,344	917	21,251	-4,682
	100.0	46.1	16.6	2.1	47.9	-10.6
Kazakhstan	180,911	40,150	66,606	53,440	76,617	-2,461
	100.0	22.2	36.8	29.5	42.4	-1.4
Kyrgyzstan	24,429	6,159	12,570	1,490	6,729	-1,029
	100.0	25.2	51.5	6.1	27.5	-4.2
Latvia	236,906	113,746	18,738	0	113,472	-9,049
	100.0	48.0	7.9	0.0	47.9	-3.8
Lithuania	169,046	63,254	12,758	174	100,081	-7,047
	100.0	37.4	7.5	0.1	59.2	-4.2
Moldova	35,380	14,213	4,898	0	17,852	-1,582
	100.0	40.2	13.8	0.0	50.5	-4.5
Russia	188,715	48,807	46,921	38,247	90,812	2,175
	100.0	25.9	24.9	20.3	48.1	1.2
Tajikistan	42,286	30,397	7,431	229	5,015	-557
	100.0	71.9	17.6	0.5	11.9	-1.3
Turkmenistan	146,831	39,740	59,062	37,843	47,510	519
	100.0	27.1	40.2	25.8	32.4	0.4
Ukraine	56,053	25,171	13,345	5,210	18,952	-1,414
	100.0	44.9	23.8	9.3	33.8	-2.5
Average of Former Soviet Union Countries	115,836	40,186	25,020	12,671	52,973	-2,343
	100.0	34.7	21.6	10.9	45.7	-2.0
Low-Income Countries	13,629	1,967	6,421	568	5,564	-322
	100.0	14.4	47.1	4.2	40.8	-2.4
Lower-Middle-Income Countries	25,948	6,531	6,949	1,944	13,117	-650
	100.0	25.2	26.8	7.5	50.6	-2.5
Upper-Middle-Income Countries	112,798	28,527	18,960	6,623	65,742	-432
	100.0	25.3	16.8	5.9	58.3	-0.4
High-Income Non-OECD Countries	264,998	59,096	80,104	72,074	111,793	14,005
	100.0	22.3	30.2	27.2	42.2	5.3
High-Income OECD Countries	708,389	195,929	19,525	8,011	498,399	-5,464
	100.0	27.7	2.8	1.1	70.4	-0.8
World	168,580	44,760	15,841	7,262	108,654	-676
	100.0	26.6	9.4	4.3	64.5	-0.4

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

Note: Data for Uzbekistan are missing. Values are expressed in US dollars for the numerator and as a percentage of total wealth for the denominator. Compiled and calculated by the authors based on "The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future," International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2018, pp. 226–233.

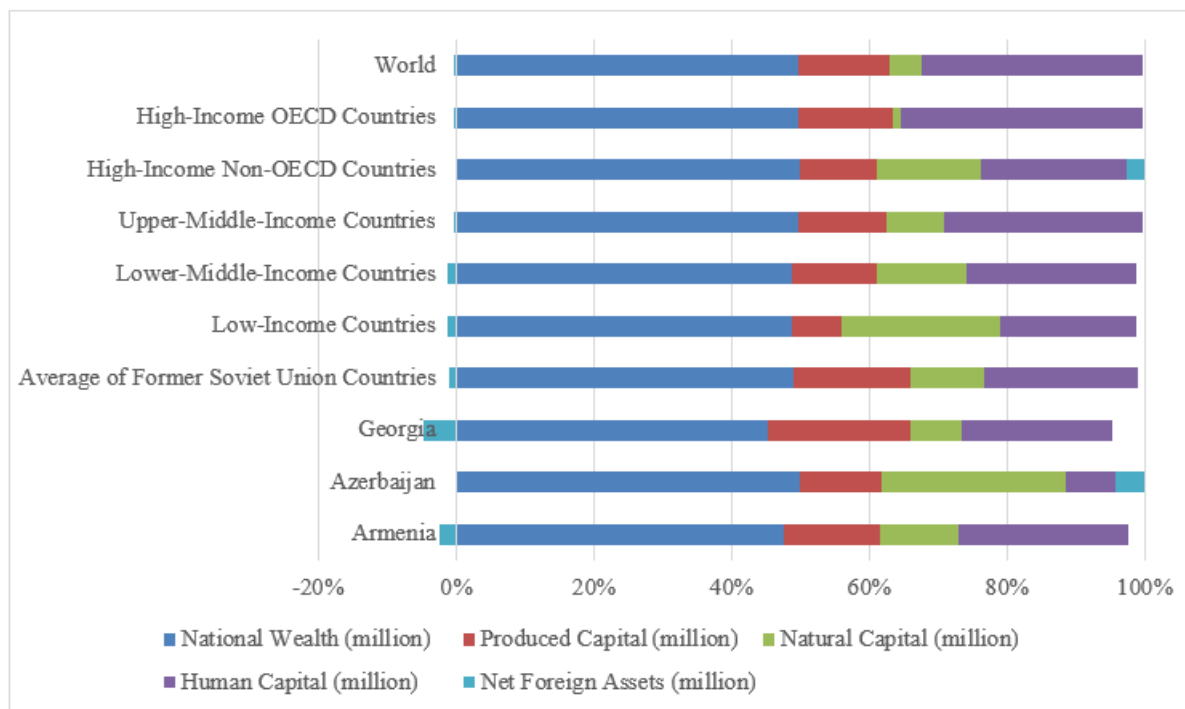


Fig. 2 Per Capita National Wealth, Composition, and Structure in Armenia, Azerbaijan, and Georgia by Income-Level Country Groups and the World, 2014

From the analysis of the table data, the following conclusions can be drawn:

- **Per capita total national wealth:** The highest values are observed in Estonia (258,903), Latvia (236,906), and the Russian Federation (188,715), while the lowest values are in Tajikistan (42,286), Moldova (35,380), and Kyrgyzstan (24,429). This means the difference between the country with the highest per capita national wealth (Estonia) and the country with the lowest (Kyrgyzstan) is 10.6 times, while the difference between the highest value (Estonia) and Armenia's value is approximately five times.
- **Produced capital:** The highest values are observed in Latvia (113,746), Estonia (91,646), and Lithuania (63,254), while the lowest values are in Armenia (15,451), Moldova (14,213), and Kyrgyzstan (6,159). The difference between the countries with the highest and lowest values for this component is 18.5 times, while the difference between the country with the highest value (Latvia) and Armenia is 7.4 times.
- **Natural capital:** The highest values are found in Kazakhstan (66,606), Turkmenistan (59,062), and Russia (46,921), while the lowest values are in Tajikistan (7,431), Georgia (7,344), and Moldova (4,898). The difference between the countries with the highest and lowest values for this component is 13.6 times, while the difference between the highest value and Armenia's value is about five times.
- **Human capital:** The highest values are found in the three Baltic states: Estonia (155,041), Latvia (113,472), and Lithuania (100,081), while the lowest values are in Azerbaijan (11,961), Kyrgyzstan (6,729), and Tajikistan (5,015). The difference between the countries

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

with the highest and lowest values (Estonia and Tajikistan) is 31 times, while the difference between the highest value and Armenia's value is 5.6 times.

- **Net foreign assets per capita:** This indicator is positive in fuel and energy resource-exporting countries, such as Azerbaijan (7,384), the Russian Federation (2,175), and Turkmenistan (519). For all other countries, net foreign assets have a negative value. The three countries with the largest negative values are Lithuania (-7,047), Estonia (-7,876), and Latvia (-9,049), while the smallest negative values are observed in Tajikistan (-557), Kyrgyzstan (-1,029), and Ukraine (-1,414)¹⁸.

By the per capita total national wealth indicator, the Republic of Armenia ranks 10th among the 14 former Soviet Union republics. For the produced capital indicator, Armenia ranks 12th; for natural capital, 10th; and for human capital, 8th. In terms of population size, Armenia also holds the 10th position.

Considering that a significant portion (51.7%) of Armenia's per capita national wealth consists of human capital, and that Armenia demonstrates a comparative advantage in the composition of its national wealth components, it can be concluded that human capital is the primary factor driving the increase in national wealth. Therefore, the economic policies implemented in the republic must be aimed at developing human capital and improving its utilization efficiency. Tab. 2 provides data on the per capita national wealth, its components, and structure for the former Soviet Union countries grouped by income levels, as well as for countries worldwide, as of 2018. It was noted that national wealth consists of several key components: produced capital, natural capital, human capital, and net foreign assets. Among the selected countries, the Russian Federation has the highest per capita national wealth, amounting to 173,394 USD, which is attributed to the large values of produced capital and non-renewable natural capital.

In Armenia, the per capita national wealth is relatively low at 48,031 USD, with the majority (59.9%) allocated to human capital. Latvia and the Russian Federation have the highest values in national wealth for produced capital, with 121,108 USD and 77,549 USD per capita, respectively. In Armenia, produced capital amounts to 17,263 USD, making up 35.9% of the total national wealth.

Azerbaijan leads in non-renewable natural capital, with 16,121 USD per capita (or 44.4% of national wealth), due to the country's oil and gas reserves. In Armenia, renewable natural capital amounts to 4,888 USD (10.2% of national wealth).

Estonia is a leader in human capital, with 157,308 USD per capita, which constitutes 59.6% of Estonia's national wealth. In Armenia, human capital makes up 28,775 USD (59.9% of the total national wealth), making it the primary component of the country's wealth.

Among regional characteristics, it should be noted that the Baltic countries (Estonia, Latvia, Lithuania) have high values of human capital, which is due to the high level of their educational and social systems. Central Asian countries (Kazakhstan, Turkmenistan, Tajikistan) have a high level of natural capital in their national wealth, which is attributed to the presence of mineral resources in these countries. Among the South Caucasian countries, Armenia and Georgia have a lower share of natural capital in their national wealth compared to

¹⁸ World Bank Group. (2018). *The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future*. pp. 226–232. Retrieved on April 1, 2021, from <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29001/9781464810466.pdf>.

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

other countries. The low level of natural capital indicates limited mineral resources, but this can be mitigated through the development of produced and human capital.

Table 2

Per Capita National Wealth, Composition, and Structure for the Former Soviet Union Countries Grouped by Income Level and the World in 2018

Countries and Income-Classified Country Groups	National Wealth	Including				
		Produced Capital	Natural Capital	of which: Subsoil Assets	Human Capital	Net Foreign Assets
Armenia	48,031	17,263	4,888	287	28,775	-3,181
	100.0	35.9	10.2	0.6	59.9	-6.6
Azerbaijan	36,315	11,475	3,157	16,121	8,367	-2,805
	100.0	31.6	8.7	44.4	23.0	-7.7
Belarus	77,516	30,775	8,987	517	40,798	-3,562
	100.0	39.7	11.6	0.7	52.6	-4.6
Estonia	263,969	97,983	14,174	764	157,308	-6,261
	100.0	37.1	5.4	0.3	59.6	-2.4
Georgia	38,510	22,690	3,619	287	18,074	-6,159
	100.0	58.9	9.4	0.7	46.9	-16.0
Kazakhstan	109,074	32,785	4,704	28,073	47,630	-4,117
	100.0	30.1	4.3	25.7	43.7	-3.8
Kyrgyzstan	15,328	6,013	4,183	804	5,543	-1,216
	100.0	39.2	27.3	5.2	36.2	-7.9
Latvia	233,600	121,108	13,986	0	107,129	-8,623
	100.0	51.8	6.0	0.0	45.9	-3.7
Lithuania	191,787	71,648	9,619	108	116,240	-5,827
	100.0	37.4	5.0	0.1	60.6	-3.0
Moldova	31,608	22,601	3,833	8	6,719	-1,553
	100.0	71.5	12.1	0.0	21.3	-4.9
Russian Federation	173,394	77,549	9,956	22,799	61,081	2,009
	100.0	44.7	5.7	13.1	35.2	1.2
Tajikistan	24,668	18,889	1,773	241	4,433	-668
	100.0	76.6	7.2	1.0	18.0	-2.7
Turkmenistan	102,707	33,795	5,806	22,822	40,473	-189
	100.0	32.9	5.7	22.2	39.4	-0.2
Ukraine	55,272	32,545	4,818	1,697	16,729	-517
	100.0	58.9	8.7	3.1	30.3	-0.9

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

Average of Former USSR Countries	100,127	42,651	13,332	6,752	47,093	-3,048
	100.0	42.6	13.3	6.7	47.0	-3.0
Low-income Countries	11,462	3,176	2,666	271	5,726	-377
	100.0	27.7	23.3	2.4	50.0	-3.3
Lower-middle-income Countries	27,108	7,368	2,751	902	16,847	-761
	100.0	27.2	10.1	3.3	62.1	-2.8
Upper-middle-income Countries	141,682	36,606	6,040	5,145	93,794	97
	100.0	25.8	4.3	3.6	66.2	0.1
High-income Non-OECD Countries	400,891	93,160	3,288	120,029	134,604	49,811
	100.0	23.2	0.8	29.9	33.6	12.4
High-income OECD Countries	621,278	217,190	9,522	3,537	396,222	-5,192
	100.0	35.0	1.5	0.6	63.8	-0.8
World	160,167	49,950	4,948	4,026	101,797	-554
	100.0	31.2	3.1	2.5	63.6	-0.3

Note: Data for Uzbekistan is missing.

In the denominator, the unit is USD, and the declaration is based on the percentage of national wealth.

Compiled and calculated by the authors based on *The Changing Wealth of Nations 2021: Managing Assets for the Future*, International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2021, pages 445-462.

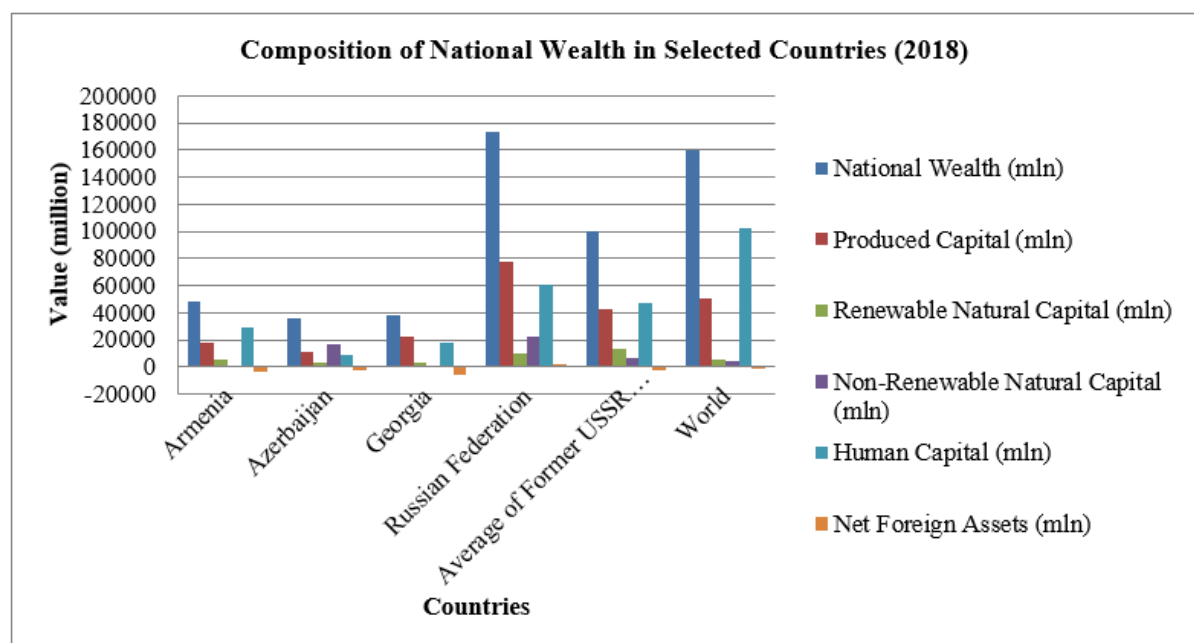


Fig. 3 Per Capita National Wealth, Composition, and Structure in Armenia, Azerbaijan, Georgia, the RF, the Average of Former Soviet Union Countries, and the World in 2018

Tab. 3 provides data on per capita national wealth in various countries and economic unions (groups) from 1995 to 2020.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

The Baltic countries (Estonia, Latvia, and Lithuania) have the highest national wealth, attributed to EU integration and economic reforms. In 2020, Estonia was the leader with per capita national wealth of 260,000 USD. Resource-rich countries (Russia, Kazakhstan, Azerbaijan) accumulated significant growth up to 2015 due to their large shares of natural capital. However, the decline observed in 2020 highlights the risks associated with resource dependency. The moderate growth in Armenia, Georgia, and Moldova is primarily driven by human capital and infrastructure development. Among upper-middle-income countries, a notable disparity exists, with per capita national wealth reaching 180,000 USD in 2020, where human capital predominates.

Table 3**Per Capita National Wealth in Various Countries and EU (Groups) from 1995 to 2020¹⁹**

Country	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Armenia	7,800	9,500	16,000	25,000	38,000	48,000
Azerbaijan	6,000	8,500	12,000	18,000	28,000	37,000
Belarus	14,000	18,000	25,000	40,000	60,000	75,000
Estonia	25,000	40,000	85,000	150,000	210,000	260,000
Georgia	7,000	8,500	15,000	25,000	38,000	40,000
Kazakhstan	22,000	30,000	55,000	85,000	110,000	115,000
Kyrgyzstan	3,500	5,000	8,000	12,000	18,000	24,000
Latvia	30,000	45,000	85,000	140,000	200,000	240,000
Lithuania	27,000	42,000	80,000	130,000	190,000	210,000
Moldova	6,500	8,000	13,000	20,000	28,000	32,000
Russian Federation	45,000	60,000	100,000	150,000	200,000	170,000
Tajikistan	4,000	5,500	9,000	15,000	22,000	25,000
Turkmenistan	15,000	20,000	35,000	65,000	85,000	100,000
Ukraine	12,000	17,000	30,000	50,000	75,000	90,000
Average of Former USSR Countries	19,000	27,000	45,000	75,000	105,000	120,000
Low-income Countries	4,000	5,000	7,000	10,000	14,000	18,000
Lower-middle-income Countries	6,500	10,000	18,000	28,000	45,000	55,000
Upper-middle-income Countries	15,000	25,000	50,000	90,000	140,000	180,000
High-income Non-OECD Countries	80,000	120,000	200,000	300,000	400,000	450,000
High-income OECD Countries	120,000	200,000	350,000	500,000	600,000	650,000
World	12,000	18,000	35,000	60,000	85,000	105,000

Note: The wealth of countries is assessed considering human, produced, and natural capital, as well as net foreign assets.

National wealth includes not only the produced capital of the economy (e.g., buildings, infrastructure) but also human resources (education, skills) and natural resources (renewable and non-renewable). Net foreign assets can be either positive or negative, depending on the country's international debt situation.

One of the critical issues in the methodology of calculating national wealth is uncovering the relationship between the magnitude of national wealth and a country's GDP. It is evident that an increase in national wealth is achieved through GDP growth, more specifically through the portion of GDP used for accumulation, which eventually transforms into one of the aforementioned components of capital or is distributed among them in specific proportions.

Let us examine the relationship between per capita national wealth and GDP in OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) countries and the Republic of Armenia. This relationship essentially characterizes the period it takes for GDP to "capitalize"

¹⁹ Compiled and calculated by the authors based on the data from *The Changing Wealth of Nations 2021: Managing Assets for the Future*, International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2021. The electronic resource is available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36400>, accessed on December 13, 2024.

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

and transform into national wealth. It is also clear that the shorter this period, the more efficiently a country's economy operates, enhancing its reproductive capabilities and socio-economic development potential. From an economic standpoint, this indicator best reflects the quality of a country's governance, serving as a stable guarantee for the socio-economic development of the economy and the continued improvement of living standards for its population.

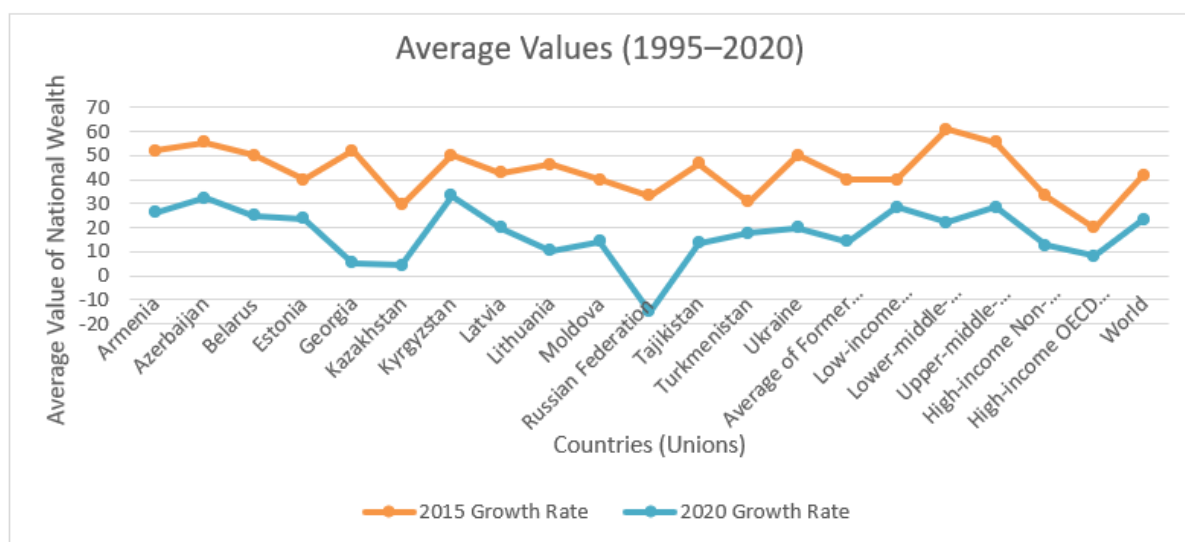


Fig. 4 Per Capita National Wealth in Various Countries and Economic Unions (Groups) Worldwide, 1995–2020, and Growth Rates for 2015 and 2020

The analysis of the data shows that the ratio of per capita national wealth to GDP is the smallest in Turkey, at 4.4 years. In Estonia, this indicator is 13.2 years, while in Armenia, it is 13.7 years. Regarding higher national wealth-to-GDP ratios in other OECD countries, for instance, the ratio in the United States is 18.0 years, in Canada 20.2 years, and in Switzerland 16.8 years. This can be explained by the high per capita GDP in these countries, where increasing GDP requires more resources and effort compared to countries with lower per capita GDP.

