

**ՀԱՐՏԱՐԱԳԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ**

**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРМЕНИИ**

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒԵԳԻԱ

Գլխավոր խմբագիր՝ Սարգիս Թովմասյան (ճ.դ., ՀՀ), tosar@mail.ru
Գլխավոր խմբագրի տեղակալ՝ Միհրան Ստակյան (ս.գ.դ., ՀՀ),
stakyan.mihran@yandex.com
Պատասխանատու քարտուղար՝ Արմենուհի Ալեքսանյան, (ՀՀ),
aleksanyan.armenuhi@yandex.com

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԽՈՐՀՈՒՐԴ

Գալինա Ամբրոսովա (ս.գ.թ., ՌԴ), galina-ambrosova@yandex.ru
Մարիամ Ավագյան (կ.գ.թ., ՀՀ), avagyan_mariam@yahoo.com
Բեկրիմժան Գաուդինով (ճ.դ., ՂՀ), abekga@mail.ru
Դիմիտրիս Դիամանտիդիս (ս.գ.դ., ԳԴՀ),
dimitris.diamantidis@oth-regensburg.de
Տիգրան Դադայան (ս.գ.դ., ՀՀ), tigran.dadayan@yahoo.com
Սուրեն Թովմասյան (ս.գ.թ., ՀՀ), suren.tovmasyan@gmail.com
Էմիլ Խաչատրյան (ս.գ.դ., ՀՀ), khachatryan@rambler.ru
Թագուշ Խաչատրյան (ճ.թ., ՀՀ), tagush.khachatryan@mail.ru
Լյուդմիլա Խոլոդովա (ճ.դ., ՌԴ), theory@usaaa.ru
Անատոլի Կովրով (ս.գ.թ., Ուկրաինա), list@ogasa.org.ua
Դարյա Կուբեչկովա (ս.գ.թ., ՉՀ), darja.kubeckova@vsb.cz
Պետրոս Համբարձումյան (ս.գ.դ., ՀՀ), hpv58@yandex.ru
Եղիսաբեթ Հայրապետյան (ս.գ.թ., ՀՀ), helizabet@yandex.ru
Կարեն Ռաշիդյան (ս.գ.թ., ՀՀ), rka1945@mail.ru
Վալերիկ Հարությունյան (ս.գ.թ., ՀՀ), vmh-1961@mail.ru
Արմեն Ղազարյան (արվ.դ., ՌԴ), armenkazaryan@yahoo.com
Արմինե Ղուկասյան (ս.գ.թ., ՀՀ), Ghulyanarmine@mail.ru
Մալին Մայոր (ս.գ.թ., ԼՀ), mmajor@bud.pcz.czyst.pl
Կրիստինա Մարանցի (ճ.թ., ԱՄՆ), christina.maranci@tufts.edu
Արտաշես Մելիքյան (ճ.թ., ՀՀ), artashesmelikyan@rambler.ru
Մուն Մին (ճ.դ., ՉԺՀ), ming.sun@ntu.ac.uk
Մայիդ Մուհեմմադի Նահավանդի (ճ.թ., ԻԻՀ),
saeid.nahavandi@deakin.edu.au
Դավիթ Նահատակյան (ճ.թ., ՀՀ), dnahatakyan@nuaca.am
Սամվել Շահինյան (ճ.դ., ՀՀ), samvel.shahinyan1954@gmail.com
Միխայիլ Շուբենկով (ճ.դ., ՌԴ), shubenkov@raasn.ru
Ջի Չենգժի (ս.գ.դ., ՉԺՀ), qichengzhi65@163.com
Մանվել Պողոսյան (ս.գ.դ., ՀՀ), pmanvel2010@yandex.ru
Պաոլա Պումա (ճ.թ., ԻՀ), paola.puma@unifi.it
Մարյենա Ռայչիկ (ս.գ.դ., ԼՀ), mrajczyk@bud.pcz.czyst.pl
Էմմա Սահակյան (ս.գ.դ., ՀՀ), shnikat15@mail.ru
Արտաշես Սարգսյան (ս.գ.թ., ՀՀ), ansargsyan@yahoo.com
Արեստակ Սարուխանյան (ս.գ.դ., ՀՀ), asarukhanyan51@mail.ru
Օլեգ Սուբբոտին (ճ.դ., ՌԴ), subbos@yandex.ru
Դմիտրի Տոպչի (ս.գ.դ., ՌԴ), mail@niexp.com
Գեորգի Ուստավիչ (ս.գ.դ., ՌԴ), ystavich@mail.ru
Աննա Քարամյան (ս.գ.թ., ՀՀ), annak@termoros.am
Դավիթ Քերթմենջյան (ճ.դ., ՀՀ), dakertmenjyan@gmail.com
Աննա Ֆրանցիպանե (ս.գ.դ., ԻՀ), anna.frangipane@uniud.it
Արմեն Տեր-Մարտիրոսյան (ս.գ.դ., ՌԴ), gic-mgsu@mail.ru
Լարիսա Մանուկյան (ս.գ.թ., ՀՀ), laradocent@gmail.com
Կիպիանի Գելա (ս.գ.դ., Վրաստան), gelakip@gmail.com

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Саркис Товмасян (д.архит., РА),
tosar@mail.ru
Зам. главного редактора – Мигран Стакян (д.т.н., РА),
stakyan.mihran@yandex.com
Ответственный секретарь – Арменуи Алексанян, (РА),
aleksanyan.armenuhi@yandex.com
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
Галина Амбросова (к.т.н., РФ), galina-ambrosova@yandex.ru
Мариам Авагян (к.б.н., РА), avagyan_mariam@yahoo.com
Бекримжан Глаудинов (д.архит., РК), abekga@mail.ru
Димитрис Диамантидис(д.т.н., ФРГ),
dimitris.diamantidis@oth-regensburg.de
Тигран Дадаян (д.т.н., РА), tigran.dadayan@yahoo.com
Сурен Товмасян (к.т.н., РА), suren.tovmasyan@gmail.com
Эмиль Хачатрян (д.т.н.,РА), khachatryan@rambler.ru
Тагуш Хачатрян (к.архит.,РА), tagush.khachatryan@mail.ru
Людмила Холодова (д.архит., РФ), theory@usaaa.ru
Анатолий Ковров (к.т.н., Украина), list@ogasa.org.ua
Дарья Кубечкова (к.т.н., ЧР), darja.kubeckova@vsb.cz
Петрос Амбарцумян (д.т.н., РА), hpv58@yandex.ru
Егисабет Айрапетян (к.т.н., РА), helizabet@yandex.ru
Карен Рашидянц (к.т.н., РА), rka1945@mail.ru
Валерик Арутюнян (к.т.н., РА), vmh-1961@mail.ru
Армен Казарян (д.искусств., РФ), armenkazaryan@yahoo.com
Армине Гулян (к.т.н., РА), Ghulyanarmine@mail.ru
Мачие Майор (к.т.н., РП), mmajor@bud.pcz.czyst.pl
Кристина Маранци (к.архит., США), christina.maranci@tufts.edu
Арташес Меликян (к.архит., РА), artashesmelikyan@rambler.ru
Сунь Мин (д. архит., КНР), ming.sun@ntu.ac.uk
Саид Моаммади Нааванди (к.архит, ИРИ),
saeid.nahavandi@deakin.edu.au
Давид Наатакян (к.архит., РА), dnahatakyan@nuaca.am
Самвел Шаинян (д.архит., РА), samvel.shahinyan1954@gmail.com
Михаил Шубенков (д.архит., РФ), shubenkov@raasn.ru
Ки Ченгжи (д.т.н., КНР), armspeleo@yahoo.com
Манвел Погосян (д.т.н., РА), pmanvel2010@yandex.ru
Паола Пума (к.архит., ИР), paola.puma@unifi.it
Марлена Райчик (д.т.н., РП), mrajczyk@bud.pcz.czyst.pl
Эмма Саакян (д.т.н., РА), shnikat15@mail.ru
Арташес Саргсян (к.т.н.,РА), ansargsyan@yahoo.com
Арестак Саруханян (д.т.н., РА), asarukhanyan51@mail.ru
Олег Субботин (д.архит., РФ), subbos@yandex.ru
Дмитрий Топчий (д.т.н., РФ), mail@niexp.com
Георгий Уставич (д.т.н., РФ), ystavich@mail.ru
Анна Карамян (к.т.н., РА), annak@termoros.am
Давид Кертменджян (д.архит., РА), dakertmenjyan@gmail.com
Анна Франджипане (д.т.н., ИР), anna.frangipane@uniud.it
Армен Тер-Мартirosян (д.т.н., РФ), gic-mgsu@mail.ru
Лариса Манукян (к.т.н., РА), laradocent@gmail.com
Кипиани Гела (д.т.н., Грузия), gelakip@gmail.com

SCIENTIFIC PAPERS OF NATIONAL UNIVERSITY OF ARCHITECTURE & CONSTRUCTION OF ARMENIA

EDITORIAL COUNCIL

Editor-in-chief – Sargis Tovmasyan (Doctor of science (architecture), RA), tosar@mail.ru

Vice editor-in-chief - Mihran Stakyan (Doctor of science (engineering), RA), stakyan.mihran@yandex.com

Executive secretary – Armenuhi Aleksanyan, (RA), aleksanyan.armenuhi@yandex.com

EDITORIAL BOARD

Galina Ambrosova (Ph.D in engineering, RF),	galina-ambrosova@yandex.ru
Mariam Avagyan (Doctor of Philosophy (Ph.D) in biology, RA),	avagyan_mariam@yahoo.com
Bekrimzhan Glaudinov (Doctor of science (architecture), RK),	abekga@mail.ru
Dimitris Diamantidis (Doctor of science (engineering), FRG),	dimitris.diamantidis@oth-regensburg.de
Tigran Dadayan (Doctor of science (Engineering, RA),	tigran.dadayan@yahoo.com
Suren Tovmasyan (Ph.D in engineering, RA),	suren.tovmasyan@gmail.com
Emil Khachatryan (Doctor of science (engineering), RA),	khachatryan@rambler.ru
Tagush Khachatryan (Ph.D in architecture, RA),	tagush.khachatryan@mail.ru
Lyudmila Kholodova (Doctor of science (architecture), RF),	theory@usaaa.ru
Anatoli Kovrov (Ph.D in engineering, Ukraine),	list@ogasa.org.ua
Darya Kubechkova (Ph.D in engineering, CZ),	darja.kubechkova@vsb.cz
Petros Hambardzumyan (Doctor of science (engineering), RA),	hvp58@yandex.ru
Yeghisabet Hayrapetyan (Ph.D in engineering, RA),	helizabet@yandex.ru
Karen Rashidyants (Ph.D in Engineering, RA),	rka1945@mail.ru
Valerik Harutyunyan (Ph.D in engineering, RA),	vmh-1961@mail.ru
Armen Ghazaryan (Doctor of science (art), RF),	armenkazaryan@yahoo.com
Armine Ghulyan (Ph.D in engineering, RA),	Ghulyanarmine@mail.ru
Maciej Major (Ph.D in engineering, RP),	mmajor@bud.pcz.czest.pl
Christina Maranci (Ph.D in architecture, USA),	christina.maranci@tufts.edu
Artashes Melikyan (Ph.D in architecture, RA),	artashesmelikyan@rambler.ru
Sun Ming (Doctor of science (architecture), PRC),	ming.sun@ntu.ac.uk
Saeed Mohammadi Nahavandi (Ph.D in architecture, IRI),	saeid.nahavandi@deakin.edu.au
Davit Nahatanyan (Ph.D in architecture, RA),	dnahatanyan@nuaca.am
Samvel Shahinyan (Doctor of science (architecture), RA),	samvel.shahinyan1954@gmail.com
Mikhail Shubenkov (Doctor of science (architecture), RF),	shubenkov@raasn.ru
Qi Chengzhi (Doctor of science (engineering), PRC),	armspeleo@yahoo.com
Manvel Poghosyan (Doctor of science (engineering), RA),	pmanvel2010@yandex.ru
Paola Puma (Ph.D in architecture, IR),	paola.puma@unifi.it
Marlena Rajczyk (Doctor of science (engineering), RP),	mrajczyk@bud.pcz.czest.pl
Emma Sahakyan (Doctor of science (engineering), RA),	shnikat15@mail.ru
Artashes Sargsyan (Ph.D in engineering, RA),	ansargsyan@yahoo.com
Arestak Sarukhanyan (Doctor of science (engineering), RA),	asarukhanyan51@mail.ru
Oleg Subbotin (Doctor of science (architecture), RF),	subbos@yandex.ru
Dmitriy Topchiy (Doctor of science (engineering), RF),	mail@niiexp.com
Georgy Ustavich (Doctor of science (engineering), RF),	ystavich@mail.ru
Anna Karamyan (Ph.D in engineering, RA),	annak@termoros.am
David Kertmenjian (Doctor of science (architecture), RA),	dakertmenjian@gmail.com
Anna Frangipane (Doctor of science (engineering),	anna.frangipane@uniud.it
Armen Ter-Martirosyan (RF), Doctor of Science (Engineering),	gic-mgsu@mail.ru
Larisa Manukyan (Ph.D in engineering, RA),	laradocent@gmail.com
Kipiani Gela (Georgia), Doctor of science (Engineering),	gelakip@gmail.com

Հրատարակվում է ՃՇՀԱՀ Գիտատեխնիկական Խորհրդի որոշմամբ: Հիմնադրվել է 1996թ.:

Լույս է տեսնում տարին 3 անգամ, ծավալը՝ մինչև 15 հոդված:

Издается по решению Научно-технического Совета НУАКА. Основан в 1996г.

Выходит 3 раза в год, объем до 15 статей.

Is published by resolution of Academic and Technical Council of NUACA. Established in 1996.

Published 3 times a year, volume – up to 15 papers.

© ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, 2025

© Национальный университет архитектуры и строительства Армении, 2025

© National University of Architecture and Construction of Armenia, 2025

ISSN 1829-4200

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА
THE MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE, CULTURE AND SPORT, RA

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ
ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ
ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРМЕНИИ

SCIENTIFIC PAPERS OF

NATIONAL UNIVERSITY OF
ARCHITECTURE & CONSTRUCTION OF ARMENIA

ՀԱՏՈՐ ♦ TOM ♦ VOLUME

3 (93) 2025

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ, ՔԱՂԱՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ,
ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

АРХИТЕКТУРА, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО,
СТРОИТЕЛЬСТВО

ARCHITECTURE, URBAN PLANNING,
CONSTRUCTION

ԵՐԵՎԱՆ · ЕРЕВАН · YEREVAN

2025

**ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ
ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

ՀՀ ԲՈԿ-Ի ՈՐՈՇՄԱՍԲ ԸՆԴԳՐԿՎԵԼ Է ԴՈԿՏՈՐԱԿԱՆ ԵՎ ԹԵԿՆԱԾՈՒԱԿԱՆ
ՍՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ԵՎ ԴՐՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՄԱՆ
ՀԱՄԱՐ ԸՆԴՈՒՆԵԼԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆՆԵՐԻ ՑՈՒՑԱԿՈՒՄ

ՀԱՄԱՌՈՏ ՇԱՐԱԴՐՎՈՒՄ Է ՌՈՒՍԱՍՏԱՆԻ ԴԱՇՆՈՒԹՅԱՆ ՎՆԻԻՆՏՊԻ
«ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ» ՌԵՖԵՐԱՏԻՎ ՏԵՂԵԿԱՏՎԱԿԱՆ
ԳԻՏԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆՈՒՄ (ISSN 0233-8440)

**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА
АРМЕНИИ**

ПО РЕШЕНИЮ ВАК РА ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ПЕРИОДИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ,
ПРИНЯТЫХ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ПОЛОЖЕНИЙ
ДОКТОРСКИХ И КАНДИДАТСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ

РЕФЕРИРУЕТСЯ В РЕФЕРАТИВНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ
ЖУРНАЛЕ “СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА” (ISSN 0233-8440)
ВНИИНТПИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**SCIENTIFIC PAPERS OF
NATIONAL UNIVERSITY OF ARCHITECTURE & CONSTRUCTION OF ARMENIA**

BY THE DECISION OF SUPREME CERTIFYING COMMITTEE OF RA (SCC of RA) HAS BEEN
INCLUDED IN THE LIST OF PERIODIC SCIENTIFIC PUBLICATIONS ACCEPTED FOR PUBLISHING
THE MAIN RESULTS AND THE PROVISIONS OF DOCTORAL AND CANDIDATE DISSERTATIONS

ARE ABSTRACTED IN THE INFORMATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY ABSTRACTS
JOURNAL OF “CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE” (ISSN 0233-8440) OF VNIINTPI OF
RUSSIAN FEDERATION

**ԲԵՏՈՆԻ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿԻ ՎՐԱ ԲԱԶՄԱՇԵՐՏ ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ՆԱՆՈՒՈՂՈՎԱԿՆԵՐԻ
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԹՎԱՅԻՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ**

Սուրեն Աշոտի Մալումյան

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
surmalumyan@gmail.com*

Ածխածնային նանոխողովակների ներդրումը բետոնում և շաղախում նպաստում է նյութի մեխանիկական հատկությունների զգալի բարելավմանը: Այդ հատկությունների ուսումնասիրման համար, թեև փորձարարական մեթոդները տալիս են իրական արդյունքներ, դրանք պահանջում են մեծ նյութական ներդրումներ և զգալի ժամանակ: Ժամանակակից թվային մոդելավորման մեթոդները ծառայում են կանխատեսելու և օպտիմալացնելու փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները: “ANSYS” թվային հաշվարկային ծրագրով, վերջավոր տարրերի մեթոդի կիրառմամբ, մոդելավորվել են տարբեր բազմաշերտ ածխածնային նանոխողովակների (ԲԱՆԽ) բերված կոնցենտրացիաներով և արտաքին տրամագծերով խորանարդ նմուշների տեսքով նյութեր: Թվային վերլուծության արդյունքում հետազոտվել է նմուշների առաձգականության մոդուլների (E_1 , E_2 , E_3) լարվածային վիճակն առանցքային սեղմման դեպքում: Միննույն սեղմման ուժի ազդեցության տակ նմուշների լայնական հատույթի միջին հատվածում բետոնի մատրիցում նորմալ լարումները 0-ական նմուշների նկատմամբ էականորեն նվազում են համեմատաբար փոքր տրամագծի ԲԱՆԽ դեպքում (6,25 %), իսկ անկյունային հատվածներում՝ ԲԱՆԽ-երի միջին չափի տրամագծի դեպքում (19,46 %): Ստացվածը հաստատում է ցեմենտային կապակցանյութով ԲԱՆԽ-երով նանոշաղախների և նանոբետոնների իրականացված փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները: Կատարված ուսումնասիրությունները կարող են հիմք հանդիսանալ փորձարարական հետազոտությունների համար՝ խնայելով նյութական ռեսուրսներ և ժամանակ, ինչպես նաև նպաստել նանոշաղախների և նանոբետոնների մեխանիկական հատկությունների կատարելագործմանը:

Բանալի բառեր. ածխածնային նանոխողովակ, բետոն, վերջավոր տարրերի մեթոդ, սեղմում, արտաքին տրամագիծ

Ներածություն

Ցեմենտային կապակցանյութով բետոնն ու շաղախը հանդիսանում են ժամանակակից շինարարության հիմնարար նյութերը՝ շնորհիվ բարձր մեխանիկական և ֆիզիկաքիմիական հատկությունների [1, 2]: Վերջին տասնամյակներում մեծ ուշադրություն է դարձվում բետոնի միկրոկառուցվածքի կատարելագործմանը՝ նոր հավելանյութերի ներդրման միջոցով, որոնք կա-

րող են նպաստել ցեմենտային կապակցանյութով բետոնի և շաղախի սեղմման և ծոման ամրությունների, ինչպես նաև ճաքակայունության բարելավմանը: Այսօր շինարարական նյութագիտության մեջ լայն կիրառություն են գտնում տարբեր տեսակի և կազմի միկրոթելքեր (պոդպատե, ապակե, բազալտե, ածխածնային և այլն), ինչպես նաև ածխածնային նանոմասնիկներ (նանոգրաֆեններ, նանոգնդեր, նանոխողովակներ և այլն), որոնք, դիսպերսվելով կամ խառնվելով ցեմենտային կապակցանյութի մասնիկների հետ կամ լցնելով վերջինիս միջհատիկային խոռոչները, ապահովում են նյութի ավելի խիտ և մեխանիկապես ամուր կառուցվածք [3-5]: Նանոմասշտաբային հավելանյութերի մեջ լայն ուսումնասիրություն ունեն ածխածնային նանոխողովակները (ԱՆԽ), իրենց կապակցանյութում նանոամրանավորման հատկության շնորհիվ, ունեն մեծ երկարություն/արտաքին տրամագիծ կողմերի հարաբերակցություն (100-ից 1000 և ավելի)՝ *“aspect ratio”*, զգալի մեծ առաձգականության մոդուլ ($1 \text{ } S\mathcal{M}$) և ձգման մեծ ամրություն ($50...200 \text{ } G\mathcal{M}$) [6-10]:

Տարբեր փորձարարական հետազոտություններ ցույց են տվել, որ ցեմենտի զանգվածի նկատմամբ $0,01...0,30 \%$ կոնցենտրացիաների կիրառումը բերում է շաղախի և բետոնի մեխանիկական հատկությունների զգալի բարելավմանը: Ա. Սվիրգենը և այլոք ցույց են տվել, որ ցեմենտի զանգվածի նկատմամբ ԲԱՆԽ-երի $0,045 \%$ կոնցենտրացիայի կիրառումը հանգեցրել է ցեմենտային շաղախի 50% սեղմման ամրության աճի [11]: Ս.Ջ. Սուջաթան ցույց է տվել, որ ԲԱՆԽ-երի օպտիմալ կոնցենտրացիայի կիրառման դեպքում ցեմենտային կապակցանյութով բարձրամուր բետոնի սեղմման և ծոման ամրություններն աճել են, համապատասխանաբար, 16% և 20% [12]:

Էական կարևորություն ունի ԲԱՆԽ-երի արտաքին չափերի հարաբերակցության ազդեցությունը ցեմենտային կապակցանյութով նանոբետոնների և նանոշաղախների մեխանիկական հատկությունների վրա [13, 14]: ԲԱՆԽ-երի տարբեր արտաքին տրամագծերի և չափերի հարաբերակցության դեպքում ցեմենտային կապակցանյութով շաղախի և բետոնի մեխանիկական հատկությունների փորձարարական հետազոտությունները ցույց են տվել, որ վերջինիս միևնույն կոնցենտրացիայի և փոքր արտաքին տրամագծի դեպքում սեղմման ամրությունը զգալի կերպով բարելավվում է. նանոշաղախների դեպքում՝ $21,7 \%$, իսկ բետոնների դեպքում՝ $9,4 \%$ [13, 14]: Ընդ որում, երկու հետազոտություններում էլ ԲԱՆԽ-երի ամենափոքր արտաքին տրամագիծը չի անցնում $10 \text{ } \mu\text{m}$ -ը:

Փորձարարական հետազոտություններին զուգահեռ, այսօր լայն կիրառություն ունի թվային հետազոտությունը: Թեև փորձարարական մեթոդները տալիս են իրական արդյունքներ, դրանք պահանջում են նյութական, ռեսուրսային մեծ ներդրումներ և զգալի ժամանակ: Ժամանակակից եռաչափ թվային մոդելավորման մեթոդները ծառայում են կանխատեսելու և օպտիմալացնելու փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները [6, 15-20]: Թվային հետազոտությունների համար լայն կիրառություն ունի վերջավոր տարրերի մեթոդը (ՎՏՄ), որի կիրառման հնարավարության տիրույթում նպատակահարմար է վերլուծել տարբեր հավելանյութերով ցեմենտային մատրիցների մեխանիկական հատկությունները (առաձգականության և սահքի մոդուլ, սեղմման, ձգման, ծոման ամրություն և այլն): Ի.Է. Կավվադիասը և այլոք ցույց են տվել, որ նանոշաղախների

մեխանիկական հատկությունների թվային վերլուծությամբ ստացված արդյունքները համապատասխանում են փորձարարական հետազոտությամբ ստացված արդյունքներին, որի դեպքում սեղմման, ծռման ամրությունը և առաձգականության մոդուլն աճել են մինչև 10 % [15]:

Նյութի կառուցվածքի թվային եռաչափ մոդելավորման համար կիրառվում է ՎՏՄ-ն՝ օգտագործելով ներկայացուցչական ծավալային տարրը (ՆՕՏ) “RVE”, որը նկարագրում է նյութի միջին կառուցվածքային հատկանիշները նանո- և միկրոմասշտաբներում, առանց որի հնարավոր չի լինի նկարագրել ցեմենտային մատրիցում պատահականության սկզբունքով բաշխված տարատեսակ հավելանյութերի ֆիզիկական առկայությունը: Հավելանյութերի մոդելավորման այլ մոտեցումը կհանգեցնի զգալի ժամանակի կորստի և ծրագրային խնդիրների, ուստի՝ վերլուծության անհնարինություն: Այս առումով դժվարություն է հանդիսանում նկարագրել ԲԱՆԽ-երի իրական մոդելը, իր ատոմական կառուցվածքի պատճառով, նաև ցեմենտային մարմնի ֆիզիկական ոչ գծայնությունը, քանի որ ՆՕՏ-ում նանոհավելանյութով նյութի մոդելը նանոմասշտաբային է և ՎՏՄ-ում նյութի ոչ գծային բնույթը նկարագրող և կիրառություն ունեցող “SOLID-65” վերջավոր տարրի կիրառումը զգալի կդժվարացնի հետագա մոդելավորման և վերլուծության ընթացքը:

Այնուամենայնիվ, օգտվելով առկա և արդի ծրագրային հնարավորություններից, կիրառելով “SOLID-186” վերջավոր տարրը, նանոխողովակները և ցեմենտային մատրիցը մոդելավորվել են, համապատասխանաբար, որպես հոծ, առաձգական պինդ մարմին: Նանոխողովակները փոխարինվել են կլոր հատվածքի անընդհատ նանոձողերով, որոնց գծային բերված կոշտությունը կհամապատասխանի ընտրված ԲԱՆԽ-երի գծային կոշտությանը: Ցեմենտային մատրիցի ֆիզիկամեխանիկական վարքագիծն առավել լիարժեք բնորոշելու համար վերջինիս ֆիզիկական ոչ գծայնությունը հաշվի կառնվի հետագա մակրոմասշտաբային հետազոտությունների ժամանակ: Ցեմենտային մատրիցի և նանոխողովակների միջև կապը մոդելավորվել է անընկրկելի: Նյութի իրական կառուցվածքային համակարգում այդ կապն ապահովվում է Վան դեր Վաալսյան միջմոլեկուլային ամուր փոխազդեցության ուժերով [3, 6]: Բազմաթիվ աշխատանքներ անդրադարձել են ցեմենտային մատրիցի և նանոխողովակների շաղկապման ամրությանը, որը հիմնականում կախված է միջատոմային փոխազդեցության գործոններից: Այնուամենայնիվ, շաղկապման ամրության թվային հետազոտություններն իրականացվում են ատոմային մասշտաբներում, որպես առանձին նանոխողովակի պոկման վերլուծություն (*pull-out analyses*) [3, 6]:

Սույն աշխատանքում “ANSYS” թվային հաշվարկային ծրագրով, ՎՏՄ-ի կիրառմամբ ՆՕՏ-ում մոդելավորվել են բերված կոնցենտրացիաներով (0,05 %, 0,10 % և 0,15 %՝ զանգվածի նկատմամբ) և արտաքին տրամագծերով (10 նմ, 20 նմ և 30 նմ) ԲԱՆԽ-երով B25 դասին համապատասխանող բետոնե խորանարդ նմուշներ: ՆՕՏ-ում նախապես որոշվել են նմուշների առաձգականության մոդուլները երեք ուղղություններով (E_1 , E_2 , E_3), գնահատելու վերջինիս կոշտության բնութագրերի փոփոխությունը: Թվային վերլուծության արդյունքում “SOLID-186” վերջավոր տարրերի կիրառ-

մամբ կատարվել է դիտարկվող 9 խորանարդ նմուշների համար լարվածային վիճակի վերլուծություն, կոնցենտրացիա-արտաքին տրամագիծ պարամետրերի փոփոխության ազդեցությունը ցեմենտային կապակցանյութով բետոնի սեղմման ամրության վրա գնահատելու նպատակով:

Նյութեր և մեթոդներ

Սույն հոդվածում թվային ԲԱՆՄ-երով բաղադրանյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների թվային վերլուծության համար օգտագործվել է “ANSYS” հաշվարկային ծրագիրը՝ կիրառելով ՎՏՄ: Նյութերի թվային նկարագրության նպատակով “Material Designer” ենթածրագրի միջոցով մոդելավորվել են $1500 \times 1500 \times 1500$ նմ չափերով խորանարդային նմուշներ, որոնց մեջ ընդունվել է չափային 5% պատահական շեղում: Բոլոր մոդելներում բետոնի մատրիցը դիտարկվել է որպես B25 դասի պինդ և համասեռ մարմին՝ իր ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով: Հաշվարկների համար դիտարկվել են 9 նմուշներ, որոնցում ԲԱՆՄ-երը նկարագրելու համար մոդելավորվել են երեք տարբեր կոնցենտրացիաների (0,01, 0,02 և 0,03 %՝ նմուշի զանգվածի նկատմամբ) և երեք տարբեր տրամագծի (25, 33 և 40 նմ) կլոր հատվածով և հոծ կառուցվածքով ածխածնային թելքեր, որոնց գծային կոշտությունը համապատասխանում է նախատեսվող ԲԱՆՄ-երի բերված կոշտությանը (1) (աղ. 1): Նկ. 1-ում բերված են “Ansys” ծրագրի “Material Designer” ենթածրագրի մոդելավորված ածխածնային թելքերի չափերը և վերջինիս համարժեք ԲԱՆՄ-երի բերված արտաքին տրամագծերը.

$$E_{\text{ած}} \cdot A_{\text{ած}} = E_{\text{ԲԱՆՄ}} \cdot A_{\text{ԲԱՆՄ}}, \quad (1)$$

որտեղ $E_{\text{ած}}$ և $E_{\text{ԲԱՆՄ}}$ -ը ածխածնային թելքերի և նանոխողովակների առաձգականության մոդուլներն են, որոնք հավասար են, համապատասխանաբար, 230 և 1000 ԳՊա, $A_{\text{ած}}$ և $A_{\text{ԲԱՆՄ}}$ -ն՝ ածխածնային թելքերի և ԲԱՆՄ-երի լայնական հատվածքի մակերեսները: $A_{\text{ԲԱՆՄ}}$ -երի ստացման ժամանակ նանոխողովակների շերտերի քանակը պայամանականորեն ընդունվել է 10, ընդհանուր հաստությունը՝ 3,0...3,5 նմ:



Նկ. 1. Մոդելավորված ածխածնային թելքերի և դրան համապատասխանող ԲԱՆՄ-երի սխեման

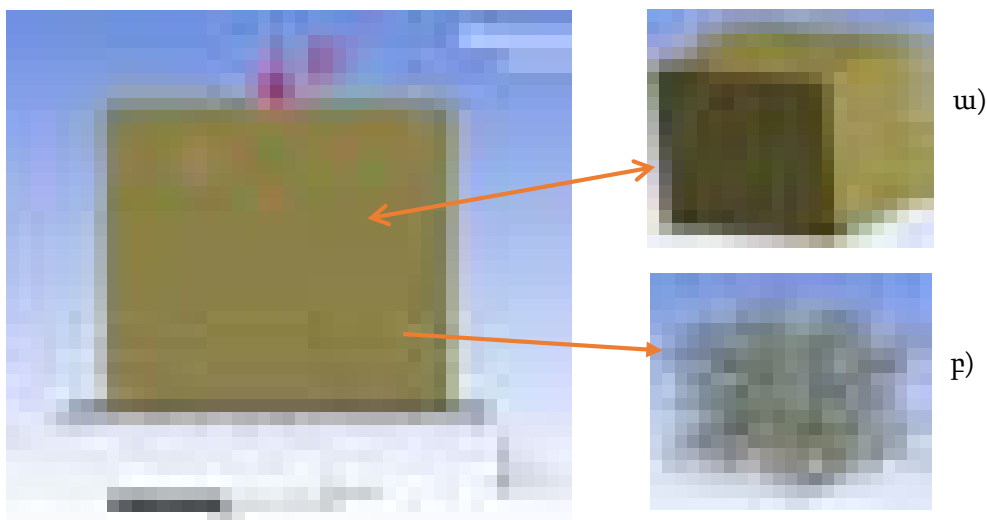
Աղյուսակ 1

Նմուշների համարակալումն ըստ թելքերի տրամագծի և կոնցենտրացիայի (փակագծում՝ ԲԱՆԽ-երի բերված տրամագիծը և կոնցենտրացիան ցեմենտի զանգվածի նկատմամբ, ընդունելով 500 կգ 1 սՔ բետոնում)

Նմուշի անվանում	Տրամագիծ, նմ	Կոնցենտրացիա, %	Նմուշի անվանում	Տրամագիծ, նմ	Կոնցենտրացիա, %
Նմուշ0	-	-	Նմուշ5	33 (20)	0,02 (0,10)
Նմուշ1	25 (10)	0,01 (0,05)	Նմուշ6	40 (30)	0,02 (0,10)
Նմուշ2	33 (20)	0,01 (0,05)	Նմուշ7	25 (10)	0,03 (0,15)
Նմուշ3	40 (30)	0,01 (0,05)	Նմուշ8	33 (20)	0,03 (0,15)
Նմուշ4	25 (10)	0,02 (0,10)	Նմուշ9	40 (30)	0,03 (0,15)

Մոդելավորած նյութերի առանցքային սեղմումը նանոմասշտաբում

Նանոմասշտաբում ԲԱՆԽ-երի կոնցենտրացիայի և արտաքին տրամագծի փոփոխության ազդեցությունը բետոնի լարվածադեֆորմատիվ վիճակի վրա հետազոտելու համար մոդելավորած 9 խորանարդային նյութերը պայմանական $P = 1000$ ՄՊա հաստատուն ճնշման տակ ենթարկվել են սեղմման ազդեցության (նկ. 2): Նման մոտեցումը թույլ է տալիս համեմատաբար փոքրաչափ նմուշներում ապահովել բավարար լարվածադեֆորմատիվ դաշտ՝ նյութում նկատելի դարձնելով դեֆորմացիաների և լարումների փոփոխությունը: Ընտրված ճնշման արժեքից զգալի շեղումները՝ թե մեծացման և թե նվազեցման դեպքում, կարող են հանգեցնել, համապատասխանաբար, ոչ տեսանելի կառուցվածքային փոփոխությունների կամ սխալ արդյունքների: Հաշվարկների համար խորանարդ նմուշների հենարանային պայմաններն ընդունվել են անշարժ (նկ. 2): Այս կերպ ապահովվել է լարվածադեֆորմատիվ վիճակի սիմետրիկ մոդելավորում, ինչը նպաստում է բետոնի մեխանիկական վարքագծի առավել հուսալի համեմատական վերլուծությանը:



*Նկ. 2. Մոդելավորված նյութերը սեղմման ազդեցության տակ P ճնշմամբ.
ա - առանձնացված բետոնի մատրից, բ - առանձնացված ածխածնային թելքերի մատրից*

Արդյունքներ և քննարկում

Սույն բաժնում ներկայացված են “ANSYS” թվային հաշվարկային ծրագրով ՎՏՄ-ի կիրառմամբ ՆՕՏ-ում մոդելավորված, տարբեր բերված կոնցենտրացիաներով (0,05 %, 0,10 % և 0,15 % ցեմենտի բերված զանգվածի նկատմամբ) և արտաքին տրամագծերով (10 մմ, 20 մմ և 30 մմ) ԲԱՆԽ-երով B25 դասին համապատասխանող բետոնե խորանարդ նմուշների առաձգականության մոդուլների որոշումը, լարվածային վիճակի վերլուծությունը և դրանց ստացված արդյունքները:

Աղ. 2-ում ներկայացված են նանոմասշտաբում “Material Designer” ենթածրագրի միջոցով ՆՕՏ-ում մոդելավորված թվային հաշվարկված 9 տեսակ խորանարդաձև նմուշ-նյութերի առաձգականության մոդուլները երեք գլխավոր ուղղություններով՝ ԲԱՆԽ-երի տարբեր բերված կոնցենտրացիաների (ըստ ցեմենտի զանգվածի) և արտաքին տրամագծերի դեպքում: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ ԲԱՆԽ-երի կոնցենտրացիայի աճին զուգահեռ բարելավվում են բաղադրանյութի կոշտության բնութագրերը բոլոր երեք ուղղություններով, մինչդեռ նանոխողովակների չափերի փոփոխությունն էական ազդեցություն չի թողնում:

Նմուշների լարվածային վիճակը դիտարկվել է միայն առանցքային սեղմման ազդեցությունից՝ միևնույն սեղմող ճնշումից: Սեղմման դեպքում բետոնի նորմալ լարումների գնահատման համար փորձարկվող նմուշները բաժանվել են ըստ բարձրության հավասար երկու մասի՝ լայնական հատույթներով: Լարումների վերլուծությունը կատարվել է հատույթի անկյունային և միջնամասային հատվածների համար: Բոլոր նմուշների վերլուծությունը կատարվել է, դիտարկելով միայն բետոնային մատրիցը նանոխողովակներից առանձնացված, ելնելով այն դիտարկումից, որ նյութի հնարավոր քայքայումը տեղի է ունենում առավել փոքր կոշտություն ունեցող նյութում՝ վերջինիս լարումների բեռնաթափումը և վերաբաշխումը հետագոտելու նպատակով: Նմուշ 0 -ի և ԲԱՆԽ-երով B25 դասի նանոբետոնե խորանարդ 1-9 նմուշների ՎՏՄ -ով սեղմման դեպքում լարվածային վիճակի թվային վերլուծության արդյունքները ներկայացված են նկ. 3-5 -ում:



ա)

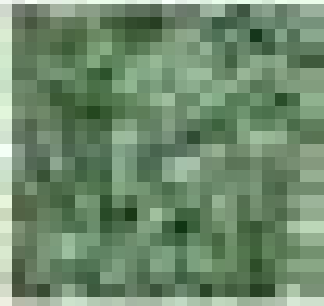
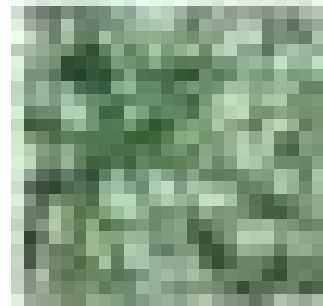
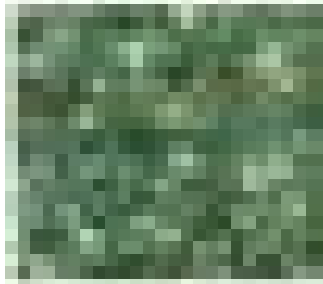
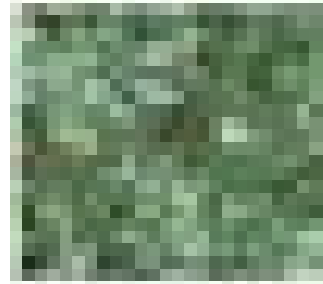


բ)

**Նկ. 3. Նմուշ0-ի լարվածային վիճակի վերլուծությունը սեղմման դեպքում.
ա-նորմալ լարումները լայնական հատույթի միջին հատվածում,
բ-նորմալ լարումները լայնական հատույթի եզրային անկյունում**

Աղյուսակ 2

ԲԱՆԻ-երի տարբեր բերված կոնցենտրացիաների և արտաքին տրամագծերի դեպքում մոդելավորված խորանարդ նմուշների առաձգականության մոդուլները երեք գլխավոր ուղղություններով (E , ՄՊա)

Կոնցենտրացիա, %	Արտաքին տրամագիծ, նմ		
	10 (25*)	20 (33*)	30 (40*)
0,05 (0,01*)	 $E_1=30,30, E_2=30,29, E_3=30,30$	 $E_1=30,31, E_2=30,30, E_3=30,31$	 $E_1=30,27, E_2=30,25, E_3=30,26$
0,10 (0,02*)	 $E_1=30,57, E_2=30,55, E_3=30,56$	 $E_1=30,54, E_2=30,58, E_3=30,54$	 $E_1=30,55, E_2=30,65, E_3=30,59$
0,15 (0,03*)	 $E_1=30,78, E_2=30,51, E_3=30,76$	 $E_1=30,82, E_2=30,79, E_3=30,76$	 $E_1=30,76, E_2=30,88, E_3=30,72$
* Փակագծերում նշված արժեքները “Ansys” ծրագրում մոդելավորված ածխածնային թելքերի կոնցենտրացիաներն (ըստ նմուշի զանգվածի) ու արտաքին տրամագծերն են, իսկ առանց փակագծերի՝ ԲԱՆԻ-երի բերված կոնցենտրացիան (ցեմենտի զանգվածի նկատմամբ, վերջինս ընդունելով 500 կգ 1մ ³ բետոնի ծավալում) և արտաքին տրամագիծը			



Նմուշ1



Նմուշ2



Նմուշ3



Նմուշ4



Նմուշ5



Նմուշ6



Նմուշ7



Նմուշ8

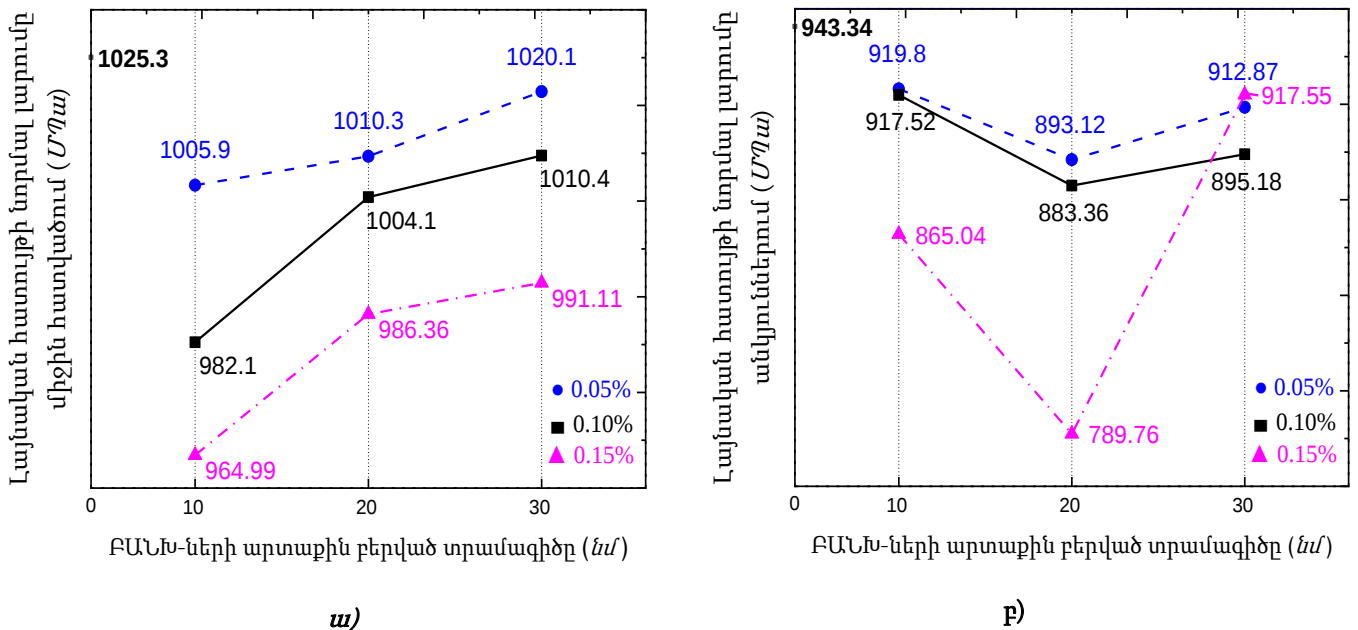


Նմուշ9

Նկ. 4. Խորանարդ նմուշ (1- 9) -ի ($\approx 1550 \times 1550 \times 1550$ նմ) նորմալ լարումները լայնական հատույթի միջին հատվածում և անկյունում՝ ԲԱՆԽ-երի ցեմենտի զանգվածի նկատմամբ տարբեր բերված կոնցենտրացիաների և արտաքին տրամագծի դեպքում

Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ միևնույն սեղմման ուժի ազդեցության տակ նմուշների լայնական հատույթի միջին հատվածում լարումներն առավելապես փոքրացել են համեմատաբար փոքր տրամագծի (10 նմ) ԲԱՆԽ-երի կիրառմամբ, ինչի արդյունքում էլ ԲԱՆԽ-երի 0,05 %, 0,10 % և 0,15 % կոնցենտրացիայի պարագայում նորմալ լարումը բետոնում փոքրացել է, համապատասխանաբար, 1,93, %, 4,39, % և 6,25 %: Լայնական հատույթի անկյունային հատվածներում ամենափոքր լարումները ստացվում են ԲԱՆԽ-երի միջին չափի տրամագծի (20 նմ) ԲԱՆԽ-երի կիրառմամբ, որի արդյունքում ԲԱՆԽ-երի 0,05 %, 0,10 % և 0,15 % կոնցենտրացիայի

դեպքում նորմալ լարումը բետոնում փոքրացել է, համապատասխանաբար, 5,62%, 6,79% և 19,46%: Այստեղ 10 և 30 նմ արտաքին տրամագծի դեպքում լարումները բետոնում ավելի մեծ են, համեմատած 20 նմ-ի հետ: Առաջինում մասնիկների խիտ դասավորությունը բերում է անկյունային հատվածների կոշտության աճին, առավել նկատելի դարձնելով լարումների կենտրոնացումը: Իսկ երկրորդ դեպքում ԲԱՆԽ-երի նոսր դասավորմամբ հատվածքի անկյունները բավարար կերպով չեն ամրանավորվում նանոմասնիկներով, ուստի լարումները կտրուկ կերպով մոտենում են 0-ական նմուշի համապատասխան արժեքին:



Նկ. 5. Խորանարդ նմուշ (1-9)-ի լայնական հատությունում նորմալ լարումները ԲԱՆԽ-երի 10, 20, 30 նմ արտաքին տրամագծի և 0,05, 0,10 և 0,15 % կոնցենտրացիայի դեպքում. ա - լայնական հատվածի միջին հատվածում, բ - լայնական հատվածի անկյուններում

Ստացվածից կարելի է եզրակացնել, որ ցեմենտային կոմպոզիտներում ԱՆԽ-երի միևնույն կոնցենտրացիայի և համեմատաբար փոքր տրամագծի պարագայում բետոնե մատրիցում նորմալ լարումները համեմատականորեն փոքրանում են: Թեև առանցքային սեղմման դեպքում նյութի մեխանիկական հատկությունների լիարժեք հետազոտում իրականացնելու համար բացի նորմալ լարումներից կարևոր դեր ունեն նաև ազդող ուժին ուղղահայաց ուղղությամբ զարգացող դեֆորմացիաների գնահատումը, բետոնային մատրիցում միևնույն ուժի ազդման պարագայում, վերջինիս ուղղությամբ գործող նորմալ լարումների նվազումն էական նշանակություն ունի նյութի սեղմման ամրության բարելավման համար, հաշվի առնելով նմուշում ներքին բարդ լարվածային վիճակի առկայությունն առանցքային սեղմման դեպքում [21]:

Ընդհանուր առմամբ, ստացված արդյունքները հաստատում են ԲԱՆԽ-երով նանոշաղախների և նանոբետոնների սեղմման ամրության փորձարական հետազոտության ստացված արդյունքները [13, 14]: Թեև փոքր տրամագծի ԱՆԽ-երը տեխնոլոգիապես ավելի դժվար են դիսպերսվում կապակցանյութում, դրանք առավել համասեռ են բաշխվում խառնուրդում և լցնում նանո- և

միկրոմասշտաբային դատարկությունները, որի շնորհիվ լարումներն ավելի հավասարաչափ են բաշխվում ցեմենտային մատրիցում [22, 23]:

Թվային վերլուծության մեջ նմուշների մեխանիկական հատկությունների բարելավումը ԲԱՆԽ-երի կոնցենտրացիայի աճին զուգահեռ, պայմանավորված է նաև մասնիկների դիսպերսման և ագլոմերացիայի փաստացի բացակայությամբ, քանի որ վերջինս առաջանում է միայն իրական-փորձարարական տեխնոլոգիական գործընթացի դեպքում [15]: Այստեղ մեխանիկական առավել բարձր հատկություններ ունեցող հավելանյութի կոնցենտրացիայի աճն ուղղակիորեն բերում է նյութի կրողունակության բարելավմանը: Փորձարարական հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ այդ աճը տեղի է ունենում ոչ անընդհատ, որոշ սահմանից հետո սկսում է նվազել՝ ելնելով վերոնշյալ խնդիրներից [13, 15]:

Կարելի է եզրակացնել, որ ԲԱՆԽ-երի միևնույն կոնցենտրացիայի և փոքր արտաքին տրամագծի դեպքում բետոնի լարվածային վիճակը բարելավվում է, պայմանավորված նանոմասնիկների համասեռ ցրմամբ և լարումների առավել արդյունավետ վերաբաշխմամբ նյութի ծավալում: Ստացվածը կարող է նպաստել ցեմենտային կապակցանյութով նանոբետոնե խորանարդ նմուշների հետագա մակրոմասշտաբային հետազոտությունների շարունակությանը, հաշվի առնելով բետոնի ֆիզիկական ոչ գծայնությունը:

Եզրակացություն

Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ միևնույն սեղմման ուժի ազդեցության տակ նանոաձխածնային խորանարդ նմուշների լայնական հատույթի միջին հատվածում լարումներն առավելապես փոքրացել են համեմատաբար փոքր տրամագծի (10 նմ) ԲԱՆԽ-երի կիրառմամբ, ինչի արդյունքում էլ ԲԱՆԽ-երի 0,05 %, 0,10 % և 0,15 % կոնցենտրացիայի պարագայում նորմալ լարումը բետոնում փոքրացել է, համապատասխանաբար, 1,93 %, 4,39 % և 6,25 %:

Լայնական հատույթի անկյունային հատվածներում ամենափոքր լարումները ստացվում են միջին չափի տրամագծի (20 նմ) ԲԱՆԽ-երի կիրառմամբ, որի արդյունքում ԲԱՆԽ-երի 0,05 %, 0,10 % և 0,15 % կոնցենտրացիայի դեպքում նորմալ լարումը բետոնում փոքրացել է, համապատասխանաբար, 5,62 %, 6,79 % և 19,46 %:

ԲԱՆԽ-երի կոնցենտրացիայի աճին զուգահեռ երեք գլխավոր ուղղություններով բարելավվում են բաղադրանյութի կոշտության բնութագրերը, մինչդեռ նանոխողովակների չափերի փոփոխությունն էական ազդեցություն չի թողնում:

Հաշվի առնելով կատարված փորձարարական և թվային հետազոտությունների ստացված արդյունքների համապատասխանությունը՝ կարելի է եզրակացնել, որ ԲԱՆԽ-երի միևնույն կոնցենտրացիայի և փոքր արտաքին տրամագծի դեպքում բետոնի լարվածային վիճակը բարելավվում է, պայմանավորված նանոմասնիկների համասեռ ցրմամբ և նյութի ծավալում լարումների առավել արդյունավետ վերաբաշխմամբ: Այս աշխատանքում կատարված ուսումնասիրությունները կարող են հիմք հանդիսանալ հետագա փորձարարական հետազոտությունների համար՝

խնայելով նյութական ռեսուրսներ և ժամանակ, ինչպես նաև նպաստել նանոշաղախների և նանո-բետոնների մեխանիկական հատկությունների կատարելագործմանը:

Գրականության ցանկ

- [1] **Y. Alvarez, M.I. Prieto, A. Cobo**, Mechanical Properties of Cement Mortars Reinforced with Polypropylene Fibers Subjected to High Temperatures and Different Cooling Regimes. *Buildings* 13 (2023) 1445.
- [2] **Dong-Hee Son, Dongsun Hwangbo, Heongwon Suh, Baek-Il Bae, Sungchul Bae, Chang-Sik Choi**, Mechanical properties of mortar and concrete incorporated with concentrated graphene oxide, functionalized carbon nanotube, nano silica hybrid aqueous solution. *Case Studies in Construction Materials* 18 (2023) e01603, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01603>.
- [3] **M. Yaghobian, G. Whittleston**, A critical review of carbon nanomaterials applied in cementitious composites – A focus on mechanical properties and dispersion techniques. *Alexandria Engineering Journal* 61 (5) (2022) 3417–3433, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.08.053>.
- [4] **A. Peyvandi, L.A. Sbia, P. Soroushian, K. Sobolev**, Effect of the cementitious paste density on the performance efficiency of carbon nanofiber in concrete nanocomposite, *Constr. Build. Mater.* 48 (2013) 265–269. DOI: 10.1016/j.conbuildmat. 2013.06.094.
- [5] **S. Du, J. Wu, O. Alshareedah, and X. Shi**, Nanotechnology in cement-based materials: A review of durability, modeling, and advanced characterization, *Nanomaterials* 9 (9) (2019) 1213, <https://doi.org/10.3390/nano9091213>.
- [6] **Lai Yin Chan, Bassem Andrawes**, Finite element analysis of carbon nanotube/cement composite with degraded bond strength, *Computational Materials Science* 47 (2010) 995.
- [7] **Z. Yue-Feng, Z. Chan, W. Jing-Dong, S. Lei, L.Ji**, Influence of electric field on dispersion of carbon nanotubes in liquids. *J Disper Sci Technol* 27 (2006) 371–5.
- [8] **M.-F.Yu, O.Lourie, M.J.Dyer, K.Moloni, T.F.Kelly, R.S.Ruoff**, Strength and breaking mechanism of multiwalled carbon nanotubes under tensile load. *Science* 287 (2000) 637–40.
- [9] **X.-L. Xie, Y.-W. Mai, X.-P.Zhou**, Dispersion and alignment of carbon nanotubes in polymer matrix: a review. *Mater Sci Eng R Rep* 49 (2005) 89–112.
- [10] **A. Naqi, N. Abbasb, N. Zahra, A. Hussain, S. Q. Shabbi**, Effect of multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) on the strength development of cementitious materials. *Journal of Material Research and Technology* 8(1) (2019) 1203–1211.
- [11] **A. Cwirzen, K. Habermehl-Cwirzen, V.Penttala**, Surface decoration of carbon nanotubes and mechanical properties of cement/carbon nanotube composites. *Adv Cem Res* 20 (2008) 65–73.
- [12] **S.J. Sujatha, V.R. Ruban Daniel**, Effects of multi-wall carbon nanotubes (MWCNTs) on strength enhancement and microstructural changes in high-performance concrete. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures* 33(10) (2025) 1042-1054.
- [13] **S.A. Malumyan, N.G. Muradyan, Y. Melikyan, D. Laroze, M.A. Kalantaryan, A.A. Arzumanyan, M.G. Barseghyan**, Simultaneous Effect of Diameter and Concentration of Multi-Walled Carbon Nanotubes on Mechanical and Electrical Properties of Cement Mortars: With and without Biosilica. *Nanomaterials* 14 (15) (2024) 1271, DOI: <https://doi.org/10.3390/nano14151271>.
- [14] **S. Malumyan, N. Muradyan**, The Effect of Different Multi-Walled Carbon Nanotubes Aspect Ratio on the Compressive Strength of the Cement-Based Concrete, *JAER* 8 (2025) 62-68, DOI: <https://doi.org/10.54338/27382656-2025.8-06>.