It can be concluded that the national wealth indicator has become one of the most important characteristics for assessing the efficiency of national economies. Economic policy should focus on increasing national wealth and its components. Given the importance of each component, particularly over the long term, comparative advantages should guide decision-making. Examining this phenomenon from this perspective reveals that Armenia's economy requires significant structural changes, particularly through the diversification and development of economic sectors that generate the highest added value by expanding and utilizing the potential of human capital.

To achieve the above-mentioned goals, the following measures should be prioritized:

- **Developing a methodology for calculating Armenia's national wealth** by the Statistical Committee of the Republic of Armenia (involving the country's leading economists in the process) and regularly publishing data on the size and structure of national wealth, for example, twice a year.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

- **Including the size of national wealth created annually** as a key indicator for evaluating the performance of the government and its ministries and agencies.
- **Enhancing the efficiency of human capital**, recognizing the main advantages inherent in Armenia's population, such as a high level of education, significant intellectual property potential, and so on.
- **Increasing the share of high-tech goods and services** as well as technologies (especially advanced technologies) in the structure of exports. This would improve the effectiveness of human capital and net export indicators, considering Armenia's strong prerequisites for achieving this²⁰.

In the system of a country's national wealth and its distribution relationships, measuring the magnitude of personal (individual) wealth accumulated by citizens holds a significant place. This is a highly complex and labor-intensive task. In the context of Armenia, this issue is further complicated by the lack of comprehensive and reliable data. Specifically, there have been no studies conducted in Armenia on either the complete national wealth or the distribution and valuation of its individual components and elements. Moreover, solving this problem involves registering and evaluating movable and immovable property owned by hundreds of thousands of households and citizens.

To address this gap, it is necessary to conduct a study that at least outlines the benchmarks for analyzing other, more partial data. For households, studying the Gini coefficient could reveal the share of wages, real assets, or financial means in total personal income, thereby providing insights into the structure of personal wealth. This phenomenon exists in many other countries as well. However, it is noteworthy that based on the results of research involving, for instance, more than 1,000 households, one could establish the degree of concentration of national wealth and its components in the hands of the top 10% (decile) of households, as well as the top 5% and the wealthiest 1%. Such a statistical picture can be derived through a Pareto distribution analysis, which is considered the best approach for studying wealth distribution in research samples and has been applied in similar studies in numerous countries.

Regarding comparisons between countries, certain challenges arise, largely due to differences in sampling methodologies, methodologies, and tools used in such studies. Nevertheless, it should be noted that the results of a study on the structure and distribution of national wealth in Armenia could closely resemble those from similar studies in other countries. Since the composition of national wealth is multifaceted, encompassing financial and natural resources (particularly subsoil, land, and water resources), a segregated approach to determining their value is often applied.

Information on the financial reserves of a country's citizens in Armenia can be obtained from two official sources: banks and the regular studies conducted by the Deposit Guarantee Fund. Data from these two bodies, while maintaining the confidentiality of individual depositors, can be grouped according to the objectives and priorities of the study and recalculated based on the decile or other groupings of monetary distribution. Alongside these estimates, it is also possible to construct a relatively reliable picture of financial assets.

²⁰ Markosyan, A., & Matevosyan, E. (2018). *National Wealth as a Key Indicator for Assessing the Degree of Economic Capitalization*. In *What to Do: Current Issues and Strategic Directions for the Development of Armenia's Economy*, Proceedings of the Scientific-Practical Conference (Yerevan: Antares), pp. 95–106.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

To verify data on the financial assets of public officials (including identifying their sources), these data can be compared with the declared (registered) amounts of their financial assets. The greatest discrepancies between declared and actual asset sizes typically exist for valuable assets such as real estate (land plots of various purposes, residential and non-residential houses, apartments).

In recent years, the sharply rising prices for real estate, particularly land plots, have "compelled" the government to develop an updated concept for real estate management and draft an action plan. This effort resulted in the adoption of the Law²¹ of the Republic of Armenia "On Establishing a Procedure for Cadastral Valuation of Real Estate Approximated to Market Value for Taxation Purposes", approved by the National Assembly of Armenia on November 19, 2019 (Law No. HO-225-N). We also believe that, given the critical national importance of land resources, it is necessary to establish committees at both the republican and regional levels to clarify property rights over land plots (particularly those of state significance, which cover over 700,000 hectares in Armenia) and to improve their management. These committees' operations should be regulated by government decisions. This will enhance the role and significance of regional administrations (marzpetarans) as territorial bodies of state governance in managing state property and improving its efficiency.

The development of a process and program for such measures is further emphasized by the fact that in previous years, state-owned land plots were handed over to communities for "management." Instead of performing this function, these plots were often used by certain political forces or figures to secure votes during national elections. Thus, state property (mainly land plots) became a subject of trade or a tool for corruption, thereby discrediting both territorial and state governance institutions.

To better understand the composition and structure of these land plots, it is sufficient to note that as of July 1, 2018, of Armenia's total land area (2,974.3 thousand hectares), 335.6 thousand hectares were protected zone lands, 30.5 thousand hectares were lands of special significance, 334.0 thousand hectares were forest lands (of which 289.2 thousand hectares were forest-covered), 25.8 thousand hectares were water lands, and 0.6 thousand hectares were reserve lands, making a total of 726.5 thousand hectares classified as state property. As of July 1, 2022, these figures were as follows: 2,974.3 thousand hectares (total land area), 335.5 thousand hectares (protected zone lands), 30.4 thousand hectares (lands of special significance), 333.9 thousand hectares (forest lands, of which 289.1 thousand hectares were forest-covered), 25.8 thousand hectares (water lands), and 0.6 thousand hectares (reserve lands)²².

To determine the total magnitude of the Republic's national wealth, it is necessary to evaluate not only the assets managed by citizens (individuals) but also those controlled by legal entities, communities, and state-owned organizations. Special attention should be given to the accounting and valuation of subsoil and water resources. It is evident that carrying out these tasks requires the development of new methodological approaches, time, and significant financial resources. However, these efforts are essential for obtaining a complete picture of the Republic's national wealth, expressed in monetary terms.

²¹ See the Law of the Republic of Armenia "On Establishing a Procedure for Cadastral Valuation of Real Estate Approximated to Market Value for Taxation Purposes", adopted by the National Assembly of the Republic of Armenia on November 19, 2019 (Law No. HO-225-N). Official legal information system of Armenia: www.arlis.am.

²² Statistical Yearbook of Armenia 2023, Yerevan, Statistical Committee of the Republic of Armenia, p. 362.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

The relationships between national wealth and the formation and distribution of population incomes, as well as addressing the challenges arising in this domain, are at the center of socio-economic policies implemented by governments worldwide (both in developed and developing countries). This is because the rates of economic growth, its quality, and efficiency are significantly influenced by the proportionality of income and wealth distribution among different population groups, which forms the foundation for social harmony and partnership within society. Moreover, achieving this objective requires targeted economic policy tools that ensure the alignment of interests and sustainable development of various population groups within society.

One of the primary reasons for the "Velvet Revolution" that occurred in the Republic of Armenia in April-May 2018 was the distribution of income and national wealth, which had led to societal polarization creating a wealthy minority and a large proportion of impoverished individuals. Aristotle had already noted that if your state has a small number of wealthy individuals and a large number of poor people, you essentially have two states: one for the rich and another for the poor.

Furthermore, the low per capita GDP, the inequitable distribution of GDP between labor and capital, the high poverty rate (26.4% in 2019, 27.0% in 2020, 26.5% in 2021, and 24.8%²³ in 2022 based on the 2019 methodology), along with numerous other factors, have shaped an economy in the Third Republic characterized by low efficiency in wealth creation and accumulation.

The analysis above highlights the need in Armenia to improve the relationships between the formation and distribution of population incomes and national wealth. In this context, economic research and analyses in this domain gain both scientific and practical importance.

The growth of the population's welfare and the development of the national economy in any country are influenced by a range of factors and prerequisites, which, especially in the long term, determine the main directions of socio-economic development. To ensure the comprehensive development of society and the strengthening of the state, it is necessary not only to achieve an adequate level of consumption but also to secure a sufficient rate of accumulation. This serves as the foundation for future development and expanded reproduction. If this natural process of reproduction is not ensured, society is deprived of the guarantees for further development, which could lead to the weakening of national security and the degradation of the state. In other words, from a long-term development perspective, it is essential to have sufficient financial, material, technical, labor resources, and natural reserves to ensure future economic progress.

Over the years, an unjust society has been formed in the Republic of Armenia, mainly due to inefficient distribution mechanisms. This has resulted in severe income polarization among the population, low wage levels, the concentration of wealth in the hands of a small group (clans), leading to large-scale emigration and high levels of poverty. While there are statistical data available on the formation and distribution of GDP and the distribution of income among various population groups in Armenia, the Statistical Committee of the Republic of

²³ Statistical Yearbook of Armenia 2023, Yerevan, Statistical Committee of the Republic of Armenia, p. 156. Statistical series of the Statistical Committee of Armenia: <https://armstat.am/am/.nid=12&id=15008>.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

Armenia does not calculate or publish data on the formation and distribution of national wealth. This omission complicates research on this critical economic category.

Thus, the fair distribution of incomes and wealth, the resolution of contradictions between labor and capital, the formation of national wealth, and its multiplication gain not only socio-economic but also political significance. Therefore, the issue of forming and distributing national wealth should remain at the center of attention for economists and researchers. It should pursue the following goals:

- **Identify trends in the formation and distribution of national wealth and population incomes in the modern world.** This involves examining trends in the growth of population incomes and wealth, particularly in the context of changes in consumption and accumulation proportions.
- **Study consumption patterns of households,** analyze the causes and consequences of absolute and relative poverty among populations in various countries, and explore effective systems and mechanisms developed and implemented by governments worldwide for forming and distributing population incomes and wealth.

By addressing these objectives, it will be possible to gain a deeper understanding of the processes shaping the formation and distribution of national wealth and to develop policies that promote equitable and sustainable socio-economic development.

The next issue is the study of the peculiarities of income formation and distribution among the population in the Republic of Armenia. The relationships of income formation and distribution in Armenia have been analyzed, with particular attention given to the changes in the consumption structure of households and an assessment of the nature of these changes. Significant focus has also been placed on the sources of income formation for the population and their transformations over recent years. A crucial part of the research has involved examining the savings of the population, their growth, and the distribution of these savings among various social groups, as well as assessing the actual distribution patterns.

In recent years, there has been an absolute increase in population incomes in Armenia, along with an average annual growth in real per capita consumption and a reduction in poverty rates.

However, it is evident that the distribution of incomes in such a manner cannot foster an atmosphere of social harmony among different social groups, and may even achieve the opposite effect. This suggests that the formation of incomes among various population groups in the Republic has not been equitable and is a consequence of an unjust distribution of GDP. This situation is largely due to a significant decrease in the share of wages in the formation of income and an increase in the incomes of capital owners.

For instance, in 2021, compared to 1990, the share of wages in GDP fell from 57.4% to 34.2%, while the share of capital owners rose from 31.7% to 53.6%. The share of the state (taxes on production and imports as a share of GDP) decreased from 17.8% to 12.4% (see Tab. 4).

The question arises: is it possible to distribute GDP more equitably to achieve a certain harmony between the incomes of labor, capital owners, and the state. The implementation of such a social policy is illustrated in Tab. 5, the data of which show that within just 10 years (1980–1989), it was possible to achieve a balanced and targeted income distribution policy.

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

It is evident that the share of the low-income population decreased from 2,101 thousand individuals in 1980 to 1,117 thousand in 1989, resulting in their proportion of total income falling from 67.8% in 1980 to 33.5% in 1989. During the same period, the share of the middle-income group rose from 27.7% (861 thousand individuals) in 1980 to 46.1% (1,537 thousand individuals) in 1989. Thus, the middle class constituted the majority of the population.

Table 4**Structure of Income Formation in the RA, 1990–2022 (as a percentage of total)²⁴**

Years	Wages of Employees	Taxes on Production and Imports	Subsidies on Production and Imports (-)	Gross Operating Surplus and Mixed Income of the Economy	Including:		Domestic Output (Gross, at Market Prices)
					Consumption of Fixed Capital	Net Operating Surplus and Net Mixed Income of the Economy	
1990	57.4	17.8	6.9	31.7	14.9	16.8	100.0
1991	52.5	8.1	1.9	41.3	15.0	26.3	100.0
1992	38.4	9.0	0.6	53.3	16.6	36.6	100.0
1993	41.8	6.0	0.9	53.1	15.1	38.0	100.0
1994	41.5	5.8	1.1	53.9	14.8	39.1	100.0
1995	39.3	5.4	0.4	55.7	14.3	41.4	100.0
1996	39.9	6.7	0.3	53.6	15.0	38.6	100.0
1997	41.8	9.2	0.4	49.3	14.4	34.9	100.0
1998	41.3	10.2	0.1	48.7	13.6	35.0	100.0
1999	42.9	11.8	1.4	46.8	14.1	32.7	100.0
2000	42.7	11.4	0.7	46.6	14.6	32.1	100.0
2001	41.8	11.8	0.6	46.9	14.3	32.6	100.0
2002	39.5	12.0	0.6	49.1	14.9	34.2	100.0
2003	40.3	11.4	0.6	49.0	14.0	35.0	100.0
2004	39.5	10.5	0.6	50.6	13.2	37.4	100.0
2005	39.4	10.7	0.4	50.3	12.7	37.6	100.0
2006	39.0	10.4	0.3	50.9	11.7	39.2	100.0
2007	38.2	11.7	0.3	50.4	11.5	38.8	100.0
2008	37.2	13.0	0.2	50.0	10.5	39.5	100.0
2009	38.4	12.3	0.1	49.4	10.9	38.5	100.0
2010	37.1	12.8	0.1	50.1	11.3	38.9	100.0
2011	36.6	12.4	0.1	51.0	10.7	40.3	100.0
2012	34.5	12.5	0.1	53.1	12.6	40.4	100.0
2013	34.0	12.6	0.1	53.6	12.7	40.9	100.0
2014	33.7	12.8	0.1	53.5	12.7	40.8	100.0
2015	34.4	12.0	0.2	53.7	13.8	39.9	100.0
2016	34.8	11.4	0.2	54.0	13.9	40.1	100.0
2017	34.5	11.6	0.1	53.9	13.5	40.5	100.0
2018	33.8	12.0	0.1	54.3	13.0	41.2	100.0
2019	33.3	13.0	0.3	53.4	12.3	41.1	100.0
2020	35.2	12.3	0.2	52.5	12.9	39.6	100.0
2021	34.2	12.4	0.2	53.6	12.6	41.0	100.0
2022	35.4	11.5	0.3	52.8	13.8	39.0	100.0

²⁴ Compiled and calculated by the authors based on data from the Statistical Committee of the Republic of Armenia, <https://www.armstat.am/am/.nid=202>.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

Total (1990–2022 Average Annual)	38.92	11.05	0.62	50.61	13.39	37.21	100.0
-------------------------------------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------

Although the number of high-income individuals and their share in total income also increased, their proportion accounted for only 20.4% of total income.

It is necessary to address the methodological approaches used in Armenia to calculate (record) the incomes of various income groups, as well as the shortcomings of these approaches. For instance, during certain periods, studies on annual incomes excluded households receiving state assistance and those with incomes above a certain threshold.

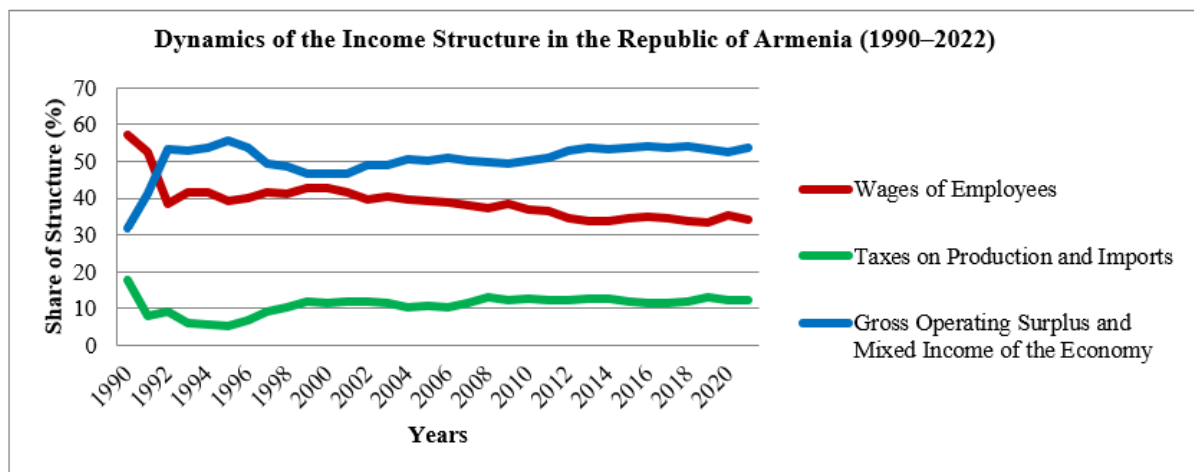


Fig. 5 Structure of Income Formation in the RA, 1990–2022 (as a Percentage of Total)

Table 5

Distribution of the Population of Soviet Armenia by Per Capita Income and Groups with Low, Medium, and High Incomes, 1980–1989 (Based on Integrated Household Budget Data)²⁵

	Average Annual Population							
	Thousand People				Percentage			
	1980	1985	1988	1989	1980	1985	1988	1989
Entire Population, Including Per Capita Total Income per Month, Rubles	3112	3349	3479	3335	100	100	100	100
Up to 50	450	217	120	80	14.8	6.5	3.4	2.4
50-75	891	699	513	397	28.6	20.9	14.7	11.9
75-100	760	825	746	640	24.4	24.7	21.5	19.2
Low-Income Groups (Up to 50–100)	2101	1741	1379	1117	67.8	52.1	39.6	33.5
100-125	470	627	695	650	15.1	18.7	20	19.5
125-150	256	416	510	517	8.2	12.4	14.7	15.5
150-175	135	244	344	370	4.4	7.3	9.9	11.1

²⁵ Compiled and calculated based on the data from *The Economy of the Armenian SSR in 1989: Statistical Yearbook*, Yerevan, Hayastan, 1991, p. 39. Available on the official website of the Statistical Committee of the Republic of Armenia: <https://www.armstat.am/file/doc/99507078.pdf>.

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

Middle-Income Groups (100–175)	861	1287	1549	1537	27.7	38.4	44.6	46.1
175-200	68	139	221	354	2.2	4.1	6.3	7.6
200-250	56	124	211	261	1.8	3.7	6.1	7.8
Above 250	16	58	119	166	0.5	1.7	3.4	5
High-Income Groups (175–Above 250)	140	321	551	781	4.5	9.5	15.8	20.4

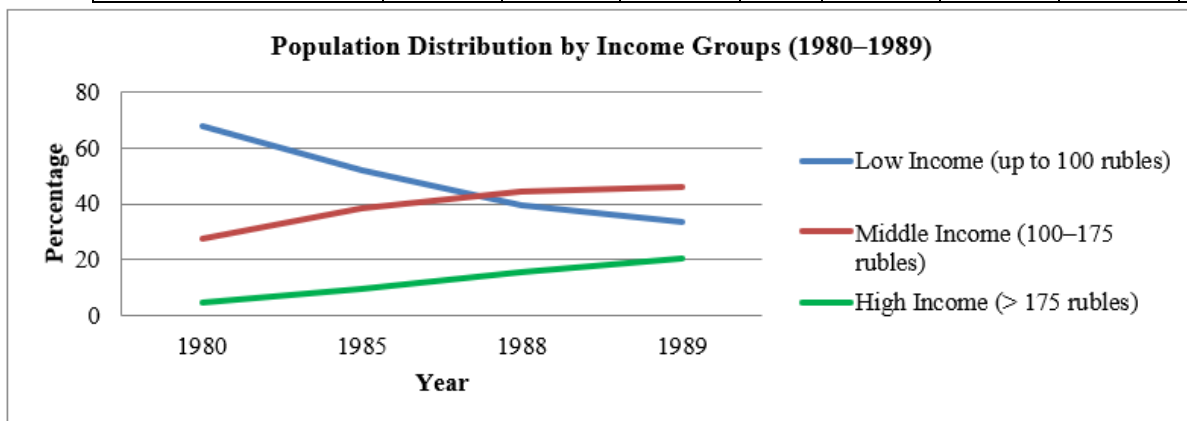


Fig. 6 The Distribution of the Population of Soviet Armenia by Per Capita, as well as Low, Middle, and High-Income Groups of Total Income for the Years 1980–1989
(Based on Data from the Integration of Family Budgets)

Although surveys conducted since the mid-2000s deliberately avoided excluding any groups, two key shortcomings in sample formation persist:

- Urban surveys do not include data on the incomes of self-employed individuals (households) and employer households, instead relying on expenditure data to estimate their incomes.
- Rural surveys exclude non-agricultural rural households.

According to our estimates, these two groups together account for about 40% of households in Armenia, which were essentially excluded from the income and expenditure surveys. Consequently, official statistics indicating improvements in the Gini coefficient should be viewed and assessed with a degree of approximation.

Although the Statistical Committee of Armenia (formerly the National Statistical Service of Armenia) has made adjustments to sampling methodologies in population income and expenditure surveys, the reliability of income formation and distribution data remains questionable. In particular, it is necessary to create an additional sample for low-income groups to obtain more representative data.

Let us also consider the relationships in the formation and distribution of national wealth in the Republic of Armenia (RA). As noted, the Statistical Committee of Armenia does not calculate or publish data on the national wealth of the country. This can be regarded as one of the significant shortcomings in the work of Armenia's statistical services, which needs to be addressed within the next 1–2 years. Moreover, this does not merely involve calculating and publishing a few figures. It is evident that while the World Bank provides serious

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

methodological guidelines and research on calculating and assessing national wealth, these require localization, taking into account the specific characteristics of Armenia's economy.

It is also essential to understand that the indicator of a country's national wealth is not just a number but a summary measure that characterizes the state of the economy. It can serve as a guide for developing the "roadmap" for the country's future economic development. National wealth, like a mirror, reflects the key factors of socio-economic development, which define the pillars of economic growth and should become the tools and mechanisms for developing and implementing economic policy.

Of particular importance is the development and expansion of economic activities in the republic that generate the highest added value. This is critical for ensuring the growth of national wealth. Additionally, this approach can improve the structure of the economy, leading to the creation of an efficient economic system with all the progressive priorities and measures required for development in critical areas.

Conclusion

The role of national wealth also becomes crucial in establishing a socially just state and ensuring social solidarity among different layers of the population. This is achieved by developing and implementing principles for the distribution of national wealth that optimally balance the interests of the state, the business community, and social groups.

The country's tax system is of critical importance in achieving this goal. Armenia's tax system is generally effective and capable of ensuring revenue collection while maintaining, at least in principle, a degree of progressivity. Naturally, the primary task of the tax system is revenue collection rather than redistribution. However, with the reforms initiated and partially implemented under the new tax code, the goals of horizontal and vertical equity in revenue collection and distribution were chosen. Most of these, however, remain debatable.

It is necessary to briefly discuss and evaluate the various types of taxes in Armenia, including value-added tax, income tax, profit tax, property tax, land tax, and other forms of taxation. A review of these tax types will make it possible to establish an efficient system for redistributing income and national wealth between labor and capital. The need for such redistribution will create an effective environment, particularly for stimulating labor and enhancing its efficiency.

This necessity is driven by the fact that more than half of Armenia's national wealth is concentrated in human capital. Such an approach is justified by the reality that the level of labor remuneration in Armenia, both in absolute and relative terms (the share of the wage fund of employees in GDP), is comparatively quite low. This situation fails to create adequate material incentives for wage earners, leading to low labor productivity and, consequently, slow growth in national wealth.

The former Soviet Union countries have undergone a complex process of economic transformation, resulting in significant economic disparities.

- Russia's economy is heavily dependent on natural resources, which provide it with high national wealth but limit human capital development.
- The Baltic states (Latvia, Lithuania, Estonia) outperform other countries in the region due to their integration into the EU, promotion of innovation, and infrastructure development.

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

- Central Asian countries, particularly Kazakhstan and Turkmenistan, possess large natural resource reserves, but the lack of economic diversification remains a challenge.
- Belarus and Ukraine rely heavily on produced capital, but external debt and political instability hinder economic growth.

The South Caucasus countries (Armenia, Georgia, Azerbaijan) exhibit different economic models and challenges.

- Georgia is making significant investments in infrastructure and transport connections, allowing it to become a regional transit hub.
- Azerbaijan continues to rely on the oil and gas industry, creating economic dependence on raw material exports and limiting the development of other sectors.
- Armenia has limited natural resources, which forces its economy to focus on human capital development and technological innovation.

Armenia must focus on education, innovation, and technological development to utilize its human capital more effectively.

- The limited availability of natural resources means that the country's economic growth should be ensured through high value-added sectors.
- Increasing produced capital and investments is crucial for economic stability and the growth of national wealth.
- Armenia's per capita national wealth declined from \$52,894 in 2014 to \$48,031 in 2018, indicating overall economic decline or inefficient capital utilization.
- The share of human capital increased from 51.7% in 2014 to 59.9% in 2018, highlighting that the country's economic growth mainly depends on a skilled workforce.
- The share of natural resources dropped significantly, from 24.0% in 2014 to 10.2% in 2018, showing reduced dependence on natural resources or their reevaluation.

Today, the former Soviet Union countries have different economic models, but for Armenia and the South Caucasus countries, education, technology, and effective governance policies can become key factors in ensuring sustainable economic growth. Armenia's main economic challenges include increasing productivity, utilizing capital more efficiently, and reducing social polarization. For long-term economic growth, it is essential to promote innovation, education, production, and tax reforms.

References

1. Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, 45(1), 10–12.
2. World Bank. (2006). *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. Washington, DC: World Bank, 25–30.
3. Piketty, T. (2014). *Capital in the Twenty-First Century*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 430–440.
4. Stiglitz, J. E. (2012). *The Price of Inequality: How Today's Divided Society Endangers Our Future*. New York: W.W. Norton & Company, 62–65.
5. Atkinson, A. B. (2015). *Inequality: What Can Be Done?* Cambridge, MA: Harvard University Press, 91–94.
6. Daly, H. E. (1996). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press, 45–48.

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

7. Hamilton, K., & Clemens, M. (1999). Genuine Savings in Developing Countries. *World Bank Economic Review*, 13(2), 339–341. <https://doi.org/10.1093/wber/13.2.333>
8. North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press, 68–71. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>
9. Acemoglu, D., & Robinson, J. A. (2012). *Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. New York: Crown Business, 87–90.
10. Grigoryan, A. (2017). Economic Development and Wealth Distribution in the South Caucasus. *Caucasus Analytical Digest*, 93, 6–8. Retrieved from <https://www.laender-analysen.de/cad/>
11. Mammadov, R., & Petrosyan, T. (2018). Natural Resource Wealth and Economic Growth in the South Caucasus. *Economic Journal of the Caucasus*, 12(4), 126–128.
12. World Bank Group. (2018). *The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future*. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 226–232. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29001>
13. Statistical Committee of the Republic of Armenia. (2023). *Statistical Yearbook of Armenia 2023*. Yerevan: Statistical Committee of the Republic of Armenia, 156, 362. Retrieved from <https://armstat.am/en/.nid=12&id=15008>
14. Markosyan, A., & Matevosyan, E. (2018). National Wealth as a Key Indicator for Assessing the Degree of Economic Capitalization. In *What to Do: Current Issues and Strategic Directions for the Development of Armenia's Economy* (pp. 95–106). Yerevan: Antares.
15. Statistical Committee of the Republic of Armenia. (1989). *The Economy of the Armenian SSR in 1989: Statistical Yearbook*. Yerevan: Hayastan, 39. Retrieved from <https://www.armstat.am/file/doc/99507078.pdf>
16. World Bank. (2011). *The Changing Wealth of Nations: Measuring Sustainable Development in the New Millennium*. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 27–49.
17. World Bank Group. (2018). *The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future*. *World Bank Report*, 28–29, 38–39. Retrieved on April 1, 2021, from <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29001/9781464810466.pdf>
18. Statistical Committee of the Republic of Armenia. (2021). Compiled and calculated by the authors based on data from *The Changing Wealth of Nations 2021: Managing Assets for the Future*. Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36400>
19. Republic of Armenia. (2019). Law No. HO-225-N, "On Establishing a Procedure for Cadastral Valuation of Real Estate Approximated to Market Value for Taxation Purposes." Adopted by the National Assembly of the Republic of Armenia on November 19, 2019. Retrieved from <https://www.arlis.am>.

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

20. Republic of Armenia. (2016). Article 150 of the Tax Code of the Republic of Armenia (Income Tax Rates). Adopted by the National Assembly of Armenia on October 4, 2016 (HO-165-N). In effect until January 1, 2020. Retrieved from <https://www.arlis.am>.
21. Republic of Armenia. (2019). Law No. HO-68-N, "On Making Amendments and Addenda to the Tax Code of the Republic of Armenia." Adopted by the National Assembly of Armenia on June 25, 2019. Retrieved from <https://www.arlis.am>.

ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՐՍՏՈՒԹՅԱՆ ԿԱՊԻՏԱԼԱՑՈՒՄԸ. ՀԻՄՆԱԽՆԴԻՐՆԵՐ ԵՎ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Մ. Ա. Մարկոսյան

Մ. Քոթանյանի անվան տնտեսագիտության ինստիտուտ

Պետության հանրային ֆինանսների ապահովումը և դրա արդյունավետության և ծավալների ավելացումը, երկրի բնակչության բարեկեցության աճի և ազգային տնտեսության զարգացումը պայմանավորված են մի շարք գործոններով և նախադրյալներով, որոնք ինչպես ներկայում, այնպես էլ երկարաժամկետ հեռանկարում կանխորոշում են սոցիալ-տնտեսական առաջընթացի հիմնական ռազմավարական ուղղությունները: Որպեսզի ապահովվի հասարակության բազմակողմանի զարգացումն ու երկրի հզորացումը, անհրաժեշտ է ոչ միայն սպառման բավարար մակարդակի ձեռքբերում, այլև կուտակման բավարար նորմայի ապահովում, ինչն էլ ընկած է հետագա զարգացման և ընդլայնված վերարտադրության հիմքում: Եթե չի ապահովվում վերարտադրության այս բնականոն ընթացքը, ապա հասարակությունը զրկվում է հետագա զարգացման երաշխիքներից, ինչն էլ կարող է դառնալ երկրի անվտանգության խաթման և պետության տնտեսական քաղաքականության ծախսողման պատճառ: Կամ, այլ կերպ ասած, անհրաժեշտ է ունենալ հեռանկարային զարգացման տեսանկյունից որոշակի ֆինանսական, նյութատեխնիկական, աշխատանքային ռեսուրսներ և բնական պաշարներ, որոնք կարող են ապահովել սոցիալ-տնտեսական հետագա առաջընթացը: Այդպիսով, երկրի ազգային հարստության ձևավորումը և դրա բազմապատկումը ստանում է ոչ միայն տնտեսական, այլև քաղաքական կարևորություն և նշանակություն:

Տնտեսական առաջընթացի և ընդլայնված վերարտադրության վիճակն ու գործընթացը բնութագրվում են մակրոտնտեսական մի շարք ամփոփ ցուցանիշների օգնությամբ: Դրանց շարքում կարևորվում են համախառն ներքին արդյունքի (դրա հաշվարկման տարբեր մոդիֆիկացիաներով (փոխակերպումներով), օրինակ՝ դրա մեծության չափը, աճի տեմպը, մեկ շնչի հաշվով ՀՆԱ-ն և այլն), ազգային եկամտի, համախառն ազգային եկամտի և մյուս մակրոտնտեսական ցուցանիշների հաշվարկը՝ դրանց տարբեր մոդիֆիկացիաներով (փոխակերպումներով):

Սակայն նշված ցուցանիշների հաշվարկման հիմնական թերությունն այն է, որ դրանք, պատկերավոր ասած, բնութագրում են երկրի զարգացման տվյալ պահը՝ առանց

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

ներկայացնելու սոցիալ-տնտեսական զարգացման հնարավորություններն ու ներուժը: Այս հիմնական բացը չեզոքացնում է ազգային հարստության ցուցանիշը:

Ներկայումս ընդունված են ազգային հարստության սահմանման և հաշվարկման Համաշխարհային բանկի միասնական մեթոդական ցուցումները: Ազգային հարստությունը հանդիսանում է Ազգային հաշիվների համակարգի (ԱՀՀ) անբաժանելի մասը: ԱՀՀ-ն հիմք է հանդիսանում կառավարության, մասնավոր հատվածի, միջազգային կազմակերպությունների և այլ հետաքրքրված անձանց կողմից տնտեսական աճի հաշվարկման համար:

Ազգային եկամուտն ու բարեկեցությունը հիմնվում են երկրի ակտիվների կամ հարստության վրա, որոնց հաշվարկման հիմքում ընկած են տարբեր չափանիշներ: Ազգային հարստությունը իր մեջ ներառում է հետևյալ չորս բաղկացուցիչները՝ արտադրված կապիտալ, բնական կապիտալ (պաշարներ), մարդկային կապիտալ և զուտ արտաքին ակտիվներ:

Ասվածից հետևում է, որ երկրի ազգային հարստության ավելացման հիմնական աղբյուրը համախառն ներքին արդյունքի աճն է: Համախառն ներքին արդյունքի (ՀՆԱ-ի)՝ որպես երկրի տնտեսական ներուժի (իզոլորության) գնահատման հիմնական մակրոտնտեսական ցուցանիշի մեծության հաշվարկման եղանակներից մեկը ծախսային մեթոդն է: Հոդվածում քննարկվում է ազգային հարստության բաշխման և վերաբաշխման հարաբերությունները և դրանց ազդեցությունը բնակչության տարբեր խմբերի եկամուտների ձևավորման գործում:

Բանալի բառեր. ազգային հարստություն, եկամուտների խմբեր, պետական հանրային ֆինանսներ, տնտեսական աճ, ՀՆԱ, մեկ շնչին ընկնող ՀՆԱ-ի աճի տեմպ:

КАПИТАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО БОГАТСТВА: КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ

М. А. Маркосян*Институт экономики имени М. Котаняна, НАН РА*

Обеспечение государственных публичных финансов, а также повышение их эффективности и объёмов, рост благосостояния населения и развитие национальной экономики обусловлены рядом факторов и предпосылок, которые как в настоящее время, так и в долгосрочной перспективе определяют основные стратегические направления социально-экономического прогресса. Для обеспечения всестороннего развития общества и укрепления государства необходимо не только достижение достаточного уровня потребления, но и обеспечение достаточной нормы накопления, которая лежит в основе дальнейшего развития и расширенного воспроизводства. Если не обеспечивается этот естественный процесс воспроизводства, общество лишается гарантий дальнейшего развития, что может привести к подрыву безопасности страны и провалу экономической политики государства. Иными словами, с точки зрения перспективного развития необходимо наличие определённых финансовых, материально-

M.A. Markosyan

CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES

технических, трудовых ресурсов и природных запасов, которые могут обеспечить дальнейший социально-экономический прогресс. Таким образом, формирование и приумножение национального богатства страны приобретает не только экономическое, но и политическое значение и важность.

Состояние и процесс экономического прогресса и расширенного воспроизводства характеризуются с помощью ряда макроэкономических агрегированных показателей. Среди них важное место занимает расчёт валового внутреннего продукта (ВВП) с различными модификациями (например, объём, темпы роста, ВВП на душу населения и др.), национального дохода, валового национального дохода и других макроэкономических показателей в их различных преобразованиях.

Однако основным недостатком указанных показателей является то, что они, образно говоря, отражают текущее состояние развития страны, не раскрывая её потенциала и возможностей социально-экономического развития. Этот существенный пробел восполняется показателем национального богатства.

В настоящее время для определения и расчёта национального богатства используются единые методологические рекомендации Всемирного банка. Национальное богатство является неотъемлемой частью Системы национальных счетов (СНС). СНС служит основой для расчёта экономического роста правительствами, частным сектором, международными организациями и другими заинтересованными сторонами.

Национальный доход и благосостояние основываются на активах или богатстве страны, которые рассчитываются по различным критериям. Национальное богатство включает в себя следующие четыре компонента: произведённый капитал, природный капитал (ресурсы), человеческий капитал и чистые внешние активы.

Из сказанного следует, что основным источником увеличения национального богатства страны является рост валового внутреннего продукта. Одним из методов расчёта объёма ВВП — как основного макроэкономического показателя оценки экономического потенциала (мощности) страны — является метод затрат. В статье рассматриваются вопросы распределения и перераспределения национального богатства и их влияние на формирование доходов различных групп населения.

Ключевые слова: национальное богатство, доходные группы, государственные публичные финансы, экономический рост, ВВП, темпы роста ВВП на душу населения.

Submitted on 11.06.2025

Sent for review on 12.06.2025

Guaranteed for printing on 26.07.2025

UDC – 336.226.31

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR

Artak V. Arustamyan

University of Economics of the Republic of Armenia

128, Nalbandyan St., Yerevan

e-mail: arustamyanartak@gmail.com

ORCID iD: 0009-0001-6503-4215

Republic of Armenia

<https://doi.org/10.56243/18294898-2025.2-89>

Abstract

This article presents an analysis of the impact of the high income tax rate on informal employment in the construction sector of the Republic of Armenia between 2014 and 2024. Based on official statistical data, the study examines the sector's share in GDP, the dynamics of construction volumes, employment trends, and average wage indicators. The conclusion section provides recommendations for reducing informal employment in Armenia's construction sector, including suggestions for improving tax policy, simplifying hiring procedures, and strengthening enforcement mechanisms.

Keywords: Informal employment, income tax, construction sector, shadow economy, tax reform, undeclared work

Introduction

The objective of this study is to assess the impact of changes in the income tax rate and the process of its collection on the scale of informal employment in Armenia's construction sector. To achieve this goal, the following research tasks were outlined:

- Analyze the dynamics of key sectoral indicators (GDP contribution, construction volume, employment, and wages) during the period 2014–2024;
- Examine the reasons for the persistence of informal labor;
- Review changes in tax policy since 2020;
- Study issues related to the employment of foreign workers;
- Analyze the effects of limiting cash payments;
- Conduct an international comparison to identify general trends and differences;
- Develop corresponding policy recommendations.

The methodological basis of this study consists of both domestic and international academic research, theoretical approaches, and data from official publications

The construction sector is one of the most significant branches of Armenia's economy, ensuring substantial investments and providing employment for hundreds of thousands. In the pre-crisis period of the 2000s, construction played a major role in Armenia's economic growth: its share of GDP was 9.8% in 2000 and nearly 24% by 2008. However, the global economic crisis of 2008–2009 led to a sharp downturn in the sector: in 2009, the volume of construction

A.V. Arustamyan

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR

declined by 37.4%, and its GDP share dropped to 18.4%. In the following years, the industry failed to recover its previous scale, reaching only about 10.3% of GDP by 2013.

Starting in 2020, Armenia began implementing significant tax reforms. Within this context, the flat income tax rate of 23% was gradually reduced to 20%.

At the same time, the construction sector's share in GDP declined from 10% in 2013 to 7% in 2021—a drop of 3 percentage points. However, the period from 2018 to 2024 saw an increase in officially recorded construction volumes and the number of formally employed workers in the sector. Nonetheless, informal employment in construction remains at a high level.

The experiences of other countries—such as Georgia, Poland, Germany, and Kazakhstan—demonstrate that reducing the tax burden on the sector is important but not sufficient to eliminate informal employment.

One of the key characteristics of Armenia's construction industry is the high level of informality. Many workers are employed without formal registration, labor contracts, or tax and social security contributions. For instance, according to some estimates, 58% of those employed in the sector in 2009 worked informally. By contrast, in developed countries, this indicator is significantly lower—around 4% in Germany [1], for example.

High levels of informal employment negatively affect both state revenue collection and the social protection of workers.

Tax Reforms and Sectoral Dynamics (2020–2024)

In recent years, the Armenian government has taken concrete steps to reduce the shadow economy. In 2020, a comprehensive tax administration reform (2020–2024) was launched, one of its goals being to reduce informality and increase economic efficiency [2].

A key element of this process was the introduction of a new income tax regime — transitioning from a progressive system to a flat rate and gradually reducing the tax rate. It was expected that a lower tax burden on payrolls would reduce the incentive for both employers and workers to use informal arrangements, thereby contributing to a decline in undeclared employment.

Given that construction is one of the most informal sectors in the economy, it became a primary focus of these changes.

According to classical economic theory, the scale of informal employment is largely influenced by the level of the tax burden and the effectiveness of public institutions. Higher taxes and administrative complexity create incentives for both businesses and workers to avoid official registration. At the same time, weak oversight and corruption encourage the proliferation of shadow employment. If state institutions fail to enforce legal requirements, companies may reduce costs by not registering workers — gaining a competitive advantage.