- [15] **I.E. Kavadias, K.Tsongas, K.E. Bantilas, M.G. Falara, A.K. Thomoglou, F.I. Gkountakou, A. Elenas**, Mechanical Characterization of MWCNT-Reinforced Cement Paste: Experimental and Multiscale Computational Investigation. *Materials* 16 (2023) 5379.
- [16] **B.S. Sindu, S. Sasmal, S. Gopinath**, A multi-scale approach for evaluating the mechanical characteristics of carbon nanotube incorporated cementitious composites. *Constr. Build. Mater.* 50 (2014) 317–327.
- [17] **V. Šmilauer, P. Hlaváček, P. Padevět**, Micromechanical analysis of cement paste with carbon nanotubes. *Acta Polytech.* 52 (2012) 22–28.
- [18] **M. Eftekhari, S. Mohammadi, M. Khanmohammadi**, A hierarchical nano to macro multiscale analysis of monotonic behavior of concrete columns made of CNT-reinforced cement composite. *Constr. Build. Mater.* 175 (2018) 134–143.
- [19] **V. Papadopoulos, M. Impraimakis**, Multiscale modeling of carbon nanotube reinforced concrete. *Compos. Struct.* 182 (2017) 251–260.
- [20] **C. Talayero, O. Ait-Salem, P. Gallego, A. Páez-Pavón, R.G. Merodio-Perea, I. Lado-Touriño**, Computational Prediction and Experimental Values of Mechanical Properties of Carbon Nanotube Reinforced Cement. *Nanomaterials* 11 (2021) 2997.
- [21] **I. Takamoto, S. Masao, M. Takahiro, N. Hiroshi, T. Masahiro**, Crack mode and life of Ti-6Al-4V under multiaxial low cycle fatigue. *Frattura ed Integrità Strutturale.* 34 (2015) 487-497.
- [22] **Fangfang Gao, Wei Tian, Zhen Wang, Feng Wang**, Effect of diameter of multi-walled carbon nanotubes on mechanical properties and microstructure of the cement-based material. *Construction and Building Materials.* 260 (2020) 1-11.
- [23] **R.K. Abu Al-Rub, A.I. Ashour, B.M. Tyson**, On the aspect ratio effect of multi-walled carbon nanotube reinforcements on the mechanical properties of cementitious nanocomposites. *Construction and Building Materials.* (2012) 647-655.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БЕТОНА

Сурен Ашотович Малумян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
surmalumyan@gmail.com

Введение углеродных нанотрубок (УНТ) в состав бетона и раствора способствует значительному улучшению их механических свойств. Несмотря на то, что экспериментальные методы обеспечивают получение реальных результатов, они требуют значительных материальных затрат и времени. Современные методы численного моделирования позволяют прогнозировать и оптимизировать результаты экспериментальных исследований. С использованием расчетного программного комплекса “ANSYS” и метода конечных элементов были смоделированы материалы в виде кубических образцов с различными концентрациями и внешними диаметрами УНТ. В ходе численного анализа исследовались модули упругости образцов (E_1 , E_2 , E_3) и напряжённое состояние при осевом сжатии. При одинаковом усилии сжатия нормальные напряжения в средней части поперечного сечения бетонной матрицы существенно снижаются по сравнению с контрольными образцами: для УНТ меньшего диаметра — на 6,25%, а в угловых зонах — для трубок среднего диаметра — на 19,46%. Полученные результаты согласуются с экспериментальными данными, подтверждая эффективность применения нанорастворов и нанобетонов на основе цементного вяжущего с УНТ. Проведённые исследования

могут служить основой для последующих экспериментальных работ, позволяя экономить материальные ресурсы и время, а также способствовать совершенствованию механических свойств нанораст-
воров и нанобетонов.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, бетон, метод конечных элементов, сжатие, внешний диаметр

NUMERICAL STUDY OF THE MULTI-WALLED CARBON NANOTUBES EFFECT ON THE STRESS STATE OF CONCRETE

Suren Malumyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
surmalumyan@gmail.com

The incorporation of carbon nanotubes (CNTs) into concrete and mortar contributes to a significant improvement in their mechanical properties. Although experimental methods provide real and reliable results, they require considerable material resources and time. Modern numerical modeling techniques are employed to predict and optimize experimental outcomes. Using the ANSYS computational software and the Finite Element Method (FEM), cube specimens were modeled with various CNT concentrations and outer diameters. The numerical analysis focused on evaluating the elastic moduli of the specimens (E_1 , E_2 , E_3) and their stress distribution under uniaxial compression. Under the same compressive pressure, the normal stresses within the midsection of the concrete matrix significantly decreased compared to the reference specimens — by 6,25 % for smaller-diameter CNTs and by 19,46 % in the corner points for CNTs of medium diameters. The obtained results are in good agreement with experimental findings, confirming the effectiveness of CNT-reinforced cementitious nanomortars and nanoconcretes. The conducted study can serve as a foundation for further experimental research, helping to save material resources and time, as well as enhancing the mechanical performance of CNT-based mortars and concretes.

Keywords: carbon nanotubes, concrete, finite element method, compression, outer diameter

Մալումյան Սուրեն Աշոտի (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ՄՇՄՖ դեպարտամենտ, ասիստենտ, կրտսեր գիտաշխատող, (+374)95229447, surmalumyan@gmail.com

Малумян Сурен Ашотович (РА, г. Ереван) - НУАСА, Департамент Математики, строительной механики и физики, ассистент, младший научный сотрудник, (+374)95229447, surmalumyan@gmail.com

Malumyan Suren (RA, Yerevan) - NUACA, MBMF department, assistant, junior researcher, (+374)95229447, surmalumyan@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 06.10.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 03.11.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

**ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԲԱԶԱՆՏԵ ԹԵԼԻԿՆԵՐԻ ԶԱՓԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ
ՈՐՈՇՈՒՄՆ ԱՍՖԱԼՏԲԵՏՈՆԵ ԽԱՌՆՈՒՐԴՆԵՐՈՒՄ**

Խաչիկ Միմոնի Զքոլյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

xachik.chqolyan@mail.ru

Ասֆալտբետոնե խառնուրդները ճանապարհաշինության հիմնարար բաղադրիչներն են, որոնց ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները որոշիչ նշանակություն ունեն ճանապարհա-ծածկերի ամրության, երկարակեցության և շահագործման ընթացքում բեռնվածությունը դիմա-կայելու կարողության համար: Վերջին տարիներին բազալտե մանրաթելերի ներառումն ասֆալտ-բետոնե խառնուրդների կառուցվածքում դիտվում է որպես արդյունավետ ուղղություն՝ նպաստակ ունենալով բարձրացնել դրանց մեխանիկական և ճաքակայուն հատկությունները: Ներկայաց-ված հետազոտությունը հիմնված է Հայաստանի Հանրապետության տարածքում առկա բնական բազալտային հուվքի վրա, որն օգտագործվել է տեղական պայմաններում մանրաթելերի ստաց-ման և խառնուրդների պատրաստման ողջ գործընթացում: Այդ հանգամանքը նորարարական մոտեցման հիմնական առանձնահատկությունն է՝ հնարավորություն ընձեռելով կիրառել տեղա-կան ռեսուրսները բարձր արժեք ունեցող շինարարական նյութերի արտադրությունում: Լաբո-րատոր փորձարկումների ընթացքում ուսումնասիրվել են տարբեր երկարությամբ (5 մմ, 10 մմ և 20 մմ) բազալտե մանրաթելերով ասֆալտբետոնե խառնուրդների նմուշներ՝ նպաստակ ունե-նալով պարզել մանրաթելերի օպտիմալ չափերն ու դրանց ազդեցությունը խառնուրդի ամրու-թյան և ճաքակայունության վրա: Ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ տեղական բազալ-տից ստացված մանրաթելերի ճիշտ չափային ընտրությունը զգալիորեն նպաստում է ասֆալտ-բետոնե խառնուրդների մեխանիկական ցուցանիշների և ճաքակայունության բարելավմանը:

Բանալի բառեր. ասֆալտբետոն, բազալտե թելիկներ, ֆիզիկամեխանիկական հատկու-թյուններ, ճանապարհաշինություն, հավելանյութեր

Ներածություն

Համաշխարհային մակարդակով ճանապարհային ենթակառուցվածքների տեխնիկական վիճակի պահպանման և վերականգնման գործընթացները տարեցտարի դառնում են առավել կարևոր և արդիական, պայմանավորված ճանապարհաշինության ոլորտում առկա մարտահրա-վերներով: Բնակչության թվաքանակի կայուն աճը, տնտեսական առաջընթացը և տրանսպոր-տային հոսքերի մեծացումը վերջին տասնամյակներում նպաստել են ասֆալտբետոնե ծածկով ճանապարհների լայնածավալ և բարդ ցանցի ձևավորմանը: Այս ճանապարհներից շատերն այժմ մոտենում են իրենց շահագործման ժամկետի ավարտին կամ արդեն իսկ գերազանցել են այն՝ հաշվի առնելով այն ծանրաբեռնվածությունը, որին ենթարկվում են ժամանակակից տրա-

նսպորտային միջոցների կողմից: Ճանապարհային ցանցի զարգացման վաղ փուլերում հիմնական շեշտը դրվում էր ճանապարհների կառուցման սկզբնական ծախսերի վրա, մինչդեռ ներկայումս, երբ երթևեկության ծավալներն ու բեռնվածությունն աննախադեպ մակարդակի են հասել, առաջնային նշանակություն են ստացել գոյություն ունեցող ճանապարհային ծածկույթների պահպանման, նորոգման և վերականգնման խնդիրները: Ժամանակին իրականացվող վերականգնողական աշխատանքները կարևոր դեր են խաղում ճանապարհների ընդհանուր ծառայության ժամկետի երկարացման գործում՝ միաժամանակ նվազեցնելով ֆինանսական ծախսերը [1]: Հաշվի առնելով ասֆալտբետոնի լայն կիրառությունը ճանապարհաշինության, շինարարության և այլ ոլորտներում, ինչպես նաև դրա որակի և ամրության բարելավման անհրաժեշտությունը՝ բազմաթիվ գիտնականներ, ինժեներներ և հետազոտողներ ակտիվորեն ներգրավված են ուսումնասիրություններ և փորձեր իրականացնելու գործընթացում: Նրանց հիմնական նպատակն է բացահայտել և մշակել նորարարական հավելանյութեր, որոնք կարող են խառնվել ասֆալտբետոնի հետ՝ բարձրացնելու նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները, որի արդյունքում կերկարացվի ասֆալտբետոնե շերտի շահագործման ժամկետը: Նախորդ ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ ասֆալտբետոնե խառնուրդների մեջ անհրաժեշտ է ավելացնել տարբեր տեսակի նյութեր, օրինակ՝ մանրաթելեր: Ուսումնասիրություններն իրականացվել են տարբեր ժամանակահատվածներում և տարբեր քաղաքներում, օրինակ՝ Ա. Իբրահիմը, 2009 թ., Հորդանանի քաղաքներում ասֆալտի խառնուրդի նախագծման մեջ որպես հավելանյութ օգտագործել է տարբեր տեսակի մանրաթելեր [2], Ն. Մորովան, 2013 թ., օգտագործելով մանրաթելերը տաք խառնուրդով ասֆալտբետոնում, կարողացել է ստանալ ասֆալտի ամրության աճ՝ 0...2 %-ով [3], կամ Չժենգը, 2014 թ., որը ևս ուսումնասիրել է մանրաթելերի հատկությունները և կիրառել ասֆալտբետոնե խառնուրդի մեջ, ստացել է դրական ցուցանիշներ [4], և այդպիսի ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ մանրաթելերի կիրառումը կարող է բարելավել ասֆալտի դինամիկ հատկությունները [5]: Այս ուղղությամբ կատարվող աշխատանքները ներառում են ոչ միայն նոր հավելանյութերի մշակում, այլև դրանց կիրառման առավել արդյունավետ տեխնոլոգիաների ստեղծում, որոնք թույլ կտան օպտիմալացնել արտադրական գործընթացները, նվազեցնել ծախսերը և բարձրացնել էկոլոգիական անվտանգությունը: Այս ջանքերն ուղղված են ժամանակակից ճանապարհաշինության պահանջներին համապատասխանող ավելի դիմացկուն, էկոնոմիկայի տեսանկյունից ձեռնտու և բնապահպանական առումով կայուն լուծումներ առաջարկելուն, ինչը կնպաստի ենթակառուցվածքների որակի բարելավմանը և դրանց երկարաժամկետ օգտագործմանը [6]:

Ներկայացված ուսումնասիրությունները նպատակ ունեն գնահատելու Հայաստանի Հանրապետության տարածքում առկա բազալտային հումքի կիրառման արդյունավետությունն ասֆալտբետոնե խառնուրդների արտադրության մեջ՝ ուսումնասիրելով, թե ինչպես է տեղական հումքից ստացված բազալտե մանրաթելերի կառուցվածքային և մեխանիկական ազդեցությունն արտահայտվում երկրի կլիմայական և շահագործման առանձնահատկություններին համապատասխան պայմաններում:

Նյութեր և մեթոդներ

Բազալտե թելիկների հատկությունները և արտադրությունը: Վերջին մի քանի տասնամյակների ընթացքում բազալտե մանրաթելերը դիտարկվել են որպես կոմպոզիտային նյութերի ամրացման միջոց: Բազալտը տարածված հրաբխային ապար է, որը կարելի է գտնել աշխարհի տարբեր հատվածներում: Բազալտե թելիկներն արտադրվում են բնական բազալտի հալեցումից $1300...1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում, որին հաջորդում է թելերի ձգումը բարձր արագությամբ պտտվող գլանների միջոցով: Բազալտի քիմիական կազմը ներառում է՝ SiO_2 (45...55 %), Al_2O_3 (15...20 %), Fe_2O_3 (5...15 %), CaO (5...10 %) և այլ օքսիդներ, որոնք ապահովում են բարձր կայունություն [7-9]:

- **Առաձգականություն:** 3000...4000 ՄՊա , 20...30 % ավելի բարձր, քան ապակե թելիկներինը (2500...3000 ՄՊա) և պողպատինը (3500...4500 ՄՊա):
- **Առաձգականության մոդուլ:** 85...100 ԳՊա , ապահովում է կոշտություն, որը կանխում է դեֆորմացիան ծանր բեռների դեպքում:
- **Խտություն:** 2,6...2,8 գ/սմ^3 , 3 անգամ ավելի թեթև, քան պողպատը (7,8 գ/սմ^3), ինչը հեշտացնում է տեղափոխումը և կիրառումը:
- **Ջերմակայունություն:** Դիմակայում է մինչև $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանի՝ առանց կառուցվածքի փոփոխության, ի տարբերություն սինթետիկ թելիկների, որոնք հալվում են $200...300\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ում:
- **Կոռոզիոն կայունություն:** Քիմիապես կայուն է ալկալային ($\text{pH } 12...14$) և թթվային ($\text{pH } 2...4$) միջավայրերում, ի տարբերություն պողպատի, որը ենթակա է ժանգոտման [10-14]:

Նախորդ ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ բազալտե մանրաթելերի ավելացումը բարձրացնում է ասֆալտբետոնի ճաքակայունությունը և իրենց կատարած հետազոտություններից պարզ է դառնում, որ 0,4 %-ը օպտիմալ չափաբաժինն է ասֆալտբետոնի համար [15]:

Արդյունքներ և քննարկում

Հետազոտությունն իրականացվել է լաբորատոր պայմաններում՝ օգտագործելով վերամշակման գործընթացի միջոցով ստացված աղացած ասֆալտբետոնն նյութ: Լաբորատոր պայմաններում իրականացվել է նյութի հատիկաչափական կազմի որոշում՝ օգտագործելով ստանդարտացված մեթոդներ, որոնք թույլ են տվել ճշգրիտ բնութագրել նմուշի ֆիզիկական հատկությունները (նկ. 1):



Նկ. 1. Աղացած ասֆալտբետոն

Հետազոտության ընթացքում պատրաստվել են չորս նմուշների խմբաքանակ, յուրաքանչյուր խմբում՝ երեք նմուշ, որի ընդհանուր քաշը 5400 գ է: Առաջին խմբաքանակում ավելացվել է նյութի զանգվածի 0,4 % -ի չափով բազալտե թելիկներ 5 մմ երկարությամբ, երկրորդում՝ նույն չափով 10 մմ երկարությամբ, երրորդում՝ նույն չափով 20 մմ երկարությամբ և չորրորդ խմբում միայն ասֆալտբետոն է (նկ. 2):



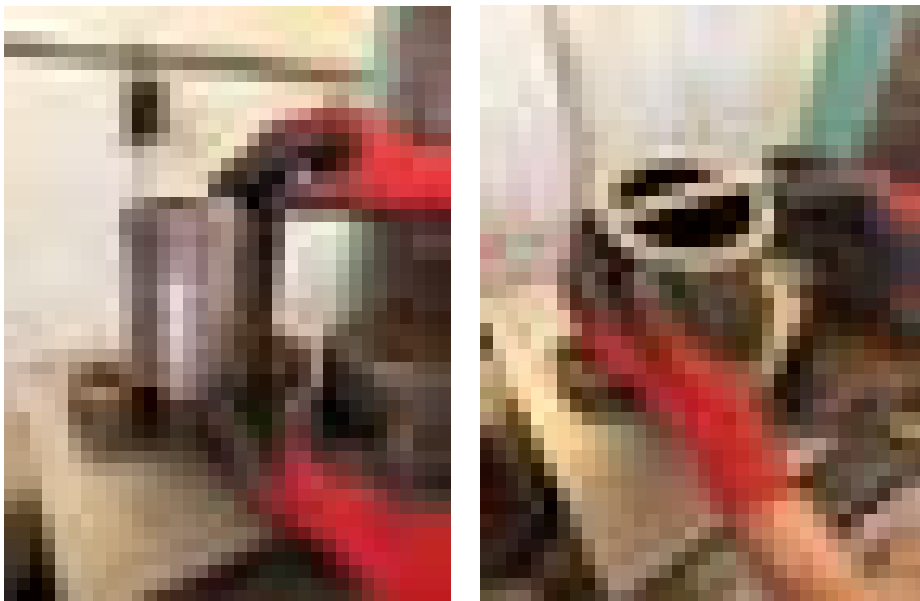
Նկ. 2. Բազալտե թելիկներ

Բոլոր նմուշներին ավելացվել է չորս՝ նյութի ընդհանուր զանգվածի 2 % -ի չափով, ինչը նպաստել է խառնուրդի միատարրության ապահովմանը և խոնավացման գործընթացին (նկ. 3):



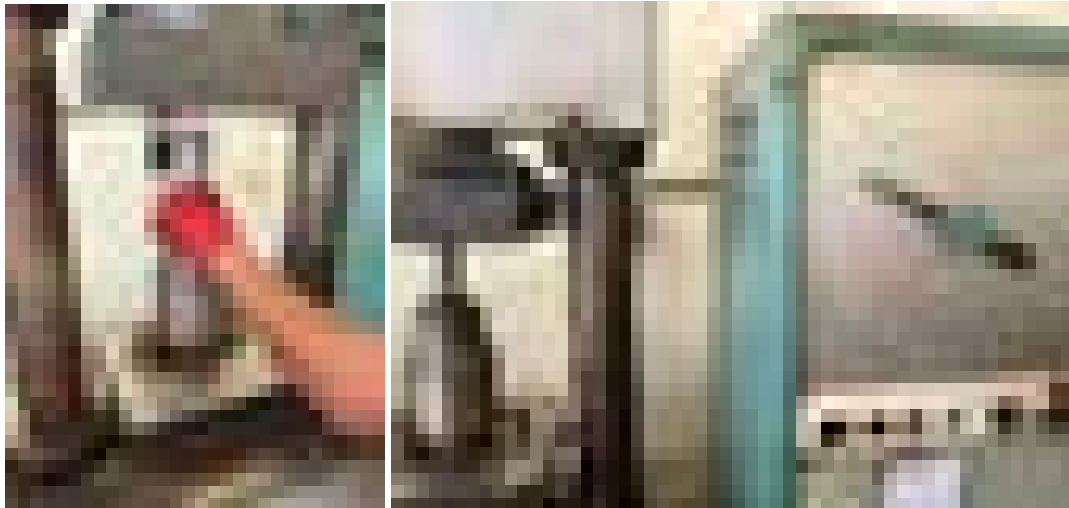
Նկ. 3. Աղացած ասֆալտրետոնը խոնավ վիճակում

Նմուշների պատրաստման համար օգտագործվել են գլանաձև կաղապարներ, որոնց միջոցով ստացվել են 10 սմ բարձրությամբ և 10 սմ տրամագծով նմուշներ: Խառնուրդը մանրակրկիտ խառնվել է՝ բաղադրիչների միասնական և հավասարաչափ բաշխումն ապահովելու համար: Այնուհետև նյութը տեղադրվել է կաղապարներում՝ աստիճանական խտացմամբ, ինչը հաստատել է խոռոչների առաջացումը և նյութի միատեսակ խտությունը (նկ. 4):



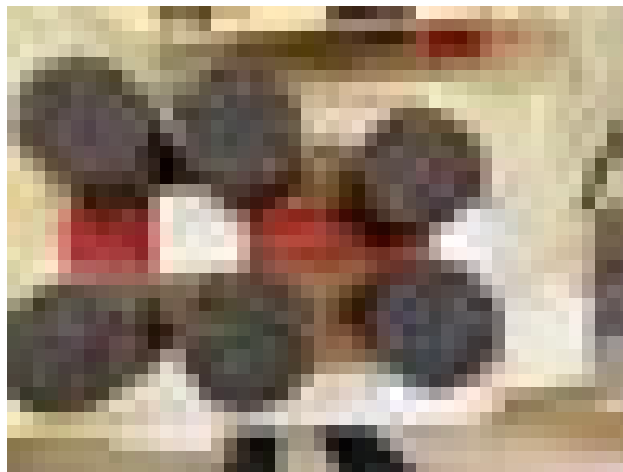
Նկ. 4. Կաղապարի չափերը

Խտացման գործընթացը կատարվել է 160 կՆ ճնշման ներքո՝ 3 ր տևողությամբ: Նշված պայմաններն ընտրվել են՝ հաշվի առնելով ճանապարհաշինական նյութերի փորձարկման ստանդարտ պահանջները (նկ. 5):



Նկ. 5. Խտացման գործընթացը

Գլանաձև նմուշները պահպանվել են 7 օր՝ խստորեն կարգավորվող ջերմաստիճանային պայմաններում, ինչը նպաստել է նոր ստացված նյութի կապակցման գործընթացին (նկ. 6):



Նկ. 6. Պատրաստված նմուշներ

Պահպանման ժամկետի ավարտից հետո նմուշները մանրամասնորեն ենթարկվել են ճնշման փորձարկման՝ նյութի ճնշման դիմակայության և ամրության բնութագրերը ճշգրտորեն գնահատելու համար: Նախքան ճնշման փորձարկում կատարելը, յուրաքանչյուր նմուշ, որը պահվել էր խստորեն կարգավորվող հատուկ միջավայրում, մինչև հատուկ սեղմման սարքի մեջ դնելը կշռվել է: Այնուհետև նմուշները տեղադրվել են սեղմման փորձարկման համար նախատեսված սարքի մեջ (նկ. 7):



Նկ. 7. Նմուշի սեղմում

Փորձարկման նպատակով պատրաստվել է ընդհանուր առմամբ տասներկու նմուշ, որոնցից առաջին երեքի կազմում որպես հավելանյութ օգտագործվել են բազալտե 5 մմ երկարությամբ թելիկներ, երկրորդ խմբաքանակում՝ բազալտե 10 մմ երկարությամբ թելիկներ, երրորդ խմբաքանակում՝ բազալտե 20 մմ երկարությամբ թելիկներ, մինչդեռ վերջին երեք նմուշների մեջ չի օգտագործվել ոչ մի հավելանյութ: Փորձարկումների արդյունքները ներկայացված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Բազալտե թելիկների ազդեցությունը նմուշների սեղմման ամրության վրա

№	Անվանում	Զանգված, գ	Սեղմման ամրություն, ՄՊա
1	Առանց հավելումների պատրաստված 1-ին նմուշ	1750	1,60
2	Առանց հավելումների պատրաստված 2-րդ նմուշ	1747	1,70
3	Առանց հավելումների պատրաստված 3-րդ նմուշ	1752	1,60
4	Բազալտե 5 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 1-ին նմուշ	1725	1,75
5	Բազալտե 5 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 2-րդ նմուշ	1730	1,76
6	Բազալտե 5 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 3-րդ նմուշ	1728	1,75
7	Բազալտե 10 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 1-ին նմուշ	1777	1,79
8	Բազալտե 10 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 2-րդ նմուշ	1770	1,77
9	Բազալտե 10 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 3-րդ նմուշ	1785	1,79
10	Բազալտե 20 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 1-ին նմուշ	1771	1,80
11	Բազալտե 20 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 2-րդ նմուշ	1774	1,80
12	Բազալտե 20 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված 3-րդ նմուշ	1780	1,82

Առանց հավելումների պատրաստված նմուշների սեղմման միջին ամրությունը հավասար է 1,633 ՄՊա, բազալտե 5 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված նմուշներին՝ 1,753 ՄՊա, բազալտե 10 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված նմուշներին՝ 1,783 ՄՊա, բազալտե 20 մմ երկարությամբ թելիկով պատրաստված նմուշներին՝ 1,807 ՄՊա:

Տեխնիկական պայմանները և փորձարարական մեթոդներն իրականացված են ըստ Հայաստանի Հանրապետությունում գործող նորմերի՝ ԳՕՍՏ 9128-2013, ԳՕՍՏ 12801-98, ՀՀՇՆ 32-01-2022 և ՇՊ 78.13330.2012:

Նկ. 8-ում ներկայացված է ամրության փոփոխությունը մանրաթելերի երկարության աճին զուգընթաց, ինչպես նաև ներկայացված է տոկոսային փոփոխությունները:



Նկ. 8. Ամրության փոփոխությունն ըստ մանրաթելերի երկարության

Եզրակացություն

Բազալտե թելիկների կիրառումն ասֆալտբետոնե խառնուրդների կազմում ժամանակակից ճանապարհաշինության ոլորտում դիտվում է որպես նորարարական տեխնոլոգիական լուծում, որն էականորեն բարելավում է ճանապարհային ծածկերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները: Այս մոտեցման առանձնահատկությունն այն է, որ հետազոտության համար օգտագործվել է Հայաստանի Հանրապետության տարածքում առկա բնական բազալտային հումք, որը մշակվել և վերափոխվել է մանրաթելային ձևի՝ տեղական տեխնոլոգիական պայմաններում: Ստացված նյութի կիրառումը նպաստել է ասֆալտբետոնե խառնուրդների սեղմման ամրության և ճաքակայունության բարձրացմանը: Փորձարկումները ցույց են տվել, որ բազալտե թելիկների օգտագործումը, մասնավորապես, 0,4% քանակությամբ և 20 մմ երկարությամբ, ապահովում է ասֆալտբետոնե խառնուրդի օպտիմալ բաղադրություն: Այս պարամետրերը հնարավորություն են ընձեռում հասնել նյութի առավելագույն արդյունավետության՝ համատեղելով բարձր ամրությունն ու երկարակեցությունը: Այս արդյունքներն առանձնահատուկ կարևորություն ունեն Հայաստանի Հանրապետության ճանապարհաշինության ոլորտի համար, որտեղ ճանապարհա-

յին ենթակառուցվածքների որակը և դիմացկունությունը կարևոր դեր են խաղում երկրի և սոցիալատնտեսական զարգացման գործում: Բազալտե թելիկներով ամրացված ասֆալտբետոնե ծածկերը թույլ են տալիս ստեղծել ճանապարհներ, որոնք ունակ են դիմակայելու էլ ավելի մեծ բեռնվածքների:

Գրականության ցանկ

- [1] **Հ. Հ. Գյուլզադյան, Ա.Ս. Ղազարյան**, Ասֆալտբետոնային ծածկերի վերաօգտագործման տեխնոլոգիայի կիրառության միջազգային փորձի վերլուծություն, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ III (66) (2017) 32-39:
- [2] **A. Ibrahim, S. Faisal, N. Jamil**, Use of basalt in asphalt concrete mixes. Construction and Building Materials 23(1) (2009) 498-506.
- [3] **N. Morova**, Investigation of usability of basalt fibers in hot mix asphalt concrete. Construction and Building Materials 47 (2013) 175-180.
- [4] **Y. Zheng, Y. Cai, G. Zhang, H. Fang**, Fatigue property of basalt fiber-modified asphalt mixture under complicated environment. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. 29(5) (2014) 996-1004.
- [5] **M. Arabani**, Effect of glass cullet on the improvement of the dynamic behaviour of asphalt concrete. Construction and Building Materials 25(3) (2011) 1181-1185.
- [6] **Հ.Հ. Գյուլզադյան, Խ.Ս. Չքոյան**, Ճանապարհային պատվածքների ամրող խորությամբ վերաօգտագործելու փորձի վերլուծություն, ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ I (82) (2022) 31-40:
- [7] **Q. Liu, M.T. Shaw, R.S. Parnas**, Investigation of Basalt Fiber Composite Mechanical Properties for Applications in Transportation, Polym. Compos. 27 (2006) 41-48.
- [8] **T. Czigány**, Discontinuous Basalt Fiber-reinforced Hybrid Polymer Composites, in: K. Friedrich (Ed.), Polymer Composites: from Nano to Macro-scale, Springer Verlag, München, Germany, 2005, pp. 309-328.
- [9] **T. Czigány**, Trends in Fiber Reinforcements – the Future Belongs to Basalt Fiber, Express Polym. Lett. 1 (2) (2007) 59.
- [10] **A. Dorigato, A. Pegoretti**, Fatigue resistance of basalt fibers-reinforced laminates. J Compos Mater 46 (15) (2012) 1773-1785.
- [11] **T. De'ak, T. Czig'any**, Chemical composition and mechanical properties of basalt and glass fibers: A comparison. Text Res J 79 (7) (2009) 645-651.
- [12] **V.V. Gur'ev, E.I. Neproshin, G.E. Mostovoi**, The effect of basalt fiber production technology on mechanical properties of fiber. Glass Ceram 58 (2001) 62-65.
- [13] **V. Dhand, G. Mittal, K.Y. Rhee, S.J. Park, D. Hui**, A short review on basalt fiber reinforced polymer composites. Compos Part B Eng 73 (2015) 166-180.
- [14] **K. Singha**, A short review on basalt fiber. Int J Text Sci 1 (4) (2012) 19-28.
- [15] **Xin Yan, Ronghua Ying, Jian Jin and Yuntai Zhang**, Study on Cracking Resistance of Basalt Fiber-Reinforced Microbond Asphalt Macadam. Advances in Civil Engineering. Volume 2021, Article ID 6647766, 9 pages, <https://doi.org/10.1155/2021/6647766>.

ОПТИМАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Хачик Симонович Чколян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
xachik.chqolyan@mail.ru

Асфальтобетонные смеси являются одним из фундаментальных компонентов дорожного строительства, физико-механические свойства которых играют решающую роль в обеспечении прочности, долговечности и способности дорожных покрытий выдерживать эксплуатационные нагрузки. В последние годы включение базальтовых волокон в структуру асфальтобетонных смесей рассматривается как эффективное направление, направленное на повышение их механических и трещиностойких характеристик. Настоящее исследование основано на использовании природного базальтового сырья, имеющегося на территории Республики Армения, которое применялось в процессе получения волокон и приготовления смесей в локальных условиях. Этот фактор представляет собой ключевую особенность инновационного подхода, обеспечивая возможность использования местных ресурсов для производства строительных материалов с высокой добавленной стоимостью. В ходе лабораторных испытаний были исследованы образцы асфальтобетонных смесей с базальтовыми волокнами различной длины (5 мм, 10 мм и 20 мм) с целью определения оптимальных размеров волокон и их влияния на прочностные и трещиностойкие свойства смеси. Полученные результаты показали, что правильный выбор размеров волокон, полученных из местного базальта, значительно способствует улучшению механических показателей и трещиностойкости асфальтобетонных смесей.

Ключевые слова: асфальтобетон, базальтовые волокна, физико-механические свойства, дорожное строительство, добавки

ANALYSIS OPTIMAL DETERMINATION OF THE SIZES OF BASALT FIBERS IN LABORATORY CONDITIONS FOR ASPHALT CONCRETE MIXTURES

Khachik Chkolyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
xachik.chqolyan@mail.ru

Asphalt concrete mixtures represent one of the fundamental components of road construction, with their physicomachanical properties playing a decisive role in determining the strength, durability, and load-bearing capacity of pavements during operation. In recent years, the incorporation of basalt fibers into the structure of asphalt concrete mixtures has been recognized as an effective approach aimed at enhancing their mechanical and crack-resistant properties. The present study is based on the use of natural basalt raw materials available within the territory of the Republic of Armenia, which were utilized throughout the entire process of fiber production and mixture preparation under local conditions. This aspect represents the main feature of the innovative approach, enabling the application of local resources in the production of high-value construction materials. During laboratory testing, asphalt concrete mixture samples containing basalt fibers of various lengths (5 mm, 10 mm, and 20 mm) were examined to determine the optimal fiber

dimensions and their influence on the strength and crack resistance of the mixtures. The results revealed that the proper dimensional selection of fibers derived from local basalt significantly contributes to the improvement of the mechanical performance and crack resistance of asphalt concrete mixtures.

Keywords: asphalt concrete, basalt fibers, physicommechanical properties, road construction, additives

Չրոլյան Խաչիկ Միմոնի (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Ճանապարհների և կամուրջների ամբիոն, ասպիրանտ, «ՀԱԼԴԻ Քոնսալթ» ՍՊԸ, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Чколян Хачик Симонович (РА, г. Ереван) – НУАСА, кафедра Дорог и мостов, аспирант, ООО «ХАЛДИ Консалт», (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Chkolyan Khachik (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Roads and Bridges, PhD student, HALDI Consult LLC, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 25.09.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 08.10.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

**ԱՍՖԱԼՏԲԵՏՈՆԵ ԽԱՌՆՈՒՐՆԵՐԻ ԲԱՐԵԼԱՎՈՒՄ ԲԱԶԱԼՏԵ ԹԵԼԻԿՆԵՐԻ
ԵՎ ՑԵՄԵՆՏԻ ՀԱՎԵԼՈՒՄՈՎ**

Խաչիկ Միմոնի Չքոլյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

xachik.chqolyan@mail.ru

Հետազոտական աշխատանքում ներկայացվում է բազալտե թելիկների և ցեմենտի համակցված ազդեցությունն ասֆալտբետոնե խառնուրդների ամրության, ճաքակայունության և ընդհանուր կայունության բնութագրերի վրա՝ լաբորատոր վերահսկվող պայմաններում: Փորձարկումների ընթացքում օգտագործվել են տեղական հումքից ստացված բազալտե թելիկներ, որոնք ստացվել են Հայաստանի Հանրապետության տարածքում առկա բնական բազալտից: Խառնուրդների պատրաստման ժամանակ ասֆալտբետոնային բաղադրության մեջ ավելացվել են 20 մմ երկարությամբ և 0,4 % չափաբաժնով բազալտե թելիկներ, ինչպես նաև 4 % ցեմենտ: Այս մոտեցումը ոչ միայն հնարավորություն է տալիս կիրառել տեղական ռեսուրսները՝ բարձր արժեք ունեցող շինարարական նյութերի արտադրության մեջ, այլ նաև ապահովում է ասֆալտբետոնե խառնուրդների ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների նկատելի բարելավում: Ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ տեղական բազալտից ստացված թելիկների և ցեմենտի համատեղ կիրառումը զգալիորեն ուժեղացնում է խառնուրդի ամրությունն ու ճաքակայունությունը՝ ապահովելով բարձր դիմադրություն և երկարաժամկետ կայունություն ճանապարհային ծածկերի շահագործման ընթացքում:

Բանալի բառեր. ասֆալտբետոն, բազալտե թելիկներ, ցեմենտ, ֆիզիկամեխանիկական հատկություններ, հավելանյութեր

Ներածություն

Ժամանակակից ճանապարհաշինության ոլորտում, որտեղ երթևեկության ծանրաբեռնվածության և բնապահպանական պահանջների մակարդակն անընդհատ աճում է, հետազոտողները և մասնագետները ձգտում են գտնել նորարարական, ծախսարդյունավետ և էկոլոգիապես կայուն նյութեր, որոնք կարող են բավարարել այդ խիստ պայմանները: Այդպիսի նյութերից մեկը, որն առանձնանում է իր յուրահատուկ հատկություններով, բազալտե մանրաթելն է, որն աստիճանաբար դառնում է ճանապարհաշինության մեջ կիրառվող կարևոր բաղադրիչ: Բազալտե մանրաթելն առանձնանում է իր բարձր մեխանիկական ամրությամբ, որը թույլ է տալիս դիմակայել մեծ բեռնվածություններին, ցածր ջրակլանմամբ, ինչը նվազեցնում է խոնավության հետևանքով առաջացող վնասները, և կայուն քիմիական հատկություններով, որոնք ապահովում են երկարաժամկետ դիմացկունություն [1]:

Այս նյութը կարևոր դեր է խաղում բիտումի ներթափանցման կանխարգելման գործում, ինչը հատկապես կարևոր է այն ասֆալտային խառնուրդների համար, որոնք պարունակում են բարձր բիտումային բաղադրիչներ: Բիտումի ներթափանցման կանխարգելումը նպաստում է ճանապարհային ծածկույթի ամրության և կայունության բարձրացմանը [2]: Բացի այդ, բազալտե մանրաթելի ավելացումը մեծապես բարձրացնում է ասֆալտային խառնուրդների մածուցիկությունը, ինչը նպաստում է նյութի ռելոգիական հատկությունների բարելավմանը: Այս բարելավումը հանգեցնում է ճանապարհային ծածկույթի ավելի լավ դիմադրության մշտական դեֆորմացիաներին, ինչպիսիք են ճանապարհի մակերևույթի խորքային փոփոխությունները կամ ճաքերի առաջացումը: Հետազոտությունների արդյունքները ցույց են տվել, որ բազալտե մանրաթելով ամրացված ասֆալտային խառնուրդներն ունեն բարձր դիմադրություն ճաքերի նկատմամբ, ինչն էական նշանակություն ունի ճանապարհի երկարաժամկետ կայունության և ամրության ապահովման համար [3]:

Բացի վերոնշյալ առավելություններից, բազալտե մանրաթելն ապահովում է նաև ջերմային կայունություն, ինչը նշանակում է, որ այն կարող է դիմակայել ջերմաստիճանային ծայրահեղ տատանումներին առանց կառուցվածքային վնասների: Դրա ցածր ջերմային ընդարձակման գործակիցը նվազեցնում է ջերմաստիճանային փոփոխությունների հետևանքով առաջացող ճանապարհային ծածկույթի վնասումը, օրինակ՝ ճաքերի կամ դեֆորմացիաների ձևով [4]: Այս հատկությունները բազալտե մանրաթելը դարձնում են իդեալական նյութ ճանապարհաշինության համար, հատկապես այնպիսի տարածաշրջաններում, որտեղ ջերմաստիճանային տատանումները մեծ են:

Բազալտե մանրաթելի օգտագործումը ոչ միայն բարելավում է ճանապարհների որակը, այլև նպաստում է ծախսերի օպտիմալացմանը՝ նվազեցնելով պահպանման և վերանորոգման ծախսերը, ինչպես նաև խթանում է բնապահպանական կայունությունը՝ համապատասխանեցնելով ճանապարհաշինությունը ժամանակակից էկոլոգիական պահանջներին [5]:

Նյութեր և մեթոդներ

Բազալտե թելիկների հատկությունները և արտադրությունը

Վերջին մի քանի տասնամյակների ընթացքում բազալտե մանրաթելերը դիտարկվել են որպես կոմպոզիտային նյութերի ամրացման միջոց: Բազալտը տարածված հրաբխային ապար է, որը կարելի է գտնել աշխարհի տարբեր մասերում: Բազալտե թելիկներն արտադրվում են բնական բազալտի հալեցումից 1300...1700 °C ջերմաստիճանում, որին հաջորդում է թելերի ձգումը բարձր արագությամբ պտտվող զլանների միջոցով: Բազալտի քիմիական կազմը ներառում է՝ SiO_2 (45...55 %), Al_2O_3 (15...20 %), Fe_2O_3 (5...15%), CaO (5...10 %) և այլ օքսիդներ, որոնք ապահովում են բարձր կայունություն [6-8]:

- **Առաձգականություն:** 3000...4000 $U\%$, 20...30 % ավելի բարձր, քան ապակե թելիկներինը (2500...3000 $U\%$) և պողպատինը (3500...4500 $U\%$):

- **Առաձգականության մոդուլ:** 85...100 *ԳՊա*, ապահովում է կոշտություն, որը կանխում է դեֆորմացիան ծանր բեռների դեպքում:
- **Խտություն:** 2,6...2,8 *գ/սմ³*, 3 անգամ ավելի թեթև, քան պողպատը (7,8 *գ/սմ³*), ինչը հեշտացնում է տեղափոխումը և կիրառումը:
- **Ջերմակայունություն:** Դիմակայում է մինչև 700 °C ջերմաստիճանի՝ առանց կառուցվածքի փոփոխության, ի տարբերություն սինթետիկ թելիկների, որոնք հալվում են 200...300 °C-ում:
- **Կոռոզիոն կայունություն:** Քիմիապես կայուն է ալկալային (*pH* 12...14) և թթվային (*pH* 2...4) միջավայրերում, ի տարբերություն պողպատի, որը ենթակա է ժանգոտման [9-12]:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ բազալտե մանրաթելերի կիրառումը զգալիորեն բարձրացնում է ասֆալտբետոնե խառնուրդների ճաքակայունության մակարդակը և ընդհանուր ամրությունը: Իրականացված գիտական փորձերի և վերլուծությունների արդյունքները բացահայտում են, որ 0,4 % չափաբաժինը համարվում է ամենահարմար և օպտիմալ քանակություն ասֆալտբետոնե խառնուրդների համար՝ ապահովելու առավելագույն արդյունավետություն և կայունություն [13-15]:

Ցեմենտ

Ցեմենտը (սովորաբար Պորտլանդ ցեմենտ) օգտագործվում է FDR-ում որպես կապակցող նյութ՝ բարձրացնելով խառնուրդի կոշտությունն ու կրողունակությունը: Ցեմենտի քիմիական կազմը ներառում է *CaO* (60...65 %), *SiO₂* (20...25 %), *Al₂O₃* (5...7 %) և *Fe₂O₃* (2...4 %):

- o Սեղմման ամրություն՝ 5...10 *ՄՊա*:
- o Կոշտություն՝ 10...15 *ԳՊա* [16]:

Արդյունքներ և քննարկում

Հետազոտությունն իրականացվել է լաբորատոր պայմաններում՝ օգտագործելով վերամշակման գործընթացի միջոցով ստացված և աղացած ասֆալտբետոնե նյութ: Այս նյութը ծառայել է որպես հիմնական բաղադրիչ, որի վրա կատարվել են փոփոխություններ՝ տարբեր հավելանյութերի ներմուծմամբ (նկ. 1):



Նկ. 1. Աղացած ասֆալտբետոն

Նյութի ընդհանուր զանգվածի 4 % -ի չափով ավելացվել է ցեմենտ՝ նպատակ ունենալով բարձրացնել նյութի կապակցող հատկությունները և ամրությունը:

Հետազոտության ընթացքում պատրաստվել են երկու տեսակի նմուշներ: Առաջին խմբում (երեք նմուշ, որի ընդհանուր քաշը 5400 գ է) (նկ. 2) նյութի զանգվածի 0,4 % -ի չափով 20 մմ երկարությամբ ավելացվել են բազալտե թելիկներ (նկ. 3):



Նկ. 2. Աղացած ասֆալտբետոն ցեմենտով



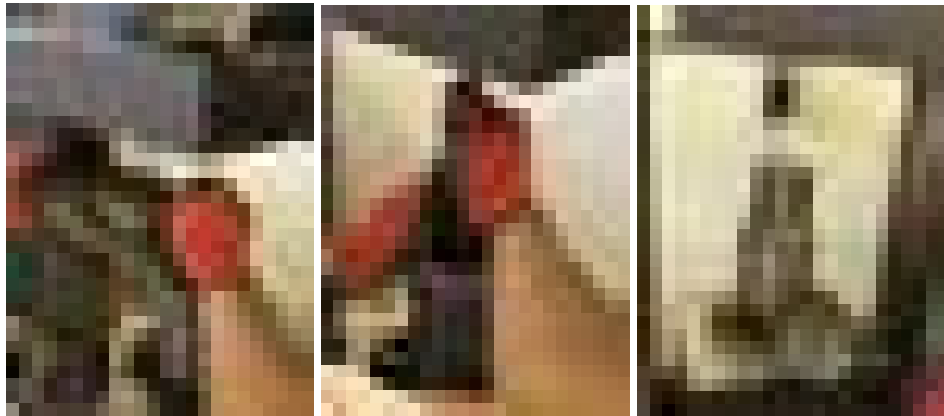
Նկ. 3. Բազալտե թելիկներ

Երկրորդ խմբի երեք նմուշներում օգտագործվել է միայն ցեմենտ՝ առանց բազալտե թելիկների: Բոլոր նմուշներին ավելացվել է ջուր՝ նյութի ընդհանուր զանգվածի 2 % -ի չափով, ինչը նպաստել է խառնուրդի միատարրության ապահովմանը և խոնավացման գործընթացին (նկ. 4):



Նկ. 4. Աղացած ասֆալտբետոնի մեջ ցեմենտի և բազալտե թելիկների խառնում և ջրում

Նմուշների պատրաստման համար օգտագործվել են գլանաձև կաղապարներ, ինչի արդյունքում ստացվել են 10 սմ բարձրությամբ և 10 սմ տրամագծով նմուշներ: Խառնուրդը մանրակրկիտ խառնվել է՝ ապահովելու բաղադրիչների հավասարաչափ բաշխումը: Այնուհետև նյութը տեղադրվել է կաղապարներում՝ աստիճանաբար խտացնելով, որպեսզի խուսափվի խոռոչների առաջացումը և ապահովվի նյութի միատեսակ խտությունը (նկ. 5):



Նկ. 5. Աղացած ասֆալտրետտոնի խտացման աշխատանքներ

Խտացման գործընթացն իրականացվել է 160 կՆ ճնշման ազդեցությամբ՝ 3 ընթացքով տևողությամբ: Այս պայմաններն ընտրվել են՝ ելնելով ճանապարհաշինական նյութերի ստանդարտ փորձարկման պահանջներից (նկ. 6):



Նկ. 6. Աղացած ասֆալտրետտոնի խտացում

Պատրաստված գլանաձև նմուշները պահպանվել են 7 օր՝ խստորեն վերահսկվող ջերմաստիճանային պայմաններում, ինչը թույլ է տվել ապահովել ցեմենտի կապակցման գործընթացի օպտիմալ ընթացքը (նկ. 7):



Նկ. 7. Լաբորատոր պայմաններում ստացված նմուշ

Պահպանման ժամանակահատվածի ավարտից հետո նմուշները մանրակրկիտ կերպով ենթարկվել են սեղմման փորձարկման՝ նյութի սեղմման դիմացկունության և ամրության հատկությունները ճշգրիտ գնահատելու նպատակով: Նախքան սեղմման փորձարկումն իրականացնելը յուրաքանչյուր նմուշ, որը պահվել էր խստորեն վերահսկվող հատուկ պայմաններում, կշռվել է ճշգրիտ կշեռքի միջոցով՝ տվյալները գրանցելու համար: Այնուհետև նմուշները տեղադրվել են սեղմման փորձարկման համար նախատեսված սարքավորման մեջ (նկ. 8):



Նկ. 8. Նմուշի սեղմում

Փորձարկման նպատակով պատրաստվել է ընդհանուր առմամբ 6 նմուշ, որոնցից երեքի կազմում օգտագործվել են բազալտե թելիկներ և ցեմենտ որպես հավելանյութ, մինչդեռ մյուս երեք նմուշների մեջ որպես հավելանյութ օգտագործվել է միայն ցեմենտ: Փորձարկումների արդյունքները ներկայացված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Բազալտե թելիկների և ցեմենտի ազդեցությունը նմուշների սեղմման ամրության վրա

№	Անվանում	Զանգված, գ	Սեղմման ամրություն, ՄՊա
1	Ցեմենտով պատրաստված 1-ին նմուշ	1771	3,50
2	Ցեմենտով պատրաստված 2-րդ նմուշ	1779	3,55
3	Ցեմենտով պատրաստված 3-րդ նմուշ	1767	3,51
4	Ցեմենտով և բազալտե թելիկով պատրաստված 1-ին նմուշ	1780	4,20
5	Ցեմենտով և բազալտե թելիկով պատրաստված 2-րդ նմուշ	1767	4,01
6	Ցեմենտով և բազալտե թելիկով պատրաստված 3-րդ նմուշ	1794	3,99

Ցեմենտով պատրաստված նմուշների սեղմման միջին ամրությունը հավասար է 3,52 ՄՊա, իսկ ցեմենտով և բազալտե թելիկով պատրաստված նմուշների սեղմման միջին ամրությունը՝ 4,09 ՄՊա:

Տեխնիկական պայմանները և փորձարարական մեթոդներն իրականացված են ըստ Հայաստանի Հանրապետությունում գործող նորմերի՝ ԳՕՍՏ 9128-2013, ԳՕՍՏ 12801-98, ՀՀՇՆ 32-01-2022 և СП 78.13330.2012:

Եզրակացություն

Բազալտե թելիկների կիրառումն ասֆալտբետոնե խառնուրդներում էականորեն բարելավում է նյութի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը՝ ներառյալ սեղմման ամրության բարձրացումը, ճաքակայունության մեծացումը և ընդհանուր դիմացկունության բարելավումը: Իրականացված փորձարկումները հաստատել են, որ 0,4 % բազալտե թելիկների՝ 20 մմ երկարությամբ, և 4 % ցեմենտի համադրումն ասֆալտբետոնի հետ ապահովում է ավելի օպտիմալ արդյունքներ, որի սեղմման միջին ամրությունը հավասար է՝ 4,09 ՄՊա, քան երբ օգտագործվում է միայն 4 % ցեմենտ: Այս համամասնությունները թույլ են տալիս ստանալ առավել արդյունավետ խառնուրդ, որը զգալիորեն գերազանցում է ավանդական ասֆալտբետոնե ծածկույթների ցուցանիշները: Այս արդյունքները կարևոր նշանակություն ունեն Հայաստանի Հանրապետության ճանապարհաշինության ոլորտի համար, քանի որ դրանք հնարավորություն են ընձեռում կառուցել ավելի ամուր, երկարակյաց և ծանրաբեռնված պայմաններին դիմակայող ճանապարհային ծածկույթներ: Նման նյութերի կիրառումը նպաստում է ճանապարհների շահագործման ժամկետի երկարաձգմանը և սպասարկման ծախսերի կրճատմանը՝ ապահովելով տնտեսական և տեխնիկական առավելություններ:

Գրականության ցանկ

- [1] **N. Morova**, Investigation of usability of basalt fibers in hot mix asphalt concrete, *Construction and Building Materials* 47 (2013) 175–180,
- [2] **E.R. Brown, L.A. Cooley**, Designing Stone Matrix Asphalt Mixtures for Rut-Resistant Pavements, National Cooperative Highway Research Program, Washington, DC, USA, Rep. NCHRP 425, 1999.
- [3] **S. Wu, Q. Ye, N. Li**, Investigation of rheological and fatigue properties of asphalt mixtures containing polyester fibers, *Construction and Building Materials* 22(10) (2008) 2111–2115.
- [4] **K. Liu, W.H. Zhang, F. Wang**, Research on Cryogenic Properties of Different Fiber Asphalts and Mixtures, *Advanced Materials Research* 146–147 (2011) 238–242.
- [5] **Z.H. Liu, C.Y. Chen, R.J. Qin, X.T. Zou**, Research to Performance of Basalt Fibre Strengthened SBS Modified Asphalt Mixture, *Advanced Materials Research* 446–449 (2012) 191–195.
- [6] **Q. Liu, M.T. Shaw, R.S. Parnas**, Investigation of Basalt Fiber Composite Mechanical Properties for Applications in Transportation, *Polym. Compos.* 27 (2006) 41–48.
- [7] **T. Czirány**, Discontinuous Basalt Fiber-reinforced Hybrid Polymer Composites, in: K. Friedrich (Ed.), *Polymer Composites: From Nano to Macro-scale*, Springer Verlag, München, Germany, 2005, pp. 309–328.

- [8] **T. Czigány**, Trends in Fiber Reinforcements – the Future Belongs to Basalt Fiber, Express Polym. Lett. 1 (2007) 59.
- [9] **A. Dorigato, A. Pegoretti**, Fatigue resistance of basalt fibers-reinforced laminates. J Compos Mater 46 (15) (2012) 1773-1785.
- [10] **T. De'ak, T. Czig'any**, Chemical composition and mechanical properties of basalt and glass fibers: A comparison. Text Res J 79 (7) (2009) 645–651.
- [11] **V.V. Gur'ev, E.I. Neproshin, G.E. Mostovoi**, The effect of basalt fiber production technology on mechanical properties of fiber. Glass Ceram 58(1-2) (2001) 62-65.
- [12] **V. Dhand, G. Mittal, K.Y. Rhee, S.J. Park, D. Hui**, A short review on basalt fiber reinforced polymer composites. Compos Part B Eng 73 (2015) 166-180.
- [13] **K. Singha**, A short review on basalt fiber. Int J Text Sci 1 (4) (2012) 19-28.
- [14] **Xin Yan, Ronghua Ying, Jian Jin and Yuntai Zhang**, Study on Cracking Resistance of Basalt Fiber-Reinforced Microbond Asphalt Macadam. Advances in Civil Engineering. Volume 2021, Article ID 6647766, 9 pages, <https://doi.org/10.1155/2021/6647766>.
- [15] **Altan Cetin, Burak Evirgen, Asena Karslioglu, Ahmet Tuncan**, The Effect of Basalt Fiber on the Performance of Stone Mastic Asphalt. Periodica Polytechnica Civil Engineering 65(1) (2021) 299-308,
- [16] **S.P. Dunuweera, R.M.G. Rajapakse**, Cement Types, Composition, Uses and Advantages of Nanocement, Environmental Impact on Cement Production, and Possible Solutions. Advances in Materials Science and Engineering (Wiley Online Library), 2018-04-04.

УЛУЧШЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН И ЦЕМЕНТА

Хачик Симонович Чколян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
xachik.chqolyan@mail.ru

В исследовательской работе представлено совместное влияние базальтовых волокон и цемента на показатели прочности, трещиностойкости и общей стабильности асфальтобетонных смесей в контролируемых лабораторных условиях. В ходе экспериментов использовались базальтовые волокна, полученные из местного сырья — природного базальта, добываемого на территории Республики Армения. При приготовлении асфальтобетонных смесей в их состав добавлялись базальтовые волокна длиной 20 мм в количестве 0,4 % и цемент в дозировке 4 %. Такой подход не только способствует эффективному использованию местных ресурсов при производстве строительных материалов с высокой добавленной стоимостью, но и обеспечивает заметное улучшение физико-механических характеристик асфальтобетонных смесей. Полученные результаты показали, что совместное применение цемента и базальтовых волокон местного происхождения значительно повышает прочность и трещиностойкость смеси, обеспечивая высокую долговечность и эксплуатационную устойчивость дорожных покрытий.

Ключевые слова: асфальтобетон, базальтовые волокна, цемент, физико-механические свойства, добавки

IMPROVEMENT OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES THROUGH THE ADDITION OF BASALT FIBERS AND CEMENT

Khachik Chkolyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
xachik.chqolyan@mail.ru

The research presents the combined effect of basalt fibers and cement on the strength, crack resistance, and overall stability characteristics of asphalt concrete mixtures under controlled laboratory conditions. During the experiments, basalt fibers derived from locally sourced raw materials—natural basalt found within the territory of the Republic of Armenia—were utilized. In the preparation of the asphalt concrete mixtures, 20-millimeter-long basalt fibers at a dosage of 0,4 % and 4,0 % cement were added to the asphalt composition. This approach not only enables the use of local resources in the production of high-value construction materials but also ensures a significant improvement in the physico-mechanical properties of asphalt concrete mixtures. The obtained results demonstrated that the combined use of locally produced basalt fibers and cement considerably enhances the mixture's strength and crack resistance, ensuring the high durability and long-term stability of road pavements during operation.

Keywords: Asphalt concrete, basalt fibers, cement, physicommechanical properties, additives

Չոկոլյան Խաչիկ Միմոնի (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Ճանապարհների և կառուցողների ամբիոն, ասպիրանտ, «ՀԱԼԴԻ Քոնսալթ» ՍՊԸ, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Чколян Хачик Симонович (РА, г. Ереван) – НУАСА, кафедра Дорог и мостов, аспирант, ООО «ХАЛДИ Консалт», (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Chkolyan Khachik (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Roads and Bridges, PhD student, HALDI Consult LLC, (+374)77028155, xachik.chqolyan@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 25.09.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 08.10.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

ՏԵՂ ԳՅՈՒՂԻ ՄԵԼԻՔԱԿԱՆ ԱՊԱՐԱՆՔԻ ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ.
ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ԱՌԱՋԱՐԿՎՈՂ ՏԱՐԲԵՐԱԿ

Դավիթ Սամվելի Նահատակյան^{1,2}, Գոհար Վահեի Նուրբեկյան²,

Արմենուհի Ալբերտի Ալեքսանյան¹

¹Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

²Շիրակի հայազիտական հետազոտությունների կենտրոն, ք. Գյումրի, ՀՀ

^{*}dnahatakyan@nuaca.am

Հայկական միջնադարյան ճարտարապետության մեջ իր ուրույն տեղն ունի աշխարհիկ ճարտարապետությունը, որտեղ կարևոր դեր են խաղում ուշ միջնադարյան ամարաթները կամ մելիքական ապարանքները: Հետազոտությունը ներառում է ՀՀ Սյունիքի մարզի Տեղ գյուղի Մելիք-Բարխուդարի որդի Դավիթ Բեկի մելիքական ապարանքի հատակագծային, ծավալատարածական և կառուցվածքային համեմատական վերլուծություններ: Նշված կառույցի առանձնահատկությունները համեմատվել են Արցախի և Սյունիք նահանգների, նախկին մելիքական նստավայրերում պահպանված, 15-18-րդ դդ. պալատ-ամրոցների հետ: Քննության են առնվել նաև նմանատիպ կառույցների համաչափությունները, ճարտարապետական փոքր ձևերը (բուխարիներ, պատուհաններ, խորշեր, զարդարարական հարդարանքներ): Այս կառույցների պահպանությունն ու վերականգնումը, առանձնահատուկ ուշադրություն դարձնելն ու ինքնատիպ միջամտություններ իրականացնելը ներկայումս կարևոր հրամայական է, քանի որ դրանք լուռ ապացույց են սյունեցիների բնիկության, ինչպես նաև՝ հայոց ինքնիշխանության ձգտման անկոտրում կամքի: Հետազոտության նպատակն է ՀՀ Սյունիքի մարզի Տեղ գյուղի Դավիթ Բեկի մելիքական ապարանքի ուսումնասիրությունը, վերլուծությունն ու ամրակայումը, ինչպես նաև դրա մշակութային և պատմական արժեքի վերաարժևորումը: Կատարված համալիր ուսումնասիրությունների արդյունքներով մշակվել են կառույցի վերականգնման և շարունակական վերաարժևորման նպատակային առաջարկներ:

Բանալի բառեր. մելիքական շրջան, ամարաթ, Արցախի և Սյունիքի մելիքություններ, ապարանք, գլխատուն, վերականգման տարբերակ

Ներածություն

Սյունիքի (ներառյալ՝ Արցախը) Մելիքական շրջանը հայոց պատմության հետաքրքիր դրվագներ պարունակող և հայ մարդու անկախության ձգտման կարևոր ուղիներից մեկն է, իսկ այդ շրջանի կոթողներն, ի դեմս ամարաթների և պալատ-ամրոցների, մեր կողմից վերլուծության և պահպանության առանձնահատուկ ուշադրության կարիք ունեն [1]:

«Մելիք» բառը ծագում է արաբերեն malik բառից՝ տեղ, իշխան: «Մելիքություն» բառը ծագում է «մալիք» (արաբ.՝ ملك՝ թագավոր) տիտղոսից: Վերջինս հայկական ժառանգական ազնվական

տիտղոս էր: Արևելյան Մելիքները ներկայացնում էին հայ ազնվականության վերջին մնացորդները [2]:

Հայոց մելիքությունների պատմական ժամանակաշրջանի սկիզբն ընդունված է համարել 16-րդ դ. վերջերը և 17-րդ դ. սկզբները, երբ իր պետականությունը կորցրած հայ ժողովրդի բնօրրանը՝ Հայաստանը, բաժանվեց Թուրքիայի և Իրանի միջև:

1600-ական թթ. Մեֆյան Իրանի շահ Աբբաս I-ը, չվստահելով իր իշխանությանը ենթակա Արևելյան Հայաստանում տնօրինություն անող՝ թուրքական ծագում ունեցող ցեղապետերին, հատուկ հրովարտակով Մելիքական իրավունք շնորհեց ոչնչացված հայ իշխանական տների շառավիղների ներկայացուցիչներին, որոնք դարձան պարսից շահի հուսալի հակառակ ընդդեմ Օսմանյան թուրքերի [3]:

Արևելյան Հայաստանում մելիքությունները 16-18-րդ դարերի ձևավորված իշխանության վարչաձևերից էին: Ամենահայտնի և հզոր կազմավորումներից էին Արցախի և Սյունիքի մելիքությունները: Հայտնի են Գյուլիստանի, Տաթևի, Խաչենի, Ջրաբերդի, Վարանդայի, Ծարի, Սողքի, Քաշաթաղի, Անգեղակոթի, Բեխի մելիքությունները [4]:

Մելիքական ապարանքների ճարտարապետությանն անդրադարձել են հիմնականում երկու հեղինակներ՝ Ն. Պապուխյանը և Ա. Ղուլյանը: Ն. Պապուխյանն իր աշխատության մեջ, անդրադառնալով Սյունիքի ժողովրդական տներին, անդրադարձել է նաև Տեղ գյուղի մելիքական ապարանքին՝ տալով նաև սխեմատիկ չափագրություններ: Ամառաթին ավելի մանրամասն անդրադարձել է Ա. Ղուլյանը՝ տալով նաև վերակազմության տարբերակ: Ավելի համեստ անդրադարձներ կան Հ. Խալփախյանի, Վ. Հարությունյանի և այլոց մոտ: Հոդվածում կատարված են բոլոր նյութերի համալիր վերլուծություններ՝ ներառելով Ն. Պապուխյանի, Ա. Ղուլյանի հետազոտությունները, հավաքագրված արխիվային չափագրությունները, ինչպես նաև տեղում իրականացված ուսումնասիրությունների արդյունքները:

Նյութեր և մեթոդներ

Աշխատանքում կիրառվել են ճարտարապետական տիպաբանական համեմատական, ինչպես նաև սկզբնաղբյուրների համադրության և վերլուծության մեթոդները:

Մելիքական ապարանքի վերականգնման գոյություն ունեցել նախագծերը և առաջարկվող տարբերակը քննվելու են «ԻԿՕՄՕՍ»-ի ընդունված չափանիշներով և «Քարի քայքայումների պատկերագարդ աղյուսակ»-ի մեթոդով [5]:

Տեղ գյուղը գտնվում է Գորիս քաղաքից մոտ 12 կմ դեպի հյուսիս-արևելք՝ Գորիս-Ստեփանակերտ նախկին մայրուղու վրա, ծովի մակարդակից մոտ 1350...1400 մ բարձրության վրա: Մելիքական ապարանքը գտնվում է Հայաստանի Հանրապետության Սյունիքի մարզի Տեղ գյուղի կենտրոնական մասում, Սուրբ Գևորգ եկեղեցու հյուսիսարևելյան կողմով անցնող ճանապարհների միջև՝ հարավային լանջի վրա [6]:

Ստեփան Օրբելյանի վկայությամբ՝ Տեղ գյուղը հիմնել է Սյունիքի թագուհի Շահանդուխտ II-ը՝ 10-րդ դարում: Մինչ այդ Տեղի տարածքում եղել է քարանձավային բնակատեղի, իսկ ուշ միջնադարում հայտնի է դարձել որպես մելիքանիստ գյուղ [7]:

Ռուսական կայսրության ժամանակաշրջանում Տեղ գյուղն ընդգրկվել է Ելիզավետպոլի նահանգի Ջանգեզուրի գավառում: Խորհրդային Միության տարիներին այն մասն է կազմել Խորհրդային Հայաստանի Ջանգեզուրի գավառի, իսկ 1930 թ.-ից՝ Գորիսի շրջանին: Հայաստանի Հանրապետության անկախության հռչակումից հետո, վարչատարածքային նոր բաժանմամբ, 1995 թ.-ից այն մտնում է Սյունիքի մարզի մեջ [8]:

Մելիքական ամարաթի մասին առկա է վիճաբանություն՝ մուտքի բարավորի վրա: Ըստ Դիվան վիճագրության 2-րդ պրակի վերձանության, այն կառուցել է Մելիք-Բարխուդարի որդի Դավիթ Բեկը՝ 1783 թ.: Կառուցման մասին մեկ այլ արձանագրության պատառիկ նույնպես պահպանվել է՝ «*Ի վայելումն շինեցի...*» [8]:

Դավիթ Բեկը Մելիք-Բարխուդարի որդին էր, որը հիշատակվում է որպես ապարանքը կառուցող: Դավիթ Բեկը՝ 1783 թ.-ի մի փաստաթղթում, հայոց ազատամարտի նոր վերելքը գլխավորողների շարքում, հիշատակվում է որպես «Ղափանու Դավիթ մելիք Բարխուտարեան Տեղու»: Մեկ այլ տեղեկությամբ հայտնի է որպես «ազնուազգի և խոհմամիտ Դավիթ Բեկ, որ էլ գլխավոր բնակչաց Տեղոյ յսկիզբն դարուս» [8]:

Դավիթ Բեկ Մելիք-Բարխուդարյանը, 1748 թ. մելիքական աթոռին հաջորդել է հորը, 1783 թ. կառուցել իր նստոց-ապարանքը Տեղ գյուղում և այնտեղ իշխել մինչև հաջորդ դարի սկիզբը:

Տեղ գյուղի մելիքական ապարանքի ճարտարապետության մասին արժեքավոր տեղեկություններ են տալիս Ա. Ղուլյանի [9] և Ն. Պապուխյանի [10] հրատարակված աշխատությունները: Դավիթ Բեկի մելիքական ապարանքը բաղկացած է արևելք-արևմուտք ուղղությամբ մի շարքով դասավորված երկու կից գլխատնից, դրանց երկու կողմի մեկական դահլիճից և շարքի հարավային, բակահայաց ճակատը բռնող միասնական սրահից, որը լայնական պատերով մասնատված և մասամբ փակված է հետագա վերակառուցումների հետևանքով: Ընդհանուր հատակագծում մեկ ուղղանկյան մեջ ամփոփված (արտաքուստ՝ 13,0 x 26,5 մ) այս շինությունները ետնամասով խորացած են լանջի մեջ և, ըստ պահպանված մնացորդների, բակի հետ միասնական, պարսպապատ համակառույց են կազմել [9]:

Տեղի մելիքական ապարանքն իր ճարտարապետական հորինվածքի զույգ քարակերտ-գմբեթավոր գլխատներով, թաղածածկ դահլիճներով, սյունազարդ կամարասրահով ու պարսպափակ ամբողջականությամբ 18-րդ դ. վերջի պալատաշինության հուշարձան է և այդ շրջանից մեզ հասած միակ լավ պահպանված հուշարձանն է Սյունիքում:

Ամարաթի հատակագծային հորինվածքը հասկանալու համար իրականացվել են առկա նմանատիպ կառույցների համեմատական վերլուծություններ: Այս նպատակով հիմնական աղբյուր են ծառայել Ա. Ղուլյանի աշխատությունում ներկայացված Սյունիքի և Արցախի մելիքական ապարանքների հատակագծերը: Ինչպես ցույց են տալիս դիտարկումները՝ խնդրո առարկա

ապարանքին հատակագծով ամենամոտն Ակնաբերդի, Գյուլիստանի և Խնձորեսկի ամարաթներն են: Ի դեպ, նման են նաև ապարանքերի տարածական հորինվածքները: Բոլոր օրինակներում համակառույցները պարփակված են եղել պարսպապատերի մեջ: Բնորոշ է պարագծային կառուցապատումը. շենքերի կիսագետնափոր ու պարսպակից շարքերով կազմվել է ներքին բակը: Ապարանքները հիմնականում եղել են միահարկ, որոշ դեպքերում՝ կրկնահարկ մասերով: Սենյակները լուսավորվում են երդիկներով կամ բակահայաց փոքր պատուհաններով: Համեմատական ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ ապարանքներին բնորոշ են թոնիրներով սրահները: Ակնաբերդի, Գյուլիստանի, Խնձորեսկի ամարաթներում պատերի հաստությունները բավական նման են՝ 0,8 մ, 1,0 մ, և 1,2 մ, ինչպես նաև գլխատների չափերը՝ 6,3x6,7 մ և 7,10x7,15 մ: Տեղի մեղիքական ապարանքը կառուցված է հիմնականում կոպտատաշ քարից, սրբատաշ են միայն մուտքերի և խորշերի եզրաքարերը: Պատերն ունեն 1,1...1,2 մ հաստություն: Ակնաբերդի մեղիքական ապարանքը կառուցված է 0,8 մ հաստությամբ պատերից, որն ըստ ուսումնասիրության՝ ամենաբարակն է, ինչպես նաև այն ունի ամենափոքր գլխատուն-սրահը՝ 6,3 x 6,7 մ:

Արդյունքներ և քննարկում

Տեղ գյուղի մեղիքական ապարանքի և Ակնաբերդի, Խնձորեսկի, Գյուլիստանի մեղիքական ապարանքների և ընդհանրապես պահպանված մեղիքական ապարանքների համեմատական վերլուծության հիման վրա առանձնացվել են հիմնականում երկու հատակագծային սկզբունքներ, որոնցով կառուցվել են դրանք.

1. Գլխատնավոր ապարանքներ՝ ճարտարապետական-հորինվածքային առանցքը քարակերտ գլխատունն է՝ քառակուսի հատակագծով, երդիկավոր, քարաշեն գմբեթաթաղով ծածկված կենտրոնական դահլիճը, որի երկու կողմում դահլիճներն են, իսկ առջևում՝ բակահայաց կամարասրահը, ինչպես, օրինակ, Մոխրաթաղի և Ակնաբերդի մեղիքական ապարանքները:
2. Կրկնահարկ դահլիճով ապարանքների ճարտարապետական-հորինվածքային առանցքն է միահարկ, սյունազարդ, կամարասրահով ու փայտածածկ սենյակաշարը, կից քարաշեն-թաղակապ ծածկերով կրկնահարկ շինությունը, երեսաբաց-ընդունարանով երկհարկանի, թաղածածկ և ճակտոնազարդ դահլիճը, ինչպես օրինակ՝ Խնձորեսկի և Քաշաթաղի մեղիքական ապարանքները:

Ըստ համեմատական վերլուծության՝ նմանատիպ պատկեր առկա է վերոնշյալ ապարանքների ծավալատարածական և կառուցվածքային հորինվածքներում: Ապարանքների կառուցման հիմնական շինանյութը քարն է. Արցախի օրինակներում շարվածքը բացառապես եղել է կոպտատաշ քարից, իսկ Սյունիքում սրբատաշ քարերը հիմնականում օգտագործվել են ճակատապատերի պատասխանատու հատվածներում: Որմնաշարը հիմնականում իրականացվել է կավահողային շաղախով, իսկ միջհարկային ծածկերի, պատշգամբների, աստիճանավանդակների և

այլնի մեջ առատորեն կիրառվել են փայտանյութեր: Պատերի շարվածքն իրականացվել է ժապավենաձև կառուցվածքով հիմնային շարվածքի վրա: Բուն որմնաշարը կատարվել է հայկական ավանդական «Միդիս» շարվածքով: Արցախի և Սյունիքի մելիքական ապարանքների սրահների տանիքները, ըստ համալիր դիտարկման, ունեցել են որոշակի թեքություններ, սակայն, հեռվից հարթ են ընկալվում, օրինակ՝ Հոռեկավանքի և Մոխրաթաղի ապարանքներում: Գլխավոր սրահները հաճախ բլուրանման են լիցք արվել՝ ինչպես Տոդի և Քաշաթաղի համալիրներում: Բլուրանման ծածկը տրամաբանական է, քանի որ ներքուստ երդիկի առկայություն կա՝ ինչպես հայկական ավանդական բնակելի տներում: Տանիքները ծածկված են եղել հաստ կավային հողաշերտով և բնականոն կերպով առաջացած բուսականությամբ, որոնք ապահովել են ջրա-ջերմամեկուսացում:

Դեկորատիվ հարդարանքի տեսանկյունից մելիքական ապարանքները, ընդհանուր առմամբ, գուսպ են, սակայն, Տեղ գյուղի մելիքական ապարանքն առաջիններից էր, որտեղ նկատվել է ընդհանրացված ձևերով, բավականաչափ գեղեցիկ գույգ խորշերով բուխարին: Ուշագրավ է մեծ վարպետությամբ մշակված հատկապես արևմտյան դահլիճի բուխարին: Կիսաբոլորաձև օջախախորշի բարձր և գծագարդ եզրաքարերն ավարտվում են երկաղեղ-սրագագաթ կամարաքարով, որի հետ մի կտոր քարից կերտված է նաև սաղավարտաձև ոճավորված ծխանցածածկ քարը [9]: Ուշագրավ են նաև պահարանախորշերը, որոնց պարզ կիրառությունը հաճախ գեղարվեստական հնչեղություն է ստացել: Լավագույն օրինակը՝ Գյուլիստանի և Հոռեկավանի ապարանքներն են:

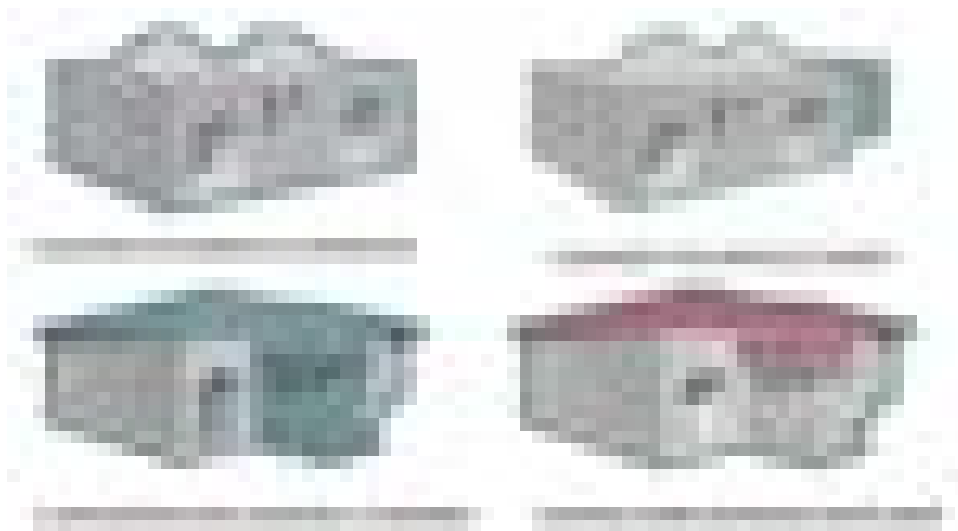
Դիտարկելով Արցախի և Սյունիքի մելիքական ապարանքների տարածաշինական, հատակագծային, ծավալատարածական և հարդարանքային լուծումները՝ հարց է առաջանում դրանց ակունքների մասին: Արդյոք դրանք տեղական կամ ներմուծված լուծումներ են: Ճիշտ մոտեցում է ցույց տվել Ն. Պապուխյանը՝ մելիքական ապարանքները դիտարկելով հայկական ժողովրդական տների (ավելի տեղին է հայկական ավանդական բնակելի տուն ձևակերպումը) հետ: Համալիր դիտարկումները նույնպես ցույց են տալիս, որ մելիքական ապարանքների հիմնական լուծումների համար հիմք են հանդիսացել հայկական ավանդական բնակելի տներն ու համալիրները: Համեմատական ուսումնասիրությունները վկայում են, որ մելիքական համալիրների համար հիմք են հանդիսացել հայկական ավանդական բնակելի համալիրները, որոնցով հավանաբար շրջապատված է եղել մեր խնդրո առարկա ապարանքը և որոնց մնացորդները մինչ օրս պահպանվել են Տեղ գյուղում:

Օրինակ, պատմական Գուգարք նահանգի Զավախք գավառում պահպանված բազում հայկական ավանդական բնակելի տներ և համալիրներ կան, որտեղ նմանատիպ ճարտարապետական լուծումներ են պահպանվել: Այս կառույցներն ունեն նմանատիպ որմնաշար (միդիս), սակայն, փայտաշեն, հարթ և հազարաշեն տանիքներով: Առկա են մեկ և ավել գլխաներով (օղա/օթյակ), եռաերթիկ գոմերով, նախասրահներով (օդին առաջ/օթյակին առաջ), շվաքներով և այլ սրահներով հագեցած հայկական ավանդական բնակելի համալիրներ, որոնք մինչ օրս տնօրինում են հայ ժառանգները [11]:

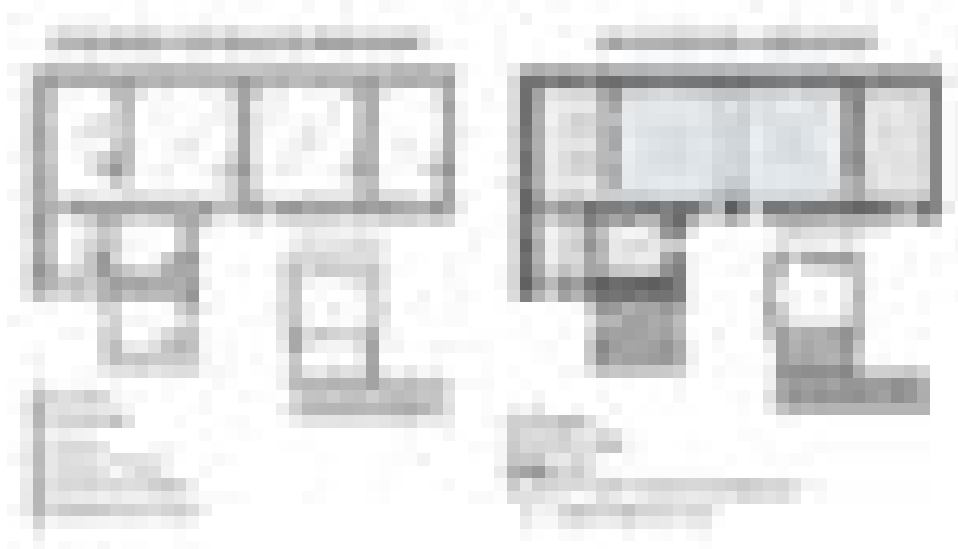
Նմանատիպ պատկեր առկա է նաև պատմական Տայք նահանգի գրեթե բոլոր գավառներում պահպանված հայկական ավանդական բնակելի տների և համալիրների ճարտարապետական լուծումներում, սակայն այն տարբերությամբ, որ դրանց այժմ տնօրինում են իրենց կառուցողների կամ ինքնությունն ուրացածները կամ ընդհնարապես կապ չունեցողները: Ավելին, Տայքում պահպանվել է բնակելի տների զարգացումը՝ մեկ հարկանի բնակելի տներից և համալիրներից դեպի կրկնահարկ և եռահարկ անցումը [12]: 17-20-րդ դդ. կրկնահարկ և եռահարկ բնակելի տներ առկա են նաև պատմական Տուրուբերանում, Վասպուրականում և այլուր: Ենթադրվում է, որ այս լուծումն ավելի հին ակունքներ ունի, այսինքն, Սյունիքի և Արցախի մելիքական ապարանքների կրկնահարկությունը, հավանաբար, նույնպես ժառանգված է հայկական ավանդական բնակելի համալիրներից:

Վերակազմության վերլուծություն և առաջարկ

Ն. Պապուխյանի և Ա. Ղուլյանի աշխատությունների, ինչպես նաև իրականացված արխիվային նյութերի ուսումնասիրության հիման վրա պարզ է դառնում, որ Դավիթ Բեկի ամարաթի դահլիճի առջևի կամարակապ նախամուտքն ակնհայտորեն հետագա վերակառուցման արդյունք է և բնորոշ է կրկնահարկ-հարթածածկ ճարտարապետական լուծումներով կառույցներին (նկ. 1): Չնայած այն հանգամանքին, որ Ն. Պապուխյանը նկատել է վերակառուցումների առկայությունը, իր նկարագրության մեջ ապարանքի հնագույն մասը ներկայացնում է «2 քարակերտ գլխատուն, մի թաղակապ սենյակ և մի թաղակապ նախամուտք» [10]: Ըստ նրա՝ համակառույցի մյուս մասերը հետագա հավելումներ են: Ա. Ղուլյանը հիշատակում է այն մասին, որ Ն. Պապուխյանը չի նկատել, որ արևմտյան կողմի դահլիճն արևելյանի ձևերը կրկնող մուտք ունի գլխատնից և պատկանում է ապարանքի նախնական հորինվածքին: Ա. Ղուլյանը նշում է նաև, որ համալիրի նախնական հորինվածքն ունեցել է բակահայաց սյունազարդ հորինվածք և կամարակապ սրահ՝ մեկ միասնական թաղով, որի ապացույցն են երկայնական թաղի մնացորդը և գլխատների ճակատամասում գտնվող խորշերը [9]: Ուսումնասիրված արխիվային նյութերի համաձայն՝ 1984 թ. իրականացվել է վերակառուցման նախագիծ, կազմված Ա. Մանասյանի և Հ. Հովսեփյանի կողմից: Նախագծի համաձայն նախատեսվում էր կատարել բոլոր սենյակների վերականգնում և հարավարևելյան նախասրահի թաղի վերաշարում: Արդյունքում՝ վերակառուցման ժամանակ պահպանվել է երկրորդ հարկի միայն ճակատային մասը: Փայտե 4 սյուների վրա կանգնեցվել է պատշգամբը, որի մուտքը լուծված է բազալտե քարերից շարված աստիճաններով, իսկ սենյակին կից երկու գլխատներ տանող թաղակապ նախասրահը նախատեսվում էր քանդել, վերաշարել: 2022 թ. «Ուրբան» կայուն զարգացման կենտրոնի կողմից իրականացվել է կառույցի ծածկի թիթեղապատ լուծում, որը դրական ժամանակավոր լուծում է, քանի որ կառույցն ուներ խոնավության խնդիրներ (նկ. 1):



Նկ. 1. Տեսական վերլուծությունների արդյունքները



Նկ. 2. Առաջարկվող տեսական վերակազմության տարրերակ

Վերականգնման առաջարկ

Տեղում կատարված ուսումնասիրությունների, նմանօրինակ կառույցների, պատմամատենագրական նյութերի վերլուծության և համադրման հիման վրա առաջարկվում է վերականգնման տարրերակ: Այն մշակվել է Դավիթ Բեկի մելիքական ապարանքի բակահայաց սյունազարդ հորիվածքի և կամարակապ սրահի, թոնիքների, բուխարիների և շվաքի համար: Առաջարկվում է իրականացնել հուշարձանի պահպանական գոտիների նոր առաջարկ, քանի որ առկա գոտիներն իրենց մեջ չեն ներառում ամբողջ հուշարձանը, չունեն լանդշաֆտի և կառուցապատման պահպանման գոտիներ: Ըստ առաջարկի՝ ապարանքը ստանալու է իր սկզբնական տեսքը՝ երկերդիկ գլխատներով: Տանիքը վերականգնվելու է, ինչպես նախկինում՝ հողածածկ և կանաչապատ: Հեռացվելու են խորհրդային շրջանում ի հայտ եկած ավելորդ հավելումները (նկ. 2):

Կառույցի վերաարժևորման առաջարկով նախատեսվում է ստեղծել մեղիքական շրջանի պատմությունը ներկայացնող թանգարան, որը հագեցած կլինի ժամանակակից տեխնոլոգիաներով: Յուրաքանչյուր սենյակ կստանա նոր ֆունկցիա, նոր հնարավորություններ՝ դրանց հնարավորինս բազմազան օգտագործելու համար: Ըստ նախագծի նախատեսվում է իրականացնել գրադարան, թանգարան, ինչպես նաև վերաօգտագործ ավանդական թոնիրները՝ վերածելով ճաշասենյակի, որտեղ կախված կլինեն հայկական գորգեր, ինչը բնորոշ է եղել մեղիքական ապարանքներին: Ամբողջովին պահպանվելու է ապարանքի խորհրդավորությունը՝ ապահովելով լուսավորությունը հիմնականում երդիկներից: Առաջարկվում է հավելել լոկ երկրորդական և երրորդական լուսավորություն՝ այսինքն լուսավորությունը լինելու է խորշերի մեջ կամ գետնին դրված փոքր լուսատուների միջոցով:

Նախագծի շրջանակներում նախատեսվում է թեթև նյութերից նոր ծավալ հավելել՝ հասարակական սանհանգույցներ, որոնք կկցվեն գոյություն ունեցող կառույցի հյուսիսային հատվածին: Հավելվում է նաև ամարաթի դիմացի մասի շվաքը թեյարանի գործածությամբ, ամբողջովին կից ապարանքի արևելյան հատվածից: Այն նախատեսվում է իրականացնել ապակեպատ, սակայն տաք եղանակին բացելու հնարավորությամբ: Երկու գլխատներում ժամանակին գործել են թոնիրներ, որոնք նախագծի շրջանակներում նախատեսվում է վերաօգտագործել: Նախատեսվում է նաև բացել գլխավոր սրահներին կից թաղակապ սրահների բուխարիների ծխնելույզները և վերաօգտագործել (նկ. 3):

Տարածքը պահպանվելու է էլեկտրական հովիվներով, որը թույլ չի տա կենդանիների մուտքը դեպի մեղիքական ապարանք: Նախատեսվում է ստեղծել էկո-կայանատեղի, որի նպատակն է, պահպանելով կանաչապատ տարածքները, ունենալ ավտոկայանատեղի: Իրականացվելու են ճանաչողական զբոսաշրջային բացօթյա ճամբարներ:



Նկ. 3. Իրավիճակային լուսանկար, առաջարկվող վերականգնման եռաչափ տարբերակ

Եզրակացություն

1. Արցախի և Սյունիքի մեղիքական ապարանքներն իրենց ճարտարապետական լուծումներով առաջնորդվել են որոշակի հետաքրքիր սկզբունքներով, սակայն հիմնականում գտնվում են հայկական լեռնաշխարհում առկա հայկական ավանդական բնակելի տների և համալիրների ծիրում, տալով հետաքրքիր ճարտարապետական մեկնաբանություններ:

2. Վերլուծելով Մելիքական ապարանքի երկու վերակազմության տարբերակները և վերականգնման նախագծերը, ինչպես նաև տեղում իրականացված աշխատանքները՝ ի հայտ են բերված տեսական և գործնական խնդիրներ ու մոտեցումներ, կապված 1980-ականների քիչ հիմնավորված ծավալային լուծումների և 2022 թ. ժամանակավոր ծածկի իրականացման հետ, որոնք այս կամ այն ձևով ազդել են կարևոր հուշարձանի կերպարի վրա:
3. Առաջարկվում է վերականգնման և վերաաժևորման էսքիզ, որտեղ պահպանելով և վերականգնելով հինը՝ սահմանափակ նոր ծավալներ հավելելով, ներմուծելով նոր կիրառելիություն՝ վերաօգտագործել սահմանապահ Տեղ գյուղի նշանավոր Դավիթ Բեկի մելիքական ապարանքը, որը 1783 թ. ի վեր բազմակի փոփոխություններ է կրել, սակայն իր պահպանված հիմնական հորինվածքային կորիզով հասել է մեզ (նկ. 3):

Գրականության ցանկ

- [1] **Լեռ**, Երկերի Ժողովածու, 3 հատոր, Երևան, 1973, էջ 71:
- [2] **Ստ.Մալխասեանց**, Հայերեն բացատրական բառարան, Հայկական ՍՍՌ Պետական Հրատարակչություն, Երևան, 1944, էջ 289:
- [3] **Ե.Լալայան**, Ազգագրական հանդես, Զանգեզուր, գիրք Գ, Թիֆլիս, 1898, էջ 38- 40:
- [4] **Վ.Հարությունյան**, Հայկական ճարտարապետություն պատմություն. բուհական ձեռնարկ, «Լույս» հրատ., Երևան, 1992, էջ 492-495:
- [5] **ICOMOS ISCS**, Illustrated glossary on stone deterioration patterns, Monuments and Sites 15 (Paris, 2008) 78.
- [6] **Թ. Հակոբյան, Ստ. Մելիք-Բախշյան, Հ. Բարսեղյան**, Հայաստանի և հարակից շրջանների տեղանունների բառարան, հ. 2, Երևան, 1988, էջ 95:
- [7] **Ստ.Օրբելյան**, Սյունիքի պատմություն, Երևան, 1986, էջ. 251-252, 399:
- [8] **Հ.Օրբելի** (գլխ. խմբ.), Դիվան հայ վիմագրության, պրակ 2. Գորիսի, Միսիանի և Ղափանի շրջաններ, ՀՍՍՌ ԳԱ հրատ., Երևան, 1960, էջ 70:
- [9] **Ա.Ղուլյան**, Արցախի և Սյունիքի մելիքական ապարանքները, Երևան, 2001, էջ 116-117, 138-117, 128, 118:
- [10] **Ն.Պապուխյան**, Սյունիքի ժողովրդական ճարտարապետություն, Երևան, 1972, էջ 68-69:
- [11] **Դ.Նահատակյան, Ա.Քոչյան**, Դիլիսկայի բնակելի համալիրի ճարտարապետական առանձնահատկությունները, Երիտասարդ հայ արվեստաբանների գիտական 12-րդ նստաշրջանի նյութեր, ՀՀ ԳԱԱ Արվեստի ինստիտուտ, ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» հրատ., Երևան, 2018, էջ 180-190:
- [12] **Ա.Գրիգորյան, Ա.Գրիգորյան, Դ.Նահատակյան**, Պատմական Տայքի Արսյացփոր և Ոքաղե գավառների ավանդական բնակելի տների և համալիրների ճարտարապետական առանձնահատկությունները և զուգահեռները, Տայքը պատմության խաչուղիներում (պատմամշակութային համադրություններ), հոդվածների ժողովածու, Գյումրի, 2024, էջ 129-139:

АРХИТЕКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕЛИКСКОГО ДВОРЦА СЕЛА ТЕХ: ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ВАРИАНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Давид Самвелович Наатакян^{1,2*}, Гоар Вагеевна Нурбекян²,
Арменуи Альбертовна Алексанян¹

¹Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

²Ширакский центр арменоведческих исследований, г. Гюмри, РА

*dnahatakyan@nuaca.am

Светская архитектура занимает особое место в средневековой архитектуре Армении, где важную роль играют позднесредневековые амараты или меликские дворцы. В рамках данного исследования был осуществлен систематический анализ меликского дворца Давида Бека, сына Мелик-Бархударя, в селе Тех марза Сюник РА. Анализ включал плановый, пространственный и конструктивный подходы для выявления особенностей этого дворца и сравнения его с другими объектами архитектуры. Основной акцент делался на сравнительном анализе и уникальности данного сооружения. Особенности упомянутого сооружения сравнивались с сохранившимися постройками 15-18 веков: дворцами и замками бывших меликских поселений Арцахской и Сюникской областей. В ходе исследования также были изучены особенности симметрии подобных сооружений, а также малые архитектурные элементы (камины, окна, ниши, декоративные украшения). Сохранение и реставрация этих сооружений с особым вниманием и применением оригинальных решений в настоящее время являются важной задачей, поскольку они представляют собой безмолвное свидетельство самобытности народа Сюника, а также непоколебимой воли к борьбе за армянский суверенитет. На основе результатов проведенных комплексных исследований были разработаны целенаправленные предложения по реставрации и непрерывной переоценке сооружения с учетом его исторической и архитектурной значимости.

Ключевые слова: эпоха меликства, амарат, меликства Арцаха и Сюника, особняк, глхатун, вариант восстановления

ARCHITECTURAL ANALYSIS OF THE MELIKAL PALACE OF TEGH VILLAGE PROPOSED RESTORATION OPTION

Davit Nahatakyan^{1,2*}, Gohar Nurbekyan², Armenuhi Aleksanyan¹

¹National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

²Shirak Center of Armenological Studies, Gyumri, RA

*dnahatakyan@nuaca.am

The medieval architecture holds a distinctive position, particularly with regard to secular architecture, where late medieval amarats or Melikian palaces assume a significant role. This research entails comprehensive analyses, including plan, spatial, and structural comparisons, focusing on the melik palace owned by Davit Bek, the son of Melik-Barkhudar, in the village of Togh. The characteristics of this structure were juxtaposed with those from the 15th to 18th centuries that have been preserved in the former Melik settlements of Artsakh and Syunik provinces, encompassing palaces and castles. The study delved into the symmetry of analogous structures and scrutinized small architectural features such as fireplaces, slits, niches, and decorative embellishments. Through a meticulous and thorough analysis, the research proposes an option for the restoration and reevaluation of the structure, considering its historical and architectural significance.

Keywords: Melikdom period, Amarat, Artsakh and Syunik Meliks, mansion, glkhatun, vaulted, restoration concept

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ բարձրագույն կրթության և գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ 25RG-6A091 գիտական թեմայի շրջանակում:

Նահատակյան Դավիթ Սամվելի, ճարտ. թեկն. (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ճարտարապետության տեխնոլոգիաների, պատմության և ժառանգության ամբիոն, ասիստենտ, ՀՀ ԳԱԱ Շիրակի հայագիտական հետազոտությունների կենտրոն, գիտաշխատող, dnahatakyan@nuaca.am, (+374)95875626, **Նուրբեկյան Գոհար Վահեի** (ՀՀ, ք. Գյումրի) - Շիրակի հայագիտական հետազոտությունների կենտրոն, գիտաշխատող, ճարտարապետ, nurbekyan00@gmail.com, (+374)44992982, **Ալեքսանյան Արմենուհի Ալբերտի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Դիզայն ամբիոն, դասախոս, հայցորդ, aleksanyan.armenuhi@yandex.com (+374) 94477434

Наатакян Давид Самвелович, канд.архит. (РА, г. Ереван) - НУАКА, кафедра Теории, истории и наследия архитектуры, ассистент, Ширакский центр арменоведческих исследований, научный сотрудник, dnahatakyan@nuaca.am, (+374)95875626, **Нурбекян Гоар Вагеевна** (РА, г. Гюмри) - Ширакский центр арменоведческих исследований, научный сотрудник, архитектор, nurbekyan00@gmail.com, (+374)44992982, **Алексанян Арменуи Альбертовна** (РА, г. Ереван) - НУАКА, кафедра Дизайна, преподаватель, соискатель, aleksanyan.armenuhi@yandex.com, (+374)94477434

Nahatakyan Davit, Ph.D. in Arch. (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Theory, History, and Heritage of Architecture, assistant, Shirak Center for Armenian Studies, researcher, dnahatakyan@nuaca.am, (+374)95875626, **Nurbekyan Gohar** (RA, Gyumri) - Shirak Center for Armenian Studies, Researcher, Architect, nurbekyan00@gmail.com, (+374)44992982, **Aleksanyan Armenuhi** (RA, Yerevan) – NUACA, Design Department, Lecturer, applicant, aleksanyan.armenuhi@yandex.com, (+374) 94477434

Ներկայացվել է՝ 20.10.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 03.11.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

ԽՍՀՄ ԺԱՄԱՆԱԿԱՇՐՋԱՆԻ ԱՌՈՂՋԱՐԱՆՆԵՐԻ ԶԲՈՍԱՇՐՋԱՅԻՆ ՆԵՐՈՒԺԸ
ԳԵՂԱՐՔՈՒՆԻՔԻ ՄԱՐԶՈՒՄ

Մարիամ Ավետիսի Ավագյան*, Սյուզաննա Վարդանի Վարդանյան,
Քրիստինե Սուրենի Սահակյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

*mavagyan@nuaca.am

Առողջարանային զբոսաշրջությունը կարևոր ուղղություն է, որն ապահովում է ոչ միայն հանգիստ, այլև վերականգնողական և բուժական ծառայություններ: Հայաստանում այս ոլորտն ունի մեծ ներուժ, հատկապես այնպիսի մարզերում, որոնք հարուստ են բնական ռեսուրսներով և բարենպաստ կլիմայով: Գեղարքունիքի մարզը, իր յուրահատուկ աշխարհագրական դիրքով, Սևանա լճի և հանքային աղբյուրների առկայությամբ, կարևոր դեր ունի առողջարանային զբոսաշրջության զարգացման մեջ: Թեև առողջարանային զբոսաշրջության զարգացման խնդիրն արդիական է, բայց որևէ վերլուծություն չի հանդիպում, առավել ևս՝ համալիր: Այս աշխատանքի նպատակն է ներկայացնել Գեղարքունիքի մարզի խորհրդային տարիներից ժառանգություն մնացած չգործող կամ ոչ լիարժեք գործող առողջարանների վիճակի և գործունեության վերլուծությունը, դրանց համադրումը բնական միջավայրի հետ և առողջարանային զբոսաշրջության ներուժի գնահատումը: Խորհրդային տարիներին մարզում գործում էին մի շարք հանգստյան տներ և առողջարաններ, որոնք ապահովում էին վերականգնողական և հանգստի ծառայություններ: ԽՍՀՄ-ի փլուզումից հետո այդ կառույցներից շատերը դադարեցին գործել կամ ենթարկվեցին վերափոխման: Սևանի ափին գտնվող կիսակառույց առողջարանային շինությունները, «Արևիկ», Գեղամավան գյուղի լքված ու Հայրավանքի առողջարանները մարզի առողջարանային ներուժի մի կարևոր հատվածն են: Մարզի առողջարանային զբոսաշրջության ներուժի և նշանակության գնահատումը և պետական մշակված ռազմավարությունը խթան կլինեն ոլորտի կայուն զարգացման համար:

Բանալի բառեր. առողջարանային զբոսաշրջություն, Գեղարքունիքի մարզ, «Արևիկ» առողջարան, Հայրավանքի առողջարան

Ներածություն

Առողջարանային-վերականգնողական զբոսաշրջությունը համարվում է 20-րդ դարի նշանակալի ֆենոմեն, սակայն դրա զարգացման պատմությունը սկիզբ է առել դեռ հնագույն ժամանակներից [1]: Այսօր առողջարանային-վերականգնողական զբոսաշրջությունը դարձել է այդ բնագավառի առավել պահանջված տեսակներից մեկը, որը միավորում է հանգիստն ու առողջական

վերականգնումը: Արժանահիշատակ օրինակ է Իսրայելի Մեռյալ ծովը, որը դարձել է համաշխարհային հայտնի առողջարանային կենտրոն՝ իր յուրահատուկ բնական հատկությունների շնորհիվ:

Առողջարանային գործունեությունը գիտակիրառական քայլերի կազմակերպման ու իրականացման միջոցով կանխարգելում է հիվանդությունները, բուժում և վերականգնում՝ օգտագործելով հայրենի բուժական պաշարները, դրանց հատկությունները և ազդեցության մեխանիզմները: Նման գիտակիրառական քայլեր են՝ բալնոլոգիան, կլիմատոլոգիան, հելիոլոգիան, աերոլոգիան, թալասոլոգիան, դիետոլոգիան, կինեզիոթերապիան, ֆիզիոթերապիան: Այս ուղղություններն ապահովում են առողջության վերականգնում՝ բնական պայմանների և մեթոդների միջոցով: Դրանց համադրմամբ ձևավորվում է առողջարանային զբոսաշրջության գիտաբժշկական հիմքը, որը կիրառվում է ամբողջ աշխարհում, նաև՝ Հայաստանում [2]:

21-րդ դարում առողջարանային տուրիզմը զարգանում է մի քանի նոր ուղղություններով: Լայն տարածում է ստացել wellness տուրիզմը՝ առողջ ապրելակերպի, յոգայի, մեդիտացիայի և դետոքսի վրա հիմնված: Բժշկական տուրիզմը կենտրոնացած է մասնագիտական միջամտությունների վրա, իսկ ավանդական առողջարանները շարունակում են պահպանել իրենց նախկին դերակատարումը: Աղյուսակում ներկայացված է առողջարանային զբոսաշրջության համեմատականը համաշխարհային շուկայում և Հայաստանում, համաձայն միջազգային և հայկական վիճակագրության: Ինչպես երևում է, Հայաստանում գերակշռում են ավանդական առողջարանները՝ 70 %, իսկ նոր ուղղությունները դեռ զարգանալու կարիք ունեն:

Աղյուսակ

Առողջարանային զբոսաշրջությունն ըստ ուղղությունների, % (2023 թ.)