Historically, a heavy tax burden and flawed enforcement mechanisms have fostered informality in Armenia. Prior to reforms (2018–2020), the income tax system was considered burdensome and complex, encouraging tax evasion practices [3].

Informality in Armenia's Labor Market

According to the International Labour Organization (ILO), by the early 2020s more than 50% of Armenia's total employment was informal — most of it in agriculture (primarily traditional family farms). In non-agricultural sectors, informal employment made up around

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR

15–20%, with construction and trade showing the highest informality levels. In 2009, 58% of construction workers were informally employed.

A 2013 estimate by the State Revenue Committee and independent experts placed non-agricultural informal employment at 19.7%, down from 24.6% in 2009-attributed to improved tax administration. However, a significant number of workers remained unregistered even in recent years [4]. In theory, reducing the income tax rate should reduce the attractiveness of informal employment. Lower taxes mean that the gap between net informal income and taxed wages narrows.

In such conditions, informal work becomes less appealing for employees and more risky for employers. Yet empirical research shows mixed results, depending on tax enforcement capacity and the country's tax culture.

In post-Soviet states where under-the-table payments are deeply rooted, even modest tax reductions may fail to change employer behavior unless enforcement is strong. Therefore, reducing informal employment requires a comprehensive approach — combining rational tax policy, enhanced oversight, simplified regulations, and greater public trust in institutions.

Research Results

To provide a broader context, the study includes a comparison between Armenia and several countries selected for their varying tax regimes and levels of informal employment.

- Georgia – A neighboring country with a comparable economy, which transitioned to a flat income tax system earlier than Armenia.
- Kazakhstan – A member of the Eurasian Economic Union (EAEU), with a low income tax rate (10%) and significant labor migration.
- Poland – A former socialist country and now EU member that has successfully reduced informality while retaining a progressive tax system.
- Germany – A developed economy with very low levels of informality and highly effective tax administration.

The comparison includes the following indicators:

- Share of informal employment;
- Income tax rates;
- Policy measures aimed at reducing informal work.

This benchmarking approach made it possible to align Armenia's experience with international best practices and to identify effective strategies.

Statistical Overview of Armenia's Construction Sector (2014–2024)

The statistical analysis of Armenia's construction sector includes:

- Share of construction in GDP;
- Changes in construction volumes;
- Employment levels in the sector;

Growth in average wages before and after reforms.

Post-2020 Developments: Recovery, Wages, and Formalization

Between 2014 and 2019, the construction sector contributed 7–10% of Armenia's GDP. Following the 2009 financial crisis, the sector's share steadily declined — from 18% in 2009 to 10.3% in 2013, and approximately 8.4% in 2014, when output totaled about AMD 433 billion (\$1.05 billion). The following years showed relative stability without significant growth.

A.V. Arustamyan

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR**Table 1****Key Indicators of Armenia's Construction Sector (2014–2024)**

Indicator	2014 2016 2018 2020	2021 2022 2023 2024
Construction Volume (current prices, AMD)	433.2 bln	709.5 bln
Share of GDP	8.4%	7.0% (est.)
Official Employment	-	17,000 workers
Total Employment (incl. informal)	~80,000 (est.)	-
Avg. Monthly Wage (AMD)	~150,000 (est.)	376,000
Avg. Monthly Wage (USD)	~\$360	~\$960

Note: 2014 is treated as the baseline year prior to reforms, while 2024 represents the final year of the analyzed period. The 2014 wage level is estimated based on economy-wide averages.

A modest recovery was observed in 2017–2018; however, by 2019, construction had still not regained its pre-crisis levels (e.g., 2008: AMD 842 billion). Thus, prior to the reforms, the sector's role in the economy remained modest.

Despite economic challenges in 2020 — including COVID-19 and war — construction showed resilience due to ongoing projects and government support. While GDP fell by 7.2%, construction activity remained relatively stable. In 2021, the economy rebounded with 5.7% GDP growth and +12.5% growth in construction. This trend continued into 2022–2024: construction output reached AMD 709.5 billion (~\$1.8 billion) in 2024 — a 14.5% year-over-year increase.

In 2024, the sector's share of GDP was ~7%, within a total GDP of ~AMD 10.13 trillion. Construction accounted for approximately 13.5% of total economic growth that year, underscoring its importance in post-crisis recovery.

Recent years saw a rise in private investment: in 2024, 48.3% of construction projects were financed by the private sector. The state budget contributed ~26%, while households accounted for ~20%. International loans increased by 54%, funding infrastructure such as roads and energy projects [5].

This diversification of funding sources created conditions for growth in both officially recorded construction activity and formal employment.

According to labor force studies, total employment in construction (including self-employed and informal workers) ranged between 70,000 and 80,000 in the mid-2010s. For instance, estimates placed total employment at 82,900 during that period, of which ~58% were informal — only 30,000 to 35,000 workers were formally registered [6].

Shifts Toward Formal Employment

After 2020, the situation began to improve. Data from the Ministry of Economy show that between May 2020 and May 2024, the number of registered workers in construction nearly doubled — from 9,000 to 17,000. This indicates a clear trend toward formalization.

A similar trend was observed in the food services sector, where formal employment rose from 16,500 to 31,500. Nevertheless, informality remains high: as of 2022, informal employment outside agriculture was ~15%, and in construction — 30–40%, meaning around one in three workers was still unregistered (often working in small crews, on a temporary basis, or as foreign laborers).

*A.V. Arustamyan***INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR****Wages, Informality, and the Microbusiness Regime**

Wage levels in construction are a critical indicator reflecting structural changes in the labor market. Traditionally, construction wages in Armenia were lower than the national average due to the sector's seasonal nature and labor surplus.

In 2014, the average monthly wage in construction was estimated at around AMD 150,000 (~\$360), compared to a national average of AMD 160,000. Many employers paid a portion of wages “under the table,” which skewed official statistics.

However, following tax reforms and economic growth after 2020, the situation significantly improved. According to official data, the average wage in construction has increased steadily over the past five years:

- 2020: AMD 226,000
- 2024: AMD 376,000 (~\$960) [7]

By 2024, construction wages had reached the level of banking sector salaries seen in the mid-2010s. This served as a strong incentive for transitioning from informal to formal employment.

Revenue Growth and Reform Outcomes

In recent years, income tax and social contribution revenues to the state budget have increased. According to the State Revenue Committee (SRC), construction is expected to be one of the main contributors to tax revenue growth in 2025.

Despite these improvements, a high level of informality persists in Armenia's construction sector — driven by a combination of economic, legal, and social factors. These include:

1. **Historical Tax Burden:**

Prior to reforms, income tax could reach up to 36% for high earners, with additional mandatory pension and social contributions. This created a cost increase of ~30% for formal wage registration, prompting many companies to avoid it and opt for informal payments — especially small, unregistered crews that could offer lower prices.

2. **Seasonality and Project-Based Work:**

Construction projects are often short-term. Many firms hire labor temporarily, making formal registration cumbersome or inefficient. Typically, only core staff are registered, while others are hired informally.

3. **Weak Oversight:**

Until recently, labor inspections at private construction sites were rare. Small companies and individual clients often avoided scrutiny. This gave rise to a culture of working “without papers,” where even workers preferred full cash payments over formal contracts.

4. **Semi-Legal Work Crews:**

Major construction firms often subcontract tasks to small teams without verifying their legal status. Before the introduction of the microbusiness regime, registration was costly and complex for such teams.

5. **Worker Behavior and Perception:**

Due to historically low construction wages, many workers did not prioritize formal employment or social benefits. For many, especially newcomers or migrant laborers, formal contracts were viewed as unnecessary.

A.V. Arustamyan

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR

6. No Licensing Requirements:

Unlike some countries that require licenses or certifications for construction workers, Armenia does not. Anyone can claim to be a builder and find employment without formal qualifications.

7. Foreign Labor Migration:

Many skilled workers prefer working abroad, particularly in Russia. Those who remain are often low-skilled or young. Employers are less inclined to formally register them. Additionally, foreign laborers often work informally (discussed further below).

8. Low Trust in the State:

Many employers and workers believe the state does not offer sufficient returns in exchange for taxes. Pensions, for example, are viewed as inadequate. As a result, many prefer immediate full payments over long-term benefits. This reflects a broader crisis of the social contract in transitional economies.

Tax Reform in Armenia (2020–2024): From Progressivity to Flat Rate

In 2020, Armenia launched a comprehensive tax reform primarily targeting personal income taxation. Prior to the reform, a progressive tax scale was in place:

- 23% for low incomes, 28% for medium-high incomes, 36% for high incomes.

In practice, however, this system incentivized shadow practices — especially among highly paid professionals and their employers. Starting in 2020, Armenia transitioned to a flat income tax rate of 23%, with a predefined schedule for gradual reductions:

- 2020 – 23%, 2021 – 22%, 2022 – 21%, 2023 and beyond – 20%

Thus, over a four-year period, the income tax rate was reduced by 3 percentage points. In parallel, the mandatory funded pension contribution gradually increased (from 2.5% to 5% between 2020–2023). However, citizens viewed this pension contribution as a personal saving rather than a loss.

Logic Behind the Reform

The government's rationale was that a simplified, transparent, and relatively low tax would ease administration and encourage formal wage reporting. Employers and employees would no longer be motivated to operate in the shadow economy.

For example, for a high-skilled engineer earning AMD 1,000,000:

- Before the reform, income tax would be AMD 280,000–360,000;
- In 2023, it was reduced to AMD 200,000.

This difference made official “white” salaries more attractive. Even for low-income workers, the savings (~AMD 3,000 per AMD 100,000 of income) could influence behavior.

Budgetary Outcomes

According to official data, the income tax rate reduction did not lead to budget losses. On the contrary, state revenues continued to grow — thanks to increased formal employment and rising wages. Reports by the Ministry of Finance confirm that the tax base expanded despite the lower rate.

This means that due to the “whitening” of the economy, the state actually benefited. These reforms were also accompanied by stronger tax administration. In collaboration with French partners, the Armenian SRC implemented the “Support for Tax Administration Reform 2020–2024” project.

Key measures included:

A.V. Arustamyan

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR

- Introduction of electronic payroll reconciliation tools;
- Comparison of declared payroll against sector averages;
- Joint inspections with the Labor Inspectorate at construction sites.

Inspections at construction sites began to focus on verifying the existence of labor contracts [8].

The combination of tax reduction and enhanced enforcement created dual motivation: It became cheaper to pay the 20% tax than to risk penalties (AMD 50,000–100,000 per unregistered worker).

Initial Results as of 2024:

- The number of registered construction workers had doubled;
- Income tax revenues had not declined;
- Average wages had increased by over 60%;
- SRC reports cited a clear rise in formal employment as a direct result of reforms.

Limitations of the Tax Policy and the Role of Foreign Workers

Despite the overall success of the tax reform, it is not a standalone solution. Certain groups still consider even a 20% income tax rate burdensome:

- Micro-enterprises;
- Small construction brigades.

For them, Armenia introduced the microbusiness regime — 0% tax on turnover up to AMD 24 million annually. Additional measures include raising the non-taxable minimum and adjusting social contributions.

Thus, tax reform has played a key role in reducing informality in the construction sector, but achieving full formalization requires other policy tools.

Foreign Workers in the Construction Sector: Legalization Challenges

The Armenian construction sector has traditionally attracted foreign workers, especially during the execution of large-scale projects. Over the years, laborers from China, Iran, India, and Central Asian countries have worked on Armenian sites. In recent years, there has been a noticeable increase in workers from India and Iran, particularly on multi-apartment building projects in Yerevan.

Reasons for Hiring Foreign Labor:

- Shortage of qualified domestic workers, especially in specialized trades;
- Ability to offer lower wages with fewer social guarantees.

However, these workers are often hired informally, as the legalization process involves bureaucratic obstacles and additional costs.

Legal Procedure for Work Permits (Non-EAEU Nationals). To legally employ foreign workers from outside the EAEU (e.g., India, Iran), Armenian employers must:

1. Apply via the special migration portal (workpermit.am);
2. Pass a labor market test (to prove there is no suitable local candidate);
3. Pay a state duty of AMD 105,000 (~\$270) per worker.

Permits are usually valid for 1 year and must be renewed with additional fees.

Workers from EAEU countries (Russia, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan) are exempt from these requirements.

Why Employers Avoid Formal Hiring:

A.V. Arustamyan

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR

Small and medium-sized construction firms often avoid the official process due to its cost and complexity — especially if the worker is needed only for 2–3 months.

As a result, employers choose informal paths:

- Workers enter Armenia as tourists or visa-free visitors (where allowed);
- They work without registration until the visa period expires;
- Some later attempt to legalize their status, often through loopholes (e.g., registering as “students” or “interns”).

Cash Payment Restrictions and Their Effects

Restricting the use of cash has shown effectiveness as a tool for reducing the shadow economy. However, it has also created new challenges — namely, the emergence of redesigned avoidance schemes. To counter these developments, the state must invest in analytical and technological tools to detect and prevent fraudulent transactions.

International Perspective: Informality and Tax Policy

Shadow employment is a global issue, but its scale, causes, and government responses vary by country — depending on institutional development, tax culture, and enforcement capabilities. The table below presents a summary comparison between Armenia and selected countries. Notably, high tax rates do not necessarily hinder the functioning of a formal labor market when accompanied by strong social guarantees.

Table 2**Comparative Overview**

Country	Income Tax Rate	Informal Employment (Total)	Informality in Construction	Characteristics
Armenia [9]	20% (flat)	~35%	~30–40%	Stronger enforcement, microbusiness regime
Georgia [10]	20% (flat)	~30%	~30%	Simplified administration, digitalization
Kazakhstan [11]	10% (flat)	~35%	~40%	Weak oversight, corruption
Poland [12]	17–32% (progressive)	~12%	~15%	Licensing, high minimum wage, labor rights
Germany [13]	Up to 45% (progressive)	~5–6%	~10%	High public trust, strong enforcement

Conclusions

The tax reforms implemented in Armenia's construction sector — particularly the reduction in income tax rates and simplification of tax administration — have had a positive impact on reducing informal employment. However, these results are not sufficient to significantly lower the scale of undeclared work.

Key conclusions and recommendations include:

1. The construction sector has historically been a hub of informal labor, involving both local and foreign workers without formal registration.
2. The reduction of the income tax rate (23% → 20%) has positively influenced wage formalization and increased the number of registered employees.
3. From 2020 to 2024, the number of officially registered construction workers nearly doubled, indicating a clear trend toward formalization.
4. Average wages in the sector rose significantly — reaching AMD 376,000 by 2024.

A.V. Arustamyan

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR

5. Cash transaction limitations helped reduce shadow turnover, although they also led to the creation of new avoidance schemes.
6. The employment of foreign workers often remains informal due to bureaucratic hurdles in the work permit system.

Policy Implications: While tax rates are an important factor in combating informality, they are not sufficient on their own. Sustainable reduction in informal employment requires: Effective enforcement; Simplified administration; Reliable social security systems; Legal obligations with real consequences; Modern digital technologies in tax governance.

References

1. Source: National Statistical Service of the Republic of Armenia, 2009 / International Labour Organization (ILO), 2009 reports on informal employment.
2. Source: Government of Armenia, Program of Activities for 2020–2024, approved by the National Assembly of Armenia on June 24, 2020.
3. Source: «Assessment of the Distributional Impact of Income Tax Reform in Armenia», World Bank Report, 2019.
4. Source: Draft Law on Amendments and Additions to the Tax Code of the Republic of Armenia, submitted by the Government of Armenia, 2018.
5. Source 1: «Key Labor Market Indicators» reports published by the Statistical Committee of the Republic of Armenia, presenting trends in informal employment over the years. Source 2: «Labor Market Study of Armenia», a joint publication by the World Bank and the Statistical Committee, analyzing informal employment trends and their relation to improved tax administration.
6. Source 1: «Key Labor Market Indicators» reports published by the Statistical Committee of the Republic of Armenia, focusing on employment levels in the construction sector and the share of informal work. Source 2: «Labor Market Study of Armenia», a joint publication by the World Bank and the Statistical Committee, analyzing informal employment in the construction sector and its economic implications.
7. Source: Government decision on «Setting the Minimum Wage in Armenia».
8. Source: «Key Labor Market Indicators» reports by the Statistical Committee of the Republic of Armenia.
9. Source: Official statements from the Ministry of Labor and Social Affairs of Armenia. Source: Reports and press releases published by the State Revenue Committee of Armenia.
10. Armenia: Statistical Committee of the Republic of Armenia — armstat.am
11. Georgia: National Statistics Office of Georgia — geostat.ge
12. Kazakhstan: Bureau of National Statistics — stat.gov.kz
13. Poland: Statistics Poland — stat.gov.pl
14. Germany: Federal Statistical Office of Germany (Destatis) — destatis.de

A.V. Arustamyan

INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA'S CONSTRUCTION SECTOR

ԵԿԱՄՏԱՅԻՆ ՀԱՐԿԻ ԲԱՐՁՐ ԴՐՈՒՅՔԱԶԱՓԻ ԲԱՑԱՍԱԿԱՆ ԴԵՐԸ ՀՀ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՈԼՈՐՏՈՒՄ ՈՉ ՖՈՐՄԱԼ ԶԲԱՂՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԿՐՃԱՏՄԱՆ ԳՈՐԾՈՒՄ

Ա.Վ. Առուստամյան

Հայաստանի պետական տնտեսագիտական համալսարան

Հոդվածում ներկայացվում է ՀՀ շինարարության ոլորտում 2014-2024 թվականներին եկամտային հարկի բարձր դրույքաչափի ազդեցությունը ոչ ֆորմալ զբաղվածության վրա: Պաշտոնական վիճակագրական տվյալների հիման վրա վեր են լուծվել շինարարության ոլորտի մասնաբաժինը ՀՆԱ-ում, շինարարական աշխատանքների ծավալի դինամիկան, ոլորտում զբաղվածության և միջին աշխատավարձի ցուցանիշների շարժընթացը: Ներկայացված են առաջարկություններ՝ Հայաստանի շինարարության ոլորտում ոչ ֆորմալ զբաղվածության կրճատման վերաբերյալ, այդ թվում՝ հարկային քաղաքականության կատարելագործման, աշխատանքի ընդունման ընթացակարգերի պարզեցման և վերահսկողության ուժեղացման միջոցով:

Բանալի բառեր՝ ոչ ֆորմալ զբաղվածություն, եկամտային հարկ, շինարարության ոլորտ, ստվերային տնտեսություն, հարկային բարեփոխում, ոչ ֆորմալ զբաղվածություն:

ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ РОЛЬ ВЫСОКОЙ СТАВКИ ПОДОХОДНОГО НАЛОГА В СОКРАЩЕНИИ НЕФОРМАЛЬНОЙ ЗАНЯТОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

А.В.Арустамян

Армянский государственный экономический университет

В статье представлен анализ влияния высокой ставки подоходного налога на уровень неформальной занятости в строительном секторе Республики Армения в 2014–2024 гг. На основе официальных статистических данных рассмотрены доля строительной отрасли в ВВП, динамика объемов строительных работ, изменения уровня занятости и средних заработных плат в секторе. Представлены рекомендации по сокращению неформальной занятости в строительной отрасли Армении, включая совершенствование налоговой политики, упрощение процедур найма и усиление механизмов контроля.

Ключевые слова: неформальная занятость, подоходный налог, строительный сектор, теневая экономика, налоговая реформа, незарегистрированная занятость.

Submitted on 23.04.2025

Sent for review on 28.04.2025

Guaranteed for printing on 26.07.2025

**RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

UDC – 004.725:004.852

**RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

Timur V. Jamgharyan

National Polytechnic University of Armenia

105, Teryan St, 0009, Yerevan

e-mail: t.jamgharyan@polytechnic.am

ORCID ID: 0000-0002-9661-1468

Republic of Armenia

<https://doi.org/10.56243/18294898-2025.2-99>

Abstract

The paper presents the effect of changing the duration of the quantum of processor time on the efficiency of neural network training in the Linux environment. The speed of training of a convolutional neural network is considered with different parameters of the computing cluster. The obtained results demonstrate the possibilities of optimizing neural network training in a multitasking environment, increasing the overall computational efficiency.

A detailed analysis of the relationship between resource allocation strategies and training speed is carried out, and recommendations for configuring Linux systems for working with neural networks are proposed.

Keywords: batching, completely fair scheduler, matplotlib, hyperparameter, convolutional neural network, failover cluster, operating environment, processor time quantum.

Introduction

The training neural networks on computing clusters without the use of GPU (Graphics Processing Unit), an important condition for increasing the speed of training is the choice of the operating system (OS) and its configuration. One of the configuration parameters is the size of the quantum of processor time. In Linux OS, this parameter is controlled by the task scheduler, which supports various algorithms (O(1) scheduler, CFS, EEVDF)¹ [1] and resource management mechanisms such as *cgroups*² [2]. Optimizing the size of a quantum of processor time is especially relevant in multitasking computing environments, for example, in distributed

¹ O (1) scheduler - a kernel scheduling algorithm that can schedule processes for a constant period of time, regardless of how many processes are running in the operating system.

CFS (Completely Fair Scheduler) - a kernel scheduling algorithm that uses a red-black binary search tree based on the waiting time for a single process to execute.

EEVDF (Earliest eligible virtual deadline first) - a priority distribution algorithm for limited real-time systems.