Ոլորտ	Համաշխարհային շուկա, [3]	Հայաստան, [4]
Բժշկական զբոսաշրջություն	18	5
Wellness զբոսաշրջություն	42	25
Ավանդական առողջարաններ	40	70

Առողջարանային արդյունաբերության գիտաբժշկական հիմքն առողջարանագիտությունն է: Առողջարանային-վերականգնողական զբոսաշրջության նպատակն է մարդու ֆիզիկական, մտավոր և զգայական ուժերի ընդլայնված վերարտադրությունը և օրգանիզմի կենսական ուժերի վերականգնումը: Առողջարանային-վերականգնողական զբոսաշրջությունն ապահովում է մարդկանց մշտական բնակության վայրից ժամանակավոր ելք առողջարանային վերականգնողական նպատակներով: Առողջարանները պայմանականորեն կարելի է բաժանել երկու հիմնական խմբերի՝ ամբողջական առողջարաններ և բուժական պանսիոնատներ:

Հայաստանում առողջարանային և վերականգնողական զբոսաշրջության զարգացումն ունի երկար պատմություն: Դրա զարգացման համար հանրապետության տարածքում ավելի քան 800 հանքային աղբյուրներ են հայտնի, որոնց մեծ մասն ինքնահոս դուրս են գալիս երկրի մակերես:

Հայտնաբերված հանքային ջրերից 625-ը հետազոտվել են, իսկ 17-ը երկրաբանների կողմից մանրագննին հետախուզվել են [5-7]: Հանքային ջրերը բազմազան են ըստ ջերմաստիճանի և որակական հատկանիշների: Հայաստանը Ռուսաստանի կազմում հայտնվելուց հետո՝ 1828 թ., գեներալ Պասկևիչի հանձնարարությամբ կատարվեց Արգնիի ջրերի քիմիական վերլուծությունը: Արգնի առողջարանի պատմությունը սկսվում է 1925 թ.՝ ջրաբուժական հիմնարկների և երեխաների առողջարանների կառուցմամբ: Իսկ Ջերմուկի հանքային ջրերը գիտականորեն նկարագրվեցին առաջին անգամ 1831թ.՝ Գ. Վոսկոբոյնիկովի կողմից: 1938թ. պրոֆեսոր Ա. Մելիք-Աղամյանի ղեկավարությամբ անցկացված հետազոտությունները հաստատեցին Ջերմուկի ջրերի բուժիչ հատկությունները: Բացի Ջերմուկից և Արգնիից, Հայաստանում կան ևս 8 առողջարանային գոտիներ՝ Հանքավան, Դիլիջան, Վանաձոր, Սևան, Բջնի, Արզական, Աղվերան և Ծաղկաձոր, որոնք հարուստ են բնական բուժիչ ռեսուրսներով [2, 5, 6]:

Հայաստանում առողջարանային և բժշկական ծառայությունները, համեմատած այլ երկրների հետ, մատչելի են: Հայաստանի առողջարանային գոտիները գտնվում են էկոլոգիապես մաքուր միջավայրում, որտեղ բացակայում են արդյունաբերական մեծ կենտրոնները, առողջարանային համալիրները հագեցած են ժամանակակից տեխնոլոգիաներով: Առողջարանային զբոսաշրջությունը Հայաստանում համադրվում է մշակութային զբոսաշրջության հետ [7, 8]:

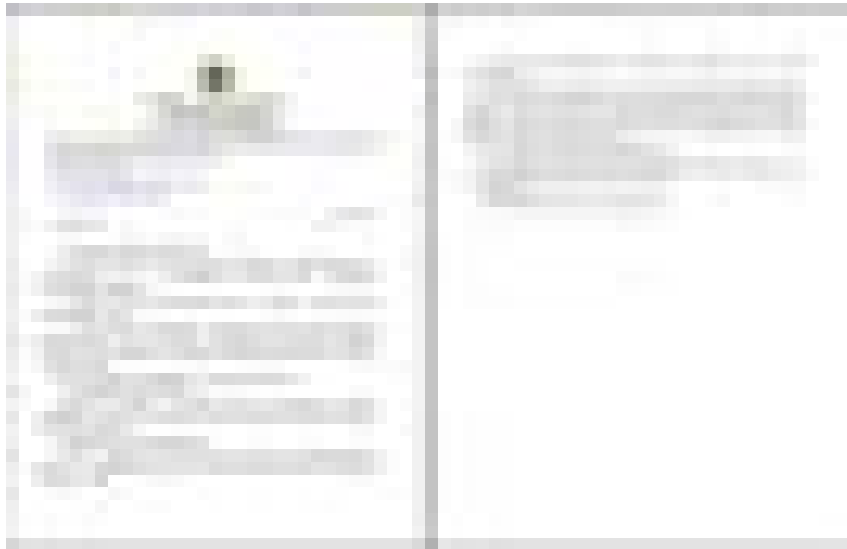
Գեղարքունիքի մարզը հարուստ է հանքային ջրերով, որոնք ունեն բացառիկ բուժական հատկություններ և բարենպաստ ազդեցություն առողջության վրա: Վարդենիսի շրջանի հանքատորֆերը, համեմատած հանրապետության մյուս նմանատիպ հանքատորֆերի հետ, առանձնապես են իրենց յուրահատկությամբ, մարզի բնակչության պայմանները լրացուցիչ նպաստում են բուժական արդյունքին: Սևանի առողջարանային նշանակությունն անգնահատելի արժեք է Գեղարքունիքի մարզի համար [9-12]:

Այս աշխատանքի նպատակն է գնահատել Գեղարքունիքի մարզի առողջարանային զբոսաշրջության, խորհրդային տարիներից ժառանգություն մնացած չգործող կամ ոչ լիարժեք գործող առողջարանների ներկա վիճակը, առանձնահատկությունները, զարգացման հեռանկարները և առողջարանային զբոսաշրջության ներուժը:

Նյութեր և մեթոդներ

Աշխատանքի իրականացման ընթացքում ուսումնասիրվել են նախախորհրդային, խորհրդային և հետխորհրդային տարիներին Հայաստանում առողջարանային զբոսաշրջության մասին գիտական և մասնագիտական գրականությունը, հիմնական ուշադրությունը դարձնելով Գեղարքունիքի մարզի առողջարանային զբոսաշրջության պատմական զարգացմանը: Մարզի առողջարանային ներուժը, ենթակառուցվածքները, բնական պայմանները և կլիմայական առանձնահատկությունները կարող են նպաստել զբոսաշրջության զարգացմանը: Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ խորհրդային տարիների Գեղարքունիքի մարզի առողջարանային զբոսաշրջության ռեսուրսներն այժմ մասնավոր սեփականություն են, մարզի բնակիչների մոտ կան հոգեբանական

արգելքներ գրավոր հարցումներ անցկացնելու համար, իրականացվել են բանավոր հարցումներ Գեղարքունիքի մարզում՝ թե բնակչության շրջանում, թե եղել են հանդիպումներ մասնավոր սեփականատերերի և մարզային կառավարման օղակների հետ (նկ. 1):



Նկ. 1. Մեանի համայնքապետարանի պատասխան նամակը մեր նամակ-հարցմանը

Դաշտային հետազոտության ժամանակ տեղում կատարվել են ուսումնասիրություն առողջարանների գործունեության վերաբերյալ, վերլուծվել են մատուցվող ծառայությունները, ենթակառուցվածքները և այցելուների հոսքը, ինչպես նաև հավաքագրվել են տվյալներ տարածքի պատմական անցյալի, ֆունկցիոնալ փոփոխությունների և ներկա վիճակի վերաբերյալ: Նշված մեթոդաբանությունը թույլ է տվել համակարգված ուսումնասիրել Գեղարքունիքի մարզի առողջարանային զբոսաշրջության ներկա վիճակը, առկա խնդիրները և զարգացման հնարավոր ուղիները:

Արդյունք և վերլուծություն

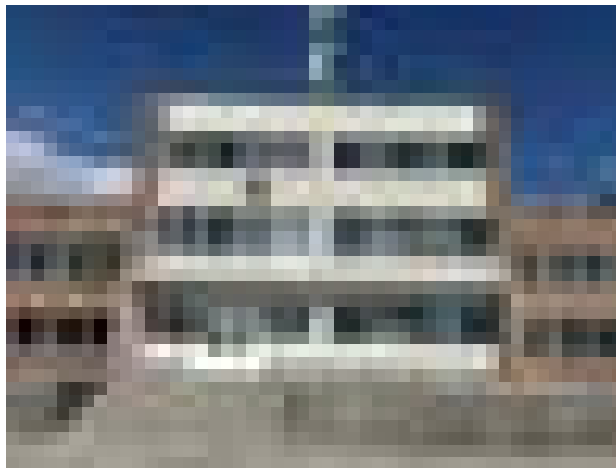
Գեղարքունիքի մարզը գտնվում է Հայաստանի հարուստ բնական ու պատմական ժառանգությամբ օժտված շրջաններից մեկում՝ Մեանի ավազանում, որը համարվում է հանրապետության ամենագեղեցիկ և բնապատկերային վայրերից մեկը: Գեղարքունիքի մարզը ոչ միայն բնության ռեսուրսներով է հարուստ, այլ նաև պատմամշակութային ժառանգությամբ է աչքի ընկնում: Մարզում պահպանված նախաուրարտական և ուրարտական ժամանակաշրջանների բերդերն ու ամրոցները, բնակավայրերի հետքերը և սեպագիր արձանագրությունները վկայում են տարածքի պատմական կարևորության մասին: Գեղարքունիքի մարզի առողջարանային զբոսաշրջության առանձնահատկությունները, զարգացման հեռանկարները և ներուժը գնահատելու համար դիտարկենք խորհրդային տարիներից ժառանգություն մնացած չգործող կամ ոչ լիարժեք գործող առողջարանները ու դրանց ներկա վիճակը:

«Արևիկ» առողջարան: Արևիկ առողջարանը գտնվում է Գեղարքունիքի մարզում, Սևանա լճի ափին՝ Սևան-Ճամբարակ ճանապարհահատվածի 8-րդ կմ-ի վրա: Անվանումն ինքնին՝ «Արևիկ», պայմանավորված է նրանով, որ այստեղ գրեթե ամբողջ օրն արևոտ է:



Նկ. 2. «Արևիկ» պիոներական ճամբար

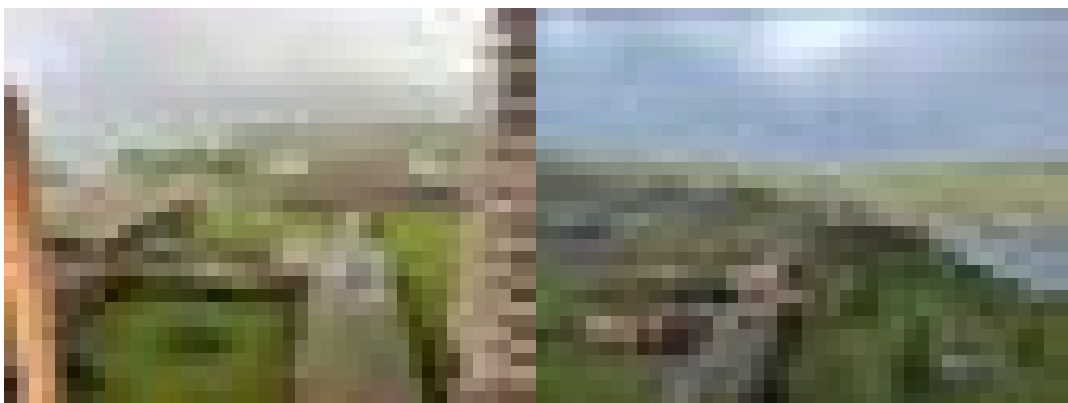
1968 թ. այն գործել է որպես «Արևիկ» պիոներական ճամբար (նկ. 2), որն իր ժամանակաշրջանում մեծ հռչակ ունեցող մանկական հանգստի կազմակերպման կենտրոն էր: Սակայն հետագա տասնամյակների ընթացքում ճամբարը վերափոխվեց, 1983 թ. այն վերանվանվեց և դարձավ առողջարան, որն արդեն ծառայում էր ոչ միայն երեխաների, այլև մեծահասակների վերականգնման և բուժման նպատակին: Խորհրդային տարիներին «Արևիկ» առողջարանը մասնագիտացված էր տարբեր բուժական մեթոդների վրա՝ առաջարկելով ֆիզիոթերապիա, ջրաբուժություն, մերսում և դեղորայքային էլեկտրոֆորեզ, աղաբուժություն, բուժում գերբարձր հաճախականությամբ, գալվանացում, դարսոնվալիզացիա, պարաֆինոթերապիա: Այստեղ բուժվում էին մի շարք հիվանդություններ, այդ թվում՝ բրոնխային ասթմա, նյարդային համակարգի հիվանդություններ, հենաշարժական խնդիրներ, մանկական ուղեղային կաթված, օրթոպեդիկ և ալերգիկ հիվանդություններ, բերանի խոռոչի լորձաթաղանթի հիվանդություններ, հայմորիտ, հենաշարժական ապարատի, հոդատապի, ճարպակալման, մանկական ալերգիկ հիվանդություններ, ողնաշարի հիվանդություններ, քիթ-կոկորդ-ականջի մանկական հիվանդություններ:



Նկ. 3. «Արևիկ» առողջարան

Այսօր «Արևիկ» առողջարանում զբոսաշրջության վերածննդի ուղղությամբ կատարվում են քայլեր, այն վերանորոգվել և հարմարեցվել է առողջարանային ժամանակակից պահանջներին, գործում է որպես առողջարանային կենտրոն՝ ամառային սեզոնին, իսկ տարվա մնացած ժամանակահատվածում գործում է որպես հյուրանոցային համալիր (նկ. 3): «Արևիկ» առողջարանը, տեղակայված լինելով Սևանա լճի ափին, բարենպաստ պայմաններ ունի ինչպես վերականգնողական, այնպես էլ հանգստի զբոսաշրջության զարգացման համար: Առողջարանն իր այցելուներին առաջարկում է ժամանակակից հարմարություններով կացարաններ, մաքուր ջուր, բացօթյա սրճարան, ռեստորան, բացօթյա բեմ և տաղավարներ, որտեղ կազմակերպվում են տարբեր միջոցառումներ: Չնայած տարածքում բուսականությունը սակավ է, առողջարանի միջավայրը նպաստավոր է ինչպես կարճատև, այնպես էլ երկարատև հանգստի համար:

Սևանի ափին գտնվող կիսակառույց առողջարանային շինություններ: 1980-ական թվականներին Սևանի ափին նախատեսվում էր կառուցել առողջարաններ և հանգստյան բազաներ՝ նպաստելու առողջարանային զբոսաշրջության զարգացմանը: Սակայն Խորհրդային Միության փլուզման հետևանքով բազմաթիվ նախագծեր կիսատ մնացին: Այդպիսի օբյեկտներից է չկառուցված առողջարանը, որի ճարտարապետի և պաշտոնական անվան վերաբերյալ հստակ տվյալներ չեն պահպանվել: Որոշ աղբյուրներում նշվում է, որ այն կարող էր պատկանել ЛНПО-Лечебно-научно-производственное объединение «Ավանգարդ» հանգստյան բազայի ցանցին, սակայն այդ տեղեկությունը փաստագրական հաստատում չունի [13, 14]: Չնայած անավարտ շինարարությանը, առողջարանի լքված կառույցը շարունակում է գրավել այցելուներին իր անսովոր տեսքով, հիշեցնելով Խորհրդային առողջարանային ծրագրերի և չիրականացված զբոսաշրջային զարգացման հնարավորությունների մասին (նկ. 4): Սևանի հյուսիսարևմտյան ափին գտնվող այս օբյեկտները կարող են վերաիմաստավորվել և ինտեգրվել ժամանակակից զբոսաշրջային և առողջարանային ծրագրերին՝ վերածվելով մշակութային ու զբոսաշրջային նշանակության կետերի: Այս կառույցները Սևանի զբոսաշրջային ժառանգության կարևոր մաս են կազմում՝ վկայելով անցյալի մեծամեծ ծրագրերի և ժամանակակից զբոսաշրջության զարգացման հնարավորությունների մասին:



Նկ. 4. Զբոսաշրջային բազան, բազայի հյուսիսային հատված

Գեղամավան գյուղի լքված առողջարանը: Գեղարքունիքի մարզի Սևան համայնքի Գեղամավան գյուղում 1940-ական թվականների վերջին հիմնադրվել է առողջարանային կենտրոն, որը Խորհրդային Հայաստանի համար կարևոր նշանակություն է ունեցել որպես թոքային և մազաթափության խնդիրներով տառապող հիվանդների բուժման վայր: Առողջարանը սպասարկել է ՀԽՍՀ տարբեր շրջաններից ժամանած քաղաքացիներին՝ դառնալով ոլորտում մասնագիտացված և գիտականորեն հիմնավորված բուժման ուղղություն ունեցող հաստատություն:

1950-ականների կեսերից մինչև 1990 թ. առողջարանը վերակազմակերպվել է որպես մանկական առողջարան, որն ամառային ամիսներին ընդունել է դպրոցահասակ երեխաների՝ ապահովելով առողջության վերականգնման և հանգստի համար անհրաժեշտ պայմաններ: Այս շրջանը կարելի է դիտարկել որպես հաստատության գործունեության առավել ակտիվ և արդյունավետ փուլ, որի ընթացքում առողջարանը միաժամանակ իրականացրել է ինչպես բժշկական, այնպես էլ կրթամշակութային գործառնություն:

Ներկայումս առողջարանը չի գործում: Այն գտնվում է «Սևան» զբոսաշրջային և առողջության կենտրոն ՓԲԸ-ի սեփականության տակ: Տարածքը զբաղեցնում է շուրջ 15,2 հա, որն ամբողջությամբ ցանկապատված է և հարուստ է դեկորատիվ ու մրգատու ծառատեսակներով, ստեղծելով տեսականորեն բարենպաստ միջավայր հանգստի և առողջական վերականգնման համար:

Այնուամենայնիվ, դաշտային հետազոտության ընթացքում արձանագրվել է, որ շինությունները գտնվում են անմխիթար վիճակում, և դրանց տեխնիկական վիճակը բացառում է ներկայումս շահագործման հնարավորությունը: Տարիների անգործության, ներդրումների բացակայության և բնական մաշվածության արդյունքում շենքերն ունեն հիմնանորոգման անհրաժեշտություն և առանց պատշաճ վերականգնման չեն կարող ծառայել նպատակային օգտագործման համար (նկ. 5):

Հայրավանքի առողջարան: Առողջարանը գտնվում է Հայրավանքի տարածաշրջանում, անմիջապես Սևանա լճի հարավային ափին, բացառիկ բնապատկերային և մշակութային միջավայրում: Խորհրդային ժամանակաշրջանում այստեղ կառուցվել էին նաև զբոսաշրջային բազա և մանկական պիոներական ճամբար, սակայն 2000-ական թվերին, Սևանա լճի ջրի մակարդակի բարձրացման հետևանքով, տարածքի 8 շինություններից 7-ը հայտնվել են ջրի տակ: Մինչ այդ տարածքը ժամանակավորապես օգտագործվել է նաև կաթնամթերքի արտադրությամբ զբաղվող ֆերմայի համար:



Նկ. 5. Առողջարանի ցուցանակը



Նկ. 5. Հայրավանքի առողջարանը և միջանցքի պատերին քանդակված պատկերները

Այսօր պահպանված միակ շինությունը հենց առողջարանն է, որը կառուցված է ամրոցի ոճով, հարևանությամբ գտնվում են անավարտ լողավազանն ու սպորտսրահը: Շինությունը բարեկեցիկ վիճակում է, վերանորոգումից հետո հնարավոր է այն օգտագործել որպես առողջարանային կամ զբոսաշրջային կենտրոն:

Շենքի ներքին հարդարանքում առանձնանում են խորհրդային ժամանակաշրջանի ճարտարապետական մոտեցումները: Առաստաղները ձևավորված են ԽՍՀՄ մոդեռնիստական ոճին համահունչ, իսկ միջանցքների պատերին տեղադրված են Հայրավանքի շրջանին բնորոշ ավանդույթների թեմատիկ քանդակներ, ինչպես նաև աստղագիտական խորհրդանշաններ, որոնք տարածքին հաղորդում են նաև մշակութային և խորհրդանշային խորություն (նկ. 5): Հատկապես նշանակալի է այն փաստը, որ առողջարանի սենյակների պատուհանները նայում են դեպի Հայրավանքի հինավուրց եկեղեցին, ինչը ոչ միայն ապահովում է տեսողական բացառիկ փորձառություն, այլ նաև ստեղծում է հոգևոր հանգստության մթնոլորտ՝ հարմար առողջարանային գործունեության համար:

Առողջարանի առաջին հարկում գործել է հատուկ բարձր դաշնամուրով, որտեղ ամեն երեկո կազմակերպվել են խնջույքներ և մշակութային երեկոներ՝ տրամադրելով ինչպես ժամանցային, այնպես էլ սոցիալական շփման միջավայր:

Բուժական ծառայությունների մասին մանրամասներ ստանալու նպատակով դիմվել է Գեղարքունիքի մարզպետարան, սակայն պատասխանեցին, որ նրանք չունեն մանրամասն տեղեկություններ, իսկ սեփականատերը գտնվում է երկրի սահմաններից դուրս և նրա հետ կապ հաստատել չհաջողվեց, ուստի բուժագործության վերաբերյալ տեղեկատվություն ստանալ հնարավոր չեղավ:

Եզրակացություն

Գեղարքունիքի մարզի՝ խորհրդային տարիներից ժառանգություն ստացած չգործող կամ ոչ լիարժեք գործող առողջարանների դիտարկումը հիմք է տալիս գնահատելու մարզի առողջարանային զգալի ներուժը: Սևանի ափին գտնվող կիսակառույց առողջարանային շինությունները,

«Արևիկ», Գեղամավան գյուղի լքված ու Հայրավանքի առողջարանները մարզի առողջարանային ներուժի մի հատվածն են:

Մարզում առողջարանային զբոսաշրջության զարգացման համար կարիք կա մշակելու ռազմավարություն՝ տնտեսական քայլերի առաջնահերթությամբ: Առողջարանային զբոսաշրջության զարգացման մեջ իր ուրույն տեղը կունենա խորհրդային ճարտարապետաշինարարական հզոր ժառանգությունը: Այդ ռազմավարության մեջ առանցքային պետք է լինի Սևանա լճի էկոլոգիական վիճակի բարելավման հարցը և Սևանա լճի նշանակության վերագնահատումը:

Գեղարքունիքի մարզի առողջարանային զբոսաշրջության նշանակությունը մնում է պետական համակարգի կողմից չգնահատված և չարժևորված: Առաջարկվում է՝

1. Խորհրդային ժառանգության վերափոխում.

• լքված առողջարանների վերականգնում: Խորհրդային շրջանի լքված առողջարանները (օրինակ՝ Հայրավանք, Գեղամավան) կարող են վերածվել էկո-ռեզորտների՝

- պահպանելով պատմական ճարտարապետությունը,
- ավելացնելով ժամանակակից բուժական և հանգստի ենթակառուցվածքներ (սպա-կենտրոններ, յոգայի ստուդիաներ),

• օգտագործելով արևային էներգիա և ջրի վերամշակման համակարգեր, օրինակ, Գեղամավանի մանկական առողջարանի հիման վրա ստեղծել բարձրակարգ wellness-կենտրոն՝ շեշտը դնելով բնապահպանական կայունության վրա, կամ վերածել այն մանկական ճամբարի:

2. Պետական-մասնավոր գործընկերություն.

• հարկային արտոնություններ. մասնավոր ներդրողներին տրամադրել հարկերի նվազեցում՝ Սևանի ափին առողջարաններ կառուցելու դեպքում,

• միջազգային կապեր. Համագործակցել Վրաստանի և Ռուսաստանի առողջարանային կենտրոնների հետ՝ փորձի փոխանակման նպատակով:

3. Մշակութաառողջարանային թեմատիկ փաթեթների մշակում.

- համատեղել բնությունը, պատմությունը և առողջարանային ծառայությունները,
- «Սևանա լճի թերապիա», 7-օրյա ծրագիր՝ ներառելով լճի ափին յոգա, ցեխաբուժություն և պատմական վանքերի այցելություն,
- «Հայկական հանքաջրերի ուղի», այցելություն Ջերմուկ, Արզնի և Գեղարքունիքի հանքային աղբյուրներ՝ բժշկի խորհրդատվությամբ,
- կիրառել «դանդաղ տուրիզմ» սկզբունքները՝ խթանելով երկարատև հանգիստը բնության գրկում:

4. Բնապահպանական նախաձեռնություններ.

- Սևանա լճի պահպանում,
- առողջարաններում տեղադրել արևային էներգիայի պանելներ և անձրևաջրերի հավաքման համակարգեր,

- ներդնել «զրոյական աղտոտում» ստանդարտ՝ արգելելով միանգամյա պլաստիկի օգտագործումը,
 - Էկո-հավատարմագրվածություն,
 - ստեղծել «Կանաչ առողջարան» նշանը՝ շնորհելով այն հաստատություններին, որոնք համապատասխանում են Էկոլոգիական չափանիշներին:
5. Համայնքային ներգրավվածություն.
- տեղացիների ուսուցում. կազմակերպել դասընթացներ բուժական զբոսաշրջության, հյուրասիրության և Էկոլոգիայի վերաբերյալ,
 - տեղական արտադրանքի առաջխաղացում.
 - առողջարաններում առաջարկել տեղական մթերքներ (Սևանի հանքային ջուր, Գեղարքունիքի մեղր, Նորատուսի պանիր և այլն) և արհեստավորների աշխատանքներ (գորգեր, խեցեղեն):
6. Գիտահետազոտական համագործակցություն.
- համագործակցել Երևանի Բժշկական Համալսարանի և ԳԱԱ-ի հետ,
 - ուսումնասիրել Գեղարքունիքի հանքային ջրերի բուժական ազդեցությունը քրոնիկ հիվանդությունների վրա,
 - հրապարակել հետազոտություններ միջազգային ամսագրերում՝ գրավելով օտարերկրյա հիվանդների ուշադրությունը:

Գրականության ցանկ.

- [1] **Л. Журавлева**, Курортное дело с основами курортологии, Сочи, 2008, 250 с.
- [2] **Գ. Աղաջանյան, Ժ. Թովչյան**, Հայաստանի առողջարանները և առողջավայրերը, Երևան, 1968, 277 էջ:
- [3] Global Wellness Institute. <<https://globalwellnessinstitute.org/industry-research/global-wellness-institute-2023-global-wellness-economy-monitor/>> (21.04.2025)
- [4] Հայաստանի Հանրապետության Էկոնոմիկայի նախարարություն <<https://www.mineconomy.am/>> (03.05.2025)
- [5] **Հ. Ավագյան**, Հայաստանի հանքային ջրերը, Երևան, 2006, 67 էջ:
- [6] **Մ. Համբարձումյան**, Հայաստանի բուժիչ հանքային ջրերը, Երևան, 1982, 42 էջ:
- [7] **Գ. Թովմասյան**, Առողջարանային-վերականգնողական ու բժշկական զբոսաշրջությունը ՀՀ-ում և աշխարհում, Երևան, 2024, 264 էջ:
- [8] Санаторий и турбаза в Айраванке. <<https://urban3p.ru/object25377>> (21.04.2025)
- [9] Հայաստանի Գեղարքունիքի մարզը թվերով. Վիճակագրական ժողովածու. Երևան, 2024, 124 էջ:
- [10] **Մ. Շահբաջյան**, Հայաստանի մարզերը, Երևան, 2011, 100 էջ:
- [11] «Սևան» ազգային պարկ ՊՈԱԿ, <<https://sevan-park.am>> (01.11.2025)
- [12] Թթուջուր բնական հանքային ջուր, <<http://geggharkunik.ruraltourism.am/hy/ttujur/>> (21.04.2025)
- [13] **Ժ. Թովչյան**, Օգտվիր Հայաստանի առողջավայրերից, Երևան, 1981, 20 էջ:
- [14] Հայկական ՄՄՀ Արհմիությունների առողջարանները. Համառոտ տեղեկագիրք, Երևան, 1972, 66 էջ:

ОЦЕНКА ТУРИСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА САНАТОРИЕВ ПЕРИОДА СССР В ГЕХАРКУНИКСКОЙ ОБЛАСТИ

Мариям Аветисовна Авакян*, Сюзанна Вардановна Варданян, Кристине Суреновна Саакян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

*mavagyan@nuaca.am

Санаторно-курортный туризм является важным направлением, обеспечивающим не только отдых, но и восстановительные и лечебные услуги. В Армении данный сектор обладает значительным потенциалом, особенно в регионах, богатых природными ресурсами и благоприятным климатом. Гехаркуникская область, благодаря своему уникальному географическому положению, наличию озера Севан и минеральных источников, играет важную роль в развитии санаторно-курортного туризма. Хотя проблема развития санаторно-курортного туризма актуальна, до настоящего времени отсутствуют аналитические исследования, особенно комплексные. Цель данной работы — представить анализ состояния и функционирования санаториев и курортов Гехаркуникской области, оставшихся с советских времен и ныне частично или полностью не действующих, их взаимодействие с природной средой, а также оценку туристического потенциала региона в сфере санаторно-курортного туризма. В советский период в области функционировало множество домов отдыха и санаториев, предоставлявших восстановительные и рекреационные услуги. После распада СССР многие из этих учреждений прекратили деятельность или подверглись реконструкции. Незавершённые здания санаториев на побережье Севана, санатории “Аревик”, заброшенные объекты в селе Гегамаван и санатории Айраванка представляют собой важную часть санаторного потенциала региона. Оценка потенциала и значимости санаторно-курортного туризма в области, а также разработанная государством стратегия будут способствовать устойчивому развитию этой сферы.

Ключевые слова: оздоровительный туризм, Гехаркуникский район, санаторий “Аревик”, санатории Айраванка

ASSESSMENT OF THE TOURISM POTENTIAL OF SOVIET-ERA SANATORIA IN THE GEGHARKUNIK REGION

Mariam Avagyan*, Syuzanna Vardanyan, Kristine Sahakyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

*mavagyan@nuaca.am

Health resort tourism is an important sector that provides not only recreation but also restorative and medical services. In Armenia, this sector has significant potential, particularly in regions rich in natural resources and favorable climate. Gegharkunik Province, due to its unique geographical location, the presence of Lake Sevan, and mineral springs, plays a key role in the development of health resort tourism. Although the issue of developing health resort tourism is highly relevant, analytical studies, especially comprehensive ones, are currently lacking. The aim of this study is to present an analysis of the condition and functioning of health resorts in Gegharkunik Province, inherited from the Soviet era, many of which are now partially or completely inactive, their integration with the natural environment, and an assessment of the region's potential in health

resort tourism. During the Soviet period, the province had numerous holiday homes and health resorts that provided restorative and recreational services. Following the collapse of the USSR, many of these facilities ceased operation or underwent restructuring. The unfinished health resort buildings on the shores of Lake Sevan, the “Arevik” resort, the abandoned sites in Geghamavan village, and the Hayravank health resorts represent a significant part of the province’s health resort potential. Assessing the potential and significance of health resort tourism in the province, together with state-developed strategies, will promote the sustainable development of this sector.

Keywords: Health Tourism, Gegharkunik Province, “Arevik” Resort, Resorts of Hayravank

Ավագյան Մարիամ Ավետիսի, կ.գ.թ., դոց. (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շրջակա միջավայրի կառավարում, սերվիսի և տուրիզմի ամբիոն, (+374)93438756, mavagyan@nuaca.am, **Վարդանյան Սյուզաննա Վարդանի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, բալնաբուժություն, (+374)94845756, vardanyan_2003@internet.ru, **Սահակյան Քրիստինե Սուրենի, տ.գ.թ., դոց.** (ՀՀ, Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շրջակա միջավայրի կառավարում, սերվիսի և տուրիզմի ամբիոն, (+374)91529327, sks091279@gmail.com

Авакян Мариам Аветисовна, к.б.н., доцент (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Управления окружающей средой, сервиса и туризма, (+374)93438756, mavagyan@nuaca.am, **Варданян Сюзанна Вардановна** (РА, г. Ереван) - НУАСА, бакалавр, (+374)94845756, vardanyan_2003@internet.ru, **Саакян Кристине Суреновна, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Управления окружающей средой, сервиса и туризма, (+374)91529327, sks091279@gmail.com

Avagyan Mariam, doctor of philosophy (PhD) in Biology, Associate Professor (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Environmental Management, Service, and Tourism, (+374)93438756, mavagyan@nuaca.am, **Vardanyan Syuzanna** (RA, Yerevan)- NUACA, bachelor, (+374)94845756, vardanyan_2003@internet.ru, **Sahakyan Kristine, doctor of philosophy (PhD) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Environmental Management, Service, and Tourism, (+374)91529327, sks091279@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 16.10.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 14.11.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

ՍԱՀՄԱՆՎԱԾ ԱՐԺԵՔՈՎ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄ. ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՄՈՏԵՑՈՒՄ ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ
ԾԱԽՄԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Սիրանուշ Արամայիսի Գալստյան*, Արա Արամի Հովհաննիսյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

*galstyansiranush@nuaca.am

Շինարարության ոլորտը, որպես տնտեսության ռազմավարական ճյուղ, հաճախ բախվում է բյուջետային վերահսկողության, ժամանակի կորուստների և ռեսուրսների ոչ արդյունավետ օգտագործման խնդիրներին: Այս մարտահրավերներին արձագանքելու նպատակով ձևավորվել են նորարարական մոտեցումներ, այդ թվում՝ «Անթափոն շինարարությունը» (Lean Construction/LC), որի կարևորագույն գործիքներից մեկը Սահմանված արժեքով նախագծումն է (Target Value Design/TVD): Վերջինս առաջարկում է հակադարձ նախագծման մոդել՝ նախատեսված բյուջեին համապատասխանեցված լուծումների մշակմամբ, ինչը խթանում է շահագրգիռ կողմերի համագործակցությունը և թույլ է տալիս առավել արդյունավետ կառավարել ծախսերը: Հնդկաժամանակակից վերլուծվել է TVD մեթոդի կիրառման փորձը շինարարական նախագծերում՝ դիտարկելով դրա հիմնական սկզբունքները, գործարկման մեխանիզմները, ինչպես նաև առավելություններն ու առկա սահմանափակումները: Ուսումնասիրության արդյունքների հիման վրա ներկայացված առաջարկությունները կնպաստեն TVD մեթոդի արդյունավետ կիրառմանը, ինչը կնպաստի շինարարական նախագծերի ֆինանսական կառավարման բարելավմանը, արժեքի կորստի նվազեցմանը և ներդրումային գրավչության բարձրացմանը:

Բանալի բառեր. ծախսերի վերահսկում, TVD, շինարարություն, արժեքի կառավարում, ինտեգրված նախագծում, շահագրգիռ կողմերի համագործակցություն

Ներածություն

Շինարարության ոլորտը հանդիսանում է ազգային տնտեսության ռազմավարական ուղղություններից մեկը՝ էական ազդեցություն ունենալով կապիտալ ներդրումների, աշխատատեղերի ստեղծման և ենթակառուցվածքային զարգացման վրա [1]: Սակայն ոլորտում ի հայտ եկող բյուջետային գերազանցումները, նախագծման փուլում անորոշությունները, ինչպես նաև ռեսուրսների ոչ արդյունավետ օգտագործումը շարունակում են հրատապ խնդիրներ մնալ ինչպես Հայաստանում, այնպես էլ միջազգային շուկաներում:

Շինարարական ցանկացած նախագիծ իրականանում է երեք հիմնական սահմանափակումների ներքո. ինչ ծավալ պետք է արվի, ինչքան ժամանակում և ինչ բյուջեով: Նախագծի հաջողությունը պայմանավորված է այս երեք տարրերի արդյունավետ կառավարմամբ, քանի որ ցանկացած մեկի փոփոխությունը պահանջում է մյուս երկուսի կամայական ճշգրտում:

Աշխատանքի շրջանակ՝ նախագծի վերջնական արդյունքի կամ մատակարարման ենթակա օբյեկտի բոլոր որակական, քանակական և ֆունկցիոնալ պահանջների ամբողջություն է:

Ժամանակ՝ նախագծի ավարտի համար սահմանված ժամանակացույցի պարտադիր պահանջներն են:

Ծախսեր՝ նախագծի իրականացման համար հատկացված ֆինանսական ռեսուրսների (բյուջեի) սահմանափակումը:

Ակադեմիական աղբյուրները փաստում են, որ շինարարական ոլորտին բնորոշ է ժամանակի և ծախսերի զգալի շեղումների հաճախականությունը: Ներկայումս նախագծերի ավելի քան 70 %-ը գերազանցում է բյուջեն և իրականացվում է ժամանակացույցի խախտումներով [2]:

Ծախսերի գերազանցման հիմնական կառուցվածքային պատճառներից մեկն ավանդական «Նախագծում-մրցույթ-կառուցում» (Design-Bid-Build/DBB) մատակարարման մոդելն է: Այս մոդելը ստեղծում է թանկարժեք մրցակցային հարաբերություններ սեփականատիրոջ և նրա կապալառուների միջև, որտեղ ծախսերը հաճախ սպասվածից ավելի են լինում նախագծի պատրաստ լինելուց հետո [3]: Այս գործընթացային սեգմենտացիան և հակասական շահերը նվազեցնում են վաղ համագործակցության հնարավորությունները և խթանում են ֆինանսապես անարդյունավետ վերանախագծման անհրաժեշտությունը:

Մինևույն ժամանակ, շինարարության ոլորտը համարվում է համաշխարհային մասշտաբով մեծ միջոցներ պահանջող ճյուղերից մեկը, այն օգտագործում է աշխարհի հողային ռեսուրսների, հումքի, էներգիայի և քաղցրահամ ջրի զգալի բաժինը: Ըստ միջազգային գնահատականների՝ շինարարությունը պատասխանատու է համաշխարհային էներգիայի սպառման շուրջ 36% -ի, ածխաթթու գազի արտանետումների մոտ 37% -ի, հումքային ռեսուրսների օգտագործման ավելի քան 50% -ի, ինչպես նաև ծանր թափոնների շուրջ 35% -ի համար: Բացի այդ, այն սպառում է քաղցրահամ ջրի մոտ 15...20%-ը: Այս ցուցանիշները վկայում են, որ շինարարական գործընթացների ազդեցությունը բնապահպանական համակարգերի վրա չափազանց մեծ է, ուստի կայունության ապահովումը և ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործումը դառնում է ոլորտի առաջնախնդիրը [4]:

Այս կառուցվածքային և բնապահպանական մարտահրավերները շտկելու նպատակով առաջ է քաշվել անթափոն շինարարության (LC) փիլիսոփայությունը, որի գլխավոր մարտավարական գործիքներից մեկը սահմանված արժեքով նախագծումն (TVD) է: TVD-ն առաջարկում է էական փոփոխություն՝ ծախսը դիտարկելով ոչ թե որպես նախագծման արդյունք, այլ որպես դրա սահմանափակող գործոն: Այսինքն, նախագծումը պետք է իրականացվի այնպես, որ այն համապատասխանի նախապես սահմանված բյուջեին, այլ ոչ թե բյուջեն ձևավորվի արդեն պատրաստ նախագծից հետո: Այս ինտեգրված մոտեցումը մեծացնում է նախագծի բյուջեի պահպանման հավանականությունը՝ միաժամանակ նպաստելով ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործմանը և կայունության չափանիշների բավարարմանը:

Այս մարտահրավերները հաղթահարելու համար անհրաժեշտ են հիմնարար լուծումներ: Այդ նպատակով ձևավորվել են հիմնարար մոտեցումներ, այդ թվում՝ LC, որի կարևորագույն գործիքներից է TVD-ն [5]: Վերջինս առաջարկում է հակադարձ նախագծման մոդել՝ նախատեսված բյուջեին համապատասխանեցված լուծումների մշակմամբ, ինչը խթանում է շահագրգիռ կողմերի համագործակցությունը և թույլ է տալիս առավել արդյունավետ կառավարել ծախսերը:

LC փիլիսոփայությունը, որը ծագել է արտադրական ոլորտից, նպատակ ունի նվազեցնել թափոնները և բարձրացնել արդյունավետությունը [6]: Այն շինարարական ոլորտ է ներմուծվել՝ հաղթահարելու ծախսերի, ժամանակի և որակի հետ կապված մարտահրավերները [7]: LC-ն նպաստում է ծախսերի հաշվառման և ֆինանսական կառավարման բարելավմանը շինարարական նախագծերում [8]: Գրականության մեջ քննարկվում են LC-ի տարբեր գործիքներ և մոտեցումներ, որոնք ուղղված են շինարարական նախագծերում ուշացումների և ծախսերի գերազանցումների նվազեցմանը [7]: Օրինակ՝ բյուջետավորումը, հիմնված անթափոն արտադրության սկզբունքների վրա, կարող է բարելավել շինարարական կազմակերպությունների գործունեության տնտեսական արդյունավետությունը՝ բարձրացնելով որակը և արտադրողականությունը [9]:

TVD-ն LC-ի կարևորագույն գործիքներից մեկն է, որը ուղղված է բյուջեի արդյունավետ կառավարմանը դեռևս նախագծման փուլում [10]: TVD-ն նպատակ ունի ապահովել նախագծի իրականացումը՝ առանց սահմանված բյուջեն գերազանցելու: Այն խթանում է թիմային աշխատանքը և համագործակցությունը բոլոր շահագրգիռ կողմերի միջև՝ ապահովելով նախագծային լուծումների համապատասխանությունը ֆինանսական սահմանափակումներին, ինչպես նաև TVD-ի միջոցով կարելի է բարելավել էկոլոգիական ցուցանիշները, ինչպես օրինակ՝ ռեսուրսների կառավարում, CO_2 արտանետումների կրճատում և շրջակա միջավայրի պաշտպանություն [11]:

Հոդվածում վերլուծվել է TVD մեթոդի կիրառման փորձը շինարարական նախագծերում՝ դիտարկելով դրա սկզբունքները, գործարկման մեխանիզմները, առավելություններն ու առկա սահմանափակումները: Ուսումնասիրության վերջնական նպատակն է պարզել, թե ինչպես է իրականացվում նպատակային արժեքի կառավարումը TVD միջավայրում՝ միաժամանակ գնահատելով մեթոդի կիրառելիությունը հայկական շինարարական շուկայում:

Ուսումնասիրության արդյունքները կնպաստեն TVD մեթոդի արդյունավետ կիրառմանը, ինչը կնպաստի շինարարական նախագծերի ֆինանսական կառավարման բարելավմանը, արժեքի կորստի նվազեցմանը և ներդրումային գրավչության բարձրացմանը:

Այս աշխատանքը նպատակ ունի բարձրացնել շինարարության ոլորտի ներդրումային գրավչությունը: Հաշվի առնելով TVD-ի ինտեգրացիոն բնույթը և ինտեգրման գործընթացների բարդությունը՝ մեթոդն առավել նպատակահարմար է կիրառել մեծածավալ կամ բարդ շինարարական նախագծերում, մինչ փոքր նախագծերում արդյունավետությունը կարող է սահմանափակ լինել:

Հոդվածի գիտական նորույթն արտահայտվում է TVD մեթոդի միջազգային փորձի համակողմանի վերլուծությամբ և դրա տեղայնացված կիրառական մոդելի ձևակերպմամբ Հայաստանի

շինարարական միջավայրի համար՝ հաշվի առնելով ազգային շուկայի առանձնահատկությունները, պայմանագրային մոդելները և պետական գնումների համակարգը:

Նյութեր և մեթոդներ

Հետազոտության մեթոդաբանական հիմքը

Հետազոտությունն իրականացվել է գրականության բովանդակային վերլուծության հիման վրա՝ ներառելով IGLC-ի նյութեր, Lean Construction Institute-ի զեկույցներ, ինչպես նաև TVD-ի կիրառման իրական նախագծային օրինակներ: Մեթոդաբանական հիմքում դրված է համեմատական վերլուծության մոտեցումը, որը թույլ է տալիս բացահայտել TVD-ի առավելություններն ավանդական մատակարարման մոդելների համեմատ: Վերլուծական շրջանակն ընդգրկում է TVD-ի սկզբունքները, այդ սկզբունքների իրական կիրառումը և մեթոդի արդյունավետությունը տարբեր տիպի նախագծերում:

Տեսական հիմքեր և մեթոդի ձևավորումը

TVD-ն առաջացել է արտադրական ոլորտում կիրառվող նպատակային արժեքի հաշվարկի (Target Costing/TC) հարմարվողական կիրառությունից շինարարության ոլորտում: TC-ը կառավարման գործիք է, որը ներառում է կազմակերպության գործունեության և դրանց համապատասխան ծախսերի կազմակերպում, համապատասխանեցում և մշակում՝ հասնելու այն շահութաբերության մակարդակին, որը նախապես սահմանված է ղեկավարության կողմից:

Հասկանալ TC-ի սկզբունքները կարևոր նախապայման է TVD մեթոդի իմացության համար, քանի որ վերջինս հենց TC-ի կառուցվածքային հարմարեցումն է շինարարական նախագծերի կառավարմանը:

Շինարարության ոլորտում TC-ի կիրառման առաջին փորձերը կատարվել են 2000 թ. Մեծ Բրիտանիայում՝ Նիկոլինիի և գործընկերների կողմից, սակայն արդյունքները եղել են բացասական՝ պայմանավորված անարդյունավետ գործարար փորձով և ոչ ճշգրիտ ծախսագնահատումներով: Միայն 2004 թ. ԱՄՆ-ում Բալլարդն ու Ռայզերը կարողացան ապահովել TC-ի հաջող կիրառություն շինարարական ոլորտում: Հետագայում, 2007 թ, Հալ Մակոմբերը, Գրեգ Հաուելը և Ջեք Բարբեյրոն ներկայացրեցին TVD տերմինը՝ ընդգծելով դրա ուղղակի կապը TC մեթոդի հետ:

Բալլարդի սահմանմամբ՝ TVD-ն կառավարման պրակտիկա է, որի նպատակն է առավելագույն արժեքի ստեղծումը՝ սահմանված նպատակային արժեքի սահմաններում, որը հաճախ գտնվում է շուկայի միջին արժեքից ցածր: Միևնույն ժամանակ, TVD-ն հանդես է գալիս որպես շարունակական բարելավման և կորուստների նվազեցման մեթոդ: Այլ սահմանման համաձայն՝ TVD-ի հիմնական գաղափարն այն է, որ պատվիրատուի կողմից ընկալվող արժեքը (հաշվի առնելով նախագծի, ծախսի, ժամանակացույցի և կառուցման չափանիշները) պետք է ծառայի որպես նախագծման ուղղորդող սկզբունք, ինչը հնարավորություն է տալիս նվազեցնել կորուստներն ու գերազանցել պատվիրատուի սպասումները [12,15]:

ԱՄՆ-ի DPR Construction ընկերության փորձառու մասնագետ Ջոշ Բրոնհիցկին, որը TVD մեթոդով իրականացրել է մի շարք նախագծեր (օր.՝ Sutter Health-ի համար), ընդգծում է, որ մեթոդի հիմնական գաղափարը կայանում է «նախագծման գործընթացը կազմակերպել այնպես, որ ստացվի ճիշտ լուծում՝ նվազագույն հնարավոր ծախսով և հաճախորդին առավելագույն արժեք ապահովելով»։ Այս մոտեցումը էապես տարբերվում է ավանդական արժեքի գնահատման մոդելներից, որտեղ արժեքը սովորաբար որոշվում է արդեն պատրաստ նախագծից հետո.

1. շուկան է ուղղորդում ծախսերի պլանավորումը, այլ ոչ թե կազմակերպության ներքին սահմանումները,
2. նախագծումն ունի առաջնային դեր՝ որպես կորուստների կանխարգելման գործիք ամբողջ գործընթացում,
3. ծախսերը որոշվում են բազմամասնագիտական թիմերի կողմից, իսկ մատակարարները և ենթակապալառուները ներգրավվում են նախագծման վաղ փուլերից:

Տեսականորեն, այս սկզբունքներն ամփոփվում են Քլիֆթոնի և ընկերների առաջարկած հավասարումով՝

$$\text{Target Value} = \text{Target Price} - \text{Target Profit} : \quad (1)$$

Ըստ (1) բանաձևի, հարաբերակցությունն արտացոլում է TVD մոտեցման հիմնական տրամաբանությունը, համաձայն որի նախագծման բյուջեն ձևավորվում է ոչ թե «*շահույթ = գին – ծախս*» ավանդական սկզբունքով, այլ հակադարձ մեթոդով, որտեղ շահույթը նախապես է սահմանվում։ Այստեղ.

Նպատակային գինը (Target Price) ներկայացնում է այն առավելագույն արժեքը, որը պատվիրատուն պատրաստ է վճարել շուկայում ընդունված պայմանների համատեքստում:

Նպատակային շահույթը (Target Profit) սահմանվում է որպես կազմակերպության ռազմավարական ֆինանսական նպատակ, ինչն անհրաժեշտ է ապահովել նախագծի ընթացքում:

Այս հավասարումը հստակ սահմանում է այն ծախսային շեմը, որի շրջանակում պետք է իրականացվի նախագծման գործընթացը՝ կանխելով բյուջետային գերազանցումները և ավելորդ վերանախագծման անհրաժեշտությունը:

$$AC = MP - mp : \quad (2)$$

Բանաձև (2)-ը սահմանում է փաստացի ծախսի (**Actual Cost**) առավելագույն թույլատրելի մակարդակը, երբ ապահովվում է նվազագույն շահույթը: Այստեղ.

Շուկայական արժեք (Market Price/ MP)՝ շուկայում համարժեք գինն է՝ տվյալ տեսակի նախագիծ իրականացնելու համար:

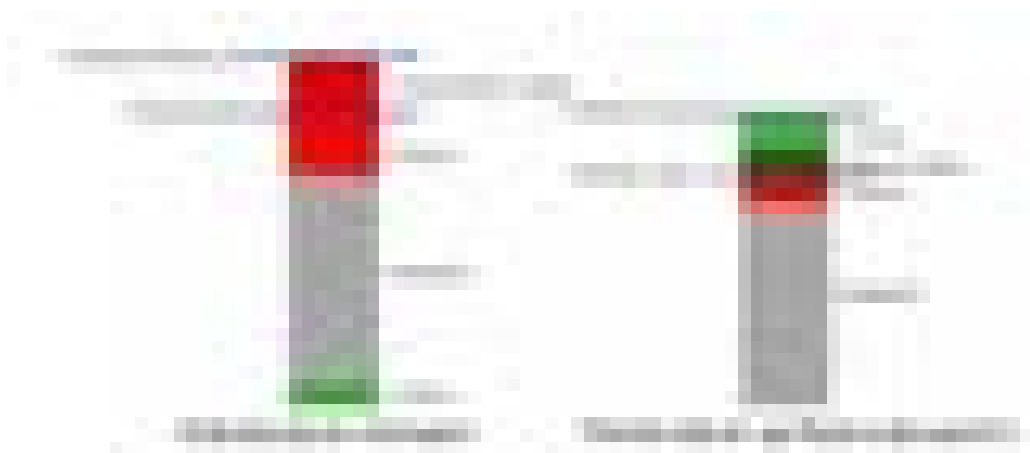
Նվազագույն շահույթ (minimum profit/ mp)՝ այն սահմանային շահույթն է, որի պահպանման դեպքում նախագիծը համարվում է ընդունելի կազմակերպության համար:

Այս հաշվարկը կարևոր է նախնական փուլում՝ ռիսկերը գնահատելու և որոշելու համար, արդյոք արժե անցնել նախագծի իրականացմանը տվյալ պայմաններում.

$$TC = MP - ip: \quad (3)$$

(3)-րդ հավասարումը վերաբերում է նպատակային ծախսի (TC) սահմանմանը՝ հաշվի առնելով իդեալական շահույթի հասնելու պահանջը: Այստեղ *ip (ideal profit)* ներկայացնում է այն շահույթը, որն առաջադրված է որպես ռազմավարական նպատակ տվյալ նախագծի համար: Սույն բանաձևը կիրառվում է այն իրավիճակներում, երբ կազմակերպությունը ձգտում է ոչ միայն ծախսերը վերահսկել, այլ նաև բարձրացնել շահութաբերությունը՝ առանց շուկայական արժեքից շեղվելու: Այն հատկապես կարևոր է ներդրումային արդյունավետության բարձրացման տեսանկյունից [13]:

Ինչպես ներկայացված է նկարում, նախագծի ընդհանուր արժեքն ավանդաբար կազմվում է աշխատանքի արժեքի և շահույթի գումարից: Նպատակային արժեքին հասնելու համար թիմը շահույթի խթան է ստանում՝ նվազեցնելու աշխատանքների արժեքը՝ առանց նախագծի արժեքը կամ որակը նվազեցնելու: Հիմքում դրված են վստահությունը, համագործակցությունը, կապալառուների վաղ ներգրավվածությունը, բաժինների միջև խնդիրների համատեղ լուծումը և լիարժեք թափանցիկությունը: Այս մոտեցումը նվազեցնում է անորոշությունից ու վատ կոորդինացիայից առաջացող ավելորդ ծախսերը և խթանում է արդյունավետ, կայուն ու իրական արժեք ստեղծող նախագծի իրականացումը [11, 14]:



Նկ. Ավանդական (DBB) և սահմանված արժեքով նախագծման (TVD) մոդելների գրաֆիկական համեմատություն

Արդյունքներ և քննարկում

Հետազոտության հիմնական վերլուծական արդյունքը սահմանված արժեքով նախագծման (TVD) մեթոդի կողմից շինարարական ծախսերի կառավարման հիմնադրույթի արմատական փոփոխությունն է: Գրականության բովանդակային վերլուծության հիման վրա պարզ է դառնում, որ TVD-ն ապահովում է անցում ռեակտիվ մոտեցումից (որտեղ արժեքը գնահատվում է նախագծի ավարտից հետո) դեպի պրոակտիվ, կանխարգելիչ մոտեցում (որտեղ արժեքը սահմանում է նախագծի սկիզբը):

Աղյուսակ 1

Ավանդական (DBB) և սահմանված արժեքով նախագծման (TVD) մոդելների համեմատություն

Ցուցիչ	Ավանդական մոտեցում (Design-Bid-Build)	TVD մոտեցում
Ծախսի ձևավորում	Նախագծումից հետո է որոշվում բյուջեն	Նախապես սահմանվում է բյուջեն՝ որպես սահմանափակում
Շահույթի ձևավորում	Շահույթ = Գին - Ծախս	Ծախս = Շուկայական գին - Շահույթ
Շահագրգիռ կողմերի ներգրավում	Նախագծման ավարտից հետո	Նախագծման սկզբնական փուլից
Ռիսկերի բաշխում	Պատվիրատու	Համատեղ՝ պատվիրատու + կապալառու
Վերանախագծման հավանականություն	Բարձր	Նվազագույն
Բյուջետային գերազանցումների ռիսկ	Բարձր	Ցածր
Կայունության ցուցանիշներ	Հաճախ անտեսվում են	Ներառված են նախագծման սկզբում

Աղյուսակի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ TVD-ն կիրառելով՝ նախագծի թիմը խուսափում է նախագծման վերջին փուլերում «արժեքի կորստից» (Value Loss), երբ բացահայտվում է բյուջեի գերազանցումը: Փոխարենը, TVD-ն պարտադրում է, որ բոլոր նախագծային որոշումները կայացվեն նպատակային ծախսի (Target Cost) սահմաններում:

TVD մեթոդի կիրառումը չունի աշխարհագրական սահմանափակումներ և դրա ներուժը ՀՀ շինարարական ոլորտում անժխտելի է, քանի որ այն ուղղակիորեն լուծում է հայկական նախագծերին բնորոշ՝ բյուջեի գերազանցման և պրոցեսային անարդյունավետության խնդիրները:

Հետազոտությունը հաստատում է, որ TVD-ն, որպես նորարարական մոտեցում, ապահովում է հետևյալ առավելությունները.

- Բարձր կանխատեսելիություն.** Ծախսերի կառավարումը սկսվում է շատ վաղ փուլերից, ինչը զգալիորեն բարձրացնում է նախագծի վերջնական արժեքի ճշգրտությունը:
- Ավելի բարձր արժեք.** մեթոդը կենտրոնանում է հաճախորդի համար առավելագույն արժեք ստեղծելու վրա, ոչ թե պարզապես ծախսերը նվազեցնելու:
- Ինտեգրացիոն մոտեցում.** խրախուսվում է պատվիրատուի, նախագծողի և կապալառուի միջև բաց և վստահելի համագործակցությունը, ինչը նվազեցնում է վեճերը և ռիսկերը:

TVD մեթոդի գործնական արդյունավետությունը ցուցադրող հաջողված օրինակներից է **Sutter Health Eden Medical Center-ի** խոշորածավալ նախագիծը, որի արժեքը կազմել է շուրջ **320 մլն ԱՄՆ դոլար**:

Նախագիծն իրականացվել է ինտեգրված նախագծային մոդելի (IPD) շրջանակներում, որտեղ TVD-ն ծառայել է որպես հիմնական գործիք՝ արժեքի կառավարման համար: Նախագիծն ավարտվել է չորս տարվա ընթացքում՝ առանց բյուջետային շեղումների:

TVD-ի հիմնական մեխանիզմները.

- Վավերացում.** ինտեգրված թիմն ուսումնասիրել է բոլոր նախագծային տարբերակները՝ ծախսերի խնայողության հնարավորություններ բացահայտելու համար, առանց որակի կամ ֆունկցիոնալության նվազեցման:

- **Շարունակական մշտադիտարկում.** կիրառվել է ծախսերի մշտական վերահսկում՝ ճշգրտելով նախագծի բոլոր տարրերը, սկսած կառուցվածքից մինչև կայունության չափանիշներ:
- **Տեխնոլոգիաներ.** արդյունավետությունն ապահովվել է BIM մոդելավորման և Last Planner System-ի կիրառմամբ, ինչը նպաստել է բոլոր շահագրգիռ կողմերի վաղ ներգրավվածությանը և փոխվստահությանը:

Այս համադրված մոտեցումը հնարավորություն է տվել միաժամանակ հասնել բյուջետային, ժամկետային և որակային նպատակներին:

Չնայած առավելություններին, TVD-ի լիարժեք ներդրումը ՀՀ շինարարական շուկայում բախվում է երեք հիմնական խոչընդոտի.

1. **Մշակութային դիմադրություն և կառուցվածքային բարդություն.** TVD մոտեցման ինտեգրված բնույթը և կիրառական բարդությունը պահանջում են անցում ավանդական, մրցակցային պայմանագրերից (որտեղ շահույթը գաղտնի է) դեպի համագործակցային մոդելներ (օրինակ՝ IPD): ՀՀ շուկայի մասնակիցները հիմնականում պատրաստ չեն ռիսկերը և շահույթը համատեղ կիսելուն:
2. **Տեխնոլոգիական բաց.** մեթոդի արդյունավետությունը մեծապես կախված է շինարարական տեղեկատվական մոդելավորման (BIM) և 5D գնահատման գործիքների կիրառումից՝ ծախսերն ակնթարթորեն հաշվարկելու համար: Այս գործիքները ՀՀ-ում դեռևս չեն գտնում իրենց համընդհանուր կիրառությունը:
3. **Կադրային պատրաստվածություն.** TVD-ն պահանջում է մասնագետներ, որոնք ունեն ոչ միայն ինժեներական կամ տնտեսագիտական գիտելիքներ, այլև կարող են կիրառել Lean սկզբունքները և կառավարել ինտեգրված թիմեր:

Ելնելով վերլուծությունից՝ TVD մեթոդը առավել նպատակահարմար է կիրառել բարդ, խոշոր և ռազմավարական շինարարական նախագծերում (օրինակ՝ ենթակառուցվածքների զարգացում, արդյունաբերական համալիրներ, բացառիկ բարձրահարկ շինություններ), որտեղ նախագծման սխալի գինը չափազանց բարձր է: Ստանդարտ և փոքր ծավալի նախագծերում դրա ներդրման ծախսերը կարող են տնտեսապես անհիմն լինել:

TVD-ն ՀՀ-ում հաջողությամբ ներդնելու համար անհրաժեշտ է միջոցներ ձեռնարկել կիրառական և ինստիտուցիոնալ մակարդակներում, որոնք կլինեն Եզրակացության բաժնի առանցքը:

Եզրակացություն

Հետազոտության արդյունքները հաստատում են, որ **սահմանված արժեքով նախագծումը** (TVD) ժամանակակից և արդյունավետ մեթոդ է՝ շինարարական ծախսերի կառավարման գործում ավանդական մոդելների թերությունները հաղթահարելու համար: TVD-ն փոխում է ծախսերի պլանավորման տրամաբանությունը՝ դրանք դարձնելով նախագծման սահմանափակող գործոն, այլ ոչ թե վերջնական արդյունք: Հոդվածը վերլուծեց TVD-ի միջազգային փորձը և ցույց

տվեց դրա կիրառական ներուժը ՀՀ շինարարական միջավայրում, որտեղ առկա են զգալի ֆինանսական և ժամանակային անարդյունավետություններ:

Հայաստանի ներկայիս պայմաններում TVD-ն հատկապես կիրառելի է այնպիսի նախագծերում, որտեղ հնարավոր է նախապես սահմանել հստակ արժեքային սահմաններ, օրինակ՝ դպրոցաշինություն և կրթական ենթակառուցվածքների և առողջապահական հաստատությունների կառուցում կամ վերակառուցում, արդյունաբերական օբյեկտներ և հասարակական նշանակության շինություններ: Այս նախագծերում, հատկապես տիպային կամ կրկնվող բնույթի օբյեկտների դեպքում, հնարավոր է ավելի ճշգրիտ սահմանել թիրախային արժեքը և նախագծումն ուղղել դրա պահպանմանը՝ կիրառելով TVD-ի ամբողջ ուժը:

Հիմնվելով այս ամենի վրա, TVD մեթոդի հաջող և լիարժեք ներդրումն ապահովելու համար առանձնացվում են հետևյալ երեք առաջնահերթ գործողությունների ուղղությունները. 1. ինստիտուցիոնալ և քաղաքականության բարեփոխումներ, 2. տեխնոլոգիական ինտեգրացիա և ստանդարտների մշակում, 3. մարդկային կապիտալի զարգացում:

Վերոնշյալ ուղղություններով գործողությունների ծավալման համար անհրաժեշտ է, որ ոլորտի յուրաքանչյուր հիմնական շահառու կատարի կոնկրետ քայլեր.

1. Պետական մարմիններ և կարգավորող մարմիններ. Անհրաժեշտ է նախաձեռնել փոփոխություններ ՀՀ պետական գնումների մասին Օրենքում, թույլատրելով և խրախուսելով ինտեգրված նախագծային մոդելների (օրինակ՝ IPD) կիրառումը, որոնք համահունչ են TVD-ի սկզբունքներին: Ակնկալվող արդյունքն է ծախսերի կանխատեսելիության բարձրացումը և բյուջետային գերազանցումների նվազեցման հաշվին ռիսկերի համատեղ կառավարումը: Պետք է մշակվեն ազգային ուղեցույցներ և ստանդարտներ TVD-ի կիրառման համար, որի ակնկալվող արդյունքը կլինի TVD-ի միասնական և իրավական հիմքով կիրառումը, որը կբարձրացնի ոլորտի թափանցիկությունը:

2. Պատվիրատուներ. Խորհուրդ է տրվում փոխել գերակա չափանիշն ամենացածր առաջարկից դեպի լավագույն արժեքի և որակի հարաբերակցություն, որի ակնկալվող արդյունքը կլինի նախագծային լուծումների որակի բարձրացումը և կենսացիկլի ընդհանուր արժեքի նվազեցումը: Պարտավորություն պետք է ստանձնվի ռիսկերը և շահույթը բաց կերպով կիսել կապալառուների և նախագծային կազմակերպությունների հետ, ինչն ակնկալվող արդյունք կունենա փոխվստահության մթնոլորտի ստեղծումը և շահագրգիռ կողմերի մոտիվացիան՝ TVD-ի թիրախային արժեքին հասնելու համար:

3. Նախագծային կազմակերպություններ. ակտիվորեն ներդնել BIM և 5D ծրագրային ապահովում՝ ծախսերի արագ և ճշգրիտ հաշվարկման համար: Այս քայլի ակնկալվող արդյունքն է ծախսային գնահատումների ճշգրտության ապահովումը և վերանախագծման անհրաժեշտության կտրուկ նվազեցումը: Կադրերին վերապատրաստել TVD-ի և Lean Construction-ի մեթոդաբանություններին տիրապետելու համար, ինչի ակնկալվող արդյունքն է թիմային աշխատանքի արդյունավետության բարձրացումը:

4. Կապալառուներ. Անհրաժեշտ է մշակել ներքին մեխանիզմներ TVD-ի սկզբունքները շինհրապարակում կիրառելու համար (օրինակ՝ Lean մատակարարման շղթա, Last Planner System): Այս քայլի ակնկալվող արդյունքը շինարարական թափոնների և ծախսերի նվազեցումն է: Պետք է ապահովել մատակարարների և ենթակապալառուների վաղ ներգրավվածությունը նախագծման փուլում, ինչը կրերի մատակարարման շղթայի օպտիմալացման, որը կնպաստի TVD-ի նպատակային ծախսին հասնելուն:

Այսպիսով, TVD-ի ներդրումը ՀՀ շինարարության ոլորտում հնարավորություն կտա ոչ միայն արդյունավետորեն կառավարել ծախսերը, այլև բարձրացնել ոլորտի թափանցիկությունը և ներդրումային գրավչությունը:

Գրականության ցանկ

- [1] **Ս.Շ. Ստեփանյան**, Շինարարության էկոնոմիկա, ՃՇՀԱՀ, Երևան, 2019, 316 էջ:
http://ecoma.am/gradaran/el_girq/shineco.pdf
- [2] **Miron, L., R. R. B., and A. B.** (2022). Exploring Value Generation in Target Value Design Applying a Value Analysis Model. MDPI. <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/7/922>
- [3] **Do, D., Chen, C., Ballard, G., & Tommelein, I. D.** (2014). Target Value Design as a Method for Controlling Project Cost Overruns. IGLC Proceedings. Lean-construction-ebook-ANZ.pdf
- [4] **Hosseini, S. A., T. T. D., and K. P.** (2024). «Integrating Lean Construction with Sustainable Construction: Drivers, Dilemmas and Countermeasures». MDPI.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/16/21/9387>
- [5] **Holm, L.** (2019). *Cost accounting and financial management for construction project managers*. Abingdon, Oxon; New York, NY: Routledge, Taylor & Francis Group.
<https://www.routledge.com/Cost-Accounting-and-Financial-Management-for-Construction-Project-Managers/Holm/p/book/9781138550650>
- [6] BUILDXACT, What is Lean Construction?, eBook,
<https://www.buildxact.com/us/resources/ebooks/what-is-lean-construction-ebook/>
- [7] Gómez-Cabrera A, Salazar LA, Ponz-Tienda JL, Alarcón LF. Lean tools proposal to mitigate delays and cost overruns in construction projects. In: Tommelein ID, Daniel E, editors. *Proc. 28th Annual Conf. Int. Group for Lean Construction (IGLC28)*; 2020; Berkeley, CA, USA.
<https://doi.org/10.24928/2020/0049>
- [8] Lean Construction Institute, Business Case for Lean Project Delivery, Immersive Education Program.2021 https://leanconstruction.org/wp-content/uploads/2022/08/9_LCI_Business-Case-for-Lean_Standard-2021.pdf
- [9] Н.В. Трифонов, Е.В. Конвисарова, Бюджет строительной организации на основе принципов бережливого производства, Жилищные стратегии 10 (4) (2023).
<https://1economic.ru/lib/119936>
- [10] G. Jacob, N. Sharma, Z.K. Rybkowski, G. Devkar, Target Value Design: Development and Testing of a Virtual Simulation, in: L.F. Alarcón, V.A. González (Eds.), *Proc. 29th Annual Conf. Int. Group for Lean Construction (IGLC29)*, Lima, Peru, 2021, pp.

- https://www.researchgate.net/publication/353321771_Target_Value_Design_Development_and_Testing_of_a_Virtual_Simulation
- [11] T.O. Malvik, A. Johansen, O. Torp, N.O.E. Olsson, Evaluation of Target Value Delivery and Opportunity Management as Complementary Practices, *Sustainability* 13 (14) (2021) <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/14/7997>
- [12] Lean Construction Journal. Lean Construction Journal. Int. Group for Lean Construction (IGLC); 2019. <https://leanconstructionjournal.org>
- [13] Giménez, Z.; Mourgues, C.; Alarcón, L.F.; Mesa, H. Exploring Value Generation in Target Value Design Applying a Value Analysis Model. *Buildings* 2022, 12(7), 922. <https://doi.org/10.3390/buildings12070922>
- [14] P. Orihuela, J. Orihuela, S. Pacheco, Implementation of Target Value Design (TVD) in building projects, in: Creative Construction Conference 2015, Budapest, Hungary. https://www.academia.edu/14821572/Implementation_of_Target_Value_Design_TVD_in_building_projects
- [15] Ballard, G., Howell, G., & Rybkowski, Z. K. (eds.) (2011). *Target Value Design: Current Benchmark*. Lean Construction Institute, Washington, D.C. <https://doi.org/10.60164/71a1f5b4f>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ С УСТАНОВЛЕННОЙ СТОИМОСТЬЮ: СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ЭФФЕКТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ЗАТРАТАМИ

Сирануш Арамаисовна Галстян*, Ара Арамович Оганесян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

*galstyansiranush@nuaca.am

Строительная отрасль, как стратегический сектор экономики, часто сталкивается с проблемами бюджетного контроля, потерь времени и неэффективного использования ресурсов. В ответ на эти вызовы сформировались инновационные подходы, включая концепцию «бережливого строительства» (*Lean Construction*), ключевым инструментом которого является проектирование с определённой стоимостью (*Target Value Design, TVD*). Данный метод предлагает обратный процесс проектирования с разработкой решений, соответствующих установленному бюджету, что стимулирует сотрудничество заинтересованных сторон и позволяет более эффективно управлять затратами. В настоящей статье анализируется практика применения метода TVD в строительных проектах, рассматриваются его основные принципы, механизмы реализации, а также преимущества и существующие ограничения. На основе результатов исследования представлены рекомендации, направленные на повышение эффективности применения метода TVD, что будет способствовать улучшению финансового управления строительными проектами, снижению потерь стоимости и увеличению инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: контроль затрат, TVD, строительство, управление стоимостью, интегрированное проектирование, сотрудничество заинтересованных сторон

TARGET VALUE DESIGN: A MODERN APPROACH FOR EFFECTIVE CONSTRUCTION COST MANAGEMENT

Siranush Galstyan* Ara Hovhannisyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

*galstyansiranush@nuaca.am

The construction sector, as a strategic branch of the economy, often faces challenges related to budget control, time losses, and inefficient use of resources. To address these challenges, innovative approaches have emerged, including Lean Construction, whose key tool is Target Value Design (TVD). TVD offers a reverse design process aimed at developing solutions aligned with a predetermined budget, promoting collaboration among stakeholders and enabling more effective cost management. This article analyzes the practical application of the TVD method in construction projects, reviewing its main principles, implementation mechanisms, as well as advantages and existing limitations. Based on the research findings, recommendations are presented to enhance the effective application of the TVD method, which will contribute to improved financial management of construction projects, reduction of value loss, and increased investment attractiveness.

Keywords: cost control, TVD, construction, value management, integrated design, stakeholder collaboration

Գալստյան Սիրանուշ Արամայիսի (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Էկոնոմիկայի, իրավունքի և կառավարման ամբիոն, մագիստրանտ, (+374) 77708338, galstyansiranush@nuaca.am, **Հովհաննիսյան Արա Արամի, տնտ. թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Էկոնոմիկայի, իրավունքի և կառավարման ամբիոն, (+374)93203898, ara@cpc.am

Галстян Сирануш Арамаисовна (РА, г. Ереван) - НУАКА, кафедра Экономики, права и управления, магистрант, (+374)77708338), galstyansiranush@nuaca.am, **Оганесян Ара Арамович, к.э.н, доцент** (РА, г. Ереван) - НУАКА, кафедра Экономики, права и управления, (+374 93203898), ara@cpc.am

Galstyan Siranush (RA, Yerevan) - NUACA, Faculty of Management and Technology, Master of Management, (+374)77708338), galstyansiranush@nuaca.am, **Hovhannisyan Ara, Ph.D. in Economics, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Economics, Law and Management, (+374 93203898), ara@cpc.am

Ներկայացվել է՝ 10.11.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 01.12.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ACOUSTIC BUILDING STRUCTURES IN HALLS

Bagrat Gasparyan*Military academy named after Vazgen Sargsyan, Yerevan, RA**bagratgasparyan63@gmail.com*

The article presents the essential requirements for ensuring acoustic comfort in halls. The study analyzes the effectiveness of using multiresonant acoustic building structures to eliminate multiple reflections in halls. The results of investigations of multiresonant acoustic building structures integrated into the building are presented under real conditions, conducted in the conference hall of the Molodyozhnaya Hotel located on Dmitrovskoye Highway in Moscow and in the production workshop of the Almast Factory in Yerevan.

Keywords: *Helmholtz resonator, multiresonant acoustic building structures, reverberation chamber, reverberation time, sound absorption coefficient*

Introduction

Green construction is a modern field that is dynamically developing all over the world [1- 5].

There are problems of green construction.

1. Use of environmentally friendly, non-allergenic building materials.
2. Reduction of emissions of greenhouse gases, garbage, polluted water.
3. Improvement of air quality, as well as thermal and acoustic characteristics in the building. Building acoustics is one of the most important areas of green construction. Building acoustics solves two important problems.

The first is the reduction of low-frequency and infrasound noise in production buildings, Second, improving the acoustic environment of quality oral speech and music in halls, auditoriums, and recording studios.

Without sound amplification electrical systems, music and the Human Natural Voice, as well as energy, water, soil, are valuable resources that must be conserved.

Why keep the natural sound? The structure of water absorbs energy from the environment. The positive or negative energies of speech and music affect the human body, down to the cell [1]. Therefore, it is necessary to create favorable acoustic conditions of the environment. At the same time, designing rooms with only natural sound completely eliminates the cost of implementing and using sound reinforcement systems.

1.1 Acoustic perception and early reflections

Experimental and psychoacoustic studies show that for high speech intelligibility the arrival time of early reflections should not exceed 0,2 s relative to the direct sound. When early reflections arrive within $t \leq 0,2$ s, the listener perceives the direct sound and reflections as a single acoustic event, which increases perceived loudness without degrading intelligibility. Reflections arriving later than this interval contribute to audible echo and reduce speech clarity. For large halls, longer delays (up to 0,5...0,6 s) may be perceptible; however, such delays are generally considered unacceptable for speech-oriented spaces without electroacoustic support [2].

Reverberation is the result of multiple sound reflections from room surfaces. Excessive reverberation leads to overlapping of successive speech sounds and loss of intelligibility, especially in large-volume spaces. Therefore, control of early reflections and reverberation time is a primary indicator of acoustic quality in halls.

Thus, the indicator of the quality of the sound environment in the audience is the response. Sound reflects differently from different surfaces. Smooth, smooth surfaces reflect sound the way a mirror reflects

light (the angle of incidence equals the angle of reflection). Rough materials reflect sound in many directions, the reflected sound from such surfaces is perceived as blurred, words are unclear. The main indicator of the quality of the sound environment in the auditorium is the reverberation. Reverberation is the phenomenon of multiple reflections of sound from flat, smooth surfaces in a room.

In small auditoriums, the sound reflected from the walls and ceiling reaches the listener quickly after passing short distances, the listener hears the word and the echo of the same word almost simultaneously, and the perception of the word is understandable.

In large auditoriums, the sound reflected from the walls and ceiling, traveling long distances, reaches the listener late, the listener hears the current word of the speaker and the echo of the previous word of the speaker at the same time, the current word and the echo of the previous word are combined and the words are not understood. Reverb, Reverb Delay: Reverb time should be reduced.

Back in 1895, Professor Clement Sabine of Harvard University found one of the main equations of architectural acoustics: Reverberation time is directly proportional to the volume of the room, inversely proportional to the surfaces of the walls, ceiling and floor [1].

$$T = \frac{0,164 \cdot V}{a \cdot S} . \quad (1)$$

1.2 Hall proportions, surface treatments, and reverberation requirements

The acoustic quality of halls depends not only on the applied sound-absorbing or resonant structures, but also on the geometric proportions of the hall, the acoustic treatment of its surfaces, and the reverberation time requirements defined by the functional purpose of the space. A comprehensive and integrated consideration of these factors is essential for achieving high speech intelligibility and musical quality.

Geometric proportions of halls

The ratios between the height, width, and length of a hall have a significant influence on the distribution of room acoustic modes and the uniformity of the sound field. Unfavorable proportions may lead to standing waves and pronounced resonances, which degrade speech intelligibility and musical perception. In practice, it is recommended to avoid simple integer ratios (e.g., 1:1:2) and to apply proportions that ensure a more uniform modal distribution, such as 1,0:1,4:1,9 or similar ratios.

Surface treatments and material selection

The materials used for floors, walls, and ceilings affect sound reflection and absorption in different ways. Floor constructions should reduce impact noise and avoid excessive specular reflections. Certain wall surfaces, particularly rear and lateral walls, should be treated with materials having higher sound absorption coefficients in order to prevent secondary and multiple reflections. At the same time, a balanced combination of reflective and absorptive surfaces is required to create a lively but controlled acoustic environment.

Types of halls and reverberation time requirements

Acoustic requirements vary considerably depending on the functional type of the hall. In lecture halls and classrooms, speech intelligibility is the primary criterion; therefore, the allowable reverberation time should be relatively short. In theatrical halls, a balanced reverberation is required, whereas concert halls intended for chamber or symphonic music require longer reverberation times, which enhance musical richness and fullness.

Thus, the proposed multi-resonance acoustic building structures are most effective when applied as part of an integrated acoustic design strategy that combines appropriate hall geometry, surface treatment, and reverberation time corresponding to the hall's functional purpose.

1.3 Hall geometry, surface treatment, and hall types

The acoustic quality of halls depends not only on sound-absorbing structures but also on hall geometry, surface materials, and functional purpose.

Hall proportions (geometry)

Geometric proportions significantly influence modal distribution and reverberation control. Unfavorable ratios between height, width, and length may result in strong standing waves and uneven sound fields. For halls designed primarily for natural sound, the following approximate ratios are recommended:

- Small speech halls: $H : W : L \approx 1,0 : 1,4 : 1,9$
- Medium multipurpose halls: $1,0 : 1,5 : 2,2$
- Music halls: $1,0 : 1,6 : 2,4$

Equal or integer-multiple dimensions should be avoided to prevent strong axial resonances.

Surface materials and acoustic treatment

Surface finishes play a critical role in acoustic performance. Floor constructions should reduce impact noise and low-frequency buildup. Side walls should be partially treated with higher sound-absorption materials to prevent secondary echoes, while rear walls often require increased absorption or diffusion to suppress late reflections. Ceilings should combine reflective zones for beneficial early reflections and absorptive zones for reverberation control.

Types of halls and recommended reverberation time

Different hall types require different reverberation times (RT):

- Lecture and conference halls: $0,6 \dots 0,9 \text{ s}$
- Drama theaters: $0,8 \dots 1,2 \text{ s}$
- Chamber music halls: $1,2 \dots 1,6 \text{ s}$
- Symphonic concert halls: $1,8 \dots 2,2 \text{ s}$

Multi-resonance absorbers are especially effective in adjusting reverberation time in the low-frequency range, where conventional absorbers are inefficient.

In halls and auditoriums, the biggest influence on the reverberation time is the sum coefficient α of sound absorption of the walls, ceiling, floor, and sound-absorbing structures.

Damping of sound energy is carried out due to the multiple incidence and reflection of sound waves inside the resonator and reaches its peak when the frequency of the sound wave falling on the resonator coincides with the frequency of the resonator's own oscillations.



Fig. 1. Helmholtz resonator oscillator system

The Helmholtz resonator is an oscillatory system. The air in the hole is the oscillating mass, and the air in the vessel acts as an elastic element, a spring (fig. 1).

The resonance frequency of the resonator in the form of a cube with a side of 33 cm (with a volume of $0,33 \times 0,33 \times 0,33 = 0,036 \text{ m}^3$):

$$f = \frac{c}{\lambda}, \lambda = \sqrt[3]{V} = 0,33 \text{ m}, f = \frac{340}{0,33} = 1030 \text{ Hz}. \quad (2)$$

While effective in the low-frequency range, the resonator has a significant disadvantage in that it provides noise reduction only in a very narrow band of frequencies, having a single resonance frequency of 1030 Hz.

Materials and Method

In order to increase the efficiency of the Helmholtz resonator in the low-frequency and infrasound range, in order to obtain several values of the resonance frequency, the author of the article developed multi-resonance acoustic systems at the Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences in Moscow (fig. 2) [6].

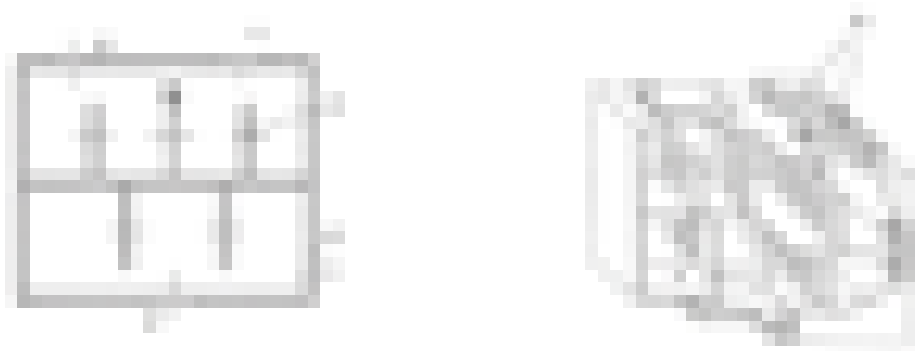


Fig. 2. Multi-resonance low-frequency sound absorber, in the interior of which, parallel to the input holes, a fine-grained partition is placed on elastic links, damping suspensions

The resonator with rigid nipple walls (1) is a hollow parallelepiped or cube (2), in the cavity of which fine diffraction gratings are placed parallel to the input holes (3 and 4) on adjustable elastic links on damping suspensions.

Diffraction screens (6) are installed on the inlet holes (3, 4 and 5), which are adjusted with screws. The resonator is a "mass-spring" type oscillator system. "Mass" (3, 4 and 5) is the mass of air in the inlet ports. The elasticity of compressed air in the cavity acts as a "spring". In addition, the masses of air in the holes of the diffraction grating are also capable of resonant oscillations, as well as the masses of the grating itself. All together form a multiresonance system.

The resonant frequencies depend on the volume of the cavity. By moving the diffraction grating with the help of adjustable springs, we increase the volume of the cavity, the elasticity of the oscillatory system, lowers the resonance frequency (2).

When the sound waves fall on the input holes (3 and 4), the diffraction of sound waves occurs on the screens (5) - bending, bending of the sound waves, as a result of which the oscillating mass increases in the input holes (3 and 4), which lowers resonance frequency. Further reduction of the resonance frequency to 63...80 Hz is done by reducing the stiffness of the springs. The multi-resonance efficiency of sound absorption of the resonator is in the range of 63...500 Hz.

The other resonator is a hollow-walled hollow cube (1) with an inlet hole (3), separated from the inside by an inclined gravel partition (4). The resonator has a diffraction screen (6) with adjustment screws (7), which is placed in front of the hole (3) (fig. 3) [7].



Fig. 3. Multi-resonance low-frequency sound absorber, with a diagonal, adjustable screws, the finegrained septum is installed

By changing the volume of the cavity through the inclined partition (4), we change the resonance frequency. For example, by increasing the volume, the elasticity of the oscillatory system, we lower the resonant frequency.

When a sound wave falls on a diffraction screen, the plates of the screen vibrate. A "mass-spring" oscillatory system occurs.

The resonant frequency is shifted to a lower frequency range by increasing the mass of the plates of the diffraction screen and decreasing the stiffness of the springs:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (3)$$

k is the stiffness of the spring, m is the mass of the plates.

The thickness of the plates of the diffraction screen is less than 1 mm, and it is placed at a distance δ from the entrance hole (3), which is determined by:

$$\delta \leq 7,3 \cdot 10^{-3} \cdot \lambda, \quad (4)$$

where λ – sound wavelength, cm.

To determine the effectiveness of resonators, first measure the Reverberation Time of an empty audience without resonators, then the Reverberation Time of an audience with resonators.

If the response time is reduced, the resonators are efficient.

The efficiency of the resonators was also measured in the reverberation chamber of the Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. To determine the effectiveness of resonators, the reverberation time is first measured without resonators in an empty reverberation chamber, then in a reverberation chamber with resonators. If the response time is reduced, the resonators are efficient.

Tests have shown that the resonators reduce the sound pressure level in the low-frequency range from 20 to 700 Hz by 3 to 7 dB, and in the medium frequency range from 700 to 2000 Hz by 9 to 12 dB.

Results and Discussions

The efficiency of the resonator was determined in 3 stages:

1. investigation of a separate resonator in the plane sound wave field of the interferometer, determination of the sound absorption coefficient,
2. investigation of the resonator assembly in the diffuse sound field of the reverberation chamber,

3. investigation of the resonator assembly in real conditions, in an exact hall, in the Conference Hall of the Molodyozhnaya Hotel on Dimitrovskaya Highway in Moscow and in the production workshop of the Almast Plant in Yerevan.

Experimental studies were carried out at the Research Institute of Construction Physics of the National Academy of Architecture and Construction Sciences of the Russian Federation, Moscow.

Stage 1 of the research

Investigation of a separate resonator in the plane sound wave field of an interferometer: determination of the sound absorption coefficient

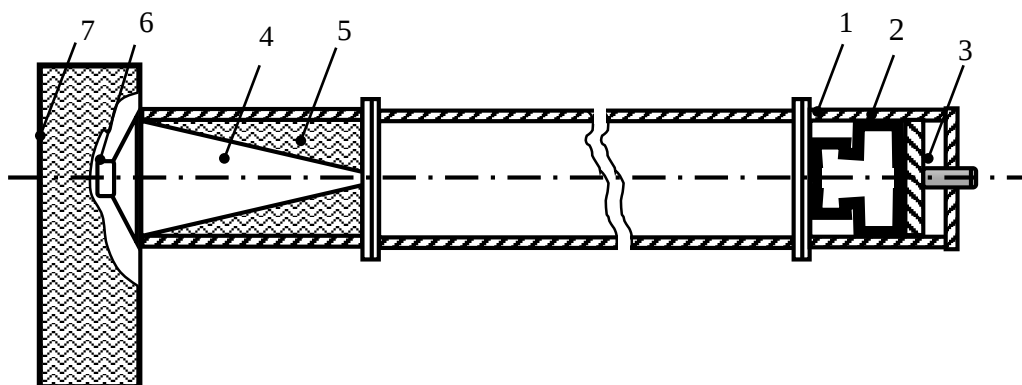


Fig. 4. Developed, tested and patented interferometer. Scheme of the study of a separate resonator in the field of a plane sound wave of an interferometer: 1-acoustic tube, 2- resonator under test, 3- cylinder rod, 4- conical sound tube , 5- sound-absorbing material, 6- electrodynamic radiator, 7- sound-absorbing housing

The proposed interferometer (fig. 4) is a tube (1) with a square cross-section, on one side of which is located the resonator under test (2), mounted on a cylinder (3) [8, 9].

On the other side of the tube are located a conical sound tube (4) wrapped with sound-absorbing material (5), an electrodynamic radiator (6), which is tightly attached to the conical sound tube (4) and is located in a sound-absorbing housing (7).

In the case of interference, the difference in the phases of the oscillations remains constant and determines the magnitude of the amplitude of the wave obtained from the superposition.

The wave must be flat, perpendicular to the front, otherwise the measurements of the maximum and minimum of the interference will create an inaccurate image.

A plane sound wave is a wave whose constant phase front surface is a plane.

To obtain a plane sound wave, the length of the sound wave must be greater than the diameter of the interferometer: $\lambda > 1,71 \cdot D$.

In this case, the curvature of the plane sound wave near the sound source and near the resonator under test is smoothed out at some distance along the length of the interferometer tube.

The reliability of the measurements requires that 2 maxima and 2 minima of the wave be located along the length of the tube, that is, the length of the tube should be $L > 1,5 \lambda = 7,5$.

$$f = \frac{c}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{344}{70} \approx 5,0 \text{ m}.$$

It has been experimentally proven that the appropriate accuracy of measurements can also be obtained with 1 maximum and 1 minimum of the wave: $L > 0,75 \cdot \lambda$.

A new method for determining the sound absorption coefficient of a resonator in a plane (perpendicular to the front) sound wave field of an interferometer has been developed, tested and patented, which is

distinguished by higher efficiency due to the reduction of the places of measurement of sound pressure values and is carried out at one arbitrary point of the interferometer [8, 9].

Compared with the prototype interferometer, which allows testing only cylindrical resonators, the proposed interferometer allows studying cubic, parallelepipedal resonators. It has been experimentally proven that the appropriate measurement accuracy can also be obtained by reducing the length of the interferometer from 7 to 2 meters. By measuring 1 maximum and 1 minimum instead of 2 maximums and 2 minimums of a standing wave placed along the length of the tube.

Along the length of the outer surface of the interferometer (1), at an arbitrary point, a microphone is placed (shown) to receive elastic vibrations. An acoustic field is created in the tube (1) through the sound tube (4) by means of the electrodynamic radiator (6).

Sound pressure is measured at a certain frequency of the sound field. During the sound pressure measurement, the frequency is constantly changed until a frequency value is obtained at which the sound pressure at that same point takes on a minimum value.

From the measured minimum and maximum values of sound pressures, the reflection coefficients ε and the sound absorption coefficient α are determined by calculation formulas.

The determination of the sound absorption coefficient is reduced to determining the difference between the sound pressure levels at the maximum and minimum:

$$\Delta L = 20l g \frac{P_{max}}{P_{min}}, \quad (5)$$

where P_{max} is the maximum sound pressure, P_{min} is the minimum,

$P_{max} = A + B$, $P_{min} = A - B$, A is the amplitude of the incident wave, B is the reflected one.

Where: $A = \frac{P_{max} + P_{min}}{2}$, $B = \frac{P_{max} - P_{min}}{2}$.

ε the modulus of the reflection coefficient will be:

$$|\varepsilon| = \frac{\frac{P_{max}}{P_{min}} - 1}{\frac{P_{max}}{P_{min}} + 1}.$$

$$\text{Since: } \frac{P_{max}}{P_{min}} = 10^{\frac{\Delta L}{20}}.$$

$$|\varepsilon| = \frac{10^{\frac{\Delta L}{20}} - 1}{10^{\frac{\Delta L}{20}} + 1}.$$

The value of the sound absorption coefficient will be determined by:

$$\alpha = 1 - |\varepsilon|^2 = \frac{4}{10^{\frac{\Delta L}{20}} + 10^{-\frac{\Delta L}{20}} + 2}. \quad (6)$$

Using the values of the last two formulas, a graph is constructed (fig. 5), which allows determining the ε reflection and α sound absorption coefficients by the difference in sound pressure levels ΔL .

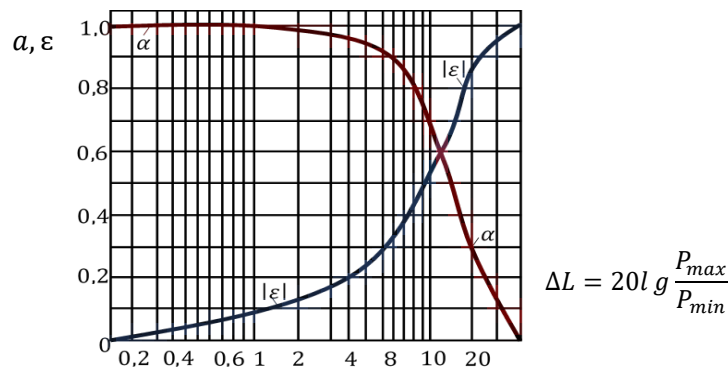


Fig. 5. Dependence of ε reflection and α sound absorption coefficients on sound pressure levels

Stage 2 of the study

Investigation of the resonator structure in the diffuse sound field of the reverberation chamber

In accordance with the norms of the International Organization for Standardization Committee on Acoustics, the reverberation method requires a large room with a volume of 180 to 200 m^3 , with non-parallel walls with a slope of 10° [10].

In order to reduce the cost and time of research, the structure consisting of 24 sound resonators is examined in the reverberation chamber only after receiving positive test results in the plane sound wave field of the interferometer.

In the reverberation chamber, the sound is completely reflected from the walls, ceiling, and floor. The walls, ceiling, and floor are finished with sound-reflecting materials, such as high-quality cement or marble.

In the reverberation chamber, the diffuse sound field is created by the irregular shape of the reverberation chamber: the walls are not parallel and are uneven. In the reverberation chamber, the sound is completely reflected from the surrounding surfaces, and at each point the sound pressure is on average the same, and the arrival of sound waves from different directions is equally likely.

Isolated from external sounds and vibrations, the Sound Field in the Anechoic Chamber is created by reference sources of noise, with 4 loudspeakers, electrodynamics, directed to the corners of the Anechoic Chamber.

Sound pressure level 80 ± 3 dB, operating frequency range 60 to 8000 Hz.

Measurements in the Anechoic Chamber were made using microphones - receiver microphones, and devices measuring the noise pressure level - sound level meters by Bruel and Kier [11].

The main indicator of the quality of the acoustic environment in the reverberation chamber is the reverberation.

The reverberation method makes it possible to determine the total sound absorption coefficient of various objects, furniture, and resonators, which is impossible to achieve in interferometry.

The higher efficiency of the checkerboard arrangement of resonators in the reverberation chamber has been experimentally proven, compared to the serial and mixed arrangement of resonators. The checkerboard arrangement of resonators increases the total sound absorption of the resonator structure due to diffraction, which occurs as a result of the curvature of sound waves in the spaces between the resonators.

To determine the efficiency of the resonators, we first measure the standard reverberation time of the empty reverberation chamber without resonators - the time during which the sound pressure level decreases by 60 dB after turning off the sound source. Then we measure the standard reverberation time of the reverberation chamber with resonators.

If the reverberation time has decreased, then the resonators are efficient.

Knowing the standard reverberation times of the empty reverberation chamber and the reverberation chamber with resonators, we can determine the total sound absorption in the chamber without resonators and with resonators.

In the reverberation chamber, the greatest influence on the reverberation time is the sum of the sound absorption coefficients a of the walls, ceiling, floor, and sound-absorbing structures.

Stage 3 of the study

Research on the resonator complex in real conditions in halls and workshops

We tested the resonators in the hall and workshops. In a hall with low sound quality, the sound reflected from the walls and ceiling reaches the students with a long delay and interferes with the perception of the

primary sound. Students hear the primary sounds and the reflected sounds simultaneously, the words are distorted.

We measured the sound decay time: Standard reverberation time (1).

The greatest influence on the reverberation time is the sum of the sound absorption coefficients α of the sound-absorbing structures, the resonators.

After the sound is turned off, the reverberation in the room gradually weakens due to the absorption of sound by the sound-absorbing structures. The time it takes for the sound pressure level to drop by 60 dB is called the Standard Reverberation Time.

To determine the efficiency of the resonators, we first measure the Reverberation Time of the empty hall without resonators, and then the Reverberation Time of the hall with resonators.

If the Reverberation Time has decreased, then the resonators are efficient [12].

Conclusions

1. Multi-resonance acoustic structures designed for improving the acoustic environment of quality speech and music in halls, auditoriums, and recording studios have been developed.
2. Tests in the reverberation chamber and in real conditions in halls and recording studios have confirmed the high efficiency of multi-resonance acoustic structures.
3. It is advisable to use multi-resonance acoustic constructions for the reduction of low-frequency and infrasound noise in production buildings.
4. The content of the article can be used in "Green Construction", "Construction Acoustics", and "Architectural Acoustics" courses.

References

- [1] **Sam Kubba**, ISBN 978-0-12-385128-4 Handbook of Green Building Design and Construction, Imprint: Butterworth-Heinemann, 2012, 820 p.
- [2] **Kuttruff, H.** Room Acoustics, 6th ed., CRC Press, 2016.
- [3] **Yan Ji and Stelios Plainiotis**, ISBN 7-112-08390-7 Design for Sustainability, Beijing: China Architecture and Building Press., 2006.
- [4] **D. Magliacano et al.** Numerical investigations about the sound transmission loss of a fuselage panel section with embedded periodic foams. Appl. Acoust., 2021.
- [5] **B.-S. Kim et al.** Double resonant porous structure backed by air cavity for low frequency sound absorption improvement. Compos. Struct., 2019.
- [6] **Л.А. Борисов, Б.Ю. Гаспарян, М.И. Могилевский**, Резонансный низкочастотный звукопоглотитель, Авторское свидетельство СССР N1291681, Зарегистрировано 22 окт. 1986 г., Москва, 4 с.
- [7] **Л.А. Борисов, Б.Ю. Гаспарян, Г.Л. Осипов**, Резонансный низкочастотный звукопоглощающий поглотитель, Авторское свидетельство СССР N1296225, Зарегистрировано 30 нояб. 1986 г., Москва, 3 с.
- [8] **Л.А. Борисов, Б.Ю. Гаспарян, Ю.М. Чудинов**, Способ измерения характеристик звукопоглощающих конструкций, Авторское свидетельство СССР N1613874, Зарегистрировано 15 авг. 1990 г., Москва, 4 с.
- [9] **Л.А. Борисов, Б.Ю. Гаспарян, Ю.М. Чудинов**, Способ определения коэффициента звукопоглощения звукопоглощающих конструкций, Авторское свидетельство СССР N1682908, Зарегистрировано 07 окт. 1991 г., Москва, 4 с.
- [10] **ISO 354:2003**. Acoustics – Measurement of sound absorption in reverberation rooms.
- [11] **Gustafsson, M., & Johansson, L.** (2017). "Reverberation and sound absorption in rooms." *Building and Environment*, 115, 51-60.
- [12] **Kang, J., & Zhang, Y.** (2018). "Noise Control in Buildings: A Guide to Acoustics and Soundproofing". *Journal of Building Performance*, 9(2), 99-105.

**ԱԿՈՒՍՏԻԿ ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՏԻՎՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ
ԵՎ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ԴԱՂԻՃՆԵՐՈՒՄ**

Բագրատ Յուրիի Գասպարյան

Վ. Սարգսյանի անվան Ռազմական ակադեմիա, ք. Երևան, ՀՀ
bagratgasparyan63@gmail.com

Հոդվածում ներկայացված են դահլիճներում ակուստիկ հարմարավետության ապահովման անհրաժեշտ պահանջները: Աշխատանքը վերլուծում է դահլիճներում բազմակի արձագանքների վերացման նպատակով բազմառեզոնանս Ակուստիկ շինարարական կոնստրուկցիաների օգտագործման արդյունավետությունը: Ներկայացված են բազմառեզոնանս Ակուստիկ շինարարական կոնստրուկցիաների համակառուցի խմբի հետազոտման արդյունքներն իրական պայմաններում՝ Մոսկվա քաղաքի Դիմիտրովյան խճուղու վրա գտնվող Մոլոդեժնայա հյուրանոցի Գիտաժողովների դահլիճում և Երևանի Ալմաստ գործարանի արտադրամասում:

Բանալի բառեր. Հեղինակի ռեզոնատոր, բազմառեզոնանս Ակուստիկ շինարարական կոնստրուկցիաներ, հետարձագանքման խցիկ, հետարձագանքման ժամանակ, ձայնակլանման գործակից

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ В ЗАЛАХ**

Баграт Юрьевич Гаспарян

Военная академия им. Вазгена Саркисяна, г. Ереван, РА
bagratgasparyan63@gmail.com

В статье представлены необходимые требования для обеспечения акустического комфорта в залах. Работа анализирует эффективность использования многорезонансных акустических строительных конструкций для устранения многократного эха в залах. Представлены результаты исследования группы многорезонансных акустических строительных конструкций в реальных условиях: в зале конференций гостиницы Молодежная на Димитровском шоссе г. Москвы, и в производственном цеху завода Алмаз г. Еревана.