² *cgroups* - is an OS kernel mechanism that allows you to limit the use, keep track of, and isolate the consumption of system resources (processor, memory, disk I/O, network, etc.) at the process collection level.

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES*T.V. Jamgharyan***RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

training of artificial neural networks. By default, most modern Linux distributions, such as Ubuntu, Debian, CentOS, openSUSE, Red Hat, and Fedora, use the CFS scheduler, which dynamically manages time slices based on process priorities (some Linux distributions with kernel versions higher than 6.6 may also use the EEVDF algorithm).

CFS does not have a fixed CPU time slice value, but instead calculates it based on various factors, including system load and CPU (Central Processing Unit) task priorities. In early versions of the Linux kernel, the CPU time slice was fixed at 100 or 120 milliseconds, which is comparable to server versions of Windows [3]. CPU time slice values for various Linux distributions are presented in Tab. 1.

Table 1**The value of the quantum of processor time in different Linux distributions**

OS	Scheduler	Quantum of processor time (ms)		Note
		Server OS version	Client OS version	
Ubuntu	CFS	10-100	4-10	Use <i>cgroups</i> for priority management
Debian	CFS	10-100	4-10	Similar to Ubuntu
openSUSE	CFS/EEVDF	10-100 4-10	6-15	Optimized for server and desktop solutions
Red Hat	CFS/EEVDF	10-100 4-10	6-15	Use <i>cgroups</i> and <i>rtprio</i> to manage priorities
Fedora	CFS	10-100 6-10	10-12	It is possible to change the planning mechanism

Linux OS is the main platform for deploying software for training artificial neural networks [4], an urgent task is to determine both the OS parameters and the optimal value of the processor time quantum to increase the speed of training/reaction in parallel computing.

A separate task is the task of synchronizing the CFS of the cluster nodes, since different loads on the OS nodes generate different CFS values of a single node from the cluster, which ultimately reduces the overall performance of the computing cluster. Machine learning (ML) researchers offer various solutions to the problem of choosing the optimal value of the processor time quantum [5-10], each of which has certain limitations.

However, the method of accelerating the training of neural networks by centralized change of the processor time quantum and synchronous batching of the code during instrumental tuning of the Linux OS has not been considered. The closest research to this one is [10], however, this study was conducted on GPU. Also the research [10] was not carried instrumental tuning of the OS out due to the proprietary nature of the source code. The novelty of the research lies in the centralized, synchronous for all nodes change of the quantum of processor time and batching of the code, with the instrumental adjustment of the OS.

RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM

Conflict Setting

It is necessary to determine the optimal value of the processor time quantum for Linux OS when training a convolutional neural network.

Discussion

Synchronously for all cluster nodes, by changing the value of the processor time quantum, determine the most effective value for the learning speed.

Boundary condition

- training was carried out only on the basis of CPU,
- at a given point in time, only one neural network is trained,
- Ubuntu Server OS was used as the operating environment for the study. Other Linux OS distributions were not considered,
- the script for changing the quantum of processor time was installed on all nodes of the cluster and synchronized with the quorum node.

Experimental procedures

The researchs used a computing cluster³ consisting of 12+1 nodes united in a network (Fig. 1) running Ubuntu Server 22.04 OS [11]. TensorFlow [12] was used as a ML framework. Computing resources were managed by centralized changes to:

- machine learning library process priorities,
- system timer (processor time quantum) of cluster nodes,
- the number of CPU cores of cluster nodes involved in computations.

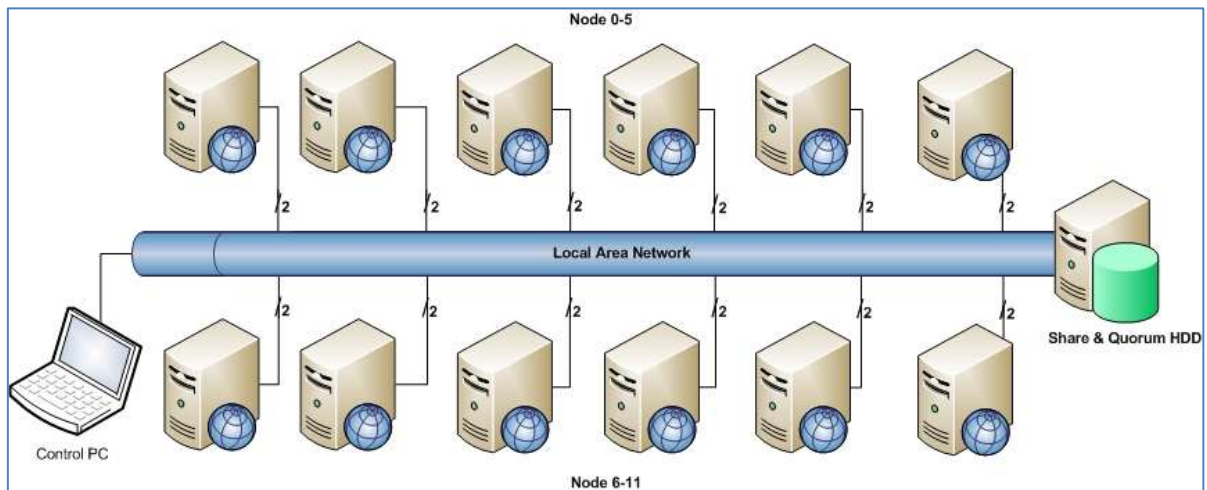


Fig. 1 Diagram of the computing cluster

The change of the quantum of processor time was performed using a script. Fig. 2-9 shows the configuration values of the Ubuntu Server 22.04 OS for different operating modes of a single node.

The following parameters were subject to adjustment:

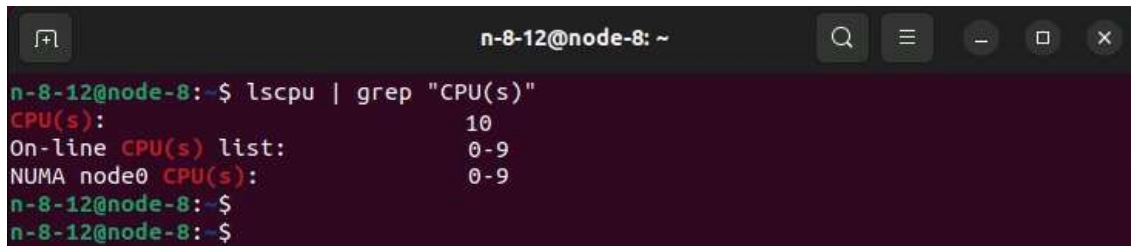
³ Single computer (node) parameters: CPU-i9, RAM 16Gb

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

T.V. Jamgharyan

RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM

- the number of CPU cores. For training, 6 physical CPU cores out of 10 on each node were used (Fig. 2),
- the values of the system timer (Fig. 3-6). The value of the quantum of processor time in this version (build) of the Ubuntu 22.04 OS is related to the value of the system timer in the ratio $N/10$ (N is the number of ticks of the system timer). The change of the value of the system timer was verified by the `getconf CLK_TCK` command (Fig. 7),
- the execution priority PPID (Parent Process IDentificator) of the Tensor Flow software (Fig. 8, 9) [13, 14].



```
n-8-12@node-8: ~
n-8-12@node-8:~$ lscpu | grep "CPU(s)"
CPU(s):                10
On-line CPU(s) list:    0-9
NUMA node0 CPU(s):      0-9
n-8-12@node-8:~$
```

Fig. 2 Checking available CPU cores on a single node



```
n-8-12@node-8: ~
n-8-12@node-8:~$ grep "CONFIG_HZ" /boot/config-$(uname -r)
# CONFIG_HZ_PERIODIC is not set
# CONFIG_HZ_100=y
CONFIG_HZ_250 is not set
# CONFIG_HZ_300 is not set
# CONFIG_HZ_1000 is not set
CONFIG_HZ=100
n-8-12@node-8:~$
```

Fig. 3 System timer value 10 ms (default value)



```
n-8-12@node-8: ~
n-8-12@node-8:~$ grep "CONFIG_HZ" /boot/config-$(uname -r)
# CONFIG_HZ_PERIODIC is not set
# CONFIG_HZ_100 is not set
CONFIG_HZ_250=y
# CONFIG_HZ_300 is not set
# CONFIG_HZ_1000 is not set
CONFIG_HZ=250
n-8-12@node-8:~$
```

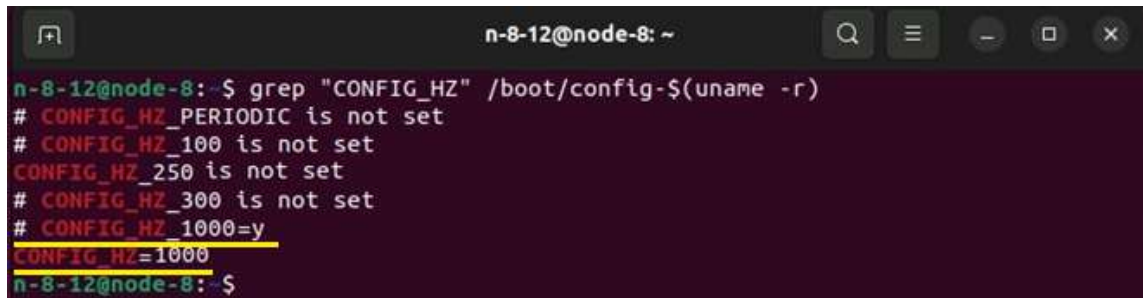
Fig. 4 System timer value 25 ms



```
n-8-12@node-8: ~
n-8-12@node-8:~$ grep "CONFIG_HZ" /boot/config-$(uname -r)
# CONFIG_HZ_PERIODIC is not set
# CONFIG_HZ_100 is not set
CONFIG_HZ_250 is not set
# CONFIG_HZ_300=y
# CONFIG_HZ_1000 is not set
CONFIG_HZ=300
n-8-12@node-8:~$
```

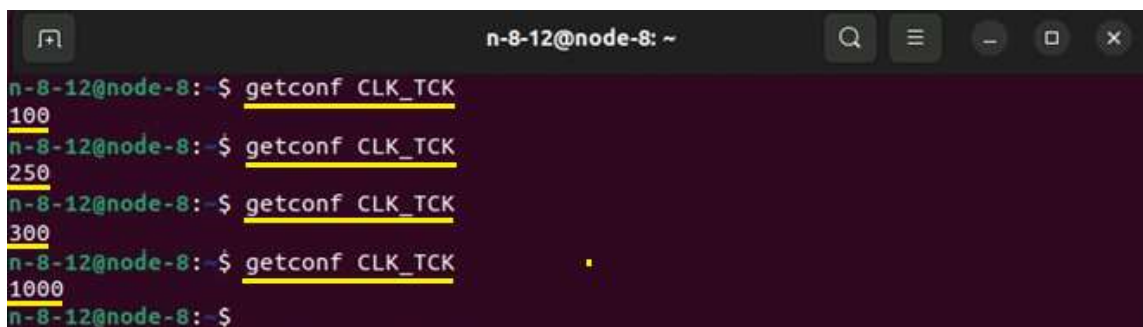
Fig. 5 System timer value 30 ms

RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM



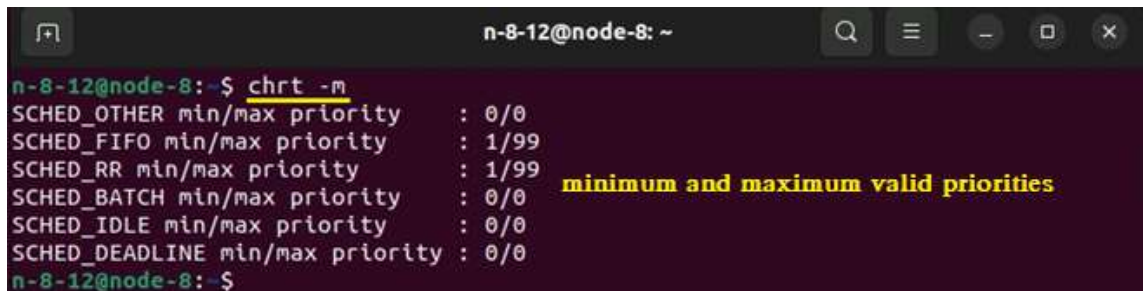
```
n-8-12@node-8: ~
n-8-12@node-8:~$ grep "CONFIG_HZ" /boot/config-$(uname -r)
# CONFIG_HZ_PERIODIC is not set
# CONFIG_HZ_100 is not set
CONFIG_HZ_250 is not set
# CONFIG_HZ_300 is not set
# CONFIG_HZ_1000=y
CONFIG_HZ=1000
n-8-12@node-8:~$
```

Fig. 6 System timer value 100 ms



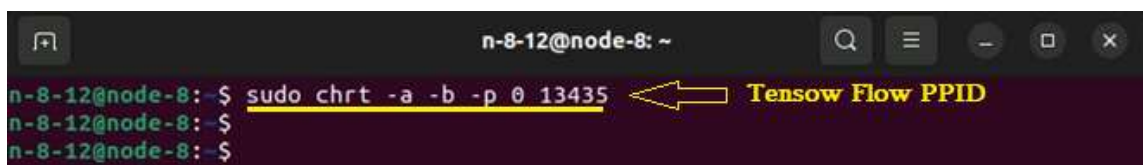
```
n-8-12@node-8: ~
n-8-12@node-8:~$ getconf CLK_TCK
100
n-8-12@node-8:~$ getconf CLK_TCK
250
n-8-12@node-8:~$ getconf CLK_TCK
300
n-8-12@node-8:~$ getconf CLK_TCK
1000
n-8-12@node-8:~$
```

Fig. 7 Verifying the change of system timer values



```
n-8-12@node-8: ~
n-8-12@node-8:~$ chrt -m
SCHED_OTHER min/max priority : 0/0
SCHED_FIFO min/max priority : 1/99
SCHED_RR min/max priority : 1/99
SCHED_BATCH min/max priority : 0/0
SCHED_IDLE min/max priority : 0/0
SCHED_DEADLINE min/max priority : 0/0
n-8-12@node-8:~$
```

Fig. 8 Process execution priority thresholds



```
n-8-12@node-8: ~
n-8-12@node-8:~$ sudo chrt -a -b -p 0 13435
n-8-12@node-8:~$
```

Fig. 9 Changing the execution priority of the Tensor Flow parent process

Training was carried out in two stages:

- training without synchronizing the quantum of processor time in the cluster nodes, with the batching change script disabled and without additional OS configuration (Tab. 2). Increasing the priority of the Tensor Flow process, fixing the number of CPU cores, and dynamically changing the system timer in the nodes were not performed,
- training with synchronized values of the quantum of processor time (10, 25, 30, 100 ms) in the cluster nodes, with the batching change script enabled and the OS configured for the training task (Tab. 3).

Research Results

The research results of the change in the learning rate with different values of the

**RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

quantum of processor time are presented in Tab. 2-3.

Table 2
Learning rate of neural networks without synchronization of the quantum of processor time and the disabled script for changing batching

Ubuntu Server 22.04	Value of quantum of processor time (ms). Based on CFS algorithm	Convolutional Neural Network Learning Rate Increment (%) / Accuracy (%)			The value of the quantum of processor time (ms). Fixed values	Convolutional Neural Network Learning Rate Increment (%) / Accuracy (%)			
		Number of layers				Number of layers			
		3	5	7		3	5	7	
		0.77/97	0.61/94	0.38/93		100	0.62/96	0.7/92	0.4/97
		0.96/94	0.74/90	0.54/88		30	0.74/98	1.0/92	0.8/93
		1.57/871	1.12/84	0.8/81		25	0.81/90	1.6/88	0.82/87
		1.74/85	0.41/80	0.24/88		10	1.3/95	1.9/90	1.2/87

Table 3
Neural network training speed with synchronized values of the processor time quantum and the enabled batching change script

Ubuntu Server 22.04	The value of the quantum of processor time (ms). Fixed values	Convolutional Neural Network Learning Rate Increment (%) / Accuracy (%)		
		Number of layers		
		3	5	7
		2.1/96	2.2/93	1.1/91
	100	2.8/98	1.0/98	1.2/92
	30	3.87/95	2.82/95	1.8/95
	25	2.5/92	2.1/92	1.4/90
	10			

The graphs of the dependence of the learning speed and reliability on the quantum of processor time for different numbers of layers of the neural network are shown in Fig. 10, 11. The reliability of the output values of the trained neural network was checked by comparing it with the a priori known output values of the neural network trained in the study [15] (reference network). The comparison was carried out using the *ssdeep* software [16].

Based on the conducted research, the following conclusions can be made:

- ✚ optimal balance is achieved with a fixed quantum of 10-30 ms,
- ✚ the best balance of speed and accuracy is observed with a quantum of 25-30 ms,
- ✚ CFS quantum provides more stable operation, but with less acceleration,
- ✚ a fixed value of the processor time quantum gives a higher speed increase.

**RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

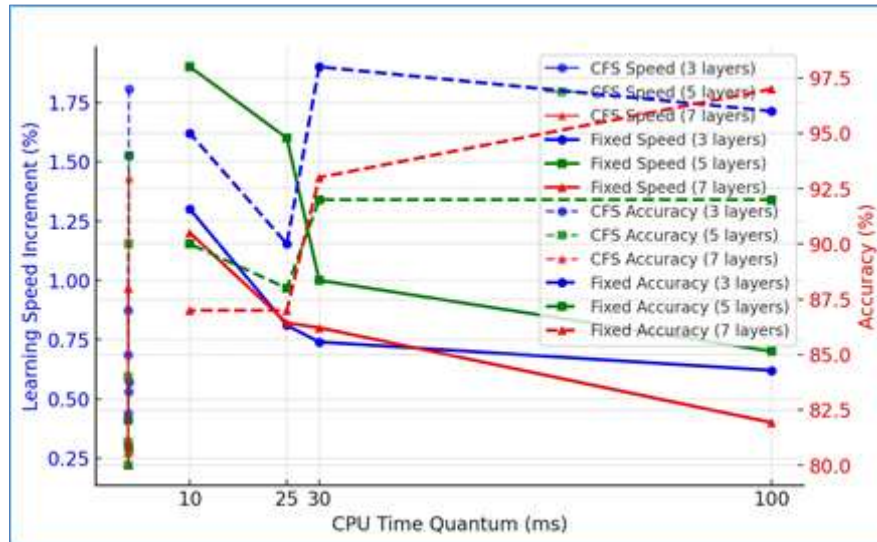
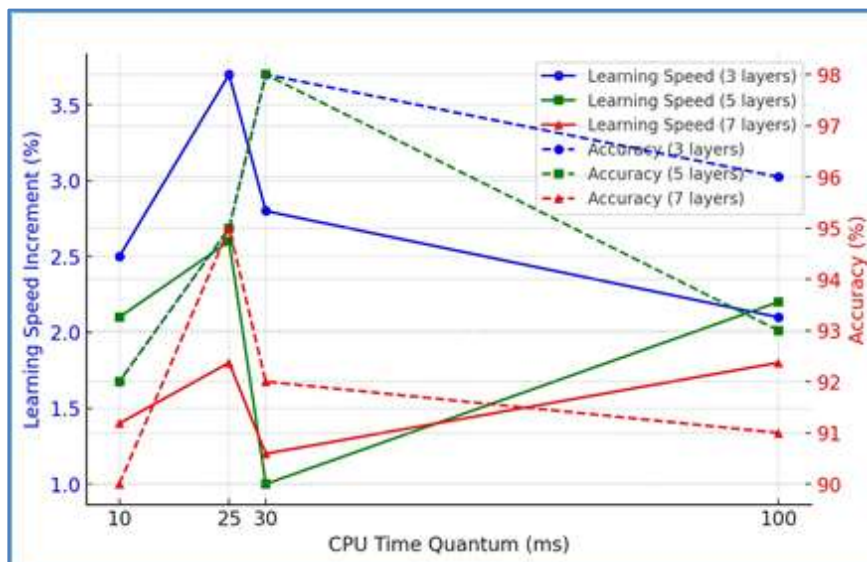


Fig. 10 Learning speed using CFS



**Fig. 11 Learning speed for a fixed value of the
quantum of processor time**

Conclusion

The research considers a model for increasing the training speed of a convolutional neural network based on a hardware cluster running under Linux OS. It is determined that setting a fixed value of the processor time quantum and instrumental adjustment of other parameters (increasing the priority of the neural network process, adjusting OS parameters, centralized synchronization, using batching) allows increasing both the reliability and the training speed of a convolutional neural network by an average of $(2.5 \div 3)\%$ relative to the standard CFS scheduler, depending on the network depth.

With an increase in the number of neural network layers, in order to reduce fluctuations in the time of interprocessor exchange in the cluster, it is necessary to increase the processor

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

T.V. Jamgharyan

RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM

time quantum, which reduces the speed and/or reliability. Using cgroups to control CPU resources allows only a partial solution to this problem under multi-threaded load. In all cases, even with limited resources, it is possible to achieve acceleration of neural network training.