Ключевые слова: резонатор Гельмгольца, многорезонансные акустические строительные конструкции, реверберационная камера, время реверберации, коэффициент звукопоглощения

Գասպարյան Բագրատ Յուրիի, տ. գ. թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Երևան) - Վ. Սարգսյանի անվան ռազմական Ակադեմիա, ճշգրիտ առարկաների ամբիոն, (+374)93831536, bagratgasparyan63@gmail.com

Гаспарян Баграт Юрьевич, к.т.н., доцент (РА, г. Ереван) – Военная академия им. Вазгена Саркисяна, кафедра Точных наук, (+374)93831536, bagratgasparyan63@gmail.com

Gasparyan Bagrat, doctor of philosophy (PhD) in Engineering, Associate Professor (RA, Yerevan)- Military academy named after Vazgen Sargsyan, Chair of Exact Sciences, (+374)93831536, bagratgasparyan63@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 01.12.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 15.12.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

ՀԱՍՄԱԿՑՎԱԾ ՀԵՆԱՐԱՆԻ ԿՈՇՏՈՒԹՅԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ասատուր Վանոյի Էլոյան*, Արման Հայկի Մեսրոպյան

Ա. Նազարովի անվ. երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ, ք. Գյումրի, ՀՀ

*aeloyan@yandex.ru

Ներկայացված է հաջորդաբար միացված ռետինամետաղե և զսպանակային տարրերից կազմված համակցված հենարանի կոշտության բնութագրերի հաշվարկային վերլուծություն տեսական մեթոդաբանությամբ: Ներկայացված հենարանի կոշտության բնութագրերի ուսումնասիրման և տեսական հաշվարկների ճշգրտության գնահատման նպատակով իրականացվել է թվային հաշվարկ համակցված հենարանի և հենարանի մաս կազմող զսպանակի համար: Թվային վերլուծության համար կիրառվել է վերջավոր տարրերի մեթոդը: Վերլուծության արդյունքում ստացված տվյալները վկայել են, որ գոյություն ունեցող տեսական մեթոդները տվյալ խնդրում կիրառման համար ունեն ճշգրտման կարիք, իսկ ներկայացված հենարաններում առաջարկվում է կիրառել կոշտության հարաբերությունների արժեքները որպես ուղղման գործակիցներ, որոնք կարող են ապահովել համակցված հենարանի մեխանիկական վարքի ավելի ճշգրիտ նկարագրությունը:

Բանալի բառեր. տատանումների սահմանափակիչ, զսպանակային հենարան, ռետինամետաղե հենարան, համակցված հենարան, վերջավոր տարրերի մեթոդ

Ներածություն

Ժամանակակից շինարարությունը պահանջում է արդյունավետ տատանումների սահմանափակիչ տարրերի մշակում [1-6], որոնք ունակ են ընկալել դինամիկ ազդեցությունների լայն սպեկտր, որը պայմանավորված է այդ ազդեցությունների բարդ բնույթով: Սահմանափակիչ սարքերի թվին են պատկանում զսպանակային և ռետինամետաղական հենարանները, որոնք մեծ կիրառություն են գտել արդյունաբերական, քաղաքացիական և կամուրջների շինարարության ոլորտներում:

Հենարանային տարրերն ավանդաբար դասակարգվում են ըստ ընկալվող ուժերի բնույթի՝ սեղմում, ձգում և պտույտ [7]: Փաստ է, որ թրթռամեկուսացման խնդիրների համար հիմնականում անհրաժեշտ է հենարան, որը կարող է միաժամանակ ընկալել բոլոր երեք ուժային գործոնները և ապահովել անհրաժեշտ կոշտության բնութագրեր [6]: Առաջացող խնդիրների լուծման համար հատուկ հետաքրքրություն է ներկայացնում համակցված հենարանային տարրերի սխեման, որում զսպանակային տարրը և ռետինամետաղական հենարանն աշխատում են համատեղ:

Հարկ է նշել, որ համակցված հենարանային համակարգերի իրական մոդելների մշակումը պահանջում է համալիր մոտեցում, որը համատեղում է տեսական մեթոդները, փորձնական ստուգումները և թվային մոդելների հաշվարկային վերլուծությունները, իսկ նշված խնդիրներին միտված ուսումնասիրություններն արդիական և արժեքավոր են համարվում, հաշվի առնելով նաև նմանատիպ ուսումնասիրությունների սակավությունը:

Տվյալ աշխատության շրջանակում ուսումնասիրվել է զսպանակային և ռետինամետաղական հենարանային տարրերի հաջորդաբար միացման սխեմայով ստացվող հենարանի կոշտության բնութագրերը, ինչպես նաև իրականացվել է գոյություն ունեցող հաշվարկային մեթոդների կիրառելիության ռացիոնալության գնահատում: Ռետինամետաղե հենարանը կոնստրուկտավորված է կամրջաշինության մեջ կիրառվող ГОСТ 32020-2012 ստանդարտին համապատասխան, իսկ որպես զսպանակ նախատեսվում է կիրառել ըստ ГОСТ 18793-80 պատրաստվող ընդհանուր նշանակության սեղման գլանային զսպանակ: Մշակված տեխնիկական լուծումը նախատեսված է կիրառել տվյալ հոդվածում [8] ներկայացված կինեմատիկ հենարանի կամ նմանատիպ հենարանների կազմում՝ որպես տատանումների սահմանափակիչ տարր:

Նյութեր և մեթոդներ

Դիտարկված են չորս համակցված հենարաններ (նկ. 1), որոնք բաղկացած են ռետինամետաղե բոլոր ուղղություններով շարժական հենարանից [9] և հաջորդաբար կոշտ միացված գլանային պողպատե զսպանակից [10]: Ռետինամետաղե հենարանը հատակագծում նախատեսված է քառակուսի: Ռետինի թերթի հաստությունը բոլոր հենարաններում ընդունված է 10 մմ, իսկ պողպատե թերթինը՝ 3 մմ: Չսպանակների երկրաչափական պարամետրերը ներկայացված են աղ. 1-ում:



Նկ. 1. Համակցված հենարանների սկզբունքային սխեմաներ

Զսպանակի երկրաչափական պարամետրեր

Զսպանակի նշանակումն ըստ ГОСТ 18793-80	Գալարի տրամագիծ, d , մմ	Աշխատող գալարների քանակ, n	Գալարների քանակ, n_0	Գալարների քայլ, t , մմ
1086 - 1248	20	8	10	32,50
1086 - 1268	25	7	9	40,00
1086 - 1278	36	6	8	49,33
1086 - 1288	40	5	7	57,27

Հետազոտվել են համակցված հենարանների աշխատանքի առանձնահատկությունները եռաչափ թվային մոդելի միջոցով, որի հաշվարկից ստացված արդյունքները համարվել են էտալոնային: Գնահատվել են կոշտության պարամետրերի որոշման տեսական մեթոդների ճշգրտությունը տվյալ խնդրի պայմաններում՝ ընդունելով զսպանակի տրամագծի և ռետինամետաղե հենարանի կողմի հարաբերությունը ($D/B = 0,6$) հաստատուն: Գլանային զսպանակի ուղղահայաց կոշտությունը որոշվել է հետևյալ բանաձևով՝

$$K_v = \frac{Gd^4}{8nD^3}, \quad (1)$$

որտեղ G -ն սահքի մոդուլն է, d -ն՝ գալարի տրամագիծը, n -ը՝ աշխատող գալարների թիվը, D -ն՝ զսպանակի միջին տրամագիծը: Գլանային զսպանակի հորիզոնական կոշտության որոշման համար կիրառվում են մի շարք տարբեր արտահայտություններ, ընդ որում տվյալ հավասարումները տարբերվում են զսպանակների բեռնավորման սխեմաներով [11-13], մասնավորապես, տվյալ ստանդարտներում ներկայացված հավասարումներում [12, 13] առկա է զսպանակի նախնական սեղմում, որը հանդես է գալիս արտադրիչներից մեկը, իսկ մեր խնդրի պայմաններում նախնական սեղմումը զրոյական է: Այսպիսով, դիտարկվել է երկու հավասարում, որոնք լայն կիրառվում են ինժեներական պրակտիկայում և ավելի համապատասխան են մեր խնդրի պայմաններին [7, 11]: Հավասարումները ներկայացված են ստորև.

$$K_{H1} = \frac{3Ed^4}{8Dn[3D^2 + (2+\nu)h_0^2]}, \quad (2)$$

$$K_{H2} = \frac{3Ed^4H}{8D^3n}, \quad (3)$$

որտեղ E -ն առաձգականության մոդուլն է, ν -ն՝ Պուասոնի գործակիցը, H -ը և h_0 -ն՝ զսպանակի ազատ բարձրությունը: Գլանային զսպանակի ոլորման կոշտության որոշման համար կիրառվել է հետևյալ հավասարումը [7]՝

$$K_\theta = \frac{Ed^4}{64Dn}. \quad (4)$$

Ռետինամետաղական հենարանի համապատասխանաբար սեղման, սահքի և ոլորման կոշտության որոշման [14] համար կիրառվել են հետևյալ հավասարումները.

$$K_v = \frac{EA}{H_r}, \quad (5)$$

$$K_H = \frac{GA}{H_r}, \quad (6)$$

$$K_\theta = \frac{4GI}{H}, \quad (7)$$

որտեղ H -ը ռետինամետաղե հենարանի բարձրությունն է, A -ն՝ ռետինամետաղե հենարանի մակերեսը, H_r -ը՝ ռետինի շերտերի գումարային բարձրությունը, I -ն հենարանի իներցիայի մոմենտն է, E -ն՝ ռետինի բերված առաձգականության մոդուլը, որը հաշվի է առնում հենարանի կազմում ռետինի աշխատանքի առանձնահատկությունները [14] և որոշվում է հետևյալ կերպ՝

$$E = 76,5G(\beta - 1,1), \quad (8)$$

որտեղ β -ն ռետինամետաղե հենարանի ձևից կախված գործակից է:

Համակցված հենարանի բաղկացուցիչ տարրերի բնութագրերը ներկայացված են աղ. 2-ում:

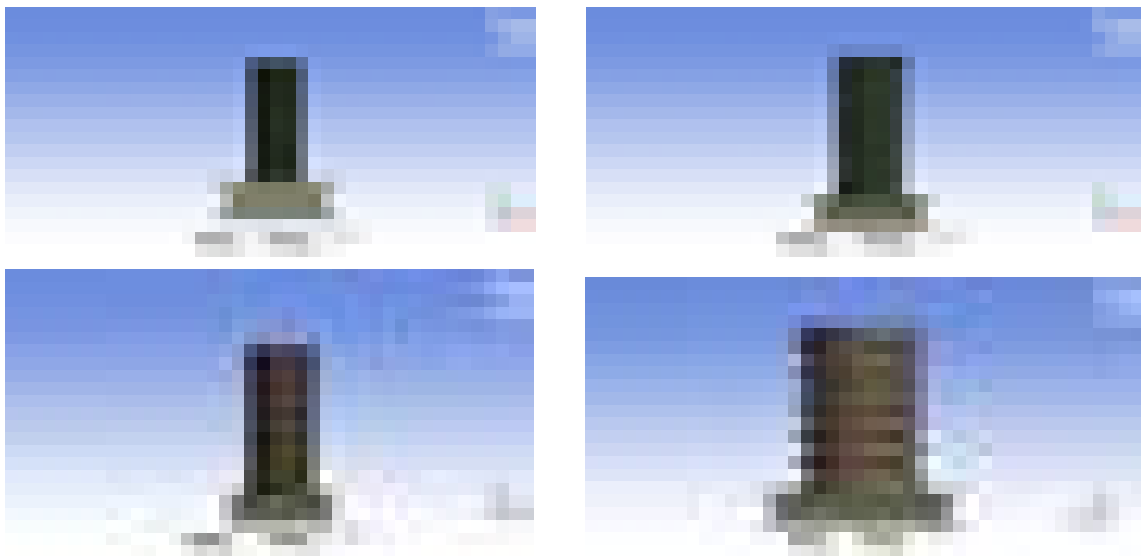
Աղյուսակ 2

Պողպատի և ռետինի ֆիզիկական բնութագրեր

Տարրի անվանում	Առաձգականության մոդուլ, E , ՄՊա	Սահքի մոդուլ, G , ՄՊա	Պուասոնի գործակից, μ
Պողպատ	200000	80000	0,30
Ռետին	-	0,90	0,49

Արդյունքներ և քննարկում

Իրականացվել է համակցված հենարանի հաշվարկ տեսական եղանակով [7], որի համար նախապես իրականացվել է զսպանակի և ռետինամետաղե հենարանի կոշտության բնութագրերի որոշումը: Ստացված արդյունքները համեմատվել են ծավալային երկրորդ կարգի վերջավոր տարրերից կազմված մոդելների (նկ. 2) վերջավոր տարրերի մեթոդով հաշվարկի արդյունքների հետ:



Նկ. 2. Համակցված հենարանի թվային հաշվարկային մոդելներ

Թվային հաշվարկային վերլուծության համար կիրառվել է *Ansys* ծրագրային փաթեթի *Mechanical Analysis* մոդուլը [15]: Տվյալ խնդրում պողպատի աշխատանքն ընդունվել է գծային, իսկ ռետինի աշխատանքը մոդելավորվել է ըստ *Neo-Hookean* հիպերառաձգական աշխատանքի մոդելի [16]: Արդյունքները ներկայացվել են աղ. 3-ում:

Աղյուսակ 3

Համակցված համակարգի հաշվարկային տվյալներ

Վերլուծության անվանում		Կոշտություն, կՆ/մմ, կՆ մմ/ռադ								
		Զսպանակային հենարան			Ռետինամետաղե հենարան			Համակցված հենարան		
		ուղղահայաց	հորիզոնական	ուլորման	ուղղահայաց	հորիզոնական	ուլորման	ուղղահայաց	հորիզոնական	ուլորման
Մոդել 1	Տեսական	0,115	0,052	520,8	268,5	0,90	9795,9	0,114	0,049	494,5
	Թվային		251,7						0,896	
Մոդել 2	Տեսական	0,165	0,085	1162,5	553,9	1,40	23915,8	0,164	0,080	1108,6
	Թվային		393,7						1,390	
Մոդել 3	Տեսական	0,480	0,280	4860,0	991,4	2,00	49591,8	0,470	0,240	4426,2
	Թվային		1260,0						1,990	
Մոդել 4	Տեսական	0,550	0,350	7619,1	1613	2,75	91875,0	0,549	0,310	7035,6
	Թվային		1196,9						2,740	
Մոդել 4	Տեսական	0,540	0,189	8330,6	-	-	-	0,530	0,170	7251,8
	Թվային		0,189						0,170	

Հաշվարկի արդյունքների վերլուծությունից պարզ է դառնում, որ մոդելներում զսպանակի ուղղահայաց կոշտության թվային մոդելների հաշվարկից ստացված արժեքներն ի համեմատ տեսական հաշվարկի, փոքր են համապատասխանաբար՝ 5 %, 3 %, 3,1 % և 2,7 % -ով, հորիզոնական կոշտության արժեքները հավասարում (2)-ի կիրառման պարագայում փոքր են՝ 67 %, 58,8 %, 57,1 % և 46 % -ով, իսկ ուլորման կոշտության արժեքները մեծ են՝ 3,8 %, 8,8 %, 9,1 % և 9,3 % -ով: Համակցված հենարանների թվային մոդելների հաշվարկից ստացված ուղղահայաց կոշտության արժեքներն ի համեմատ տեսական հաշվարկի, փոքր են համապատասխանաբար՝ 2,6 %, 16,4 %, 28,9 % և 3,5 % -ով, հորիզոնական կոշտության արժեքները հավասարում (2)-ի կիրառման պարագայում փոքր են՝ 77,0 %, 73,7 %, 80,4 % և 65,3 % -ով, իսկ ուլորման կոշտության արժեքները մոդել

1-ում և մոդել 4-ում մեծ են՝ 3,4 % և 3,1 %-ով, իսկ մոդել 2-ում և մոդել 3-ում փոքր են՝ 8,2 % և 22,8 %-ով: Ստացված տարբերությունները հիմնականում պայմանավորված են տեսական մեթոդների պարզեցվածությամբ և իրական աշխատանքի պայմանների տարածական բնույթով: Հավասարում (3)-ի միջոցով ստացված արդյունքներն էականորեն տարբերվում են թվային վերլուծության արդյունքներից և դիտարկման ենթակա չեն:

Հաշվարկային վերլուծության արդյունքում ստացված կոշտության տարբերությունները ներկայացված են աղ. 4-ում:

Աղյուսակ 4

Կոշտության հարաբերությունների արժեքները հաշվարկներում

Մոդելի անվանում		Մոդել 1	Մոդել 2	Մոդել 3	Մոդել 4
Համակցված հենարան	$\frac{k_{\theta i}^p}{k_{\theta i}^m}$	1,03	0,91	0,77	1,03
	$\frac{k_{Hi}^p}{k_{Hi}^m}$	0,34	0,26	0,19	0,54
	$\frac{k_{vi}^p}{k_{vi}^m}$	0,97	0,83	0,71	0,96

Եզրակացություն

Ներկայացված համակցված հենարանի տեխնիկական լուծման համար գոյություն ունեցող տեսական հաշվարկի մեթոդները, բացառությամբ մոդել 3-ի, ուղղահայաց և ոլորման կոշտության որոշման համար ընդհանուր առմամբ կիրառելի են, և արտացոլում են տվյալ հենարանի իրական աշխատանքը: Հորիզոնական կոշտության որոշման բանաձևերն առանց ուղղման գործակցի կիրառելի չեն:

Թվային և տեսական վերլուծության արդյունքները վկայում են, որ համակցված հենարանը մինչ զսպանակի ամբողջական նստումն ավելի ընկրկելի կլինի ուղղահայաց և հորիզոնական ուղղությամբ, ի համեմատ միայն զսպանակի, իսկ ամբողջական նստումից հետո, ելնելով ռետինամետաղական հենարանների մեծ կոշտությունից, կարող է ցուցաբերել համապատասխան աստիճանական դիմադրության հնարավորություն, որոնք անհրաժեշտ պայմաններ են տվյալ կինեմատիկ հենարանի համար:

Այսպիսով, ելնելով ստացված արդյունքներից, ներկայացված հենարաններում առաջարկվում է կիրառել կոշտության հարաբերությունների արժեքները, որպես ուղղման գործակիցներ: Ինչպես նաև նմանատիպ հենարանների նախագծման ժամանակ, հաշվի առնելով տվյալ տարրի պատասխանատու դերը, իրականացնել ծավալային վերջավոր տարրերից կազմված թվային եռաչափ մոդելների հաշվարկներ՝ հենարանի տարածական ոչ գծային աշխատանքի ազդեցությունները գնահատելու նպատակով:

Գրականության ցանկ

- [1] **А.М. Уздин, С.В. Елизаров, Т.А. Белаш**, Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений: учеб. пособие, ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», Москва, 2012, 501 с.
- [2] **Г.А. Джинчвелашвили, К.А. Волесников, В.Б. Заалишвили, И.С. Годустов**, Перспективы развития систем сейсмоизоляции современных зданий и сооружений, Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений 6 (2009) 27-31.
- [3] **Г.А. Джинчвелашвили, О.В. Мкртычев**, Эффективность применения сейсмоизолирующих опор при строительстве зданий и сооружений, Транспортное строительство 9 (2003) 15-19.
- [4] **C.Christopoulos, A.Filiatrault**, Principles of Passive Supplemental Damping and Seismic Isolation; Iuss Press, Pavia, Italy, 2019.
- [5] **I.B. Buckle, R.M. Mayes**, Seismic isolation: History, application, and performance—A world view. Earthq. Spectra 6 (1990) 161–201.
- [6] **F.Naeim, J.M.Kelly**, Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice, 1st ed.; John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA, 1999.
- [7] **С.Д. Пономарев, Л. Е. Андреева**, Расчет упругих элементов машин и приборов, Машиностроение, Москва, 1980, 326 с.
- [8] **Ա.Հ. Մեսրոպյան**, Նոր կինեմատիկ սեյսմամեկուսիչ հենարանի կիրառման արդյունավետության գնահատում, ՃՇՀԱՀ-ի գիտական աշխատությունների ժողովածու 1 (Երևան, 2025) 60-66:
- [9] **ГОСТ 18793-80**. Пружины сжатия. Конструкция и размеры, Москва, 1982, 79 с.
- [10] **ГОСТ 32020-2012**. Опорные части резиновые для мостостроения. Технические условия Москва, 2014, 27 с.
- [11] **ГОСТ 34093-2017**. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам. Москва, Стандартинформ, 2017, 42 с.
- [12] **DIN EN 13906-1:2013**. Cylindrical helical springs made from round wire and bar – Calculation and design – Pt 1: Compression springs. – Brussels: European committee for standardization, 2013.
- [13] **РД 32.51-95**. Методика расчета на прочность пружин рессорного подвешивания подвижного состава железных дорог при действии продольных и комбинированных нагрузок. Руководящий документ. Москва, ВНИТИ, 1995, 41 с.
- [14] **ОДМ 218.2.002-2008**. Рекомендации по проектированию и установке полимерных опорных частей мостов, Москва, 2008, 90 с.
- [15] **D. M. Practical**, Finite Element Analysis for Mechanical Engineers, FEA Academy 2020, 639 p.
- [16] **M.C. Boyce, E.M. Arruda**, Mechanics of Solid Polymers: Theory and Computational Modeling, Oxford University Press, Oxford, 2017, 600 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕСТКОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ ОПОРЫ

Асатур Ваноевич Элоян*, Арман Айкич Месропян

Институт геофизики и инженерной сейсмологии имени А. Назарова, г. Гюмри, РА

**aeloyan@yandex.ru*

Представлен расчетный анализ характеристик жесткости комбинированной опоры, состоящей из последовательно соединенных резинометаллического и пружинного элементов, выполненной с использованием теоретической методологии. С целью исследования жесткостных характеристик представленной опоры и проверки теоретических расчетов был проведен численный расчет для

комбинированной опоры и входящей в ее состав пружины. Для численного анализа был применен метод конечных элементов. Полученные в результате анализа данные показали, что существующие теоретические методы требуют корректировки применительно к данной задаче. Для представленных опор предлагается использовать значения отношений жесткостей в качестве поправочных коэффициентов, способных обеспечить более точное описание механического поведения комбинированной опоры.

Ключевые слова: ограничитель колебаний, пружинная опора, резинометаллическая опора, комбинированная опора, метод конечных элементов

STUDY OF STIFFNESS CHARACTERISTICS OF A COMBINED BEARING

Asatur Eloyan*, Arman Mesropyan

Institute of geophysics and engineering seismology after A. Nazarov, Gyumri, RA

**aeloyan@yandex.ru*

A computational analysis of the stiffness characteristics of a combined support, consisting of sequentially connected rubber bearing and spring elements, is presented, performed within the framework of a theoretical methodology. To investigate the stiffness behavior of the proposed support and to verify the theoretical calculations, a numerical analysis was carried out for both the hybrid support as a whole and the helical spring constituting one of its components. The finite element method (FEM) was employed as the primary tool for numerical simulation. The results obtained from the analysis demonstrate that the existing theoretical approaches, when applied to this problem, require refinement and adjustment. For the examined types of supports, it is proposed to use stiffness ratio parameters as corrective coefficients, which can provide a more accurate representation of the mechanical behavior of the combined support system.

Keywords: displacement restraining device, spring support, elastomeric bearing, combined support, finite element method

Էլոյան Ասատուր Վանոյի, տ.գ.թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Գյումրի) - ԵՒՄԻ, «Մեյսմակայուն շինարարության և ինժեներային սեյսմաբանության» բաժին, (+374)94583167, aeloyan@yandex.ru, **Մեսրոպյան Արման Հայկի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ԵՒՄԻ, «Մեյսմակայուն շինարարության և ինժեներային սեյսմաբանության» բաժին, հայցորդ, (+374)98268426, mesropyanarman99@gmail.com

Элоян Асатур Ваноевич, канд.техн.наук, доцент (РА, г. Гюмри) - ИГИС, отдел Сейсмостойкого строительства и инженерной сейсмологии, (+374)94583167, aeloyan@yandex.ru, **Месропян Арман Айкич** (РА, г. Ереван) - ИГИС, отдел Сейсмостойкого строительства и инженерной сейсмологии, соискатель, (+374)98268426, mesropyanarman99@gmail.com

Eloyan Asatur, doctor of philosophy (PhD) in Engineering, Associate Professor (RA, Gyumri) - IGES, Department of Earthquake-Resistant Construction and Engineering Seismology, (+374)94583167, aeloyan@yandex.ru, **Mesropyan Arman** (RA, Yerevan) - IGES, Department of Earthquake-Resistant Construction and Engineering Seismology, applicant, (+374)98268426, mesropyanarman99@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 02.10.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 30.10.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

ՋԵՐՄԱՄԵԿՈՒՍԱՑՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԲՆԱԿՖՈՆԴԻ ՍՈՑԻԱԼ-ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՎԻՃԱԿԻ ՎՐԱ

Դավիթ Գևորգի Հակոբյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
hakobyan.david@nuaca.am

Ներկայացված է Երևանի 11 բնակարանների արտաքին պատերի ջերմամեկուսացման համապարփակ ուսումնասիրություն՝ վերահսկիչ խմբի հետ համեմատական վերլուծությամբ: Հետազոտությունն իրականացվել է 2023-2024 թթ. ընթացքում՝ կիրառելով մեթոդաբանություն, որը ներառում է օբյեկտիվ սենսորային չափումներ, ինֆրակարմիր ջերմագրություն և կառուցվածքային հարցումներ: Արդյունքները ցույց են տալիս էներգասպառման միջինում 33,4 % ($\pm 8,2$ %, $p < 0,01$) նվազում, ներքին ջերմաստիճանի 2,3 °C ($\pm 0,5$ °C) բարձրացում և բնակիչների բավարարվածության 78 % աճ: Տեխնիկատնտեսական վերլուծությունը ցույց է տալիս 5,7 տարվա միջին փոխհատուցման ժամկետ:

Բանալի բառեր. ջերմամեկուսացում, էներգաարդյունավետություն, շենքերի վերանորոգում, ջերմային հարմարավետություն, CO₂-ի կրճատում, սոցիալական բնակարանային ֆոնդ, տեխնիկատնտեսական վերլուծություն

Ներածություն

Էներգաարդյունավետության բարձրացումը Հայաստանի Հանրապետության էներգետիկ անվտանգության և կլիմայական քաղաքականության առանցքային բաղադրիչն է: ՀՀ Կառավարության 2021 թ. որոշմամբ սահմանված նպատակը՝ մինչև 2050 թ. հասնել CO₂ արտանետումների 80% կրճատմանը, պահանջում է բնակարանային ֆոնդի արդիականացման համակարգային մոտեցում [1]:

Բնակարանային հատվածը սպառում է ՀՀ ընդհանուր էներգիայի 42,3 % -ը և պատասխանատու է CO₂ արտանետումների 26,8 % -ի համար (2023 թ. տվյալներ) [2, 3]: ՀՀ բնակֆոնդի 37,2 % -ը կառուցվել է մինչև 1990 թ. և բնութագրվում է ցածր ջերմամեկուսիչ հատկություններով ($K\text{-արժեք} = 1,8 \dots 2,2 \text{ Վտ/մ}^2\text{K}$), ինչը 3...4 անգամ գերազանցում է ժամանակակից նորմերը [4]:

Արտաքին պատերի մեկուսացման (ԱՊՄ) արդյունավետությունը լայնորեն ուսումնասիրված է միջազգային գրականության մեջ՝ ցույց է տրված, որ ԱՊՄ-ը կարող է նվազեցնել ջերմային կորուստները 35...45% սառը կլիմայական գոտիներում [5]: Նմանատիպ ուսումնասիրություններ են իրականացվել տարբեր երկրներում (Վրաստան, Ղազախստան), որոնք հաստատում են 30...40 % էներգախնայողության պոտենցիալը [6]: Սոցիալ-տնտեսական ազդեցությունների գնահատման

համար կարևոր են ոչ էներգետիկ օգուտներ՝ առողջության, հարմարավետության դերը բնակիչների բավարարվածության մեջ [7]: ՀՀ-ում նմանատիպ համապարփակ ուսումնասիրություններ չեն իրականացվել:

Նյութեր և մեթոդներ

Այս ուսումնասիրությունը կառուցված է համեմատական սկզբունքով՝ երկու խմբերի միջև: Առաջին խումբը (փորձարարական) ներառում է 11 բնակարան, որոնց արտաքին պատերը ծածկվել են հատուկ ջերմամեկուսիչ նյութով: Այս միջամտությունը նպատակ ուներ նվազեցնել ջերմության կորուստները և բարձրացնել տան էներգաարդյունավետությունը, ինչպես նաև ապահովել առողջապահության համաշխարհային կազմակերպություն (ԱՀԿ) կողմից առաջարկվող 18...24 °C օպտիմալ ջերմաստիճանային միջակայքը, որն անհրաժեշտ է համարվում բնակիչների առողջության և հարմարավետության համար: Երկրորդ խումբը (վերահսկիչ) ներառում է 8 բնակարան, որոնց պատերը չեն մեկուսացվել և մնացել են նախկին վիճակում: Այս խումբը ծառայում է որպես հիմք՝ համեմատելու համար, թե ինչքանով է փոխվում իրավիճակը մեկուսացման դեպքում և որքանով է հնարավոր հասնել ԱՀԿ-ի ջերմային հարմարավետության ստանդարտներին: Կարևոր է նշել, որ բոլոր 19 բնակարաններն ընտրվել են նմանատիպ շենքերից, տարբեր հարկերում գտնվող բացի առաջի և վերջի հարկից և ունեն խիստ նմանատիպ բնութագրեր՝ համանման մակերես, նմանատիպ պատուհանների քանակ և տեսակ, ինչպես նաև միևնույն ջեռուցման համակարգ: Այս նմանությունը երաշխավորում է, որ երկու խմբերի միջև տարբերությունները պայմանավորված են հենց մեկուսացմամբ, այլ ոչ թե այլ գործոններով (նկ. 1):



Նկ. 1. Հետազոտության մեթոդաբանության սխեման

Հետազոտության համար ընտրվել են բնակարաններ, որոնք համապատասխանում են հետևյալ պայմաններին.

- կառուցման տարիները – 1960-1985 թթ. կառուցված շենքեր (հին, խորհրդային շրջանի շենքեր, որոնք չունեն ջերմամեկուսացում),
- բնակարանի մակերեսը – 50...75 մ²,
- գտնվելու վայրը – շենքի 2-րդ, 3-րդ և 4-րդ հարկերում (ոչ ընդգծված և ոչ վերջին հարկ, որպեսզի բոլոր բնակարաններն ունենան նմանատիպ պայմաններ),

- արտաքին պատերի մասնաբաժինը – բնակարանի պատերից առնվազն 30 % -ը պետք է արտաքին պատեր լինեն,
- բնակիչների կամավոր մասնակցությունը – բնակարանի սեփականատերերը կամ բնակիչները պետք է համաձայն լինեն մասնակցել ուսումնասիրությանը:

Հետազոտության համար անհրաժեշտ տեղեկությունները հավաքագրվել են երեք տարբեր ուղիներով.

1) Ճշգրիտ սարքավորումներով չափումներ:

Բնակարաններում տեղադրվել են հատուկ սենսորներ և չափիչ սարքավորումներ.

- ջերմաստիճանի և խոնավության սենսորներ – օգտագործվել է HOBO UX100-003 մոդելը, որը չափում է ջերմաստիճանը շատ բարձր ճշգրտությամբ (սխալն ընդամենը $\pm 0,21$ °C է),
- ջերմացույց – FLIR E95 մոդելի ինֆրակարմիր խցիկ, որը ցույց է տալիս, թե որտեղից է ջերմությունը դուրս գալիս պատերից (ճշգրտությունը ± 2 °C, զգայունությունը $\pm 0,03$ °C):

2) Բնակիչների հարցումներ.

- հատուկ հարցաթերթիկների միջոցով հարցվել են բնակիչները երկու փուլերում՝
 - առաջին հարցումը – 2023 թ. հոկտեմբեր-նոյեմբեր ամիսներին, երբ դեռ պատերը չէին մեկուսացվել,
 - երկրորդ հարցումը – 2024 թ. հոկտեմբեր-նոյեմբեր ամիսներին՝ մեկուսացումից մեկ տարի անց,
 - պատասխան տվողների խմբաքանակը – փորձարարական խմբից՝ 92 % -ը, իսկ վերահսկիչ խմբից 88 % -ը լրացրել են հարցաթերթիկները:

Այս եղանակները միասին թույլ են տվել ստանալ ամբողջական պատկեր, թե ինչպես է ազդում պատերի մեկուսացումը տան էներգասպառման, ջերմաստիճանի և բնակիչների բավարարվածության վրա [8, 9]: Բնակարանների արտաքին պատերը ծածկելու համար օգտագործվել է հատուկ ջերմամեկուսիչ նյութ.

- նյութի տեսակը - փրփրապլաստ (EPS), որը հայտնի է նաև որպես պենոպլաստ,
- շերտի հաստությունը – 100 մմ,
- ջերմահաղորդականության գործակիցը- $\lambda=0,038$ Վտ/մ K,
- ջերմային դիմադրությունը - $R=2,63$ մ² K/Վտ,
- տեղադրման եղանակը – մեկուսիչ շերտերը կացվել են շենքի արտաքին պատերին հատուկ սոսնձի օգնությամբ:

Ջերմային դիմադրության հաշվարկը

Ջերմային դիմադրությունը հաշվարկվում է պարզ բանաձևով՝

$$R = d / \lambda,$$

որտեղ R -ը ջերմային դիմադրությունն է (մ² Կ/Վտ), d - ն՝ մեկուսիչ շերտի հաստությունը (մ), λ - ն՝ ջերմահաղորդականության գործակիցը (Վտ/մ Կ):

Մեր դեպքում

$$R = 0,1 / 0,038 = 2,63 \text{ մ}^2 \text{ Կ/Վտ} :$$

Այսինքն, 0,1 մ² հաստությամբ EPS շերտն ունի 2,63 ջերմային դիմադրության ցուցանիշ, ինչը նշանակում է, որ այն զգալիորեն կրճատում է ջերմության կորուստները ձմռանը և պահպանում է զովությունը ամռանը:

Հավաքագրված տվյալների մանրակրկիտ ուսումնասիրության և վերլուծության համար կիրառվել են հետևյալ վիճակագրական մեթոդները՝

- նկարագրական վիճակագրություն – հաշվարկվել են միջին արժեքները (օրինակ՝ միջին էներգասպառումը) և ստանդարտ շեղումները, որը ցույց է տալիս, թե որքան են տարբեր բնակարանների ցուցանիշները տարբերվում միջին արժեքից,
- *Էթեստ* – օգտագործվել են երկու խմբերը (փորձարարական և վերահսկիչ), միմյանց հետ համեմատելու համար և պարզելու, արդյոք իրականում տարբերություն կա, թե պատահական է,
- կորելացիոն վերլուծություն – Pearson և Spearman մեթոդներով ուսումնասիրվել է, թե արդյոք կապ կա տարբեր ցուցանիշների միջև (օրինակ, եթե մեկուսացումը հաստանում է, արդյոք էներգասպառումն ավելի շատ է նվազում),
- ռեգրեսիոն մոդելներ – ստեղծվել են գծային և բազմակի մոդելներ, որոնք թույլ են տալիս կանխատեսել, թե ինչպես կփոխվի էներգասպառումը տարբեր պայմաններում,
- վիճակագրական նշանակալիություն – որպես չափանիշ ընդունվել է $p < 0,05$, այսինքն՝ արդյունքները համարվում են հուսալի, եթե պատահականության հավանականությունը 5 %-ից պակաս է:

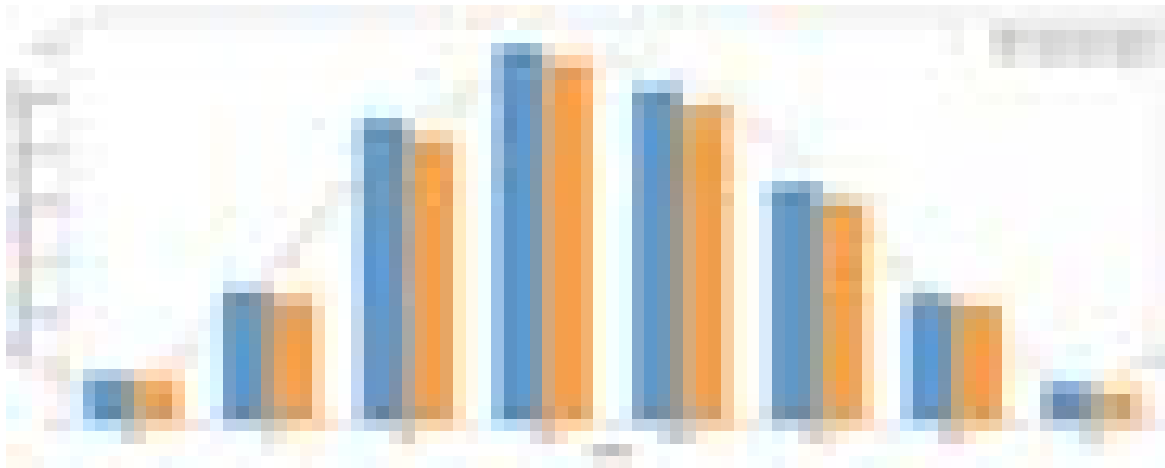
Այս մեթոդների համադրումը թույլ է տվել ապահովել հետազոտության արդյունքների հուսալիությունն ու ճշգրտությունը (նկ. 2):

Աղյուսակում ներկայացված են էներգասպառման տվյալները մինչև և հետո ԱՊՄ տեղադրումը:

Աղյուսակ

Էներգասպառման տվյալներն ԱՊՄ-ի տեղադրումից առաջ և հետո

Բնակ.	Մինչև ԱՊՄ (կՎտ ժ/ամիս)	Հետո ԱՊՄ (կՎտ ժ/ամիս)	Նվազում (%)	p-արժեք
1	892	624	30,0	0,002
2	718	318	55,7	<0,001
3	465	349	25,0	0,008
4	1187	652	45,1	<0,001
5	931	776	16,6	0,021
6	908	714	21,4	0,012
7	621	388	37,5	0,001
8	754	589	21,9	0,015
9	812	501	38,3	<0,001
10	695	445	36,0	0,003
11	923	612	33,7	0,002
Միջին	809,6	542,5	33,4±8,2	<0,001



Նկ. 2. Էներգասպառումը մինչև և հետո ԱՊՄ տեղադրումը

Հետազոտության արդյունքները ցույց են տալիս էական տարբերություն երկու խմբերի միջև. *Փորձարարական խումբ (ջերմամեկուսացված բնակարաններ)*

Այն բնակարաններում, որտեղ տեղադրվել էր ջերմամեկուսացում, էներգիայի սպառումը միջինում նվազել է 33,4 % -ով: Սա նշանակում է, որ եթե նախկինում բնակարանն ամսական սպառում էր օրինակ 100 միավոր էներգիա, այժմ սպառում է միայն 66,6 միավոր: Վիճակագրական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ իրական նվազումը 95 % հավանականությամբ գտնվում է 28,2 % -ից մինչև 38,6 % միջակայքում:

Վերահսկիչ խումբ (չմեկուսացված բնակարաններ)

Այն բնակարաններում, որոնց պատերը չեն մեկուսացվել, էներգասպառումը փոխվել է ընդամենը 2,1 % -ով: Սա շատ փոքր փոփոխություն է և կարող է պայմանավորված լինել եղանակի փոփոխություններով կամ բնակիչների վարքագծով: Այս խմբում 95 % հավանականությամբ փոփոխությունը գտնվում է 1,3 % -ից մինչև 5,5 % միջակայքում:

Վիճակագրական հաստատում

Երկու խմբերի (մեկուսացված և չմեկուսացված բնակարանների) միջև էներգասպառման տարբերությունը գնահատելու համար կիրառվել է Ստյուդենտի *t-թեստ*՝ անկախ նմուշների համար: Թեստի արդյունքները ցույց տվեցին վիճակագրորեն նշանակալի տարբերություն ($t=8,42$, $df=17$, $p < 0,001$), որտեղ $t = 8,42$ – t - վիճակագրություն կամ թեստային վիճակագրություն: Սա հաշվարկված արժեք է, որը ցույց է տալիս երկու խմբերի միջինների տարբերության մեծությունը՝ հաշվի առնելով դրանց ստանդարտ շեղումները: Որքան մեծ է t -ի բացարձակ արժեքը, այնքան ավելի էական և նշանակալի է երկու խմբերի միջև տարբերությունը: Մեր դեպքում $t = 8,42$ արժեքը բավականին բարձր է, ինչը վկայում է խմբերի միջև զգալի տարբերության մասին:

$df = 17$ - ազատության աստիճաններ (*degrees of freedom*): Այս պարամետրը ցույց է տալիս անկախ դիտարկումների քանակը և հաշվարկվում է բանաձևով՝ $df = n_1 + n_2 - 2$, որտեղ n_1 -ը առաջին խմբի (մեկուսացված բնակարանների) նմուշի չափն է (11 բնակարան), n_2 -ը՝ երկրորդ խմբի (չմեկուսացված բնակարանների) նմուշի չափը (8 բնակարան): Այսպիսով՝ $df = 11 + 8 - 2 = 17$:

$p < 0,001$ - նշանակալիության մակարդակ կամ p -արժեք: Սա հավանականությունն է, որ նմանատիպ կամ ավելի էքստրեմալ տարբերություն կարող է դիտվել պատահականորեն, եթե իրականում երկու խմբերի միջև տարբերություն չկա: $p < 0,001$ նշանակում է, որ այս հավանականությունը 0,1 % -ից փոքր է (կամ 1000-ից 1-ից փոքր): Սա համարվում է շատ ուժեղ վիճակագրական ապացույց:

Էներգիայի խնայողության տոկոսը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$ES = [(E_{առաջ} - E_{հետ}) / E_{առաջ}] \times 100 \%,$$

որտեղ ES –ն էներգախնայողության տոկոսն է, $E_{առաջ}$ –ը՝ էներգասպառումը մինչև մեկուսացումը, $E_{հետ}$ – ն՝ էներգասպառումը մեկուսացումից հետո:

Մեր հաշվարկը՝

$$ES = [(809,6 - 542,5) / 809,6] \times 100 = 33,4 \, \%:$$

Այսինքն, եթե բնակարանները միջինում ամսական սպառում էին 809,6 կՎտժ էներգիա, մեկուսացումից հետո սպառումը նվազել է մինչև 542,5 կՎտժ, ինչը կազմում է 33,4 % խնայողություն:

Արդյունքներ և քննարկում

Մեկուսացումից հետո բնակարանների ներսում ջերմաստիճանը միջինում բարձրացել է 2,3 °C-ով ($\pm 0,5$ °C):

Ջերմաստիճանի փոփոխությունները՝

- ցերեկը – 18,2 °C-ից բարձրացել է մինչև 20,5 °C,
- գիշերը – 16,8 °C-ից բարձրացել է մինչև 19,1 °C,
- ջերմաստիճանի տատանումները – նվազել են 4,2 °C-ից մինչև 2,1 °C:

Սա նշանակում է, որ մեկուսացումից հետո բնակարանները ոչ միայն ավելի տաք են, այլև ջերմաստիճանը մնում է գրեթե նույնը ողջ օրվա ընթացքում, ինչն ապահովում է ավելի հարմարավետ և կայուն միջավայր (նկ. 3):



Նկ. 3. Ներքին ջերմաստիճանի պրոֆիլը և բնակիչների բավարարվածությունը

Բնակիչների հարցման արդյունքները.

- ընդհանուր բավարարվածություն – 78 %-ը բավարարված են բնակարանի նոր պայմաններով,
- առողջության բարելավում – 67 %-ը նշել են դրական փոփոխություններ,
- խոնավություն և բորբոս – 82 %-ի դեպքում զգալիորեն նվազել է,
- աղմուկ – 45 %-ը նշել են, որ բնակարանում դարձել է ավելի հանգիստ:

Այսպիսով, ջերմամեկուսացումը ոչ միայն էներգիա է խնայում, այլև բարելավում է բնակիչների կյանքի որակը:

Ջերմամեկուսացման տնտեսական արդյունավետությունը գնահատվել է հետևյալ ցուցանիշներով:

Ծախսերը և խնայողությունները.

- սկզբնական ներդրում – մեկ բնակարանի պատերի մեկուսացումը միջինում արժե 450 000 *դրամ*,
- տարեկան խնայողություն – էներգիայի վճարների կրճատումից տարեկան խնայվում է 78 800 *դրամ*,
- փոխհատուցման ժամկետ – 5,7 *տարի*,
- NPV – 10 տարվա ընթացքում շահույթը կկազմի 182 300 *դրամ*,
- ներքին եկամտաբերության դրույքաչափը (IRR) – 14,3 %:

Փոխհատուցման ժամկետի հաշվարկը:

Փոխհատուցման ժամկետը հաշվարկվում է պարզ բանաձևով՝

Փոխհատուցման ժամկետ = Սկզբնական ներդրում / Տարեկան խնայողություն

Հաշվարկ՝ 450 000 *դրամ* / 78 800 *դրամ/տարի* = 5,7 *տարի*

Սա նշանակում է, որ եթե բնակարանի սեփականատերը մեկուսացման համար ներդնում է 450 000 *դրամ* և ամեն տարի խնայում 78 800 *դրամ* էներգիայի վրա, ապա մոտ 5 *տարի* և 8 *ամիս* հետո նա կվերադարձնի իր ներդրած գումարը, իսկ դրանից հետո միայն շահույթ կստանա:

Զուտ ներկա արժեքի (NPV) հաշվարկը:

Զուտ ներկա արժեքը հաշվարկվում է բանաձևով՝

$$NPV = \sum [CF_t / (1+r)^t] - I_0,$$

որտեղ CF_t – ն դրամական հոսքն է t -րդ տարում, r – ը՝ զեղչի դրույքաչափը (8 %), I_0 – ն՝ սկզբնական ներդրումը (450 000 *դրամ*):

Այս բանաձևը հաշվի է առնում, որ գումարի արժեքը ժամանակի ընթացքում փոխվում է գնաճի և այլ տնտեսական գործոնների պատճառով: Մեր հաշվարկներով 10 տարվա ընթացքում զուտ շահույթը կազմում է 182 300 *դրամ*:

Ուսումնասիրության արդյունքները համապատասխանում են միջազգային փորձին և հաստատում են, որ ԱՊՄ-ն արդյունավետ միջոց է Հայաստանի կլիմայական պայմաններում: Ստացված 33,4 % միջին էներգախնայողությունը համընկնում է այլ երկրների՝ նմանատիպ կլիմայային շրջաններում կատարված հետազոտությունների հետ [10-15]:

Եզրակացություն

Իրականացված փորձարարական հետազոտությունը հաստատեց արտաքին պատերի ջերմամեկուսացման էներգետիկ և սոցիալ-տնտեսական արդյունավետությունը Երևանի կլիմայական պայմաններում: Ստացված քանակական ցուցանիշները վկայում են ջեռուցման էներգասպառման էական կրճատման, ջերմային հարմարավետության բարելավման և ներդրումների տնտեսական արդարացվածության մասին:

Հետազոտության արդյունքները հիմք են հանդիսանում ջերմամեկուսացման տեխնոլոգիաների լայնամասշտաբ կիրառման համար՝ որպես ՀՀ էներգաարդյունավետության ազգային ռազմավարության իրագործման գործիք: Մեթոդաբանական մոտեցումը կարող է կիրառվել նմանատիպ կլիմայական պայմաններ ունեցող տարածաշրջաններում բնակելի ֆոնդի էներգետիկ արդիականացման ծրագրերի գնահատման համար:

Գրականություն

- [1] **ՀՀ Կառավարություն.** Հայաստանի Հանրապետության էներգաարդյունավետության բարձրացման ազգային ծրագիր 2022-2030թթ. Երևան, 2021:
- [2] **ՀՀՇՆ 24-01- 2016** «Շենքերի ջերմային պաշտպանություն» շինարարական նորմերը
- [3] **ՀՀ Վիճակագրական կոմիտե.** Էներգետիկ հաշվեկշիռ 2023. Երևան, 2023:
- [4] ՀՀ բնակելի ֆոնդի էներգետիկ անձնագրավորում. Հետազոտական զեկույց. Երևան, ՃՇՀԱՀ, 2020:
- [5] **X. Meng, B. Yan, Y. Gao, J. Wang, W. Zhang, E. Long,** Factors affecting the in situ measurement accuracy of the wall heat transfer coefficient using the heat flow meter method. *Energy and Buildings* 86 (2015) 754-765.
- [6] **N. Geberidze, L. Khmaladze,** Energy efficiency improvements in Georgian residential sector. *Energy Policy* 149 (2021) 112089.
- [7] **S. Tokbolat, F. Karaca, S. Durdyev, R.K. Calay,** Assessment of green building certification systems in Kazakhstan. *Building and Environment* 172 (2020) 106698.
- [8] **C.P. Vanderwilde, J.P. Newell,** Ecosystem services and life cycle assessment: A bibliometric review. *Resources, Conservation and Recycling* 169 (2021) 105461.
- [9] **F.H. Abanda, L. Byers,** An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM. *Energy* 97 (2016) 517-527.
- [10] **F. Causone, A. Tatti, A. Alongi,** From Nearly Zero Energy to Carbon-Neutral: Case Study of a Hospitality building. *Applied Sciences* 11 (2021) 10148.
- [11] **B. Abu-Jdayil, A. Mourad, W. Hittini, M. Hassan, S. Hameedi,** Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. *Construction and Building Materials* 214 (2019) 709-735.
- [12] **J. Silvestre, J. Brito, M. Pinheiro,** Environmental impacts and benefits of the end-of-life of building materials. *Journal of Cleaner Production* 66 (2014) 37-45.
- [13] UK Energy Research Centre UKERC Energy Data Centre. London, 2015.
- [14] **S. Walker,** Energy use in the home -- measuring and analysing domestic energy use and energy efficiency in Scotland. *Scottish House Condition Survey, The Scottish Government*, 2012.
- [15] **J.G.J. Olivier, K.M. Schure, J.A.H.W. Peters,** Trends in Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions: 2017 Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2017, 69 p.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА АРМЕНИИ

Давид Геворгович Акобян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
hakobyan.david@nuaca.am

Представлено комплексное исследование утепления наружных стен (УНС) 11 квартир в г. Ереване со сравнительным анализом с контрольной группой. Исследование проведено в 2023-2024 гг. с применением методологии, включающей объективные сенсорные измерения, инфракрасную термографию и структурированные опросы. Результаты показывают снижение энергопотребления в среднем на 33,4 % ($\pm 8,2$ %, $p < 0,01$), повышение внутренней температуры на 2,3 °C ($\pm 0,5$ °C) и рост удовлетворенности жителей на 78 %. Техничко-экономический анализ показывает средний срок окупаемости 5,7 лет.

Ключевые слова: теплоизоляция, энергоэффективность, реновация зданий, тепловой комфорт, сокращение CO₂, социальный жилищный фонд, технико-экономический анализ

THE IMPACT OF THERMAL INSULATION ON THE SOCIO-ECONOMIC CONDITION OF ARMENIA'S HOUSING STOCK

Davit Hakobyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
hakobyan.david@nuaca.am

The article presents a comprehensive study of external wall insulation (EWI) of 11 apartments in Yerevan with comparative analysis against a control group. The research was conducted in 2023-2024 using a mixed methodology that includes objective sensor measurements, infrared thermography, and structured surveys. The results show an average reduction in energy consumption of 33,4 % ($\pm 8,2$ %, $p < 0,01$), an increase in indoor temperature of 2,3°C ($\pm 0,5$ °C), and a 78 % increase in resident satisfaction. The techno-economic analysis shows an average payback period of 5,7 years.

Keywords: thermal insulation, energy efficiency, building renovation, thermal comfort, CO₂ reduction, social housing stock, techno-economic analysis

Հաղորդյան Դալիթ Գևորգի (ՀՀ, ք.Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ԶԳՄՕ ավրիոն, ասիլրիւն, (+374)77947353, hakobyan.david@nuaca.am

Акобян Давид Геворгович (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции, аспирант, (+374)77947353, hakobyan.david@nuaca.am

Hakobyan Davit (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of ventilation, gas and heat supply, phd student, (+374)77947353, hakobyan.david@nuaca.am

Ներկայացվել է՝ 20.10.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 21.11.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HYDRAULIC JUMPS IN CLOSED CONDUITS

Marianna Hakobyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
m.hakobyan@nuaca.am

This article examines the conditions for the development of hydraulic jumps in pipelines, the types of jumps, and the locations where they typically occur. A theoretical method for determining the relationship between conjugate depths is presented, along with its influence on the hydraulic regime of pipeline operation. In gravity pipelines, free-surface, pressurized, and mixed flow regimes may appear. The transition from pressurized to free-surface flow is smooth, whereas the reverse transition involves a surface discontinuity similar to a hydraulic jump in open channels. For a given discharge, the jump location depends solely on flow rate; as the flow increases, the jump shifts upstream. The behavior of hydraulic jumps and resulting flow choking in circular pipes remains insufficiently studied, though theory and experiments show encouraging agreement. This analysis is important for multipurpose water conduits, where free-flow sections are preferable for energy applications.

Keywords: pipeline, mixed regime, conjugate depth, air pocket, flow

Introduction

A hydraulic jump is a sudden transition from a supercritical to subcritical flow, with discontinuity in flow depth as well as in pressure and velocity field at the transition point [1]. The transition is sudden and most jumps involve a vigorously tumbling flow region, called roller, where much kinetic energy is being lost [2, 3] (fig. 1).