References

1. Both David, Using and Administering Linux:Volume 1: Zero to SysAdmin:Getting Started, Second Edition, APRESS, 2023, pp. 667
2. Both David, Using and Administering Linux:Volume 3, Second Edition, APRESS, 2023, pp. 536
3. Russinovich M., Yosifov P., et al., Windows Internals, Part 1: System architecture, processes, threads, memory management, and more, 7th Edition., The Microsoft Press, 2018, pp. 945
4. Goodfellow Y., Bengio Y., Courville A., Deep Learning, MIT Press, 2017, pp. 800
5. Gao H., et al, «IFQ-Net: Integrated Fixed-point Quantization Networks for Embedded Vision». <https://doi.org/10.48550/arXiv.1911.08076>
6. Bertsimas D., et al, «Deep Trees for (Un)structured Data: Tractability, Performance, and Interpretability». <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.21595>
7. Wang Z., et al, «Dumpy OS: A Data-Adaptive Multi-ary Index for Scalable Data Series Similarity Search». <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.08293>
8. Cheng C., et al, «Dynamic Optimization of Storage Systems Using Reinforcement Learning Techniques». <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.00068>
9. Breuel T., «The Effects of Hyperparameters on SGD Training of Neural Networks». <https://doi.org/10.48550/arXiv.1508.02788>
10. Ryu M., Byeon G., Kim K., «A GPU-Accelerated Distributed Algorithm for Optimal Power Flow in Distribution Systems». <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.08293>
11. Ubuntu operating systems official download page <https://ubuntu.com/download/server> , the resource is available on 17.03.2025
12. Tensor Flow software download official page. <https://www.tensorflow.org/install?hl=ru> , the resource is available on 17.03.2025
13. Tevault D., Mastering Linux Security and Hardening, Packt, 2023, pp. 619.
14. Nemeth E., Snyder G., Hein T., Whaley B., Unix and Linux Administration Handbook, Prentice Hall, 2012, pp. 1303
15. Jamgharyan T., Iskandaryan V., Khemchyan A., (2024). Obfuscated Malware Detection Model. *Mathematical Problems of Computer Science*, 62, 72–81. <https://doi.org/10.51408/1963-0122>
16. ssdeep software download official page, <https://ssdeep-project.github.io/ssdeep/index.html> , the resource is available on 17.03.2025

References

1. Both David, Using and Administering Linux:Volume 1: Zero to SysAdmin:Getting Started, Second Edition, APRESS, 2023, pp. 667
2. Both David, Using and Administering Linux:Volume 3, Second Edition, APRESS, 2023, pp. 536

RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM

3. Russinovich M., Yosifov P., et al., Windows Internals, Part 1: System architecture, processes, threads, memory management, and more, 7th Edition., The Microsoft Press, 2018, pp. 945
4. Goodfellow Y., Bengio Y., Courville A., Deep Learning, MIT Press, 2017, pp. 800
5. Gao H., et al, «IFQ-Net: Integrated Fixed-point Quantization Networks for Embedded Vision». <https://doi.org/10.48550/arXiv.1911.08076>
6. Bertsimas D., et al, «Deep Trees for (Un)structured Data: Tractability, Performance, and Interpretability». <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.21595>
7. Wang Z., et al, «Dumpy OS: A Data-Adaptive Multi-ary Index for Scalable Data Series Similarity Search». <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.08293>
8. Cheng C., et al, «Dynamic Optimization of Storage Systems Using Reinforcement Learning Techniques». <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.00068>
9. Breuel T., «The Effects of Hyperparameters on SGD Training of Neural Networks». <https://doi.org/10.48550/arXiv.1508.02788>
10. Ryu M., Byeon G., Kim K., «A GPU-Accelerated Distributed Algorithm for Optimal Power Flow in Distribution Systems». <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.08293>
11. Официальная страница загрузки операционной системы Ubuntu, <https://ubuntu.com/download/server> , the resource is available on 17.03.2025
12. Официальная страница ПО Tensor Flow. <https://www.tensorflow.org/install?hl=ru> , the resource is available on 17.03.2025
13. Tevault D., Mastering Linux Security and Hardening, Packt, 2023, pp. 619.
14. Nemeth E., Snyder G., Hein T., Whaley B., Unix and Linux Administration Handbook, Prentice Hall, 2012, pp. 1303
15. Jamgharyan T., Iskandaryan V., Khemchyan A., (2024). Obfuscated Malware Detection Model. *Mathematical Problems of Computer Science*, 62, 72–81. <https://doi.org/10.51408/1963-0122>
16. Официальная страница загрузки ПО ssdeep, <https://ssdeep-project.github.io/ssdeep/index.html> , the resource is available on 17.03.2025

ՆԵՅՐՈՆԱՅԻՆ ՑԱՆՑԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ
ՄՈԴԵԼԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆ LINUX ՕՊԵՐԱՑԻՈՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Թ.Վ. Ջամղարյան

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Հոդվածում ներկայացված է արոցեսորի ժամանակի քվանտի տևողության փոփոխման ազդեցությունը Linux միջավայրում փաթեթային նեյրոնային ցանցի ուսուցման արագության ու ճշգրտության վրա: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս Linux օպերացիոն համակարգի միջավայրում փաթեթային նեյրոնային ցանցի ուսուցման լավարկման հնարավորությունը՝ բարձրացնելով ընդհանուր հաշվարկային արդյունավետությունը:

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

T.V. Jamgharyan

**RESEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED
OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM**

Կատարվել է ռեսուրսների բաշխման ռազմավարությունների և ուսուցման արագության միջև կապի մանրամասն վերլուծությունը, որը թույլ տալիս ստանալ ավելի ճշգրիտ արդյունքները նեյրոնային ցանցերը ուսուցանելու ժամանակ:

Բանալի բառեր. հիպերպարամետր, օպերացիոն միջավայր, պրոցեսորի ժամանակի քվանտ, փաթույթային նեյրոնային ցանց, batching, completely fair scheduler, matplotlib, failover cluster.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ
ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ LINUX**

Т.В. Джамгарян

Национальный политехнический университет Армении

В статье исследуется влияние изменения длительности кванта процессорного времени на эффективность обучения искусственных нейронных сетей в среде ОС Linux. Рассматривается скорость обучения свёрточной нейронной сети при различных параметрах вычислительного кластера. Полученные результаты демонстрируют возможности оптимизации обучения искусственных нейронных сетей в многозадачной среде, повышая общую вычислительную эффективность.

Проведен детальный анализ взаимосвязи между стратегиями распределения ресурсов и скоростью обучения, а также предложены рекомендации по настройке ОС Linux систем для работы с искусственными нейронными сетями.

Ключевые слова: квант процессорного времени, свёрточная нейронная сеть, batching, completely fair scheduler, matplotlib, failover cluster.

Submitted on 14.11.2024

Sent for review on 20.11.2024

Guaranteed for printing on 26.07.2025

*Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարզև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան*
**ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ**
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)

**ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ.
ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ**

**Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարզև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան**

Հիպրոտեխնիկական կառուցվածքների վթարները գլոբալ խնդիր են դարձել ամբողջ աշխարհում: Այստեղ հատվում են ինժեներական, բնապահպանական, տնտեսագիտական և սոցիալական շահերը: Մոնիթորինգի նոր տեխնոլոգիաների մշակումը, նախագծային լուծումների կատարելագործումը և միջազգային անվտանգության ստանդարտների ներդրումը դիսկերի նվազեցման և բնակչության պաշտպանությանն ուղղված երաշխիքներից են: Հաշվի առնելով աշխարհում գոյություն ունեցող ջրամբարների մեծ թիվը, պատվարների անվտանգ շահագործումը ձեռք է բերում կարևոր սոցիալական, տնտեսական և բնապահպանական նշանակություն: Պատվարի փլուզումը կարող է հանգեցնել ծայրահեղ բացասական հետևանքների, այդ թվում՝ մեծ մարդկային զոհերի: Մեծ թվով ջրամբարներ ունեցող երկրների համար պատվարների անվտանգության ապահովման հարցը հատկապես կարոր է դառնում:

Պատվարների և հիպրոտեխնիկական այլ կառուցվածքների փլուզումը հանգեցնում է նաև հսկայական տնտեսական կորուստների, այդ թվում՝ ենթակառուցվածքների վերականգնման, ջրհեղեղների հետևանքների վերացման, գոյքին և բիզնեսին հասցված վնասի փոխհատուցման, ինչպես նաև բնապահպանական և տնտեսության կայունացմանն ուղղված երկարաժամկետ ծախսերի: Ֆիզիկական մոդելավորումը հզոր գործիք է, որը կարող է օգտագործվել հիպրոտեխնիկական նախագծման վերջնական փուլում՝ ստուգելու համար կառուցվածքների նախագծային լուծումների ճշտությունը, որով երաշխավորում է դրանց անվտանգ աշխատանքը: Ֆիզիկական մոդելավորումը կարող է կիրառվել նաև վթարված հիպրոտեխնիկական կառուցվածքների վերականգնման գործընթացում արդյունավետ լուծումներ գտնելու համար:

Խնդրի դրվածքը

Պատվարների փլուզման սոցիալական և էկոլոգիական հետևանքներն ավելի նշանակալի են, քան ինժեներական շատ այլ կառույցների վթարների դեպքում: Պատվարների և խոշոր հիպրոտեխնիկական կառուցվածքների փլուզման դեպքում, մարդկային զոհերը և նյութական վնասը համեմատելի է բնական աղետների և ատոմակայանների վթարների հետևանքների հետ:

Ֆիզիկական մոդելավորումը թույլ է տալիս ստանալ պատվարների, հիպրոտեխնիկական կայանների, հիպրոտեխնիկական այլ կառուցվածքների նախագծման և շահագործման հետ կապված արդյունավետ լուծումներ: Ֆիզիկական մոդելների վրա կատարված ուսումնասիրությունների հիմնական նպատակն է ստուգել և օպտիմալացնել հիպրոտեխնիկական կառուցվածքների հիդրավլիկական ասպեկտները՝ անհրաժեշտ

**Աշոր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում՝ N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)**

անվտանգության մակարդակը ապահովելու և նախագծման փուլում դրանց չափերի անհարկի մեծացումը կանխելու համար: Միջազգային փորձի համալիր վերլուծությունը թույլ է տալիս անել հետևյալ եզրակացությունները.

1. Հիդրոտեխնիկական կառույցներում վթարներից առաջացած վնասը մեծաձավալ է և բազմաշերտ, հատկապես խիտ բնակեցված և արդյունաբերական տարածքներում:

2. Վթարների կանխարգելումն ավելի էժան է, քան դրանց հետևանքների վերացումը. երկարաժամկետ հեռանկարում արդարացված են մոնիթորինգի, արդիականացման և ռիսկերի կառավարման ուղղությամբ կատարված ներդրումները:

3. Նոր մարտահրավերները (կլիմայի փոփոխություն, անոմալ երևույթների աճ, և այլն) պահանջում են նախագծման չափորոշիչների վերանայում:

4. Միջազգային համագործակցությունը և տվյալների փոխանակումը (օրինակ՝ բարձր պատվարների ասոցիացիայի՝ «ICOLD»-ի միջոցով) նպաստում են պատվարների անվտանգության ընդհանուր մոտեցումների մշակմանը:

Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքներում վթարների առաջացման հիմնական պատճառներն են՝

- Բնական աղետներ (ջրհեղեղներ, սելավներ, երկրաշարժեր, այլ).
- Տեխնիկական թերությունները և կառուցվածքների ծերացումը.
- Շահագործման կանոնների խախտումները և անբավարար վերահսկողությունը.
- Ինժեներական համակարգերի (ջրհեռ կառուցվածքներ, ջրընդունիչներ, և այլն) խափանումներ.
- Մարդկային գործոնը՝ անփութությունից մինչև դիտավորյալ գործողություններ (ներառյալ՝ ռազմական):

Պատվարների և խոշոր հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների վթարների տնտեսական հետևանքները ներառում են.

- **Ենթակառուցվածքներին հասցված վնաս.**

Ճանապարհների, կամուրջների, շենքերի, ամբարտակների, էլեկտրակայանների, ջրատարների և այլ ենթակառուցվածքների ոչնչացում կամ վնասում:

- **Կորուստներ գյուղատնտեսության բնագավառում.**

Գյուղատնտեսական հողերի ճահճացում, բերքի և անասունների կորուստ, գյուղատնտեսական արտադրության խաթարում:

- **Արդյունաբերությանը հասցված վնաս.**

Արդյունաբերական ձեռնարկությունների ավերում, արտադրության դադարեցում, աշխատատեղերի կորուստ:

- **Երկարաժամկետ վերականգնման ծախսեր.**

Ջրհեղեղի հետևանքների վերացման, ենթակառուցվածքների վերականգնման, տուժածներին օգնություն ցուցաբերելու, վնասի փոխհատուցման ծախսեր:

- **Շրջակա միջավայրի վնաս.**

Ջրի և հողի աղտոտում, էկոհամակարգերի խաթարում, բուսական և կենդանական աշխարհի կորուստ:

Աշուր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարզև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թորմաջյան
**ՀԻՊՈՏԵՆՍԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում՝ N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)**

▪ Սոցիալական վնաս.

Մահեր, վնասվածքներ, բնակչության տեղահանություն, հոգեբանական խաթարումներ:

Կախովկայի ՀԷԿ-ի պատվարի փլուզումը ազդեց ավելի քան 100 հազար մարդու վրա, իսկ երկարաժամկետ վերականգնման ծախսերը գնահատվում է մի քանի միլիարդ դոլար:

Պակիստանում Ինդոս գետի պատվարի փլուզումը (2010թ.) 6.2 միլիարդ դոլարի վնաս պատճառեց, ավերեց հազարավոր տներ և ջրհեղեղի ենթարկեց միլիոնավոր հեկտար գյուղատնտեսական հողեր: Ավերվեց մինչև 895 հազար տուն: Ձոհվեց ավելի քան 1700 մարդ: ՄԱԿ-ի տվյալներով՝ ջրհեղեղից տուժել է 20 միլիոն մարդ:

Բրումադինյոյի պոչամբարի պատվարի փլուզումը (Բրազիլիա, 2019), որը պարունակում էր երկաթի հանքարդյունաբերության թափոններ, հանգեցրեց 270 մարդու մահվան: Բնապահպանական աղետը և հանքարդյունաբերական ընկերության փակումը արժեցավ ավելի քան 7 միլիարդ դոլար: Այն ներառում է մահացածների և վիրավորների ընտանիքներին վճարումներ, տուգանքներ և փոխհատուցումներ, շրջակա միջավայրի վերականգնման ծախսեր, բաժնետոմսերի շուկայական արժեքի անկում: Այս դեպքը յուրահատուկ է դարձնում շրջակա միջավայրի, տնտեսական և իրավական վնասի համադրությունը, որը ցույց է տալիս անթրոպոգեն ռիսկերի համար բիզնեսի պատասխանատվության աճող պահանջները:

Սայան-Շուշենսկի ՀԷԿ-ում (Ռուսաստանի Դաշնություն, օգոստոս 2009) տեղի ունեցած վթարի հետևանքով զոհվել է 75 մարդ, կայանի սարքավորումներն ու տարածքը ավերվել են: Էլեկտրաէներգիայի արտադրության կայանի աշխատանքը դադարեցվել է: Վթարի հետևանքները ազդել են հիդրոէլեկտրակայանին հարակից ջրային տարածքի էկոլոգիական վիճակի, ինչպես նաև տարածաշրջանի սոցիալ-տնտեսական ոլորտների վրա: Վնասի չափը կազմել է ավելի քան 40 միլիարդ ռուսական ռուբլի:

20-րդ դարի ամենաողբերգական աղետներից մեկը տեղի է ունեցել Չինաստանի Հենան նահանգում (1975թ.): «Նինա» թայֆունից հետո **Բանքաո պատվարի փլուզման և հարևան կասկադային ջրամբարների ավերածությունների հետևանքով** զոհվել է ավելի քան 170 հազար մարդ: Վնասը, 1975 թվականի գներով, գնահատվել է 1.5 միլիարդ դոլար, ինչն այսօր համարժեք է ավելի քան 10 միլիարդ դոլարի: Միլիոնավոր տներ և տրանսպորտային ենթակառուցվածքներ են ավերվել, բերքը ոչնչացվել է: Աղետը ցույց է տվել նախագծային լուծումների խոցելիությունը, փոփոխվող կլիմայական պայմանների նկատմամբ և վաղ նախագզուշացման համակարգերի բացակայության վտանգավորությունը:

Օրովիլի ջրամբարը (Կալիֆոռնիա, ԱՄՆ) 2017 թվականին, ջրթողերի վթարների պատճառով հայտնվել էր նախավթարային վիճակում: Վթարը հաջողվեց կանխել, սակայն ավելի քան 180 հազար մարդ տեղահանվեց, իսկ վերանորոգման, ժամանակավոր բնակեցման, լոգիստիկ և ենթակառուցվածքների ամրապնդման ծախսերը կազմեցին մոտ 1.1 միլիարդ դոլար: Այս դեպքը ցույց տվեց, որ նույնիսկ գերզարգացած երկրներում

*Աշոր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում՝ N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

հնարավոր է հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության անկում, եթե ժամանակին չի կատարում ռիսկերի գնահատում և համապատասխան ինժեներական միջոցառումներ չեն իրականացվում:

Տնտեսական վնասի գնահատումը կարևոր գործիք է ոչ միայն վթարների հետևանքները վերլուծելու, այլև ջրային ենթակառուցվածքների անվտանգության մեջ առաջարկվող ներդրումները հիմնավորելու համար:

Համաշխարհային պրակտիկան առաջարկում է հետևյալ մոտեցումները ջրային համակարգերում վթարներից առաջացած տնտեսական վնասը գնահատելու համար.

- ավերածությունների սցենարների մոդելավորում.
- ջրհեղեղի ենթարկված գոտիներում գտնվող ակտիվների գույքագրում.
- վերականգնման ծախսերի գնահատում (վերանորոգում, բնակարանաշինություն, փոխհատուցում).
- երկարաժամկետ կորուստների գնահատում, այդ թվում՝ բերքի կորուստ, զբոսաշրջության կրճատում:

Պետք է հաշվի առնել նաև անուղղակի կորուստների ցուցանիշները, ինչպիսիք են անշարժ գույքի արժեքի անկումը, ներդրումային միջավայրի վատթարացումը, կոմունալ ծառայությունների և սննդամթերքի գների աճը:

Հետազոտության արդյունքները.

Հաշվի առնելով, որ ջրային համակարգերը չեն ենթարկվում ճշգրիտ հաշվարկների, դրանց կառուցման, վերականգնման, տեխնիկական արատորոշման (դիագնոստիկայի) և վթարների վերացման գործընթացում կարևոր դեր ունի հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների ֆիզիկական մոդելավորումը:

Այս առումով, հիդրավիկական մոդելավորման լաբորատորիաները կարևոր նշանակություն ունեն հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության ապահովման համար: Կառուցվածքների մոդելային հետազոտությունները հնարավորություն են տալիս բարձրացնելու ջրային օբյեկտների անվտանգությունը և իջեցնելու շինարարության ու շահագործման ծախսերը:

Հիդրավիկական մոդելավորում իրականացվում են հիդրոտեխնիկական հետևյալ կառուցվածքների համար.