- 1 and sloping sections represents an,
- 2 undesired situation for pipeline engineers which may have a bad,
- 3 influence on flow assurance as well as pipeline integrity.

The gravitational water conduit belongs to the class of long pipelines of which hydraulic calculation making values of power local losses and kinetic energy losses are negligible small compared with power losses on transportation [4, 5]. From a hydraulic point of view, concentrated air pockets in pipeline profile peaks represent an additional source of energy loss that decreases discharge in case of gravity pipelines and increases energy consumption in case of pumped pipeline systems.

In article two cases of transition of a free-flow mode of movement in pressure head in the self-flowing pipeline are discussed, a) a subtime on the bottom end of the pipeline is supported to constants, the expense changes yes its gravitational value; b) the expense remains to constants, and a subtime on the bottom end changes to its static value. For considered cases the method of definition of type and a place of emergence of a hydraulic jump is given.

Materials and Methods

A hydraulic jump is a complex two-phase open channel flow with air entrainment into water. Several numerical studies were dedicated to the analysis of air–water flow characteristics. However, few physical data are available so far due to the complexity of the measurement.

Surface deformation and air entrainment was discussed by Wang and Chanson [6]. But to date, no investigation considered the impact of flow instabilities on turbulence characterisation for strong hydraulic jumps in pipeline with substantial air entrainment and intense free-surface deformation. Kalinske and Bliss [7] first investigated different air–water flow regimes in downward sloping pipes. Pothof [8] provided a further detailed view for the previous investigation. Accordingly, air–water flow can be classified into four regimes, namely, stratified flow, blowback regime, transitional flow regime, and full air transport regime. Escaramela investigated the required water velocity to keep air pockets of a certain size stable in a downwardly inclined pipe [8, 9].

Considering the numerous parameters required to describe the turbulent two-phase flow and the complexity arising with the coupling between almost all physical processes in wide ranges of length and time scales, our knowledge on hydraulic jumps is far from a full understanding.

The air-water flow properties were investigated with an intrusive phase-detection probe. The void fraction and bubble count rate data were documented in the jump roller, together with the interfacial velocity distributions [10]. Both the turbulent fluctuation and aeration properties are basic design parameters in urban water systems in which a hydraulic jump may take place [11,12].

Lubbers and Clemens [13] investigated the size-scale effects, caused by differences in pipe diameters, on the validity of the experimental results that describe the head loss through the air pocket and the rate of gas transport in downward sloping pipes. In the last twenty-five years, significant progresses were achieved experimentally, mostly in laboratory [12, 13].

On the entire length of a pipe of gentle slope (Fig.1) the flow will be pressure one, if the flow feeding its headworks is not smaller than gravitation flow of the conduit (fig. 2)

$$Q \geq Q_g, \left(Q_g = \sqrt{H_0/S} \right), \quad (1)$$

where S is the hydraulic resistance of the pipe, Q released flow, Q_g -calculated flow.

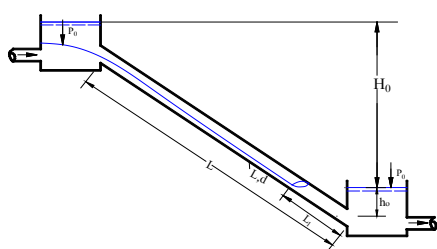


Fig. 1. Schematic diagram of the hydraulic jump

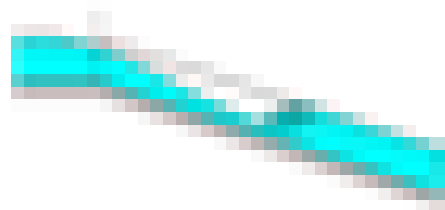


Fig. 2. Hydraulic free jump

If $Q < Q_g$ and there is a h_0 overpressure at the lower point of the pipeline, then a mixed regime of the fluid flow is developed in the pipe, at that on the $L - L_1$ length of the upper part of the pipe a non-pressure flow is developed, and on the L_1 length of the lower part a pressure flow is developed. If the pipe's own i_0 islope is greater than critical slope corresponding the Q flow, then at the pressure flow section b_2 type curve sets up known in professional literature, therefore, at the pipe's entrance section a critical h_{cr} depth sets up and on the surface – atmosphere pressure [14] (fig. 3). The depth along the flow direction decreasing tends to

the depth of uniform flow. Thus, at the non-pressure section flow the fluid stream is rough, and at the initial pressure section – smooth. Therefore, the fluid flow passage from non-pressure regime to pressure one, actually is a passage from rough flow to smooth one, due to which transition phenomenon is a classic hydraulic jump.



Despite researchers having studied these phenomena, air binding is still commonly found in aqueducts, since there is a lack of understanding on the movement of air bubbles and pockets in closed conduits. An experimental investigation was conducted to validate the proposed analytical method. A characteristic feature of the jump is the large amount of entrained air bubbles seen in fig. 4.



Fig. 4. Hydraulic jump in a siphon of pipes

Conjugate depths of hydraulic jump developed in open-channel flow depending on the change of the downstream reach, always are conjugate, that is the increase of one of them is accompanied by a decrease of the other one, for functions of these depths jumps are equal.

Experimental study of the above described phenomena was carried out in the hydraulic research laboratory of the institute of Water Problems and Hydro-engineering after Academician I.V. Eghiazarov, using an experimental setup made of glass pipes of 50 mm diameter (fig. 5).



Fig. 5. Experimental visualization showing air bubbles and hudroulic jump in pipeline

It is obvious that the greater of the conjugate depths of the jump developed in the closed channel is determined by the diameter of the pipe $h_2 = D/i_0$ and is independent of the $Q < Q_g$ flow intensity. On the other hand at the lower point of the pipe h_0 pipe the change of retaining pressure is accompanied by displacement of the place where the jump occurs, during which the flow remains unchanged. Thus, if h_0 increases, the jump place travels upward along the length of the pipe, therefore, the smaller of conjugate depths of the jump grows, and the larger one remains unchanged. Therefore, in the general case of a hydraulic jump developed in a closed channel we arrive at a very important conclusion – conjugate depths can also be non conjugate, that is their jump functions can be unequal. This is an important peculiarity of the closed-channel hydraulic jump.

Results and Discussion

Another peculiarity of the closed channel hydraulic jump is its occurring place relatively large displacement depending on the flow release condition $Q_g > Q = \text{const}$ retaining pressure change and retaining pressure $h_* = \text{const}$ condition flow change. Let us note that in this case the flow increase is accompanied with jump place upward travel and v.v. and the smaller of the jump conjugate depths can be changed in the range $(h_{cr} \dots h_0)$ between critical and normal depths. It is evident that in this interval there is a boundary h_0 depth which will be conjugation of the conjugated large depth $h_2 = D/i_0$. We now determine h_1 depth by equality of its and conjugate jump functions.

The function of the jump function can be written as

$$\Pi(h) = \frac{\alpha Q^2}{gA} + yA, \quad (2)$$

where A is the area of the effective cross-section, y is the distance from the gravity centre of the effective cross-section area to the free surface (fig. 6).

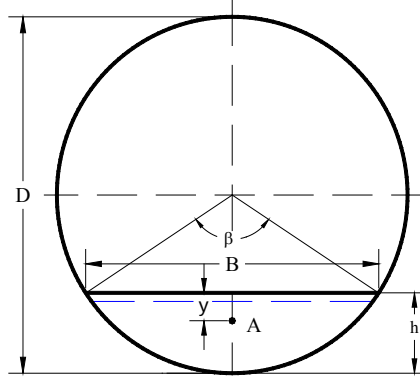


Fig. 6. Cross-section of the pipe

For the circular cross-section, we have

$$A = \frac{R^2}{2} (\beta - \sin\beta), \quad y = R \left(\frac{4}{3} \frac{\sin^3 \frac{\beta}{2}}{\beta - \sin\beta} - \cos\beta \right), \quad (R = D/2). \quad (3)$$

Jump functions will have the following views

$$\Pi(h_*) = \frac{\alpha Q^2}{g R^2 (\beta - \sin\beta)} + \left(\frac{4}{3} \frac{\sin^3 \frac{\beta}{2}}{\beta - \sin\beta} - \cos\beta \right) \frac{R^3}{2} (\beta - \sin\beta), \quad \Pi(D) = \frac{\alpha Q^2}{g \pi R^2} + yA. \quad (4)$$

Equalizing jump functions, we get

$$\frac{6\alpha Q^2}{g R^5} = \frac{[3\pi\beta - 3\pi\sin\beta - 4\sin^3 \frac{\beta}{2} - 3\cos\beta(\beta - \sin\beta)]\pi(\beta - \sin\beta)}{2\pi - \beta + \sin\beta}. \quad (5)$$

It follows from the obtained equation that to each value of $Q < Q_g$ flow running by water conduit corresponds a certain β angle and therefore a certain h_* value of a boundary depth. That is, from equation by the $Q < Q_g$ value is determined angle β

$$h_* = R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right). \quad (6)$$

The distance L_1 from the point where the jump occurs to the lower basin is determined geometrically by finding power loss of the pressure floe section.

It is not difficult to determine the above L_1 distance

$$L_1 = \frac{h_0}{i_0 - \frac{Q^2}{K^2}}, \quad (7)$$

where K is the pipe capacity.

It follows from (7) that increase of flow is accompanied by the jump point displacement to the head basin.

As far as the jump point depends on h_0 and Q moves along non-pressure section, then the boundary jump initiation probability is very small. Consequently, to determine the initial depth of the jump is reasonable to use the technique proposed in this paper which consists in finding the distance L_1 of the jump development place, then determining h_1 depth form free surface b_2 type curve equation [14].

Let us now differentiate to types of a jump which is developed in a closed channel. With this end in view we compare h_* boundary and conjugate small h_1 depths corresponding to the given flow. If $h_1 > h_*$ then call the jump approached or suppressed, and if $h_1 < h_*$ - remote, as in case of open channel. It should be noted that dividing jumps into types is not an informal action. First, let us note that kinetic energy of a rough stream in a drowned section where jumps occur is smaller than that of the removed jump section and its dissipation caused by a quiet stream is more perfect. Continuous exchange of air and fluid particles takes place

in the section of jump. In the place of the drowned jump feebly marked aeration is observed. Small air bubbles are developed in the lower part of the effective cross-section, then they moved to its top and with high velocity escape the fluid stream without being entrained by the stream, and dynamic equilibrium of air and fluid particles is established.

At the site of the remote jump relatively tiny particles of air in the form of bubbles are entrained by the fluid stream through the lower part of the section the existing large bubbles move, gradually accelerating, in the opposite direction to the surface of the jump section. As a result removed jump possesses entrainment property.

The hydraulic jump occurred in a closed canal is a dangerous phenomenon especially for open pipelines.

It causes jerks of the pipe which lead to destruction of free supports. Therefore, if a hydraulic jump is detected it is necessary to take special emergency measures to stop it. To provide smooth operation of a pipeline by a valve which will gradually close the pipe by throttling and without changing the flow, establishing pressure flow along the entire length of the pipeline.

Conclusion

The hydraulic jump occurred in a closed canal is a dangerous phenomenon especially for open pipelines.

It causes jerks of the pipe which lead to destruction of free supports. Therefore, if a hydraulic jump is detected it is necessary to take special emergency measures to stop it. To provide smooth operation of a pipeline by a valve which will gradually close the pipe by throttling and without changing the flow, establishing pressure flow along the entire length of the pipeline.

Conjugate depths of the closed canal hydraulic jump are conjugate only in case of boundary jump. Depending on the value of existing overpressure at the lower end canal the point where a jump occurs undergoes an essential displacement along the canal. In case of removed jump the fluid stream possesses entrainment property. Jump elimination without the flow change is possible by throttling of the valve.

References

- [1] **H.J. Leutheusser, V.C. Kartha**, Effects of inflow condition on hydraulic jump. J Hyd Div, ASCE 98(HY8) (1972) 1367–1385.
- [2] **A.Ya. Margaryan, M.P. Hakobyan**, The hydraulic jump in a pipe of circular cross- section [Hidravlikakan trichky klor ktrvacki xoxovakum], Bulletin of YSUAC (Yerevan, 2008) 33-36 (in Armenian).
- [3] **A.Ya. Margaryan, M.P. Hakobyan, A.A. Gevorgyan**, Hydraulic jump in a pipe canal, in: Proceedings of 9th International conference Contemporary problems of architecture and Construction, pp.82-84.
- [4] **J. Estrella, D. Wuthrich, H. Chanson**, Two-phase air-water flows in hydraulic jumps at low Froude number: Similarity, scale effects and the need for field observations, Experimental Thermal and Fluid Science.
- [5] <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2021.110486>
- [6] **H. Chanson**, Flow characteristics of undular hydraulic jumps. Comparison with near-critical flows. Rep., Dept. of Civ. Engrg., Univ. of Queensland, Australia (1995a).
- [7] **A.A. Kalinske, P.H. Bliss**, Removal of Air From Pipelines by Flowing Water, in: Proc. ASCE 13(10) (1943) 480–482.

- [8] **M. Escarameia**, Investigating hydraulic removal of air from water pipelines. Water Management 12 160(WMI) (2006) 10.
- [9] **M. Escarameia**, Investigating hydraulic removal of air from water pipelines, in: Proceedings of the 14 Institution of Civil engineers: Water Management 160(1) (2007) 25-34.
- [10] **P. Ivo**, Co-Current Air-Water Flow in Downward Sloping Pipes: M.Sc. dissertaion, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2011.
- [11] **H. Wang, H. Chanson**, Experimental Study of Turbulent Fluctuations in Hydraulic Jumps, J. Hydraulic Eng. 141(7) (2015) 04015010.
- [12] **H. Wang, S. Felder, H. Chanson**, An Experimental Study of Turbulent Two-Phase Flow in Hydraulic Jumps and Application of a Triple Decomposition Technique, Exp. Fluids 55(7) (2014) 1–18, DOI: 10.1007/s00348-014-1775-8.
- [13] **C.L. Lubbers, F.H.L.R. Clemens**, Scale Effects on GasTransport by Hydraulic Jumps in Inclined Pipes; Comparison Based on Head, Sixth International Conference on Multiphase Flow (ICMF), Leipzig, Germany, 2007.
- [14] **V.M. Hovsepyan**, Hydraulics and the Elements of Aerodynamics [Hidravlika ev aerodinamikayi himunqner], Luis, Yerevan, 1988, 496 p. (in Armenian).

ՓԱԿ ԿՏՐՎԱԾՔՆԵՐՈՒՄ ՀԻՂՐԱՎԻԿԱԿԱՆ ԹՈՒՉՔԻ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Մարիաննա Պողոսի Հակոբյան

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
m.hakobyan@nuaca.am*

Հոդվածում ուսումնասիրվում են խողովակաշարերում հիդրավլիկական թռիչքի առաջացման պայմանները, դրանց տեսակները և առավել հանդիպող տեղերը: Ներկայացվում է համալուծ խորությունների կապի որոշման տեսական մեթոդը, ինչպես նաև դրա ազդեցությունը խողովակաշարում հիդրավլիկական ռեժիմի վրա: Ինքնահոս խողովակաշարերում կարող են առաջանալ ոչ ճնշումային, ճնշումային և խառը հիդրավլիկական ռեժիմներ: Ճնշումային ռեժիմից ոչ ճնշումային անցումը տեղի է ունենում սահուն, մինչդեռ հակառակ անցումն ուղեկցվում է ազատ մակերևույթի խզումով, որը նման է բաց հուններում հիդրավլիկական թռիչքին: Նշված ելքի դեպքում թռիչքի դիրքը կախված է միայն հոսքի չափից. ելքը մեծանալու դեպքում թռիչքը տեղափոխվում է վերև՝ հոսանքի ուղղությամբ: Փակ կտրվածքներում՝ խողովակներում, հիդրավլիկական թռիչքի վարքագիծը և դրանցից առաջացող հոսանքի խեղդումը բավարար չափով ուսումնասիրված չեն, սակայն տեսությունն ու փորձերը ցույց են տալիս հուսադրող համապատասխանություն: Այս վերլուծությունը չափազանց կարևոր է բազմաֆունկցիոնալ ջրատարների համար, որտեղ էներգետիկ կիրառությունների առումով նախընտրելի են ոչ ճնշումային հատվածները:

Բանալի բառեր. խողովակաշար, խառը ռեժիմ, համալուծ խորություն, օդային կուտակում, հոսք

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЫЖКОВ В ЗАКРЫТЫХ СЕЧЕНИЯХ

Марианна Погосовна Акобян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

m.hakobyan@nuaca.am

В статье рассматриваются условия формирования гидравлических прыжков в трубопроводах, их виды и характерные места возникновения. Представлен теоретический метод определения связи между сопряжёнными глубинами и её влияние на гидравлический режим трубопровода. В самотечных трубопроводах могут наблюдаться безнапорный, напорный и смешанный режимы течения. Переход от напорного к безнапорному происходит плавно, тогда как обратный переход сопровождается разрывом свободной поверхности, аналогичным гидравлическому прыжку в открытых каналах. При заданном расходе положение прыжка зависит только от величины потока: с его увеличением прыжок смещается вверх по течению. Поведение гидравлических прыжков и вызываемое ими сужение потока в круглых трубах изучены недостаточно, хотя сравнение теории с экспериментальными данными показывает обнадеживающее соответствие. Анализ особенно важен для многоцелевого использования водоводов, где для энергетических целей предпочтительны участки с безнапорным режимом.

Ключевые слова: *трубопровод, смешанный режим, сопряжённая глубина, воздушная полость, поток*

Հակոբյան Մարիաննա Պողոսի, տ.գ.թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՀՀԱՀ, Ջրային համակարգերի, հիդրոտեխնիկայի և հիդրոէներգետիկայի ամբիոն, (+374)98772203, m.hakobyan@nuaca.am

Акобян Марианна Погосовна, канд. техн. наук, доцент (РА, г. Ереван) – НУАСА, кафедра Водных систем, гидротехники и гидроэнергетики, (+374)98772203, m.hakobyan@nuaca.am

Hakobyan Marianna, doctor of Philosophy (Ph.D) in engineering, Associate Professor (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of Water Systems, Hydraulic Engineering and Hydropower, (+374)98772203, m.hakobyan@nuaca.am

Ներկայացվել է՝ 20.11.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 01.12.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

ԼԵՌՆԱՅԻՆ ՃԱՆԱՊԱՐՀՆԵՐԻՆ ԱՎՏՈՄՈԲԻԼԻ ՇԱՀԱԳՈՐԾԱԿԱՆ ՌԵՍՈՒՐՍԻ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

**Վալերիկ Մամիկոնի Հարությունյան*, Աննա Հայրապետի Հայրապետյան,
Անահիտ Վարդգեսի Հարությունյան**

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
vmh-1961@mail.ru

Դիտարկված է լեռնային ճանապարհներին ավտոմոբիլի շահագործական ռեսուրսի նվազման վրա ազդող գործոնների ինտեգրալ մոդելի ձևավորումն ըստ ճանապարհների վերելք-վայրէջքների, միջավայրի ջերաստիճանի, գերբեռնվածությունների, ճանապարհածածկույթի որակի և այլ գործոնների: Մշակված մաթեմատիկական մոդելը հնարավորություն է տալիս որոշել լեռնային պայմաններում շահագործվող ավտոտրանսպորտային միջոցների շահագործման, տեխնիկական սպասարկման և հիմնական նորոգումների ժամկետները, ինչպես նաև շահագործական ռեսուրսի վրա ազդող գործոններից յուրաքանչյուրի ազդման տեսակարար կշիռը:

Բանալի բառեր. ավտոմոբիլի ռեսուրս, լեռնային ճանապարհ, մաթեմատիկական մոդել, կանխատեսում, մաշ

Ներածություն

Լեռնային ճանապարհներն իրենց տրանսպորտային շահագործական հատկանիշներով որոշակի ազդեցություն են թողնում ավտոմոբիլի և դրա ագրեգատների ու հանգույցների ռեսուրսի վրա: Մշտական վերելք-վայրէջքները, կտրուկ շրջադարձերը, ճանապարհների փոքր կորության շառավիղները և վիրաժները ստեղծում են բեռնվածություններ, հատկապես ավտոմոբիլների ընթացքային մասի, արգելակային համակարգի, կախոցների, շարժիչի վրա և այլն:

Պրոֆ. Բ.Վ. Գոլդը լեռնային ճանապարհներին ավտոմոբիլի հուսալիության հետազոտման մենագրությունում նշում է, որ բեռնվածությունները լեռնային ճանապարհներին, համեմատած հարթավայրային ճանապարհների հետ, գերազանցում է 3...9 անգամ [1]: Բնականաբար, էականորեն նվազում է ավտոմոբիլի, դրա ագրեգատների և հանգույցների շահագործական ռեսուրսը: Լեռնային ճանապարհների տրանսպորտային շահագործական հատկանիշների ազդեցության մաթեմատիկական կախվածությունների ամփոփումը հաշվարկային վերլուծական տեսքով կամ դրա մոդելավորումը հնարավորություն կտա ճշգրիտ հաշվարկել ավտոմոբիլի և դրա ագրեգատների շահագործական ռեսուրսը:

Նյութեր և մեթոդներ

Լեռնային պայմաններում շահագործվող ավտոմոբիլների շահագործական հուսալիության վրա ազդող գործոնները շատ բազմազան են և դրանք յուրովի են ազդում ագրեգատների հան-

գույցների, մեքենամասերի մաշի վրա: Եթե առաջին մոտեցումով դիտարկվեն լեռնային ճանապարհների ազդեցությունն ավտոմոբիլի շահագործական հուսալիության գլխավոր հատկանիշներից մեկի՝ ռետուրսի վրա, ապա դրանք կարելի է դասակարգել հետևյալ տեսքով.

1. շարժիչի և տրանսմիսիայի բեռնվածության մեծացում, որն արտահայտվում է վերելք-վայրէջքների հատվածներում ցածր երթևեկության արագությամբ [1],
2. հղկանյութային մաշում, ճանապարհածածկույթի անհարթություններ, փոշի, խիճ, ավազ և այլն,
3. ջերմային բեռնվածություններ, արգելակների, շարժիչի, տրանսմիսիայի, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի ջերմային տատանումներ,
4. կոռոզիա բարձր խոնավության պայմաններում՝ մետաղական բաց, չպաշտպանված մակերեսների պատճառով:

Շահագործական փաստացի պայմաններում ավտոմոբիլի ռետուրսի գնահատումը և իրացումը հիմնականում կատարվում է տնտեսական բաղադրիչի վերլուծության արդյունքների հիման վրա: Մասնավորապես, եթե ավտոմոբիլի և ագրեգատների ընթացիկ և հիմնական նորոգումների վրա կատարվող ծախսերը հասել են այն մակարդակի, որ շարժակազմի շահագործումից ստացվող շահույթը չի գերազանցում 20...25 %, ապա որպես կարգ ավտոմոբիլն ուղարկվում է հիմնական նորոգման կամ հանվում է շահագործումից, դրանով փակվում է ավտոմոբիլի կենսական ցիկլը և սահմանվում է ամորտիզացիոն ժամկետի ամփոփիչ արժեքը (վազքը):

Ավտոմոբիլների շահագործական ռետուրսի ուսումնասիրությունների գոյություն ունեցող մեթոդները [2-6] հիմնականում կատարվել են փաստացի վիճակագրական տվյալների հետազոտությունների և վերլուծությունների հիման վրա, որոնք սակայն չեն դիտարկել վերը նշված չորս գործոններից յուրաքանչյուրի հստակ ֆունկցիոնալ ազդեցությունն ավտոմոբիլի ռետուրսի փոփոխության վրա: Ներկայումս գործող ավտոմոբիլի տեխնիկական շահագործման դրույթները, որոնք հաստատված են ՀՀ Կառավարության 2006 թ. նոյեմբերի 7-ի որոշմամբ, չափազանց ընդհանրական մոտեցումով կանոնակարգերի մի ամբողջություն է, որի ճշտությունը և օբյեկտիվությունը շատ հեռու է ավտոմոբիլի շահագործական ռետուրսի որոշման իրական լուծումից: Նշված դրույթները [7] կորցրել են իրենց արդիականությունը և անհրաժեշտություն է առաջացել մշակել ավտոմոբիլի շահագործական ռետուրսի ուսումնասիրման, հետազոտման և գնահատման նոր հայեցակարգային մոտեցում, որում հաշվի կառնվեն ստույգ ավտոմոբիլի հստակ շահագործական պայմանների ցուցանիշներն իրենց փաստացի արժեքներով: Նման պնդումը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ ՀՀ-ից դեպի արտերկիր բեռնաշրջանառության 70...75 %-ը կատարվում է մեծ բեռնատարողությամբ ավտոգնացքներով: Որպես օրինակ դիտարկվել է ԿամԱԶ-54907 քարշակը:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ լեռնային ճանապարհներին երթևեկող ավտոմոբիլների և դրանց հանգույցների բեռնվածությունը, համեմատած հարթավայրային ճանապարհների հետ, բավականին մեծանում է, հետևաբար այդ բեռնվածությունների տարբերություններն էա-

կանոթեն նվազեցնում են ավտոմոբիլների ազդեցատների շահագործական ռեսուրսը: Հետագոտությունների մեջ [1-4, 8] չի նշվում, թե որ գործոններն ինչ չափով են ազդում ավտոմոբիլի ռեսուրսի փոփոխության վրա: Նման հետագոտություններն իրականում շատ քիչ են կամ չկան ընդհանրապես:

Արդյունքներ և քննարկում

Ավտոմոբիլի ռեսուրսի փոփոխության վրա ազդող հիմնական գործոններն անհրաժեշտ է դիտարկել հետևյալ արտահայտության միջոցով [9, 10]՝

$$R = R_o \cdot K_{բարձ.} \cdot K_{ճ.թ.} \cdot K_{ջերմ.} \cdot K_{ծածկ.} \cdot K_{դին.}, \quad (1)$$

որտեղ R -ն իրական պայմաններում շահագործվող ավտոմոբիլի ռեսուրսն է, R_o -ն՝ արտադրող գործարանի կողմից տրված ռեսուրսը, $K_{բարձ.}$ -ը տեղանքի բարձրության ազդեցության գործակիցն է ռեսուրսի վրա, $K_{ճ.թ.}$ -ն ճանապարհի երկայնական թեքության ազդեցության գործակիցն է ռեսուրսի վրա, $K_{ջերմ.}$ -ն՝ մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանային տատանումների ազդեցության գործակիցը, $K_{ծածկ.}$ -ն՝ ռեսուրսի վրա ճանապարհի ծածկույթի ազդեցության գործակիցը, $K_{դին.}$ -ն՝ վարման ժամանակ ավտոմոբիլի դինամիկայի և ռեսուրսի փոփոխության վրա վարորդի վարման ոճի ազդեցության գործակիցը:

Դիտարկվել է դիֆերենցված տեսքով հիմնավոր գործակիցների փոփոխությունը շահագործման փաստացի պայմանների համար:

1. $K_{բարձ.}$ -ը տեղանքի տարբեր բարձրության ազդեցությունն է մթնոլորտային շարժիչի հզորության վրա, այն ունի հետևյալ տեսքը [5]՝

$$H_{բարձ.} = 1 - 0,07 \left(\frac{H-500}{1000} \right), \quad (2)$$

որտեղ H -ը տեղանքի բացարձակ բարձրությունն է:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ ժամանակակից դիզելային, մասամբ նաև բենզինային շարժիչները կահավորված են տուրբոկոմպրեսորներով, և ի տարբերություն մթնոլորտային շարժիչների՝ հզորության կորուստը փոքր է, այն որոշվում է հետևյալ պարզեցված արտահայտությամբ՝

$$N_{տուր.} \approx N_o \left(1 + \frac{P_k}{P_o} \right) \eta_v, \quad (3)$$

որպես կարգ՝ $P_k = 0,15$, տուրբինի զարգացրած ճնշումն է, $P_o = 0,1$, մթնոլորտային օդի ճնշումն է, η_v -ն՝ ճնշման փոփոխության մոտիվացիոն գործակիցը:

2. $K_{ճ.թ.}$ - ճանապարհի թեքության ազդեցության գործակիցը մեծացնում է արգելակային համակարգի՝ աշխատանքային արգելակների, ինչպես նաև շարժիչի և տրանսմիսիայի ջերմային բեռնվածությունը, դրանով իսկ նվազեցնում ավտոմոբիլի ռեսուրսը: Այն որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ [5]՝

$$K_{ճ.թ.} = \frac{1}{1+0,01 \cdot i}, \quad (4)$$

որտեղ i -ն ճանապարհի միջին թեքությունն է, %:

3. $K_{\text{գերմ.}}$ -ն հաճախակի դիտվող ցածր ջերմաստիճանների պատճառով ռեսուրսի նվազումն է, որը որոշված է փորձարարական եղանակով [6].

$$K_{\text{գերմ.}} = \begin{cases} 1, & \text{եթե } -10^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{միջ.}} \leq +25^{\circ}\text{C}, \\ 0,9, & \text{եթե } T_{\text{միջ.}} < -10^{\circ}\text{C}, \\ 0,95, & \text{եթե } T_{\text{միջ.}} > +25^{\circ}\text{C} : \end{cases} \quad (5)$$

4. $K_{\text{ծածկ.}}$ -ը ռեսուրսի նվազման վրա ազդող ճանապարհածածկույթի ազդման գործակիցն է, որը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$K_{\text{ծածկ.}} = (1 - 0,2)D, \quad (6)$$

որտեղ D -ն գտնվում է $(0...1)$ միջակայքում, կախված ճանապարհածածկույթի որակից [5, 11]: Սակայն ավելի ճիշտ կլինի օգտագործել ճանապարհի անհարթությունների IRI թիվը, որն ունի ավելի հստակ արժեքներ տարբեր ճանապարհների համար, և այն կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$K_{\text{ծածկ.}} = f (IRI): \quad (7)$$

Հաշվարկային բանաձևը ներկայացվում է բնական լոգարիթմի ֆունկցիայի տեսքով [9, 11].

$$K_{\text{ծածկ.}} = e^{-b(IRI-IRI_0)}, \quad (8)$$

որտեղ IRI_0 -ն էտալոնային արժեքն է (1 մ/կմ) , b -ն՝ ազդման գործակիցը (լեռնային ճանապարհների համար ընտրվում է $0,05 \text{ կմ}^5$):

5. $K_{\text{բեռ.}}$ -ն ավտոմոբիլի վարման ժամանակ վարորդի կողմից շարժման դինամիկայի ռեժիմի փոփոխության գործակիցն է և դրա ազդեցությունն ավտոմոբիլի ռեսուրսի վրա:

Փորձնական եղանակով այն որոշված է [5]-ում.

- հավասարաչափ երթևեկություն՝ $K_{\text{բեռ.}}=1$, միջին՝ $K_{\text{բեռ.}} = 0,95$ և անհավասարաչափ շարժման դինամիկայի փոփոխության դեպքում՝ $K_{\text{բեռ.}} = 0,85$:

Այսպիսով, ավտոմոբիլի շահագործական ռեսուրսի որոշման մաթեմատիկական մոդելի վերջնական տեսքը կարելի է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով՝

$$R = R_o \cdot N_o \left(1 + \frac{P_k}{P_o}\right) \eta_v \cdot \frac{1}{1+0,1 \cdot i} \cdot K_{\text{գերմ.}} \cdot e^{-b(IRI-IRI_0)} \cdot K_p: \quad (9)$$

Մշակված մոդելի իրական լուծման համար դիտարկվել են հանրապետության ճանապարհներից Երևան-Սևան հատվածում ԿամԱԶ 54907 մակնիշի թամբավոր քարշակի և նշված ճանապարհի ելակետային տվյալները, որոնք ներկայացված են լուծման ընթացքին զուգահեռ՝

$$R = 300 \cdot \left\{1 - 0,07 \frac{H-500}{1000}\right\} \cdot \frac{1}{1+0,1 \cdot i} \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,2D)0,95, \quad (10)$$

որտեղ $H=1500$ մ, $i=7$ %, $K_{\text{գերմ.}}=0,9$, $K_p=0,5$:

Լուծելով հավասարումը, կստացվի՝

$$R = 300\,000 \cdot 0,88 \cdot 0,925 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 0,95 = 204\,151 \text{ կմ}:$$

Նշանակում է ԿամԱԶ 54907 մակնիշի թամբավոր քարշակի շահագործական ռեսուրսը ՀՀ լեռնային ճանապարհներին շահագործելու ժամանակ կազմում է 204 151 կմ:

Եզրակացություն

Ստացված նորմատիվ արժեքը երաշխավորվում է օգտագործել.

1. ավտոքարշակի շահագործման ամորտիզացիոն ժամկետի որոշման ժամանակ (հատկացումների նորմ),
2. տեխնիկական սպասարկումների և հիմնական նորոգման ժամկետների որոշման ժամանակ,
3. ավտոքարշակի շահագործումից դուրս բերելու հարցի որոշման ժամանակ:

Շահագործական ռեսուրսի վրա ազդող 5 գործոններից յուրաքանչյուրի ազդման տեսակարար կշռի քանակական արժեքի որոշումը կարող է այն դարձնել կառավարելի և ոչ ռիսկային:

Գրականության ցանկ

- [1] **Б.В. Гольд**, Прочность и долговечность автомобиля, Транспорт, Москва, 2010, 328 с.
- [2] **В.М. Арутюнян** и др., Влияние дорожно-эксплуатационных показателей на ресурс подвески автомобиля, Инфинити, Москва, 2025, 114-123 с.
- [3] **Е.С. Кузнецов**, Техническая эксплуатация автомобилей, Транспорт, Москва, 2019, 232 с.
- [4] **Ф.Н. Авдонькин**, Теория технической эксплуатации автомобиля, Транспорт, Москва, 2002, 253 с.
- [5] Switch Vehicle Durability in Extreme Conditions, Journal of Automotive Engineering, 2021.
- [6] **М.В. Архангельский** и др., Автомобильные двигатели, Машиностроение, Москва, 1977, 591 с.
- [7] Ավտոտրանսպորտային միջոցների տեխնիկական սպասարկման և ընթացիկ նորոգման մասին ՀՀ կառավարության 2006թ նոյեմբերի 7-ի որոշում:
- [8] **А.В. Иванов**, Методы оценки технического состояния автомобилей, Москва, Транспорт, 2020, 231 с.
- [9] **G. Genta, L. Morello**, The Automotive Chassis: Vol. 2: System Design. Springer, 2009, 832 p.
- [10] **A. Pazooki, S. Rakheja, D. Cao**, Modeling and validation of off-road vehicle ride dynamics, Mechanical Systems and Signal Processing 28 (2012) 679–695.
- [11] **G. Genta, L. Morello**, The Automotive Chassis: Vol. 2: System Design. Springer, 2020, 962 p.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА АВТОМОБИЛЯ НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ

Валерик Мамиконович Арутюнян*, Анна Айрапетовна Айрапетян,

Анаит Вардгесовна Арутюнян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

**vmh-1961@mail.ru*

Рассматривается формирование интегральной модели факторов, влияющих на снижение эксплуатационного ресурса автомобиля на горных дорогах, в зависимости от подъёмов и спусков дорог, температуры окружающей среды, перегрузок, качества дорожного покрытия и других факторов. Разработанная математическая модель позволяет определить сроки эксплуатации, технического обслуживания и капитального ремонта автотранспортных средств, эксплуатируемых

в горных условиях, а также удельный вес влияния каждого из факторов, воздействующих на эксплуатационный ресурс.

Ключевые слова: ресурс автомобиля, горная дорога, математическая модель, прогнозирование, износ

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR A VEHICLE OPERATING RESOURCE ON MOUNTAIN ROADS

Valerik Harutyunyan*, Anna Hayrapetyan, Anahit Harutyunyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

*vmh-1961@mail.ru

The given article considers the formation of an integral model of factors affecting the reduction of the vehicle operating resource on mountain roads, based on road ascents and descents, ambient temperature, overloads, road surface quality and other factors. The developed mathematical model makes it possible to determine the terms of operation, technical maintenance and major repairs of vehicles operating in mountainous conditions, as well as the specific weight of the impact of each factor affecting the operating resource.

Keywords: vehicle resource, mountain road, mathematical model, forecast, wear

Հարությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, տ.գ.թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Հայրապետյան Աննա Հայրապետի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, դասախոս, (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Հարությունյան Անահիտ Վարդգեսի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, դասախոս, (+374)95683341, ann.harutyunyan1970@gmail.com

Արությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, կ.տ.հ., ծոցենտ (ՐԱ, շ.Երևան) - ՈՒԱՏԱ, կաթոնր Տրոստեղնոյն մաշին և ողնոնոնոն ծոցենոն, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Այրապետյան Աննա Այրապետովնա** (ՐԱ, շ. Երևան) - ՈՒԱՏԱ, կաթոնր Տրոստեղնոյն մաշին և ողնոնոնոն ծոցենոն, թրոնոնոնոն (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Արությունյան Անահիտ Վարդգեսովնա** (ՐԱ, շ.Երևան) - ՈՒԱՏԱ, կաթոնր Տրոստեղնոյն մաշին և ողնոնոնոն ծոցենոն, թրոնոնոնոն (+374)95683341, ann.harutyunyan1970@gmail.com

Harutyunyan Valerik, doctor of philosophy (PhD) in Engineering, Associate Professor (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Hayrapetyan Anna** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, lecturer (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Harutyunyan Anahit** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, lecturer, (+374)95683341, ann.harutyunyan1970@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 22.09.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 28.10.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

**ՀԱՆՐԱՅԻՆ ՄԱՍՆԱԿՑՈՒԹՅԱՆ ԲԱՂԱԴՐԻՉԻ ԿԱՐԵՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ՋՐԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ ԱՌԿԱ ԿՈՐՈՒՍՏՆԵՐԻ ՆՎԱԶԵՑՄԱՆ
ԳՈՐԾԱՌՈՒՅԹՆԵՐՈՒՄ**

**Մխիթար Նիկոլի Հունանյան, Արամ Աշոտի Սահակյան*, Պարզև Հովհաննեսի Բալջյան,
Ռիմա Կոստանդինի Ստեփանյան**

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
sahakyan.aram@nuaca.am*

Ջրամատակարարման համակարգի շահագործման արդյունավետության բարձրացման, ինչպես նաև ստացված արդյունքների ճիշտ վերլուծման և գնահատման համար ամենակարևոր գործողությունը ջրակորուստների գնահատումն է, դրանց դասակարգումն ու վերածումը թվային արժեքի: Հնդվածում քննարկվում են ՀՀ ջրամատակարարման համակարգում առաջարկի և պահանջակի հետ կապված խնդիրներ, ինչպես նաև հանրային մասնակցության ու այս համատեքստում ազգաբնակչության մտածելակերպի փոփոխության, պետություն-ջրամատակարար և բաժանորդ-ջրամատակարար հարաբերությունների հետ կապված հարցեր:

***Բանալի բառեր.** ջրամատակարարման համակարգ, ջրակորուստ, ջրային հաշվեկշիռ, ջրի տեխնիկական և առևտրային կորուստ, ջրի առաջարկ և պահանջարկ*

Ներածություն

Ջուրը մարդու կենսական գործունեության գլխավոր անհրաժեշտություններից մեկն է, ինչի արդյունքում դեռևս վաղ ժամանակներից սկիզբ դրվեցին վերջինիս անխնա և անարդյունավետ օգտագործման խնդիրները: Վերջին տասնամյակի ընթացքում գլոբալ ջրառը խիստ աճ է գրանցել և համաձայն ուսումնասիրությունների, ապագայում այն շարունակելու է աճել: Սոցիալ-տնտեսական զարգացման տեսանկյունից զգալի հետաքրքրություն են ներկայացնում խմելու ջրի համաշխարհային պաշարների և աշխարհի առանձին տարածաշրջաններում դրանց սպառման վերաբերյալ տվյալները: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ խմելու ջրի պաշարները մեկ բնակչի հաշվով Հյուսիսային Ամերիկայում կազմում են 12500 մ³, Հարավային Ամերիկայում՝ 35523 մ³, Եվրասիայում՝ 4675 մ³, Աֆրիկայում՝ 4630 մ³: Հետևաբար, հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ խմելու ջրի պաշարների զգալի մասը վերականգնվող է, ինչպես նաև այն փաստը, որ այդ ռեսուրսների մեծ մասի տեղափոխումը միանգամայն հնարավոր է, ուստի այդ պաշարները կարող են էական դերակատարում ունենալ աշխարհատնտեսական հավասարակշռության սահմանման և աշխարհի տարբեր տարածաշրջաններում թողարկվող արդյունքի սահմանային արժեքի հավասարեցման գործում:

Հիմք ընդունելով վերոշարադրյալը, կարելի է փաստել, որ այն երկրները, որոնք տնօրինում են զգալի ծավալներով բնական ռեսուրսներ, այդ թվում՝ նաև խմելու ջուր, պետք է ճիշտ

հետևություններ անեն ստեղծված իրավիճակից, օգտվեն դրանից և ավելի արդյունավետ օգտագործեն դրանց պաշարները, միավոր արդյունքից հասնելով առավելագույն արդյունքի [1]:

Ջրի օրեցօր զգացվող սակավությունը կարևորագույն խնդիր է դառնում աշխարհի գրեթե բոլոր երկրների համար: Ջրի ռեսուրսների անհաշվենկատ օգտագործումը լուրջ և աճող վտանգ է ներկայացնում մարդկանց առողջության ու բարեկեցության, արդյունաբերության զարգացման, ինչպես նաև շրջակա միջավայրի պահպանության համար: Ջրով ապահովման հնարավորությունն ի հաշիվ նոր ռեսուրսների յուրացման նույնպես սահմանափակ է (այս դեպքում հանդես է գալիս ջրի, որպես կենսաապահովման միջոցի, եզակիությունը): Ահա թե ինչու ներկայումս մեծ կարևորության է արժանացնել ջրամատակարարման համակարգերի շահագործման և կառավարման բարելավման տեխնիկատնտեսական, ինչպես նաև սոցիալական խնդիրները, որոնց հիմնական մասը կապված է ջրային պաշարների նկատմամբ մարդկանց ոչ հոգատար վերաբերմունքի հետ:

Ջրամատակարարման համակարգերի աշխատանքի արդյունավետության գնահատման համար կարևոր ցուցանիշ է ջրի կորուստների ծավալները [2-4], ինչի գույքագրման համար անհրաժեշտ է ստեղծել հաշվառման լիարժեք համակարգ: Ներկայիս շուկայական հարաբերությունների պայմաններում ջրի կորուստների ճիշտ որոշումը և դրանց կրճատման հարցը խիստ կարևոր է [5, 6]: Ակնհայտ է, որ հոսակորուստների նվազեցումը հնարավորություն է տալիս կրճատել ջրի արտադրությունը և/կամ ավելացնել իրացված ջրաքանակը՝ բարձացնելով համակարգերի արդյունավետության ցուցանիշները:

Իրականացված ուսումնասիրությունները փաստում են, որ շատ դեպքերում ջրամատակարարման համակարգում կորուստների կրճատումից տնտեսված ջրաքանակը հիմնականում նպատակաուղղվում է մատակարարման տևողության ավելացման և թերի մատակարարվող գոտիներում ճնշումների կարգավորման կամ բարձրացման ուղղությամբ: Սակայն ցանցի վերակառուցման աշխատանքներին զուգահեռ անհրաժեշտ է զուգահեռաբար կրճատել ջրի արտադրությունը և բարձրացնել համակարգի արդյունավետության աստիճանը՝ զուգահեռաբար աշխատանք իրականացնելով խմելու ջրի խնայողության նկատմամբ բնակչության գիտակցության բարձրացման ուղղությամբ: Թվային մեծությունների տեսքով կորուստների գնահատման ցուցանիշների ներկայացման համար հոդվածում բերված է Երևան քաղաքի ջրամատակարարման համակարգում գրանցված արդյունքները 2007-2015 թթ. ընթացքում:

Ջրի խնայողությունն այն հիմնական գործողություններից մեկն է, որն ընդունակ է պաշտպանել էկոհամակարգը, ինչի համար անհրաժեշտ է առաջին հերթին ջանքեր թափել խմելու ջրի խնայողության նկատմամբ բնակչության կարծրատիպերի և գիտակցության փոփոխության ուղղությամբ: Կարևոր է, որպեսզի մարդիկ հասկանան, որ ջրի պաշարները սահմանափակ են և որ ջրի արժեքն ավելի բարձր է, ինչը պայմանավորված է բնապահպանական և, մասնավորապես, ջրային ռեսուրսների պահպանության ուղղությամբ անհրաժեշտ միջոցառումների իրականացման ծախսերով:

Նյութեր և մեթոդներ

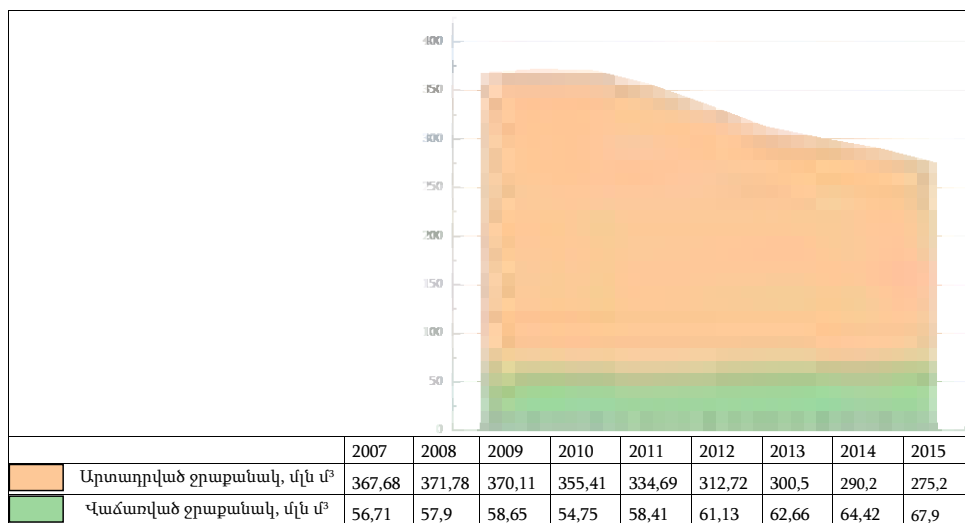
Ջրամատակարարման համակարգի շահագործման արդյունավետության բարձրացման, ինչպես նաև ստացված արդյունքների ճիշտ վերլուծման և գնահատման համար, թերևս, ամենակարևոր գործընթացը ջրակորուստների գնահատումն է, դրանց վերածումը թվային արժեքի [3]:

Ջրի կորուստները (K) ջրամատակարարման համակարգում ընդունված է գնահատել որպես տարեկան արտադրված և իրացված ջրաքանակների տարբերություն, արտահայտված տոկոսներով արտադրված ջրաքանակի նկատմամբ՝ հետևյալ արտահայտությամբ (1).

$$K = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} 100\% , \quad (1)$$

որտեղ Q_1 -ն արտադրված ջրաքանակն է (*մլն մ³/տարի*), Q_2 -ը՝ իրացված ջրաքանակը (*մլն մ³/տարի*):

Բերված արտահայտությունը, փաստորեն, գնահատում է նաև համակարգի աշխատանքի արդյունավետությունը: Նկ. 1-ում բերված է 2007-2015 թթ. ջրարտադրության և իրացված ջրաքանակի դինամիկան: Համաձայն այդ տվյալների, 2007 թ. կորուստը գնահատվում էր 84,6 %, իսկ 2016 թ.՝ 75,3 %, այսինքն կորուստը կրճատվել է 9,3 %-ով: Կորուստների նվազեցման արդյունքում այդ նույն ժամանակահատվածում ջրի արտադրությունը կրճատվել է 92,4 *մլն մ³*, իսկ սպառումն ավելացել 11,9 *մլն մ³* ծավալով:



Նկ. 1. Ջրարտադրության և իրացված ջրաքանակի դինամիկան

Հետևում է, որ 2007 թ. կորուստների ընդհանուր տարեկան 311 *մլն մ³* ծավալը 2016 թ. տվյալներով նվազել է $92,4 + 11,9 = 104,3$ *մլն մ³* չափով՝ կազմելով 207,3 *մլն մ³*: Ներկայացված մեծությունների հիման վրա համաձայն (1) բանաձևի հետևում է, որ անցած 10 տարում կորստի ծավալը փաստորեն կրճատվել է 33 %-ով: Վերոնշյալ արդյունքները ցույց են տալիս, որ կորուստների կրճատման ուղղությամբ տարվել է բավական արդյունավետ աշխատանք, սակայն առկա 75,3 % կորուստների մակարդակը դեռ անհանգստացնող է և դրա նվազեցման ուղղությամբ անհրաժեշտ է իրականացնել բազմակողմ ուսումնասիրություններ և համակարգված գործողություններ,

որոնց մաս է կազմում խմելու ջրի խնայողության նկատմամբ բնակչության գիտակցության փոփոխությունը:

Ջրամատակարարման ցանցերից տեղի ունեցող ջրակորուստների լիարժեք հաշվարկի համար պետք է առանձին գնահատել հետևյալ երկու բաղադրիչները.

- տեխնիկական կորուստ,
- առևտրային կորուստ:

Շահագործման փորձը ցույց է տվել, որ նշված բաղադրիչների ճիշտ գնահատումը կարևոր է նաև ջրամատակարարման համակարգից տեղի ունեցող ընդհանուր հոսակորուստները որոշելու և աշխատանքի արդյունավետությունը գնահատելու համար:

Ընդհանուր առմամբ, առևտրային կորստի կրճատման համար շատ կարևոր է օրենսդրական դաշտի կարգավորումը, հանրային մասնակցության և այս համատեքստում ազգաբնակչության մտածելակերպի փոփոխության գործողությունները համայնքային և դպրոցական մակարդակներում, ինչպես նաև պետություն-ջրամատակարար և բաժանորդ-ջրամատակարար հարաբերությունների ճիշտ ձևավորումը:

Ջրային ռեսուրսների կառավարման, արդյունավետ համակարգի ձևավորման, ինչպես նաև հետագա զարգացման հարցերը դառնում էին հույժ կարևոր և հրատապ: Այդ համատեքստում ջրամատակարարման ծառայությունների բարելավումը ցանկացած պետության համար հանդիսանում է ամենաբարդ խնդիրներից մեկը:

Ջրային ռեսուրս սպառող համակարգի արդյունավետության բարձրացման խնդրի խորքային ուսումնասիրությունը և արդյունավետության բարձրացման ուղիների մշակումը խիստ կարևոր են բնապահպանական և սոցիալ-տնտեսական ցուցանիշների բարելավման համար: Ջրամատակարարման համակարգի արդյունավետության բարձրացման տեսլականը բազմիցս ուսումնասիրվել է տարբեր հեղինակների կողմից [7]: Վերը նշվածի հիման վրա ջրամատակարարման և ջրահեռացման համակարգերի արդյունավետ օգտագործումը կարելի է համակարգել ստորև ներկայացված միջամտության մակարդակներում.