- պատվարներ,
- աղետային ջրհեռ կառուցվածքների գլխամասեր և ջրհեռ տրակտներ,
- ջրընդունիչներ,
- արհեստական և բնական հուններ (ջրանցքներ),
- հակասելավային կառուցվածքներ,
- պոմպակայաններ, հիդրավիկական տարաններ,
- հիդրոտուրբիններ,
- հիդրոտեխնիկական փականներ,
- ջրամատակարարման և ջրահեռացման կառուցվածքներ,

Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՈՏԵՆՏԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)

- ջրի մաքրման կառուցվածքներ,
- ցամաքուրդներ,
- մելիորատիվ համակարգեր,
- ձկնթող կառուցվածքներ:

Մի շարք երկրների հիդրավլիկական մոդելավորման լաբորատորիաները

Աշխարհի առաջատար գիտական կենտրոնները և համալսարանները, հաջողությամբ միավորելով ուսումնական և գիտահետազոտական գործընթացները ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ոլորտում, հասել են շոշափելի հաջողությունների: Մասնավորապես դրանց կազմում գործող հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիաները, գիտահետազոտական և փորձարարական ծրագրեր իրականացնելուն զուգընթաց, օգտագործվում են ուսումնական դասընթացներ և ուսանողական հետազոտական աշխատանքներ կազմակերպելու համար: Ստորև բերված են տեղեկատվություն մի շարք այդպիսի լաբորատորիաների մասին:

Յուտայի համալսարանը զբաղեցնում է 62-րդ տեղը ԱՄՆ լավագույն համալսարանների ցանկում: Համալսարանն իրավամբ համարվում է նորարարության կենտրոն: Այն համատեղում է ճարտարագիտությունը, բժշկությունը և տնտեսագիտությունը: Նկ. 1-ում բերված են պատկերներ Յուտայի համալսարանի հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիայից:



Նկ. 1 Հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան
Յուտայի համալսարանում (ԱՄՆ)

**Աշոր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում՝ N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)**

Մասնավորապես, 2024թ. Յուտայի համալսարանի հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան մշակվեց սարք (AWH)՝ օդից ջրի մոլեկուլներ արդյունահանելու և այնուհետև, ջերմության ազդեցության տակ, դրանք հեղուկ վիճակի վերածելու համար: Սարքն օգտագործում է հիգրոսկոպիկ նյութեր, որոնք ունեն ջրային գոլորշի կլանելու ունակություն: Այս մեթոդը կարող է օգտագործվել ջրային գոլորշի կլանելու նպատակով հատուկ կառուցվածքներ ստեղծելու համար: Այս նյութի նույնիսկ փոքր քանակը կարող է մեծ ծավալի ջուր պահել:

Բ.Ե. Վեդենեևի անվան հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի (Սանկտ-Պետերբուրգ, ՌԴ) հետազոտական և նախագծային ներուժը մեծ պահանջարկ ունի տարբեր ոլորտների կողմից: Սակայն աշխատանքի հիմնական ուղղվածությունը հիդրոէներգետիկայի հետ կապված թեմաներն են: Ինստիտուտի հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան ունի 140 x 48 մ չափսերով փորձարարական սրահ, որտեղ կա 5000 խորանարդ մետր ծավալով ջրավազան, որտեղից պոմպակայանի միջոցով ապահովվում է լաբորատորիայի ջրի շրջանառությունը: Փորձարարական դահլիճի կենտրոնում կա ազատ տարածք՝ տարածական մոդելներ տեղադրելու համար (Նկ. 2):



**Նկ. 2 Հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան Վեդենեևի անվան
Հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտում (Սանկտ-Պետերբուրգ, ՌԴ)**

Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների տարբեր հանգույցների հարթ և կիսատարածական մոդելների վրա հետազոտություններ անցկացնելու համար լաբորատորիան ունի ութ ստացիոնար վաքեր: Լաբորատորիայում տեղակայված են կավիտացիոն, աերոդինամիկ, բարձր ճնշման և այլ հետազոտական տաղավարներ:

Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
**ՀԻՊՈՏԵՆՏԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)**

Աթենքի տեխնիկական համալսարանում գործող հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան հիմնականում զբաղվում է ալիքների մոդելավորման խնդիրներով (նկ. 3):



Նկ. 3 Հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան Աթենքի տեխնիկական համալսարանում (Հունաստան)

Լաբորատոր պայմաններում կառուցվածքների վրա ալիքային ազդեցության ուսումնասիրությունն իրականացվում է ալիքային վաքերում՝ երկչափ մոդելի վրա (հարթության խնդիր) և ալիքային ավազաններում՝ եռաչափ մոդելի վրա (տարածական խնդիր): Տարածական մոդելավորման դեպքում ուսումնասիրվող օբյեկտի բոլոր երեք չափումները հնարավորինս լիարժեքորեն ներառվում են ուսումնասիրության մեջ: Մասնավորապես՝ ափի և բնօրինակ ջրավազանի հատակի ամբողջ իրական ռելիեֆը լիովին վերարտադրվում է:

Գետերի վրա կառուցված հիդրոտեխնիկական կառուցվածքները պետք է կարողանան դիմակայել սելավներին ու հեղեղաջրերին: Սելավը ամենավտանգավոր բնական երևույթներից մեկն է: Այն ցեխի, ժայռերի և ջրի հանկարծակի, արագ հոսք է: Սելավը սպառնալիք է ներկայացնում ոչ միայն մարդկային կյանքի համար, այլև նյութական վնասներ և ենթակառուցվածքների ոչնչացում: Հեղեղաջրերը, դուրս գալով հուններից կամ փոխելով բնական հունը, ջրածածկում են առափնյա գյուղատնտեսական և այլ նշանակության հողատարածքները: Հեղեղները մեծ չափի վնասներ են հասցնում առափնյա շինություններին, ինժեներական կառուցվածքներին, այդ թվում՝ կամուրջներին,

*Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

ճանապարհներին, ոռոգման ցանցերին, և այլն: Տեղի են ունենում խոշոր չափերի հասնող հողատարման երևույթներ:

Գետային հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների հետազոտությունների ուղղվածություն ունեն ժուլի անվան Մոսկվայի հիդրոնախագիծ ինստիտուտի (նկ. 4) Մոսկվայի պետական շինարարական համալսարանը (նկ. 5), Նովոչերկասկի ճարտարագիտամեխորատիվ համալսարանը (նկ. 6) լաբորատորիաները:



Նկ. 4 Հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան ժուլի անվան Մոսկվայի հիդրոնախագիծ ինստիտուտում (ՌԴ)



Նկ. 5 Հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան Մոսկվայի պետական շինարարական համալսարանում (ՌԴ)

Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալսյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՈՏԵՆՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)



Նկ. 6 Հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան Նովոչերկասկի ճարտարագիտամեխորատիվ համալսարանում (ՌԴ)

Հիդրավլիկական մոդելավորման առաջատար «Artelia» լաբորատորիաների կենտրոնը գտնվում է Գրենոբլում (Ֆրանսիա) (նկ. 7):



Նկ. 7 Հիդրավլիկական հետազոտությունների «Artelia» լաբորատորիաները Գրենոբլ (Ֆրանսիա)

*Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

Տաջիկստանի հիդրավիկական հետազոտությունների գիտակրթական կենտրոնը փակ էր ավելի քան 30 տարի, և դրա վերականգնումը նշանակալի քայլ էր ջրային տնտեսության ոլորտում գիտական հետազոտությունների և կրթական բազայի զարգացման գործում (նկ. 8): Տաջիկստանի էներգետիկայի և ջրային տնտեսության նախարարության կարծիքով, լաբորատորիայի արդիականացումը ստեղծում է անհրաժեշտ պայմաններ բարձր որակավորում ունեցող մասնագետների պատրաստման համար:



**Նկ. 8 Հիդրավիկական հետազոտությունների լաբորատորիան
Տաջիկստանի ագրարային համալսարանում**

Հարավային Կովկասում Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավիկական մոդելավորման լաբորատորիան լավագույններից է: Այն իր հնարավորություններով չի զիջում առաջատար շատ երկրների նմանատիպ լաբորատորիաների: Ապապետականացման պահից մինչ օրս՝ շուրջ 30 տարիների ընթացքում, լաբորատորիան պահպանվել և արդիականացվել է՝ համալրվելով բազմաթիվ նոր կառուցվածքներով (նկ. 9): Լաբորատորիայում կառուցվեցին հեղեղատարի մոդելներ, որոնց վրա կատարվող փորձարկումների արդյունքներով որոշվում էին լեռնային գետերի ափապաշտպան միջոցառումների կառուցվածքային առանձնահատկությունները, դրանց տեսակներն ու չափերը: Մեծ ծավալի տեսական և փորձական հետազոտություններ կատարվեցին հեղուկի ոչ ստացիոնար շարժման, մասնավորապես, հիդրավիկական հարվածից խողովակաշարերի պաշտպանության խնդրում:

Աշուր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալթյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՈՏԵՆՏԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)



Նկ. 9 Հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան
Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և
հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտում (Հայաստան)

Ջրընդունիչ կառուցվածքների մոդելավորումը

Անկախ նրանից, թե որտեղ է գտնվում ջրառ կառուցվածքը և ինչ նպատակով է այն կառուցվում, հաճախ առաջանում են խնդիրներ, որոնք անհրաժեշտ են լինում հետազոտել ֆիզիկական մոդելավորման միջոցով: Ջրառ կառուցվածքները պետք է համապատասխանեն մի շարք չափանիշների, ինչպիսիք են՝ հոսքի թույլատրելի արագությունը, մրրիկների բացակայությունը, ճնշման կորուստները, լողացող բեկորների նկատմամբ ցածր զգայունությունը, և այլն:

Ջրընդունիչ կառուցվածքների հիդրավլիկական մոդելավորման խնդիրներն են՝

- ջրընդունիչի գլխամասի տարբեր կոնֆիգուրացիաների փորձարկում և շահագործման սահմանների որոշում (ելք, ջրի մակարդակ, խցանում, ճնշման կորուստ):
- հիդրավլիկական բնութագրերի (արագության դաշտի, օդի ներթափանցման դիսկ (աերացիա), և այլն) որոշում:
- կառուցվածքների կայունության փորձարկում:

Հորանային տիպի ջրընդունիչ կառուցվածի մոդելի օրինակ է բերված է նկ. 10-ում՝
Մ 1:20:

Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալթյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)

Հիդրոէլեկտրակայանի ջրընդունիչ հանգույցի (Մարոկկո) մոդելավորման օրինակ է
բերված նկ. 11-ում՝ Մ 1:68:



Նկ. 10 Հորանային ջրընդունիչ կառուցվածի մոդելի օրինակ, Մ:20



Նկ. 11 Հիդրոէլեկտրակայանի ջրընդունիչ
հանգույցի (Մարոկկո) մոդելավորման օրինակ, Մ 1:68

Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՈՏԵՆՏԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)

Հիդրոկուտակիչ էլեկտրակայանի ջրընդունիչ հանգույցի (Պորտուգալիա) մոդելավորման օրինակ է բերված նկ. 12-ում՝ Մ 1:33:



Նկ. 12 Հիդրոկուտակիչ էլեկտրակայանի ջրընդունիչ հանգույցի (Պորտուգալիա) մոդելավորման օրինակ Մ 1:33

Ջրի եռ կառուցվածքների մոդելավորումը

Ջրի եռ կառուցվածքների (նոր կամ վերակառուցվող) նախագծման օպտիմալացումը և ստուգումը, պատվարների ռիսկերի կառավարման կարևորագույն խնդիրներից է:

Ջրամբարի ջրի եռ կառուցվածքները, անկախ նրանից, թե հիդրոհանգույցն ինչ նպատակով կառուցված (հիդրոէներգետիկա, ոռոգում, ջրի եղելներից պաշտպանություն և այլն), պատվարի անվտանգության ապահովման կարող հանգույցներից է, որը նախատեսված է ջրի եղելի ժամանակ ջրի ավազանում ջրի մակարդակի անվերահսկելի բարձրացումը կանխելու համար: Հողային պատվարի կատարի վրայով ջրի անցումը անխուսափելիորեն կհանգեցնի հիդրոհանգույցի փլուզմանը՝ հոսանքն ի վար ապրող բնակչության համար բոլոր աղետալի հետևանքներով: Հետևաբար, Ջրի եռ տրակտի ճիշտ նախագծումը և շահագործումը ռիսկերի կառավարման հիմնարար գործոններից են:

Ֆիզիկական մոդելավորումը նման կառույցների հիդրավիկական հաշվարկները ստուգելու և օպտիմալացնելու լավագույն գործիքն է, որն աշխարհի մասնագետները օգտագործում են ավելի քան 100 տարի: Չնայած որ, 2000-ականների սկզբին ի հայտ եկավ թվային մոդելավորումը, սակայն այն դեռևս բավարար չէ տեխնիկական բարդ խնդիրներ լուծելու համար: Ֆիզիկական մոդելավորումը թույլ է տալիս երաշխավորել կառուցվածքի անվտանգ աշխատանք, սպասվող հոսքերի ողջ տիրույթում, հայտնաբերել և վերացնել ցանկացած հնարավոր հիդրավիկական խափանում, որոնք չէին հայտնաբերվի վերլուծական մոտեցմամբ: Ինչպես նաև, առանց կառուցվածքների

*Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում՝ N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

չափսերն անհարկի մեծացնելու, գտնել լուծումներ անվտանգության բավարար մակարդակ ապահովելու համար: Ֆիզիկական մոդելը թույլ է տալիս ուսումնասիրել ջրի հեռ կառուցվածքի բոլոր հիդրավիկական պարամետրերը, այդ թվում՝

- կառուցվածքի թողունակության ապահովում.
- ներքևի բյեֆում էներգիայի մարման և լվացման ռիսկի գնահատում.
- կառուցվածքի մակերևույթի վրա ուժերի և ճնշումների չափում.
- լողացող աղբի ազդեցության գնահատում.
- արագահոսների աշխատանքի հիդրավիկական պարամետրերի ստուգում.
- կառավարման հանգույցներում բացասական ճնշումների առաջացման գնահատում և այլն:

Ջրամբարի օգտակար ծավալն ավելացնելու նպատակով, ջրթափային պատվարի կամ ջրի հեռ կառուցվածքի գլխամասի շուրթի վրա կարելի է տեղադրել ջրի մակարդակը դիմարող կառուցվածք՝ լրացուցիչ պատնեշ, որն անհրաժեշտության (վտանգի) դեպքում կբացվի և հնարավորություն կտա իջեցնելու նախատեսվածից ավելի բարձրացող ջրի մակարդակը:

Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների նախագծման նորմատիվային տվյալներին համապատասխան ջրամբարի օգտակար ծավալի մեծացման չափը կարող է տատանվել ջրամբարի նորմալ դիմարային մակարդակի (ՆԴՄ) և աղետային ելքերին համապատասխանող մակարդակի (ԱԴՄ) միջև: Սակայն հեղեղային ելքերի ավելացման հետևանքով ջրամբարի վերևի բյեֆում կարող է տեղի ունենալ ջրի մակարդակի անթույլատրելի բարձրացում, և ջրի հեռ կառուցվածքի փականները բացելու համար, շահագործողի միջամտության անհրաժեշտություն է առաջանում:

Անհրաժեշտ է հաշվի առնել, որ արտակարգ իրավիճակներում, հնարավոր է փականների կառավարման սարքավորումների խափանում: Մասնավորապես, Սայանո-Շուշինսկի ՀԷԿ-ի նախատուրբինային հարթ փականների էլեկտրաշարժիչների պահեստային էլեկտրասնուցում չլինելու պատճառով տուրբինային ջրատարի ավտոմատ փակում տեղի չունեցավ, որի հետևանքով աղետի ծավալման ժամանակամիջոցը մեծացավ՝ բերելով նորանոր ավերվածություններ:

«Հիդրոպլուս» անվանումը կրող դիմարները չունեն նշված թերությունները, որի հետևանքով լայն կիրառություն են գտել բազմաթիվ հիդրոհանգույցներում [4]:

«Հիդրոպլուս» համակարգի դիմարային փականները տեղադրվում են պատվարի ջրթափային ճակատի կատարի վրա և նախատեսված են ջրամբարների օգտակար ծավալն ավելացնելու և ջրամբարից հեղեղային ելքի անվտանգ անցումն ապահովելու համար: Սրանց առաջնեկն իրենից ներկայացնում է պատվարի ջրթափային ճակատի շուրթի ողջ երկարությամբ տեղադրված ավազի թումբ: Այն դեպքում, երբ ջրամբարում ջրի հորիզոնը չի գերազանցում նախապես ընտրված սահմանը, թումբը կանգունակ է, և ջրամբարում կուտակվում է լրացուցիչ ծավալ: Երբ ջրի բարձրությունը ջրթափի շուրթի

*Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՈՏԵՆՏԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

վրա գերազանցում է նախապես ընտրված սահմանը, թումբը քայքայվում է ու քշվում-տարվում ջրի հոսանքի կողմից:

«Հիդրոպլուս» համակարգի դիմհարի տեսքը պատկերված է նկ. 13-ում:



Նկ.13 «Հիդրոպլուս» տիպի դիմհարը

Մասնավորապես, «Հիդրոպլուս» համակարգի դիմհարով հիդրոհանգույց մոդելավորվել է Ֆրանսիայում (նկ. 14):



Նկ. 14. «Հիդրոպլուս» համակարգի դիմհարի փորձարկում
Շարմինի ջրամբարի (Ֆրանսիա) բետոնային պատվարի մոդելի վրա

Ստացիոնար տեղադրվող ավտոմատ գործողության դիմհարային փականի կառուցվածքը, պրոֆեսորներ Ալբերտ Մարգարյանի և Վաչե Թոքմաջյանի կողմից մշակվել

*Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

և փորձարկվել է Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավլիկական մոդելավորման լաբորատորիայում (նկ. 15):

Դիմհարային փականի փորձնական հետազոտության նպատակն է.

1. ստուգել դրա աշխատունակությունը.
2. որոշել վահանի բացման անկյան չափը՝ կախված ջրավազանին տրվող ելքի մեծությունից.
3. ստուգել խտացումների աշխատունակությունը, անհրաժեշտության դեպքում փոխել դրա կառուցվածքը կամ նյութը.
4. պարզել հիդրավլիկական բալաստային բեռով կարգավորիչի ազդեցությունը փականի գործողության փուլերի վրա.
5. ստուգել հիդրավլիկական մեղմիչի աշխատունակությունը, կարգավորել «բացում-փակում» գործողությունների արագությունը (անհրաժեշտության դեպքում փոխել դրոսելային հանգույցի տիպը՝ վերջինիս թողունակությունը մեծացնելով կամ փոքրացնելով):



Նկ. 15 Ստացիոնար տեղադրվող ավտոմատ գործողության դիմհարային փականի մոդելի և բնօրինակի փորձարկումը Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիայում

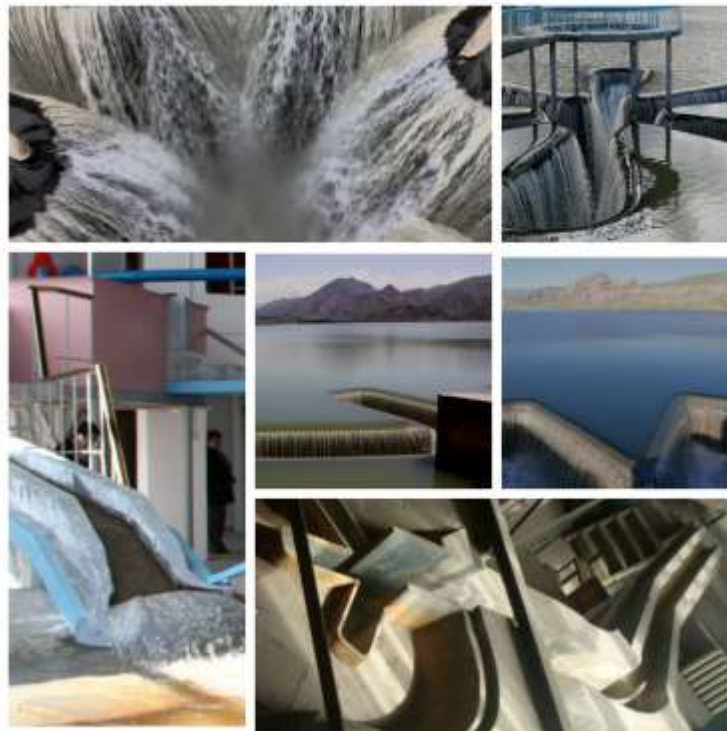
Փականի հիդրավլիկական հաշվարկային տեսությունը կառուցելիս, որպես հիմնական ելակետային տվյալներ նկատի են առնվում ջրամբար մտնող գետի հաշվային

Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
**ՀԻՊՈՏԵՆՍԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)**

առավելագույն ելքի մեծությունն ու ջրամբարի համար որոշված առավելագույն դիմհարային հորիզոնի նիշը: Նոր կառուցվող հիդրոհանգույցի պատվարի կամ այլ ջրհեռի ջրթափային շուրթի երկարությունն ընտրվում է այնպես, որ դիմհարային փականների տեղադրումից հետո հնարավոր լինի առավելագույն ելքը բաց թողնել դրանց սահմանային (առավելագույն) բացվածության դեպքում:

Ստացիոնար տեղադրվող ավտոմատ գործողության դիմհարային փականի կիրառումը հնարավորություն է ընձեռում ջրամբարում զգալիորեն ավելացնել ջրի լրացուցիչ ծավալի կուտակում՝ ապահովելով հիդրոհանգույցի շահագործման անվտանգությունը: Միայն Ախուրյանի, Ազատի և Կեչուտի ջրամբարներում արդեն մշակված բնօրինակային 1մ բարձրության դիմհարային փականների տեղադրմամբ տարեկան հնարավոր է կուտակել լրացուցիչ 46 մլն մ3 ջուր: Քանի որ այդ ծավալը գտնվում է ջրամբարի հայելու գոյություն ունեցող առավել բարձր մակերևույթի վրա, ապա հնարավորություն է ստեղծվում ինքնահոս եղանակով ոռոգել լրացուցիչ 9000 հա հողատարածք:

Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիայում տարիների ընթացքում մոդելավորել են Հայաստանի բոլոր խոշոր հիդրոհանգույցների ջրհեռ կառուցվածքները (սկ. 16):



Նկ. 16 Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիայում մեդելավորված Կեչուտի և Ազատի ջրամբարների աղետային ջրհեռները բնօրինակում աշխատանքի ժամանակ

*Աշոր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում՝ N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

1995 թ. արագահոսի վթարի հետևանքով Արգելիէկ-ի (Գյումուշ) ուժային հանգույցը և գլխավոր շինությունը, այնպես տուժեց, որ օտարերկրյա մասնագետները խորհուրդ էին տվել հնի հարևանությամբ կառուցել նորը: Սակայն որոշվեց վերականգնել կառույցը և նախագիծ մշակվեց: Առաջարկվող կառուցվածքները մոդելավորեցին Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավիկական մոդելավորման լաբորատորիայում: ՀԵԿ-ը 1999 թ. վերագործարկվեց:

Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավիկական հետազոտությունների լաբորատորիայում, պրոֆեսոր Պարգև Բալջյանի ղեկավարությամբ կատարվել է գրունտային պատվարի փլուզման մոդելի կառուցում ու փորձարկում (նկ.17):



Նկ. 17 Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավիկական հետազոտությունների լաբորատորիայում հողային պատվարի փլուզման մոդելավորումը

Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ ի տարբերություն գործող որոշ մեթոդների, ողողման ընթացքում պատվարն ամբողջությամբ չի փլուզվում: Պատվարի ափամերձ մեծ կտորներ (գումարային առումով ավելի քան 50%) մնում է անվնաս: Փորձերը ցույց են տալիս նաև, որ պատվարի նախնական պատռվածքի ընդարձակումը դեպի գետի հատակ կատարվում է ավելի քան 2 անգամ արագ, քան դեպի պատեր: Այս հանգամանքը հաստատվում է նաև բնական վթարների համաշխարհային փորձով:

Սելավներ: Գետերում և ջրամբարներում ջրաբերուկների առաջացումը

Նպատակն է դրվել գտնել գետային հուններում ջրամբարների նստվածքի ազդեցությունը կառավարելու եղանակներ՝ երկարաժամկետ հեռանկարում դրանց կայուն

Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալսյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
**ՀԻՊՈՏԵՆՏԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)**

գործունեությունն ապահովելու և շրջակա միջավայրի վրա ազդեցությունը սահմանափակելու համար:

Օգտագործելով հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիան՝ հնարավոր է ուսումնասիրել գետերում և ջրամբարներում նստվածքի առաջացման և բաշխման մեխանիզմները: Ֆիզիկական մոդելը վերարտադրում է այս բարդ պրոցեսները և տրամադրում է միջոցներ՝ գտնելու տարբեր լուծումներ (Նկ. 18, Նկ. 19):



Նկ. 18. Ինգա ամբարտակի վերին բյեֆում նստվածքագոյացման գործընթացի մոդելավորումը Մասշտաբը՝ 1:140 (հոր.), 1:100 (ուղ.)



Նկ. 19 Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիայում կուտակված գրուներների հիդրավլիկական վճարման մոդելային փորձարկումներ (Սևծովյան Եվրոպական ծրագրի շրջանակ՝ Հունաստան, Թուրքիա, Վրաստան, Հայաստան)

*Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊԵՐՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում՝ N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

Հիդրոտեխնիկական նախագծերում նստվածքի այս ասպեկտն այժմ իրավացիորեն համարվում է լուրջ բնապահպանական և կայուն կառավարման խնդիր: Մասնավորապես, ջրամբարներում նստվածքների ռիսկը կարևոր նախագծային բաղադրիչ է, քանի որ ջրհավաք տարածքից նստվածքը կարող է արագ լցնել ջրամբարի մի մասը և դրանով իսկ նվազեցնել դրա օգտակար ծավալը:

Բարձր ճնշման ջրատարներ

Լեռնային տեղանքում ոռոգման, խմելու ջրի ինքնահոս ջրատարների և պոմպային կայանների մղման խողովակաշարերի ընթացագծերն ուղղաձիգ հարթության մեջ ունեն սիֆոնային բազմաթիվ տեղամասեր, որոնցում գոյանում են օդային կուտակումներ: Ինքնահոս խողովակաշարերի բարձրադիր տեղամասերում օդային կուտակումների գոյացման հիմնական պատճառը գլխամասային կառուցվածքներում առաջացող աերացված հոսանքի մուտքն է խողովակի մեջ: Խողովակաշարի բարձրադիր տեղամասերի վերընթաց և վարընթաց ճյուղերը շատ դեպքերում ունեն մեծ թեքություններ, որի պատճառով սիֆոնային տեղամասերում առաջացած օդային կուտակումները շահագործման հիդրավլիկական ռեժիմի պայմաններում չեն տարվում հեղուկի հոսանքի կողմից: Այս ամենի հետևանքով փոքրանում է խողովակաշարով թողարկվող ելքի մեծությունը: Ոչ հաճախ, մասնավորապես, համեմատաբար փոքր տրամագծով խողովակների դեպքում, օդային կուտակումները խողովակի լրիվ խցանման պատճառ են դառնում: Օդային արտանետումների երևույթը խիստ վտանգավոր է խողովակաշարի շահագործման ժամանակ, որը կարող է բերել խողովակաշարի գլխամասի կառուցվածքների ամրության և կայունության կորստի:



Նկ. 20 Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավլիկական հետազոտությունների լաբորատորիայում օդային կուտակումների հետազոտման փորձասարքը

Աշուր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալայան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊԵՐՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)

ՀԻՊԵՐՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

Արտակարգ իրավիճակները կանխելու և հնարավոր վթարների հետևանքները մեղմելու նպատակով համարժեք միջոցներ ձեռնարկելու համար, անհրաժեշտ է կանխատեսել ջրամբարներում և այլ հիդրոտեխնիկական կառուցվածքներում առաջացող բոլոր տեսակի արտակարգ իրավիճակները՝ հաշվի առնելով դրանց փլուզման դեպքում հետևանքների մասշտաբները:

Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների նախագծման, շինարարության, շահագործման հանձնելու, շահագործման ընթացքում, օգտագործումից հանելու, վերակառուցումից կամ կապիտալ վերանորոգումից հետո, ինչպես նաև գործունեության ժամանակավոր դադարեցման դեպքերում դրա սեփականատերը կամ նրա հանձնարարությամբ՝ օգտագործող կազմակերպությունը կազմում է հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հայտարարագիր, որը հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության չափանիշների համապատասխանության մասին տեղեկություններ պարունակող հիմնական պաշտոնական փաստաթուղթն է:

Օգտագործման մեջ գտնվող հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հայտարարագրի կազմմանը նախորդում է դրանց զննումը: Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հայտարարագիրը կազմվում է դրա սեփականատիրոջ կամ օգտագործող կազմակերպության, իսկ նախագծվող և կառուցվող հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների հայտարարագիրը՝ պատվիրատուի միջոցներով: Ջրային կոմիտեն ապահովում է հայտարարագրողի ներկայացրած հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հայտարարագրի փորձաքննության իրականացումը և դրա եզրակացության հիման վրա հաստատում այն, որը ենթակա է հաշվառման պետական ջրային կադաստրում:

Ջրային կոմիտեն հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների զննման նպատակով, խորհրդակցելով պետական կառավարման շահագրգիռ մարմինների հետ, ձևավորում է տեխնիկական հանձնաժողով: Ձևման ժամանակ իրականացվում է [8].

1) հսկողություն հիդրոտեխնիկական կառուցվածքներն օգտագործող կազմակերպությունների, ինչպես նաև դրանց օգտագործման ընթացքում կապալառու կազմակերպությունների գործունեության նկատմամբ՝ շինարարության, վերակառուցման, կապիտալ վերանորոգման, վերականգնման կամ կոնսերվացիայի ժամանակ անվտանգության կանոնների և նորմերի պահպանության ապահովման մասով:

2) Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների տեխնիկական վիճակի գնահատում:

Տեխնիկական հանձնաժողովն իրականացնում է նաև ջրային համակարգերի անվտանգության ապահովման, արդյունավետ օգտագործման և պահպանության ծրագրերի ուսումնասիրություն, իրականացվող միջոցառումների վերաբերյալ վերլուծություններ և տալիս է մասնագիտական եզրակացություններ:

*Աշոր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարզև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում՝ N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

Հայաստանի Հանրապետության կառավարության որոշմամբ հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների զննումը և անվտանգության հայտարարագրերը իրականացվում են առնվազն 3 տարին մեկ անգամ:

Նույն որոշմամբ համապատասխան պետական լիազոր մարմիններին հանձնարարվել է համատեղ քննարկել պետական բյուջեով նախատեսված տարեկան պահպանման ծախսերի կազմում տեխնիկական հանձնաժողովի գործունեության հետ կապված ծախսերի ընդգրկման հնարավորությունը և Հայաստանի Հանրապետության կառավարություն ներկայացնել առաջարկություն:

Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հայտարարագրում, հայտարարագրողի նախաձեռնությամբ, կատարվում են լրացումներ և փոփոխություններ.

- անվտանգության ապահովման վրա ազդող պայմանները փոփոխվելու դեպքում,
- նոր վնասվածքներ հայտնաբերվելու դեպքում,
- վերակառուցումից, հիմնանորոգումից, վերականգնումից կամ գործունեության դադարեցումից հետո՝ մինչև համապատասխան շինմոնիտաժային աշխատանքների ընդունումը:

Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների զննման ակտերը կազմելու նպատակով աշխատանքային ծրագրում կարող են ներառվել ընտրանքային ստուգողական գործիքային չափումներ և փորձարկումներ, որոնց նպատակը և ծավալը որոշվում են աշխատանքային զննման ծրագրով ու ակնադիտական (վիզուալ) զննումների արդյունքների հիման վրա:

Ակնադիտական զննումը կարող է ուղեկցվել ստուգողական չափումներով, իսկ անհրաժեշտության դեպքում, տեխնիկական հանձնաժողովի որոշմամբ՝ ստուգիչ փորձարկումներով և (կամ) հաշվարկներով: Հատուկ գործիքային հետազոտությունների կազմը որոշվում է հաշվի առնելով կառուցվածքի կարգը, նրա կոնստրուկտիվ հատկանիշները, բնակլիմայական և տեխնոլոգիական պայմանները, շահագործման պահանջները, կառուցվածքում առկա թերությունների բնույթը: Փորձարկումները կարող են իրականացվել համապատասխան հնարավորություններ ունեցող հետազոտական լաբորատորիաներում:

Հիդրավիկական փորձարկումներ իրականացնելու համար համապատասխան հնարավորություններ ունի Ակադեմիկոս Ի.Վ. Եղիազարովի անվան ջրային հիմնահարցերի և հիդրոտեխնիկայի ինստիտուտի հիդրավիկական հետազոտությունների լաբորատորիան, որի պահպանումը և արդիականացումը կարևոր նշանակություն ունի Հայաստանի Հանրապետության համար:

Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքներում անոմալիաների գենեզիսի բացահայտման համար դիտարկումների ինտեգրալ գնահատականը, երբեմն, կարող է բերել արմատական անճշտությունների, ուստի անհրաժեշտ է տարանջատել հնարավոր խափանումները և փորձել առանձին-առանձին կառուցել յուրաքանչյուր խախտման պատճառահետևանքային կապը: Խափանումների զարգացման սցենարը կարելի է ներկայացնել կառուցելով, այսպես կոչվող, «խափանումների ծառը», որը հնարավորություն կտա կանխատեսելու երևույթների զարգացման հետագա ընթացքը և գնահատել դրա ազդեցությունը կառուցվածքի աշխատանքի հուսալիության վրա:

*Աշոր Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊՈՏԵՆՍԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

Պատվարի անվտանգության գնահատման աշխատանքի ծավալը պետք է համաչափ լինի հիդրոհանգույցի նշանակությանը և բարդությանը, ինչպես նաև հնարավոր վթարի հետևանքների բնույթին:

Եզրակացություններ.

1. Պատվարների և այլ խոշոր հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների օգտագործման ընթացքում հայտնաբերված անսարքությունների հետազոտման գործընթացները պետք է հիմնված լինեն ժամանակակից հաշվարկային մեթոդների կիրառման և հիդրավլիկական մոդելավորման արդյունքների համադրման վրա:
2. Ֆիզիկական մոդելավորումը հզոր գործիք է, որը կարող է օգտագործվել հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների նախագծման վերջնական փուլում՝ ստուգելու համար նախագծային չափանիշների հիմնավորվածությունը՝ ապահովելով կառույցի երկարաժամկետ կայունությունը և արդյունավետ աշխատանքը: Ֆիզիկական մոդելավորումը օգտակար է նաև վթարից հետո հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների վերականգնման գործընթացում: Այս առումով կարևորվում է համապատասխան հետազոտական լաբորատորիաների պահպանման և արդիականացման խնդիրը:
3. Հետազոտությունների հիման վրա առաջարկվող լուծումները և դրանից բխող միջոցառումները պետք է ապահովեն հիդրոհանգույցի հետագա շահագործման անվտանգությունը՝ ելնելով հետևյալ առաջնահերթություններից.
 - բնակչության ֆիզիկական անվտանգություն,
 - տնտեսական կորուստների կանխարգելում,
 - շրջակա միջավայրի պահպանություն,
 - անդրսահմանային ազդեցության կանխարգելում:

Գրականություն

1. Artelia Hydraulic Laboratory [//www.laboratory.arteliagroup.com/](http://www.laboratory.arteliagroup.com/)
2. Сила воды в руках человека: к 100-летию ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. — Москва: «Современные информационные системы», 2021. — 304 с.
3. В Таджикистане через 30 лет простоя заработала лаборатория гидравлики [//www.asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/society/20250124/v-tadzhikistane-cherez-30-let-prostoya-zarabotala-laboratoriya-gidravliki](http://www.asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/society/20250124/v-tadzhikistane-cherez-30-let-prostoya-zarabotala-laboratoriya-gidravliki)
4. Chevalier S., Culshaw S.T., Fauquez J.P. The Hydroplus Fusegate System - four years on. The reservoir as an asset, Thomas Telford, London, 1996, pp. 32-40.
5. Թոքմաջյան Վաչե Հովհաննեսի Ջրամբարի օգտակար ծավալի մեծացման և ջրառ կառուցվածքների շահագործման արդյունավետության բարձրացման ինժեներական միջոցառումները //Ե.23.05 - «Ջրատնտեսական համակարգեր և դրանց շահագործումը» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսություն, Երևան, 2015թ.- 221 էջ:

*Աշոտ Մարկոսյան, Վահագն Խաչատրյան, Պարգև Բալջյան,
Ալբերտ Մարգարյան, Գրիգոր Գաբայան, Հովհաննես Թոքմաջյան
ՀԻՊԴՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ
(Հրատարակվել է Բարձր Տեխնոլոգիաների տեղեկագրում N2 (34), 2025, էջ՝ 3-26)*

6. Брэдлиу Д. Нормативноправовая база безопасности плотин / Дэниэл Д. Брэд лоу, Алессандро Пальмиери, Салман М.А. Салман; пер. с англ.; ред. и предисл. проф. Л.А. Золотова. — Всемирный банк Вашингтон (округ Колумбия) //Издательство «Весь Мир», М: 2003. — 196с.
7. Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հայտարարագրի բովանդակությունը, դրա մշակման և փորձաքննության իրականացման կարգը սահմանելու մասին //ՀՀ կամավորության 31.07.2003., N957-Ն որոշումը:
8. ՀՀ ջրային օրենսգիրք //ՀՕ-373-Ն
9. Հիդրոտեխնիկական կառուցվածքների անվտանգության հսկողության և զննման կարգը սահմանելու մասին //ՀՀ կամավորության 08.05.2003., N686-Ն որոշումը:

Հոդվածում բարձրացված խնդիրների վերաբերյալ կկազմակերպվի մասնագիտական քննարկում (ձևաչափի և ժամկետի վերաբերյալ կտրվի համապատասխան տեղեկավորություն):
Ձեր առաջարկություններն ու դիտողությունները կարող եք ներկայացնել info@bulletin.am էլեկտրոնային հասցեով:

CONTENTS

1	Markosyan A.Kh., Khachaturyan V.G., Baljyan P.H., Margaryan A.Ya, Gabayan G.S., Tokmajyan H.V.	ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA	3
2	Margaryan A.Ya., Grigoryan D.H., Vartanyan A.A. Avanesyan E.V., Martirosyan G.H. Tokmajyan V.H	HYDRAULIC CALCULATION OF ARTESIAN BASIN WATER RESOURCES ARTIFICIAL RECHARGE IN MOUNTAIN RELIEF CONDITIONS	27
3	Berdnik T.O.	COMMUNICATIVE-AESTHETIC ASPECT OF PHOTOGRAPHY IN DESIGN	37
4	Markosyan M.V. Ayvazyan H.H.	NEW TECHNOLOGIES FOR DIAGNOSTICS AND REDUCTION OF INTENSITY OF SURFACE WIND OF HIGH- RISE BUILDINGS	45
5	Azaryan L.H.	LABOR MARKET PROSPECTS AS A RESULT OF IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE FINANCIAL SECTOR	53
6	Markosyan M.A.	CAPITALIZATION OF NATIONAL WEALTH: KEY CHALLENGES AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES	63
7	Arustamyan A.V.	INCOME TAX AS A KEY REGULATORY TOOL IN ARMENIA’S CONSTRUCTION SECTOR	89
8	Jamgharyan T.V.	SEARCH OF MODEL FOR INCREASE LEARNING SPEED OF A NEURAL NETWORK IN THE LINUX OPERATING SYSTEM	99
9	Debate platform	ECONOMIC DAMAGE FROM ACCIDENTS AT HYDRAULIC STRUCTURES – WORLD EXPERIENCE AND PREVENTIVE METHODS OF PROTECTION IN THE REPUBLIC OF ARMENIA	109

CONTENTS

1	Մարկոսյան Ա.Խ., Խաչատուրյան Վ.Գ., Բալջյան Պ.Հ. Մարգարյան Ա.Յա., Գաբայան Գ.Ս., Թոքմաջյան Հ.Վ.	ՀԻԴՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ	3
2	Մարգարյան Ա.Յա., Գրիգորյան Դ.Հ., Վարտանյան Ա.Ա., Ավանեսյան Է.Վ., Մարտիրոսյան Գ.Հ., Թոքմաջյան Վ.Հ.	ԼԵՌՆԱՅԻՆ ՌԵԼԻԵՖԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԱՐՏԵԶՅԱՆ ԱՎԱԶԱՆԻ ԶՐԱՅԻՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ԱՐՇԵՍՏԱԿԱՆ ԼԻՑԲԱՎՈՐՄԱՆ ՀԻԴՐԱՎԼԻԿԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ	27
3	Բերդնիկ Տ.Օ.	ԴԻԶԱՅՆՈՒՄ ԼՈՒՍԱՆԿԱՐՉՈՒԹՅԱՆ ՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ-ԳԵՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱՍՊԵԿՏԸ	37
4	Մարկոսյան Մ.Վ., Այվազյան Հ.Հ.	ԲԱՐՁՐԱՀԱՐԿ ՇԵՆՔԵՐԻ ԳԵՏՆԱՄԵՐՁԱՅԻՆ ՔԱՄԻՆԵՐԻ ՆՎԱԶԵՑՄԱՆ և ԱԽՏՈՐՈՇՄԱՆ ՆՈՐ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ	45
5	Ազատյան Լ.Հ.	ԱՇԽԱՏԱՇՈՒԿԱՅԻ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ ՖԻՆԱՆՍԱԿԱՆ ՈԼՈՐՏՈՒՄ ԹՎԱՅԻՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ՆԵՐԴՐՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՈՒՄ	53
6	Մարկոսյան Մ.Ա.	ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՐՍՏՈՒԹՅԱՆ ԿԱՊԻՏԱԼԱՑՈՒՄԸ. ՀԻՄՆԱԽՆԴԻՐՆԵՐ ԵՎ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	63
7	Առուստամյան Ա.Վ.	ԵԿԱՄՏԱՅԻՆ ՀԱՐԿԻ ԲԱՐՁՐ ԴՐՈՒՅՔԱԶԱՓԻ ԲԱՑԱՍԱԿԱՆ ԴԵՐԸ ՀՀ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՈԼՈՐՏՈՒՄ ՈՉ ՖՈՐՄԱԼ ԶԲԱՂՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԿՐՃԱՏՄԱՆ ԳՈՐԾՈՒՄ	89
8	Ջամդարյան Թ.Վ.	ՆԵՅՐՈՆԱՅԻՆ ՑԱՆՑԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ՄՈԴԵԼԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆ LINUX ՕՊԵՐԱՑԻՈՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ	99
9	Բանալեճի հարթակ	ՀԻԴՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԹԱՐՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎՆԱՍԸ. ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՓՈՐՁԸ ԵՎ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՐԳԵԼԻՉ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ	109

CONTENTS

1	Маркосян А.Х., Хачатурян В.Г., Балджян П.О., Маргарян А.Я., Габаян Г.С., Токмаджян О.В.	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ – МИРОВОЙ ОПЫТ И ПРИМЕНТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ В РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИЯ	3
2	Маргарян А.Я., Григорян Д.Г., Вартанян А.А., Аванесян Э.В., Мартirosян Г.А., Токмаджян В.О.	ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ПОПОЛНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА	27
3	Бердник Т.О.	КОММУНИКАТИВНО-ЭСТЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ФОТОГРАФИКИ В ДИЗАЙНЕ	37
4	Маркосян М.В., Айвазян Г.Г.	НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ И СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИЗЕМНОГО ВЕТРА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	45
5	Азатян Л.А.	ПЕРСПЕКТИВЫ РЫНКА ТРУДА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФИНАНСОВУЮ СФЕРУ	53
6	Маркосян М.А.	КАПИТАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО БОГАТСТВА: КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ	63
7	Арустамян А.В.	ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ РОЛЬ ВЫСОКОЙ СТАВКИ ПОДОХОДНОГО НАЛОГА В СОКРАЩЕНИИ НЕФОРМАЛЬНОЙ ЗАНЯТОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ	89
8	Джамгарян Т.В.	ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ LINUX	99
9	Платформа для дебатов	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ – МИРОВОЙ ОПЫТ И ПРИМЕНТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ В РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИЯ	109