- կորուստների կրճատում,
- բնական ռեսուրսների վերաօգտագործում,
- ջրի օգտագործման փիլիսոփայության փոփոխություն՝ սպառողների տիրույթում:

Վերը նշված վերջին միջոցառումը ներառում է սպառողների վարքագծի փոփոխություններ և, հետևաբար, արդյունավետության բարձրացման ամենադժվար գործողությունն է: Յուրաքանչյուր միջամտության մակարդակի ազդեցությունը համակարգի արդյունավետության բարձրացման վրա կարող է կապված լինել միջամտության դժվարության և/կամ իրականացման արժեքի հետ:

Ջրային ռեսուրսների առաջարկը և պահանջարկը: Բնական ջրային ռեսուրսների առումով Հայաստանը հարևան երկրների համեմատությամբ գտնվում է առավել անբարենպաստ պայմաններում: Հայաստանում տարեկան միջին հաշվով յուրաքանչյուր շնչին բաժին է ընկնում 2700 մ^3 ջուր, այն դեպքում, երբ Ադրբեջանում և Վրաստանում այդ ցուցանիշը, համապատասխանաբար, կազմում է 3800 մ^3 և 11600 մ^3 : ՀՀ տարածքում ջրօգտագործման ծավալները, սկսած նախորդ դարի կեսերից, համեմատաբար բարձր են, և տնտեսական զարգացման տարբեր ժամանակաշրջաններում դրանք հասել են մինչև տարեկան 3,9 մլրդ մ^3 մակարդակի, որը վերջին տարիներին զգալիորեն փոքրացել է: Սակայն, ինչպես ցույց են տալիս ուսումնասիրությունները, մոտ ապագայում, տնտեսական զարգացմանը զուգընթաց նախատեսվում է ոչ միայն վերականգնել, այլև գերազանցել ջրօգտագործման նախկին մակարդակը:

Բոլոր երկրների սոցիալ-տնտեսական զարգացումը, այսպես ասած, կայուն հասարակության ստեղծման ճանապարհային քարտեզի մշակումը, պարտադրում է, որպեսզի բնակչության կարիքները հնարավորին չափ ամբողջական բավարարելու համար պլանավորվի ջրի առկա պաշարների օգտագործումը: Միևնույն ժամանակ, կենսամակարդակի աճին համընթաց աճում են մարդկանց պահանջումները, այդ թվում՝ ջրի նկատմամբ, ինչը դժվարացնում է ջրային ռեսուրսների օգտագործման ու պլանավորման խնդիրը: Կայուն հասարակության գաղափարը գլոբալ մասշտաբով վերաբերում է բնության, ստեղծված շրջակա միջավայրի, կյանքի ապահովման գործառնությունների և արտադրության ու սպառման գործընթացի կայունությանը: Կայունությունը քաղաքատնտեսության և շրջակա միջավայրն ուսումնասիրող գիտությունների հիմնական հասկացությունն է: Քանի որ կայունությունն ամբողջական և բազմանշանակ հասկացություն է, այն լայն կիրառություն ունի աշխարհով մեկ: Ջրային ռեսուրսների պլանավորումը կայուն հասարակության համար պետք է ձգտի.

- պաշտպանել ջրերի հիդրոցիկլային հնարավորությունը՝ վերականգնելու իր ստորերկրյա և մակերևութային ջրային հոսքերն ու պաշարները,
- պահպանել հասարակության ողջ կենդանական և բուսական աշխարհը՝ իրենց քաղցրահամ ու ափամերձ ջրային միջավայրերում,
- տնտեսել ջուրը՝ ջրառի և ջրօգտագործման գործընթացներում,
- մատակարարել քաղցրահամ ջուր, որը բավարարում է բնակչության կենսաբանական, մշակութային և տնտեսական կարիքները:

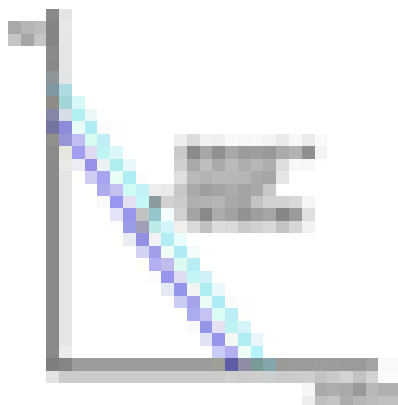
Ինչպես երևում է, կայունության սկզբունքն ընդգրկում է գործունեության բնագավառներ, որոնց անհրաժեշտությունն ակնհայտ է:

Ջրի խնայողությունն այն հիմնական լծակներից մեկն է, որն ընդունակ է պաշտպանել էկոհամակարգը, ինչի նպատակով անհրաժեշտ է առաջին հերթին ջանքեր թափել խմելու ջրի խնայողության նկատմամբ բնակչության գիտակցությունը բարձրացնելու համար: Կարևոր է, որպեսզի մարդիկ հասկանան, որ ջրի պաշարները սահմանափակ են և որ ջրի արժեքն ավելի բարձր է, ինչը

պայմանավորված է բնապահպանական և, մասնավորապես, ջրային ռեսուրսների պահպանության ուղղությամբ անհրաժեշտ միջոցառումների իրականացման ծախսերով: Ջրի խնայողությանը կարելի է հասնել ոչ միայն բնակչությանը խորհուրդներ տալով, այլև ջրի նկատմամբ կիրառել աստիճանական սակագներ, որոնք ենթադրում են սպառված ծավալին համամասնորեն ավելի բարձր վճարի գանձում խոշոր սպառողներից: Անհրաժեշտ է հաշվի առնել, որ օգտագործված ջրի յուրաքանչյուր լիտրին բաժին է ընկնում մեկ լիտր հոսքաջուր: Այդ աղտոտումները հանգեցնում են զգալի ծախսերի և մարդկանց առողջության վրա ազդող տարբեր հետևանքների: Այդ ծախսերը խանգարում են նաև երկրի տնտեսության զարգացմանը, պահանջելով զգալի միջոցներ ջրի որակի վերականգնման և խմելու ջրի պաշարների ավելացման համար:

Ջրային ռեսուրսների առաջարկի և պահանջարկի կառավարման հիմնախնդիրների դիտարկումը հանգեցնում է ջրի քանակական և որակական հատկանիշների համալիր ուսումնասիրմանը: Ջրի աղտոտվածությունն (որը հետևանք է մարդու տեխնածին գործունեության) ազդեցություն է թողնում ջրի այն քանակի վրա, որն անհրաժեշտ է մարդկանց կենսագործունեության և տնտեսությունում օգտագործելու համար, այլ կերպ ասած՝ ջրի որակի վատթարացումն էապես կրճատում է օգտագործման համար պիտանի ջրային պաշարների քանակությունը: Ջրային ռեսուրսների քանակական նվազումն և անորակ ջրի օգտագործումը բերում է մարդկանց մահացությունների և հիվանդությունների դեպքերի ավելացման, գյուղատնտեսական մշակաբույսերի բերքատվության նվազման, ջրային ֆլորայի և ֆաունայի որակի անկման, ինչպես նաև ձկնորսության ու ռեկրեացիոն միջոցառումների կրճատման: Արդյունքում, քանի որ ջրի առաջարկն անընդհատ կրճատվում է, ուստի այն դառնում է անհասանելի, շուկայի օրենքներին համապատասխան անընդհատ աճում է դրա գինը, կրճատվում են եկամուտները: Ընդ որում, ջրի գնի բարձրացումը նվազեցնում է մատչելիությունն առաջին հերթին բնակչության ոչ ունևոր խավի համար, քանի որ նրանք հասարակության ամենախոցելի օղակներն են:

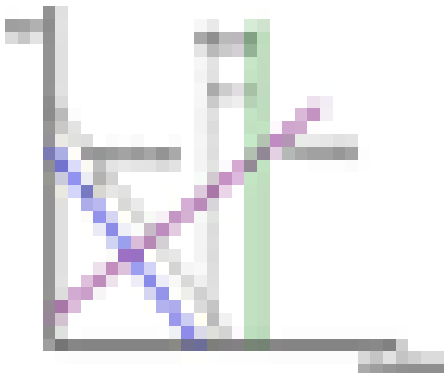
Նկ. 2-ում ներկայացված է ջրի պահանջարկի փոփոխությունը: Ջրի քանակի և գնի միջև եղած կապը վկայում է, որ ջրի գնի և քանակի աճը հիմնականում պայմանավորված է բնակչության աճով, երկրի տնտեսական զարգացմամբ և դրա քաղաքայնացմամբ:



Նկ. 2. Ջրի պահանջարկի փոփոխության կորը

Նկ. 3-ում ներկայացված է ջրի առաջարկի փոփոխության կորը: Ինչպես երևում է, օգտագործվող ջրի քանակը հնարավոր է ավելացնել մակերևութային, ստորգետնյա, տեղափոխված և ջրամբարների ջրերի ավելացման հաշվին, ինչը բնականաբար հանգեցնում է ջրի արժեքի և հետևաբար՝ դրա գնի ավելացմանը:

Նշվածից հետևում է, որ ջրի պահանջարկն ապահովելու համար անհրաժեշտ է ավելացնել ջրային պաշարների ծավալները, ինչը բնականից սահմանափակ է, և ջրային ռեսուրսների ադոպտիվության հետևանքով գնալով նվազում է: Ջրային ռեսուրսների ծավալների նվազեցման հետևանքով վերջինիս գնի ավելացումը բերված է նկ. 4-ում, որտեղ նշված են նաև ջրի առաջարկի, պահանջարկի ու պաշարների կորը և դրանց առնչվող գնի և քանակի կապը: Ստացվում է, որ նույնիսկ զրոյական գնի դեպքում, ջրի ավելցուկային առաջարկ գոյություն ունի և այս դեպքում ջրային ռեսուրսների կառավարման հիմնական հարցը դրա ծախսաձածկումն է:



Նկ. 4. Ջրի պաշարների կորը

Քանի որ ջրի նկատմամբ պահանջարկը գնալով ավելանում է, իսկ առաջարկը նվազում, ապա ավելցուկային առաջարկը վերանում և հիմնական խնդիր է դառնում ջրային ռեսուրսների բաշխումն ու կառավարումը:

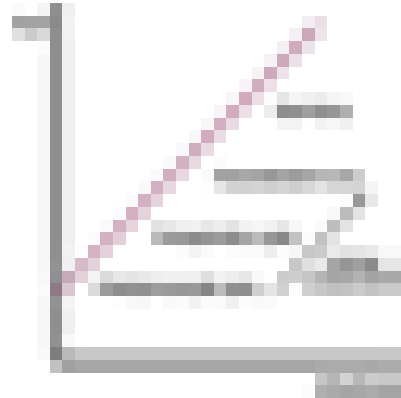
Ջրամատակարարման համակարգերում առկա կորուստների մարդածին պատճառների վերլուծությունը:

Հայաստանի Հանրապետության քաղաքային և գյուղական մի շարք համայնքների ջրամատակարարման համակարգերում կատարված ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ գրեթե բոլոր համակարգերում առկա են ջրի ավելի քան 70 % -ի հասնող կորուստներ, իսկ մի շարք դեպքերում դրանք խիստ գերազանցում են սպառման առավելագույն նորմերը:

Վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ կորուստների հիմնական պատճառներն են՝

- ջրամատակարարման համակարգերի ֆիզիկական մաշվածությունը,
- ջրի ցածր սակագինը, որը բերում է սպառողների որոշ խմբերի մոտ ջրի պահպանության և տնտեսման նկատմամբ ձևավորված ոչ հոգատար վերաբերմունքի,
- խմելու ջրով ոռոգվող գյուղատնտեսական տարածքներում ոռոգման արդի միջոցների սահմանափակ կիրառումը:

Վերը նշվածից հետևում է, որ հանրապետության ջրամատակարարման համակարգերում ջրի կորուստներն առաջանում են ոչ միայն տեխնիկական, այլ նաև մարդածին պատճառներից:



Նկ. 3. Ջրի առաջարկի փոփոխության կորը

Մարդկային մտածողությունը, հատկապես այժմյան տեխնոլոգական դարաշրջանում գործում է կարճաժամկետ գործողություններով և հաջողության հասնելու համար հաճախ հաշվի չեն առնվում այն հետևանքները, որոնք կարող են առաջանալ երկարաժամկետ ապագայում: Բնության հետ մարդու հարաբերություններում դա առաջին հերթին դրսևորվում է ջրի օգտագործման ասպարեզում: Տնտեսության տարբեր ոլորտներում և հատկապես գյուղատնտեսության ու արդյունաբերության մեջ, գլխավոր նախապայմանը շահույթի բարձր մակարդակն ապահովելն է, առանց հաշվի առնելու բնական ռեսուրսների ոչ արդյունավետ օգտագործումը, դրանց հնարավոր սպառումը կամ մասնակի ոչնչացումը: Աղ. 1-ում ներկայացված են մի քանի իրավիճակներ, որոնք ըստ էության բնութագրում են ջրի կորուստների պատճառահետևանքային կապերն ըստ ոլորտների:

Աղյուսակ 1

Ջրամատակարարման խափանումների հիմնական տեխնիկական և մարդկային գործոնները

Խափանման պատճառը	Խնդրի նկարագրությունը	Ոլորտը	Վտանգի մակարդակը
Խողովակների մաշվածություն	Հին, չվերանորոգված ենթակառուցվածքներ	Տեխնիկական	բարձր
Ջրի արտահոսքեր	Արտահոսքեր ջրագծերից՝ առանց արագ արձագանքի	Տեխնիկական	բարձր
Ջրի չարաշահում	Անհատների կամ ձեռնարկությունների կողմից ջրի չափազանց սպառում	Մարդկային	բարձր
Հանրային անտեղյակություն	Ջրի արժեքի, խնայողության և վերամշակման վերաբերյալ գիտակցության բացակայություն	Մարդկային	բարձր

Աղ. 1-ից հետևում է, որ անկախ ոլորտային պատկանելիությունից և կորուստների առաջացման պատճառներից ջրամատակարարման համակարգերում վտանգի մակարդակը միշտ բարձր է գնահատվում: Ջրի կորուստների ճիշտ գնահատումը, դրանց տեղայնացումը և նվազեցման խնդիրն առավելապես կարևորվում է շուկայական հարաբերությունների պայմաններում: Ակնհայտ է, որ հոսակորուստների նվազեցումը և մատակարարվող ջրաքանակի արդյունավետ օգտագործումը հնարավորություն է տալիս կրճատել ջրի արտադրությունն ու կատարվող ծախսերը:

Ջրային կորուստների կրճատման նպատակով անհրաժեշտ է փոխել մարդկանց շրջանում տարածված սխալ մտածելակերպը, իսկ դա հնարավոր է իրականացնել ինչպես համակարգային, այնպես էլ անհատական մոտեցմամբ: Այս երևույթը պետք է առանցքային դարձնել՝ ինչպես կրթական ոլորտում, այնպես էլ դաստիարակության մեջ:

Դեռ վաղ տարիքից անհրաժեշտ է մարդուն սովորեցնել ջրի նկատմամբ հարգանքը և գիտակցումը դրա կարևորության մասին. երբ անհատն ընդունում է, որ իր անգամ ամենավորքը գործողությունը չի կարող բերել համընդհանուր փոփոխության, անկում է ապրում իր անձնական պատասխանատվության մակարդակը: Մարդկային գործոնի ազդեցությունը ջրամատակարարման խափանումների և ջրի կորուստների վրա խիստ արտահայտված է եվրոպական զարգացած երկրներում [8]: Դրան հակառակ, նոր զարգացող երկրներում այդ գիտակցությունը դեռ ցածր մակարդակում է գտնվում [9]: Աղ. 2-ում բերված են մի շարք երկրների հասարակություններին բնորոշ տվյալներ [10]:

Աղյուսակ 2

Ջրամատակարարման համակարգերի զննհատում ըստ արդյունավետության և հանրային մասնակցության

Երկիրը	Տեխնիկական համակարգի վիճակը	Հանրության շրջանում ջրային ոլորտի կրթության մակարդակը	Ջրային կորուստների միջինացված արժեքը, %	Մարդկային գործոնի ազդեցությունը խափանումների վրա
Գերմանիա	բարձր	բարձր	6...8	ցածր
Վրաստան	միջին	ցածր	35...40	բարձր
Հայաստան	միջին	միջին	35...75	բարձր
Հնդկաստան	ցածր	ցածր	>40	բարձր
Նիդերլանդներ	բարձր	բարձր	5	ցածր

Աղ. 2-ում բերված տվյալները ցույց են տալիս, որ ջրի նկատմամբ հասարակության կրթության մակարդակի բարձրացմանը զուգահեռ նկատվում է ջրի կորուստների նվազում: Օրինակ՝ Նիդերլանդներում և Գերմանիայում, որտեղ ջրային ռեսուրսների պահպանության կարևորությունը փաստող կրթական ծրագրերը հմտորեն ներդրված են դպրոցական և համայնքային մակարդակներում, ջրի կորուստը կազմում է ընդամենը 5...7 %: Դրան հակառակ, Վրաստանում և Հնդկաստանում, որտեղ կրթությունը և իրազեկման մակարդակը ցածր են, ջրի կորուստը գերազանցում է 35...40 %-ը:

Արդյունքներ և քննարկում

Ջրային ռեսուրս սպառող համակարգի արդյունավետության բարձրացման խնդրի խորքային ուսումնասիրությունը և արդյունավետության բարձրացման ուղիների մշակումը խիստ կարևոր են բնապահպանական և սոցիալ-տնտեսական ցուցանիշների բարելավման համար: Ջրամատակարարման համակարգի շահագործման արդյունավետության բարձրացման, ինչպես

նաև ստացված արդյունքների ճիշտ վերլուծման և գնահատման համար, թերևս, ամենակարևոր գործընթացը ջրակորուստների գնահատումն է, դրանց վերածումը թվային արժեքի:

Ընդհանուր առմամբ, կորստի կրճատման համար շատ կարևոր է օրենսդրական դաշտի կարգավորումը, հանրային մասնակցության և այս համատեքստում ազգաբնակչության մտածելակերպի փոփոխության գործողությունները՝ համայնքային և դպրոցական մակարդակներում, ինչպես նաև պետություն-ջրամատակարար և բաժանորդ-ջրամատակարար հարաբերությունների ճիշտ ձևավորումը: Հոդվածում բերված դրույթները վկայում են, որ ջրամատակարարման խափանումների հաղթահարման ռազմավարությունը պետք է ներառի ոչ միայն տեխնիկական վերազինում, այլև լայնածավալ կրթական և իրազեկման ծրագրեր:

Եզրակացություն

- Ելնելով հոդվածում բերված դրույթներից՝ ջրամատակարարման համակարգի շահագործման արդյունավետության բարձրացման, ինչպես նաև ստացված արդյունքների ճիշտ վերլուծման համար անհրաժեշտ է իրականացնել ջրակորուստների բաղադրիչների գնահատում և դրանց դասակարգում ըստ թվային մեծությունների:
- Ջրամատակարարման համակարգերի տեխնիկական անարդյունավետությունը և մարդկային սխալ մտածողությունը սերտաճած խնդիրներ են, որոնք պահանջում են համատեղ լուծումներ: Դրանք խորապես արմատավորված են մարդկային գործոնի, մտածողության ձևերի, պլանավորման և կառավարման մշակույթի մեջ: Խնդրի հաղթահարումը հնարավոր է միայն համալիր մոտեցման պարագայում, որը ներառում է տեխնիկական արդիականացում, կառավարման մոդելների վերանայում և հանրային կրթության զարգացում: Անհրաժեշտ է ձևավորել նոր մշակույթ, որտեղ ջուրն ընկալվում է ոչ միայն որպես կենսական ռեսուրս, այլ որպես ընդհանուր պատասխանատվության և գիտակցված սպառման առարկա: Խնդիրը լիարժեք լուծելու համար անհրաժեշտ է կրթական ոլորտում բարձրացնել ջրային ռեսուրսների նկատմամբ գրագիտությունը, ինչպես նաև հանրության տեղեկացվածության բարձրացման նպատակով խրախուսել ջրային ոլորտին առնչվող մեդիա-տեղեկատվական նախաձեռնությունները:

Գրականության ցանկ

- [1] **Ա.Խ. Մարկոսյան, Մ.Մ. Մկրտումյան, Հ.Վ. Թոքմաջյան**, Ջրային ռեսուրսների և ջրային համակարգերի կառավարումը, Հատոր 1, Երևանի ճարտարապետության և շինարարության պետական համալսարանի հրատ., 2011, 700 էջ:
- [2] **С.В. Домнин**, Проблемы и пути снижения потерь воды, ВСТ 11 (2012) 31-37.

- [3] **Ս.Ս. Սահակյան**, Զրամատակարարման համակարգերից փաստացի հոսակորուստների գնահատման մեթոդի մշակումը, Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի գիտական աշխատություններ 3 (2022) 104-111:
- [4] **А.Д. Лернер, А.Д. Ингагоб, А.В. Сеюсапенко**, Пути снижения неучтенных расходов воды в системах коммунального водоснабжения, ВСТ 5 (2014) 21-26.
- [5] **C. Agudelo-Veraa, M. Blokkera, J. Vreeburga,b, T. Bongarde, S. Hillegersd**, Robustness of the Drinking Water Distribution Network Under Changing Future Demand. Procedia Engineering 89 (2014) 339 – 346.
- [6] **A. Sahakyan**, Hydraulic pressure management of Yerevan city's water supply systems, Journal of Architectural and Engineering Research 3 (2022) 78-84.
- [7] **R.A. Dias**, Impacts of equipment replacement in the energy conservation process [M.Sc. Dissertation Mechanical Engineering]. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 1999 (in Portuguese).
- [8] WWDR 2024 «Water for Prosperity and Peace». Available from: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/en/2024>.
- [9] UN World Water Development Report 2021. Available from: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/en/download-report>.
- [10] World Bank Group, World Development Report 2024. Available from: <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2024>.

ВАЖНОСТЬ КОМПОНЕНТА ОБЩЕСТВЕННОГО УЧАСТИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ, ИМЕЮЩИХСЯ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Մխիտար Николович Унанян, Арам Ашотович Саакян*, Паргев Оганесович Балджян,
Рима Костандиновна Степанян**

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

**sahakyan.aram@nuasa.am*

Для повышения эффективности работы системы водоснабжения, а также правильного анализа и оценки полученных результатов наиболее важной функцией является оценка потерь воды, их классификация и преобразование в числовые величины. В статье рассматриваются проблемы, связанные со спросом и предложением в системе водоснабжения РА, вопросы, связанные с участием общественности и изменением менталитета населения в данном контексте, а также со взаимоотношениями в аспектах “государство-водоснабжение” и “абонент-водоснабжение”.

Ключевые слова: *система водоснабжения, потери воды, водный баланс, технические и коммерческие потери воды, предложение воды и спрос на воду*

THE IMPORTANCE OF THE PUBLIC PARTICIPATION COMPONENT IN REDUCING LOSSES IN WATER SUPPLY FACILITIES

Mkhitar Hunanyan, Aram Sahakyan*, Pargev Baldjyan, Rima Stepanyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

**sahakyan.aram@nuaca.am*

The most important pool of actions to improve the efficiency of the water supply facilities framework, as well as for the correct analysis and evaluation of the results obtained, is the assessment of water losses, the classification and conversion of the latter into numerical values. The article touches on the problems related to supply-and-demand issues within the water supply system of the Republic of Armenia, as well as matters related to public participation and changing the mentality of the population in this context, as well as the aspect of the “State-Water Supply” and “Subscriber-Water Supply” interrelations.

Keywords: *Water Supply Facilities, Water Losses, Water Cycle and Hydrologic Balance, Technical and Commercial Losses, Water Supply and Demand*

Հունանյան Մխիթար Նիկոլի (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Ջրային համակարգերի, հիդրոտեխնիկայի և հիդրոէներգետիկայի ամբիոն, մագիստրանտ, (+374)98780330, jevo007@mail.ru, **Սահակյան Արամ Աշոտի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Շինարարության ֆակուլտետ, դեկան, (+374)77522555, sahakyan.aram@nuaca.am, **Բալջյան Պարգև Հովհաննեսի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Ջրային համակարգերի, հիդրոտեխնիկայի և հիդրոէներգետիկայի ամբիոն, (+374)93823541, baljyan-1951@list.ru, **Ստեփանյան Ռիմա Կոստանդինի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Էկոնոմիկայի, իրավունքի և կառավարման ամբիոն, մագիստրանտ, (+374)98328722, rimastepanyan2002@gmail.com

Унанян Мхитар Николович (РА, г. Ереван) – НУАКА, кафедра Водных систем, гидротехники и гидроэнергетики, магистрант, (+374)98780330, jevo007@mail.ru, **Саакян Арам Ашотович, канд.техн.наук, доцент** (РА, г. Ереван) – НУАКА, Строительного факультета, декан, (+374)77522555, sahakyan.aram@nuaca.am, **Балджян Паргев Оганесович, доктор техн. наук, профессор** (РА, г. Ереван) – НУАКА, кафедра Водных систем, гидротехники и гидроэнергетики, (+374)93823541, baljyan-1951@list.ru, **Степанян Рима Костандиновна** (РА, г. Ереван) - НУАКА, кафедра Экономики, права и управления, магистрант, (+374)98328722, rimastepanyan2002@gmail.com

Hunanyan Mkhitar (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Water Systems, Hydraulic Engineering and Hydropower Engineering, master's student, (+374)98780330, jevo007@mail.ru, **Sahakyan Aram, Doctor of Philosoph (Ph.D) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Dean of the Construction Faculty, (+374)77522555, sahakyan.aram@nuaca.am, **Balgian Pargev, Doctor of Technical Sciences, Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Water Systems, Hydraulic Engineering and Hydropower Engineering, (+374)93823541, baljyan-1951@list.ru, **Stepanyan Rima** (RA, Yerevan) – NUACA, Department of Economics, Law and Management, master's student, (+374)98328722, rimastepanyan2002@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 05.09.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 17.10.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

**ԲՆԱԿԱՎԱՅՐԵՐԻ ՍԱՀՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՇԱՀԱԳՈՐԾԱԿԱՆ
ԾԱԽՍԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ**

Չինար Վահանի Ներսեսյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

chinar.nersesyan@mail.ru

Հոդվածում ներկայացված է ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման անկատարյալ լինելուց տնտեսության կորուստների կառուցվածքը: Ուսումնասիրվել են բնակավայրերում և նրանց մոտեցումներում տրանսպորտային միջոցների կորցրած ժամանակի արժեքը: Տրանսպորտային միջոցների՝ ճանապարհային կորցրած ժամանակով որոշվել է տնտեսության ծախսերը (կորուստները)՝ կապված ուղևորների ճանապարհային գտնվելու հետ: Բնակավայրերում և նրանց մոտեցումներում առաջացած ճանապարհատրանսպորտային պատահարներից առանձնացվել են տնտեսության ուղղակի (անմիջական) կորուստները և անուղղակի ծախսերը:

***Բանալի բառեր.** տրանսպորտաշահագործական ծախս, ճանապարհ, տնտեսության կորուստ, անկատարյալ կազմակերպում, պատահարներ*

Ներածություն

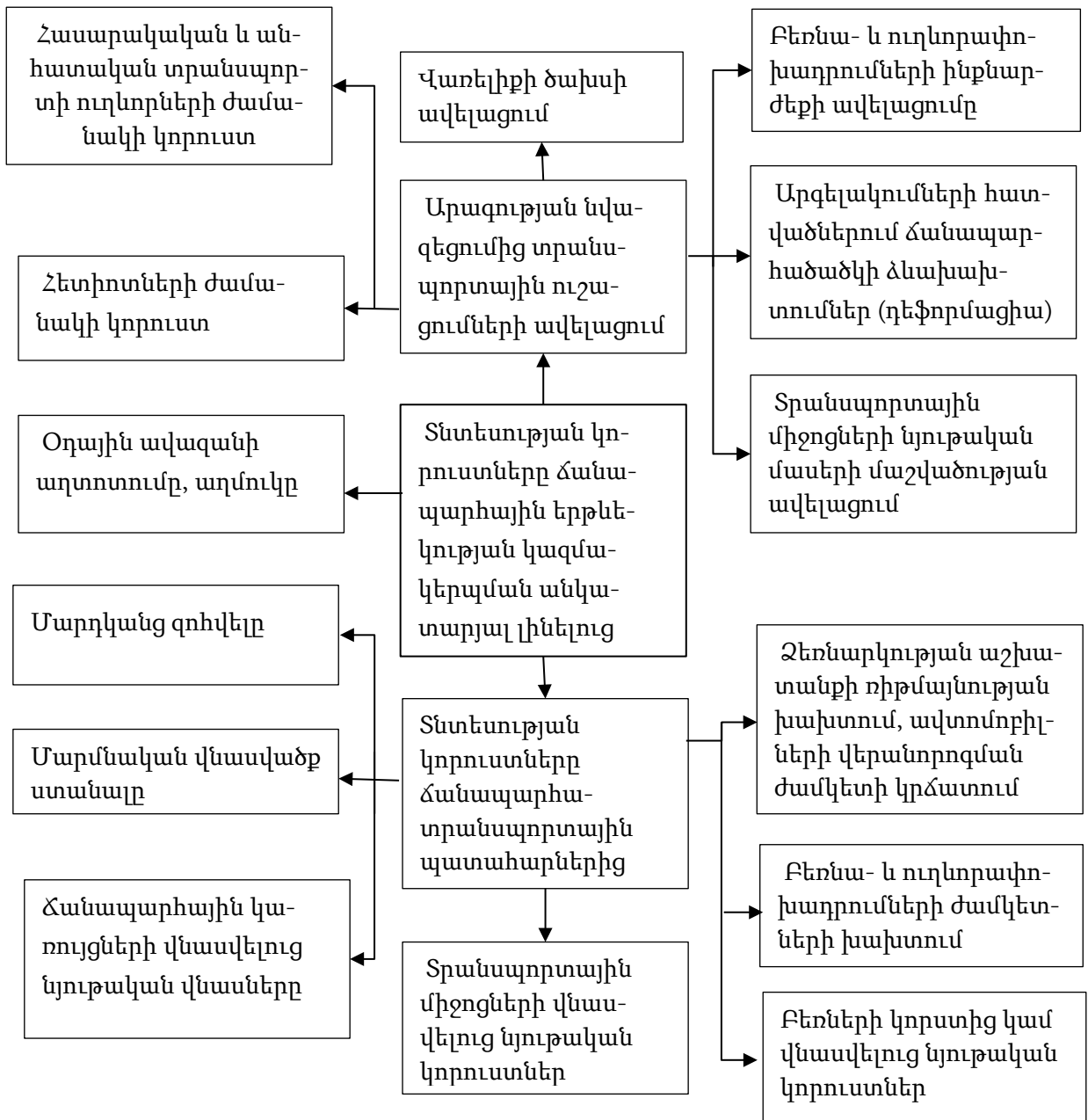
Ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման ճարտարագիտական գործունեությունը ներառում է [1].

- ճանապարհային երթևեկության հետազոտության տեղեկատվության ձևավորում,
- ճանապարհափողոցային ցանցի վրա ճանապարհատրանսպորտային պատահարների (ՃՏՊ) կուտակման տեղերի («սև կետերի») հայտնաբերում,
- ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման կատարելագործման նպատակով միջոցառումների նախագծում և տնտեսական հիմնավորում,
- ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման կատարելագործման տեղային և համալիր միջոցառումների իրացման մասնակցություն,
- ՃՏՊ-ի վայրում վթարափրկարարական աշխատանքների ընթացքում ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման օպերատիվ փոփոխում:

Ինչպես ցույց են տալիս արտասահմանյան և հայրենական փորձը՝ ավտոմոբիլացումը տնտեսության վրա հսկայական ազդեցությունից, մարդկանց համար հարմարավետություն ստեղծելուց բացի, կարող է առաջացնել մի շարք բացասական հետևանքներ, որոնք հատկապես շոշափելի են խոշոր քաղաքներում՝ ՃՏՊ-երը, օդային ավազանի աղտոտվածությունը, տրանսպորտային խճողումները, խցանումները և երթևեկության արագության կտրուկ նվազումը [2]:

Նյութեր և մեթոդներ

Ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման բարելավմանն ուղղված միջոցառումների արդյունավետության գնահատման ժամանակ կարևոր խնդիրներից է հանդիսանում սոցիալ-տնտեսական կորուստների հայտնաբերումը և որոշումը, որոնք կախված են երթևեկության կազմակերպման անկատարյալ լինելուց (նկ.):



Նկ. Ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման անկատարյալ լինելուց տնտեսության կորուստների կառուցվածքը

Ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման բարելավման միջոցառումների արդյունավետությունը գնահատվում է ոչ միայն երթևեկության անվտանգության, այլ նաև ճանապարհի թողունակության և ավտոտրանսպորտի արտադրողականության բարձրացումից [3, 4]:

Արդյունքներ և քննարկում

Բնակավայրերի սահմաններում տրանսպորտաշահագործական ծախսերը որոշվում են երկու եղանակով.

- բեռների և ուղևորների փոխադրման տարեկան ծավալի ինքնարժեքի հաշվարկով, եթե ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման կատարելագործման միջոցառումներն իրականացվում են մեծ երկարությամբ ճանապարհահատվածներում,
- կամ ժամանակի արժեքի հաշվարկով, որը ծախսում են տրանսպորտային միջոցները, եթե միջոցառումները կրում են տեղային բնույթ, օրինակ, երթևեկության կազմակերպման կատարելագործման միջոցառումներ՝ բնակավայրերում, ավտոճանապարհների հատումներում և հարակցումներում վերգետնյա կամ ստորգետնյա հետիոտնային անցումների կառուցում և այլն:

Քանի որ հետազոտական աշխատանքներն իրականացվել են բնակավայրերի սահմաններում և նրանց մոտեցումներում, ապա տրանսպորտային միջոցների կորցրած ժամանակի արժեքն առանձին ճանապարհափողոցային ցանցի հատվածի համար որոշվում է հետևյալ բանաձևով [2, 5].

$$C_{\delta\mu} = \sum_{i=1}^n T_{\text{տր.}} S_{d_i} d_i, \quad (1)$$

որտեղ $T_{\text{տր.}}$ -ն ավտոմոբիլային ամբողջ հոսքի տարեկան ժամանակային ծախսն է, *ալ/տ./ժ*, n –ը՝ դիտարկվող հատվածում շարժակազմի տեսակների թիվը, S_{d_i} -ն 1 *ալ/տ./ժ*-ի արժեքն է, *դրամ*, d_i -ն՝ որոշ տեսակի ավտոմոբիլների միավոր մասը:

Բնակավայրերում ավտոճանապարհների միևնույն մակարդակի չկարգավորվող փոխհատումներում տրանսպորտային միջոցների ժամանակի ծախսը տարեկան կլինի՝

$$T_{\delta\mu} = \frac{365 N_{\text{երկ.}} t_0}{3600 K_{\text{ան.}}}, \quad (2)$$

որտեղ $N_{\text{երկ.}}$ -ը երկրորդական ուղղությամբ ավտոճանապարհի վրա “պիկ” ժամանակահատվածում երթևեկության ինտենսիվությունն է, *ալ/տ./ժ*, t_0 -ն՝ մեկ ավտոմոբիլի միջին ուշացումը, *վ*, $K_{\text{ան.}}$ -ն՝ օրվա ընթացքում երթևեկության անհամաչափության գործակիցը (կարող է ընդունվել $K_{\text{ան.}} = 0,1$):

Առավել դժվարություն է ներկայացնում ավտոմոբիլի միջին ուշացման որոշելը: Չկարգավորվող խաչմերուկում (առավելության նշանների առկայության դեպքում) երթևեկությունը գլխավոր ուղղությամբ իրականացվում է գործնականում առանց ուշացումների: Ճանապարհի երկրորդական ուղղությամբ հետագա երթևեկության համար վարորդը հարկադրված է սպասել մինչև հիմնական ճանապարհով երթևեկող ավտոմոբիլների միջև առաջանա բավականին ժամանակային միջակայք:

Այսպիսով, մեկ ավտոմոբիլի ուշացումը կախված է երկրորդական ուղղությամբ խաչմերուկին մոտեցող ավտոմոբիլի կորցրած ժամանակից, երբ վարորդը սպասում է գլխավոր ուղղությամբ ընդունելի միջակայքի առաջացմանը: Նմանատիպ առաջադրանքները լուծվում են

հավանականության մոդելավորման տեսանկյունից: Այդ դեպքում մեկ ավտոմոբիլի միջին ուշացումը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ [4, 5].

$$t_0 = \frac{e^{N_{ql} \cdot t_{uh}} - N_{ql} \cdot t_{uh} - 1}{N_{ql} - N_{tpr} \cdot (e^{N_{ql} \cdot t_{uh}} - N_{ql} \cdot t_{uh} - 1)}, \quad (3)$$

որտեղ e -ն բնական լոգարիթմի հիմքն է, N_{ql} -ն՝ գլխավոր ճանապարհի ուղղությամբ երթնեկության ինտենսիվությունը, $ավտ./վ$, t_{uh} -ն՝ սահմանային միջակայքը, $վ$, որը ճանապարհի երկրորդական ուղղությունից խաչմերուկ մուտք գործող ավտոմոբիլի սահմանային միջակայքն է, երկգոտի ճանապարհի փոխհատման դեպքում $t_{uh} = 6 \dots 8$ $վ$, ձախ շրջադարձի դեպքում՝ $10 \dots 13$ $վ$, աջ շրջադարձի դեպքում՝ $4 \dots 7$ $վ$, N_{tpr} -ը՝ երկրորդական ուղղությամբ մեկ գոտու երթնեկության ինտենսիվությունը, $ավտ./վ$: Կարգավորվող խաչմերուկներում ավտոմոբիլի միջին ուշացումը հիմնականում կախված է լուսացուցային կարգավորման ռեժիմից և որոշվում է Վեբստերի բանաձևով [4]:

Տնտեսության ծախսերը (կորուստները), կապված ուղևորների ճանապարհին գտնվելու հետ, որոշվում է տրանսպորտային միջոցների՝ ճանապարհին կորցրած ժամանակով [5-7].

$$C_{ուղ.} = T_{տր.} \cdot S_{ղ.} \cdot (d_{ավթ.} \cdot \beta_{ավթ.} \cdot \eta_{ավթ.} + d_{թ.} \cdot \beta_{թ.} \cdot \eta_{թ.}) , \quad (4)$$

որտեղ $T_{տր.}$ -ը՝ տարվա ընթացքում բոլոր տեսակի տրանսպորտային միջոցների կորցրած ժամանակն է, $ավտ.ժ$, $S_{ղ.}$ -ն՝ մեկ ժամ երթուղում գտնվող ուղևորների և հետիոտների կորուստների միջին մեծությունը, $d_{ավթ.}$ և $d_{թ.}$ -ն՝ համապատասխանաբար ավտոբուսների և թեթև մարդատար ավտոմոբիլների միավոր մասը տրանսպորտային հոսքում, $\beta_{ավթ.}$ և $\beta_{թ.}$ -ն՝ համապատասխանաբար ավտոբուսների և թեթև մարդատար ավտոմոբիլի լիալցման անվանական տարողությունները, $\eta_{ավթ.}$ և $\eta_{թ.}$ -ն՝ համապատասխանաբար ավտոբուսների և թեթև մարդատար ավտոմոբիլի տեղավորման միջին գործակիցները:

ՀՀ ավտոճանապարհներին ՀՏՊ-երի արդյունքում ամեն տարի գոհվում են 300-ից ավելի մարդ և 6000-ից ավելին ստանում են տարբեր աստիճանի մարմնական վնասվածքներ: Վթարների ժամանակ վնասվում և քայքայվում են մեծաքանակ նյութական արժեքներ՝ ավտոմոբիլներ, բեռներ, տարբեր ճարտարագիտական կառույցներ և այլն [8-10]:

Կարելի է ՀՏՊ-երից առանձնացնել տնտեսության կորուստների երկու տեսակներ՝

- ուղղակի (անմիջական) կորուստներ՝ ավտոտրանսպորտային ձեռնարկությունների, ճանապարհաշահագործական հիմնարկների, բեռնափոխադրող ընկերությունների ծախսերը, ոստիկանական և քննչական մարմինների՝ ՀՏՊ-ի հետաքննման, տուժածների բժշկական սպասարկման ծախսերը, տուժածներին հիվանդաթերթիկների վճարումը, պետական մարմինների կողմից սոցիալական ապահովություն (կենսաթոշակ), ապահովագրական ընկերությունների կողմից փոխհատուցման ծախսերը,
- անուղղակի ծախսերին են դասվում. արտադրական ձեռնարկությունների, աշխատակիցների նյութական ոլորտի, արտադրական կազմերի խախտման և սոցիալ-հոգեբանական կորուստները:

Մեկ ճանապարհատրանսպորտային պատահարից գումարային կորուստները (*η_{բա}*) կարելի է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով [5].

$$\eta = \sum (\eta_{1i} + \eta_{2i} + \eta_{3i} + \eta_{4i} + \eta_{5i} + \eta_{6i}), \quad (5)$$

որտեղ η_{1i} -ն վնասված ավտոմոբիլների տեղափոխման, վերականգնման և նորոգման ծախսերն են, ինչպես նաև տրանսպորտային միջոցների պարապուրդից կորուստները, η_{2i} -ն՝ ՃՏՊ-ի հետևանքով բեռների վնասվելուց կորուստները, η_{3i} -ն ծախսեր են, կապված ավտոճանապարհների, կառույցների (մետաղական պաշտպանիչներ, երթևեկության կարգավորման տեխնիկական միջոցներ, կամուրջների ճաղավանդակներ, ուղեանցների հենապոստներ և այլն) հետ, η_{4i} -ն ծախսերն են, կապված երթևեկության պայմանների խաթարման հետ (տրանսպորտային միջոցների ուշացումները, գերավազքերը՝ շրջանցման երթուղի ուղղելու դեպքում և երթևեկելի մասի մաքրումը ՃՏՊ-ի հետևանքներից), η_{5i} -ն՝ ոստիկանության և հետաքննող մարմինների ծախսերը, η_{6i} -ն՝ կորուստները, որոնք կապված են մարդու ներգրավումը ՃՏՊ-ի մեջ (ազգային եկամտի մասի կորուստ, բուժման ծախսեր, հիվանդաթերթիկի վճարում, թոշակի, նպաստի տրամադրում և այլն), i - ն՝ մեկ ՃՏՊ-ի մեջ ներգրավված տրանսպորտային միջոցների, բեռների մարդկանց թիվը:

Եզրակացություն

- Ճանապարհային երթևեկության կազմակերպման բարելավման միջոցառումների արդյունավետությունը գնահատվում է ոչ միայն երթևեկության անվտանգության, այլ նաև ճանապարհի թողունակության և ավտոտրանսպորտի արտադրողականության բարձրացումից:
- Բնակավայրերի սահմաններում տրանսպորտաշահագործական ծախսերը որոշվում են բեռների և ուղևորների փոխադրման տարեկան ծավալի ինքնարժեքի հաշվարկով կամ ժամանակի արժեքի հաշվարկով, որը ծախսում են տրանսպորտային միջոցները:
- ՃՏՊ-երից կարելի է առանձնացնել տնտեսության կորուստների երկու տեսակներ՝ ուղղակի (անմիջական) կորուստներ և անուղղակի ծախսեր:

Գրականության ցանկ

- [1] **Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев**, Организация дорожного движения, Транспорт, Москва, 2007, 230 с.
- [2] **С.Н. Боярский**, Экономика автомобильного транспорта, Екатеринбург, 2018, 26 с.
- [3] **А.Г. Левашев**, Повышение эффективности организации дорожного движения. Иркутск, 2004, 20 с.
- [4] **Ю.А. Кременец**, Технические средства организации дорожного движения, Транспорт, Москва, 2005. 279 с.
- [5] **В.А. Аксенов, Е.П. Попова**, Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения, Транспорт, Москва, 2007, 127 с.
- [6] **Ю.А. Ставничий**, Дорожно-транспортная сеть и безопасность движения пешеходов, Транспорт, Москва, 2003, 72 с.
- [7] **Г.Я. Волошин**, Анализ дорожно-транспортных происшествий, Транспорт, Москва, 1997, 239 с.

- [8] Հայաստանի ճանապարհային անվտանգության ազգային ռազմավարություն, Երևան, 2023, 138 էջ:
- [9] ՀՀ ավտոմոբիլային ճանապարհների 2023-2033թթ. ռազմավարություն, Երևան, 2022, 92 էջ:
- [10] Стокгольмская декларация, Третья всемирная министерская конференция по безопасности дорожного движения: достижение глобальных целей к 2030 г., Стокгольм, 19–20 февраля 2020. 52 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ НА ГРАНИЦАХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Чинар Вагановна Нерсисян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
chinar.nersesyan@mail.ru

Представлена структура экономических потерь, обусловленных несовершенством организации дорожного движения. Исследована стоимость времени, потерянного транспортными средствами в населенных пунктах и на подходах к ним. На основе времени, потерянного транспортными средствами в пути, определены экономические затраты (убытки), связанные с пребыванием пассажиров в пути. Выделены прямые (непосредственные) и косвенные затраты экономики от дорожно-транспортных происшествий, происходящих в населенных пунктах и на подходах к ним.

Ключевые слова: *транспортно-эксплуатационные расходы, дорога, экономические потери, несовершенство организации, аварии*

DETERMINATION OF TRANSPORT OPERATING COSTS IN THE BORDERS OF SETTLEMENT

Chinar Nersesyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
chinar.nersesyan@mail.ru

The article presents the structure of economic losses resulting from the imperfection of road traffic organization. The value of time lost by vehicles within settlements and on their approaches has been studied. Based on the time vehicles spend delayed on the road, the economic costs (losses) related to passengers' travel time have been determined. The direct (immediate) economic losses and indirect costs caused by road traffic accidents occurring within settlements and on their approaches have been identified separately.

Keywords: *transport operating cost, road, economic loss, imperfect organization, accidents*

Ներսիսյան Չինար Վահանի (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, ասիստենտ, (+374)77490858, *chinar.nersesyan@mail.ru*

Нерсисян Чинар Вагановна (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, ассистент, (+374)77490858 *chinar.nersesyan@mail.ru*

Nersesyan Chinar (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, assistant, (+374)77490858, *chinar.nersesyan@mail.ru*

Ներկայացվել է՝ 17.11.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 01.12.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

**ԳԱԶԱՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԷԼԵՄԵՆՏՆԵՐՈՒՄ ՀՈԳՆԱԾԱՅԻՆ ԵՎ
ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ՊԼԱՍՏԻԿ ԴԵՖՈՐՄԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԻ ՀԱՄԱԼԻՐ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ**

**Միհրան Գրիգորի Ստակյան*, Նարինե Վիլիկի Փիրումյան,
Անգին Վիկտորի Մարտիրոսյան, Աշոտ Յուրիի Սաֆարյան**

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

**stakyan.mihran@yandex.ru*

Դիտարկվում են գազատրանսպորտային համակարգի մայրուղային խողովակաշարերի եռակցված կարերում ընթացող ցիկլային երևույթները, որոնք որոշակի աշխատաժամանակից հետո կարող են հանգեցնել կարերի հոգնածային քայքայումների և դադարեցնել բնականոն գազամատակարարումը: Նշված երևույթները բացառելու նպատակով առաջադրված է եռակցված կարերի կրողունակության բարձրացման տեխնոլոգիա, որը կատարվում է շրջազրոմամբ գործող հոլովակային ամրացնող սարքով: Սարքում տեղակայված այլ մեխանիզմով կատարվում է նաև ամրացված շերտի երեսապատում հակակոռոզիոն ծածկույթով: Տվյալ աշխատանքում նախկին հետազոտությունների վերլուծությամբ և եռակցված կարերի պլաստիկ ամրացված շերտերում ենթամակերևութային միկրոկարծրությունների բազմաքանակ չափումներով կատարված է ազդող գործոնների ցուցանիշների գնահատում և ֆունկցիոնալ կապերի ձևակերպում, որոնք բազմապարամետրական բնույթ են կրում: Արդյունքում հնարավոր է գնահատել հետազոտվող նյութերի և երևույթների համալիր ազդեցությունը ցուցանիշների օպտիմալ արժեքները ստանալու նպատակով:

Բանալի բառեր. *գազատրանսպորտային համակարգ, խողովակաշար, եռակցված կար, մակերևութային ամրացման պլաստիկ դեֆորմացիա, հոգնածային դիմադրություն, գործոնների համալիր գնահատում*

Ներածություն

Գազատրանսպորտային համակարգի (ԳՏՀ) նախագծման, պատրաստման և տեղակայման արդի վիճակը բնութագրվում է կոնստրուկցիայի թողարկման ծավալների կտրուկ աճով, որակի ցուցանիշների անշեղ բարձրացմամբ և բնական գազի սպառման շուկաներում մրցակցային պայմանների տարեցտարի խստացմամբ: Նշված պահանջները ենթադրում են համակարգի ստեղծման և իրացման ողջ գործընթացում կատարել յուրաքանչյուր առանձին միջոցառման կատարելագործում, որոնց մեջ հատկապես առանձնանում են կոնստրուկցիոն տարրերի պատրաստման և վերջնամշակման գործընթացները, որոնք և ձևավորում են պատասխանատու էլեմենտների աշխատանքային մակերևույթների աշխատունակության անհրաժեշտ ցուցանիշները:

Արդի շրջանում արտադրանքի զանգվածային և խոշոր խմբաքանակներով թողարկումը և արտադրության կազմակերպմանն առնչվող ֆինանսական ծախսերի մեծացումը պահանջներ են առաջադրում կատարված հետազոտությունների համալիր դասակարգմամբ մշակել կոնստրուկտորատեխնոլոգիական մեթոդիկա, որն ընդհանրացնելով կատարված հետազոտությունների արդյունքները, հնարավորություն կընձեռի մի շարք գործողությունների համալիր գնահատմամբ իրականացնել հետևյալ ընթացակարգերը.

- կոնստրուկցիայի պատասխանատու էլեմենտներում համեմատաբար էժան՝ միջին ածխածնային և ցածր լեզիրված կոնստրուկցիոն պողպատների ընտրություն և ամրացման տեխնոլոգիաների կիրառում,
- ամրացված էլեմենտների ենթամակերևութային շերտերում մնացորդային սեղմող լարումներով և բարձր միկրոկարծրությամբ օպտիմալ խորության ստեղծում, որը զգալիորեն կբարձրացնի հոգնածային դիմադրությունը և մաշակայունությունը,
- ամրացման գործընթացի համալիր մաթեմատիկական մոդելի և փոխկապակցված ֆունկցիոնալ կապերի ստեղծում:

Նյութեր և մեթոդներ

Նշված հիմնախնդիրն իրականացնելու համար անհրաժեշտ է քննարկել հետևյալ հարցերը.

1. ուսումնասիրել աշխատանքային մակերևութների միկրոերկրաչափական պարամետրերի օպտիմիզացման գործընթացները մակերևութային պլաստիկ դեֆորմացման (ՄՊԴ) մեթոդի կիրառմամբ և դրանց ազդեցությունն էլեմենտների աշխատունակության հիմնական ցուցանիշների վրա,
2. ամրացման տեխնոլոգիական պարամետրերի և դեֆորմացված մակերևութային շերտերի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների միջև ֆունկցիոնալ կապերի բացահայտման նպատակով մշակել ամրացված գլանական մակերևութային շերտերի միկրոկարծրությունների չափման մեթոդիկա և գրաֆիկական սխեմա՝ ըստ դեֆորմացված շերտերի խորացման չափի,
3. նախկին և առկա հետազոտություններում ստացված տվյալների հիման վրա ձևավորել և դուրս բերել բազմապարամետրական ֆունկցիոնալ կապեր էլեմենտների նյութագիտական և երկրաչափական ցուցանիշների, ամրացման տեխնոլոգիաների պարամետրերի և դեֆորմացված մակերևութային շերտերի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների խմբերի միջև:

Հետազոտության գիտամեթոդական հիմքը՝ դա պատասխանատու էլեմենտներում ՄՊԴ տեխնոլոգիաների և ամրացված մակերևութային շերտերում ընթացող ֆիզիկամեխանիկական գործընթացների ուսումնասիրումը և տեսական նկարագրումն է: Հետազոտության տեսական մասը հիմնված է կոնստրուկցիոն մեխանիկայի և մաթեմատիկական վիճակագրության դրույթների վրա, որոնք թույլ են տալիս ներկայացնել նշված գործընթացների մաթեմատիկական մոդելները:

Այդ նպատակով օգտագործվել են ստանդարտ համակարգչային ծրագրեր (*Wolfram Mathematica* և *այլն*), որոնցում օպտիմալ լուծումներ առաջադրելու համար ընդգրկված են նաև լրացուցիչ ենթածրագրեր [1, 2]:

Կիրառված է նաև համակարգային վերլուծության մեթոդը, ըստ որի դասակարգվել և ընտրվել են առավել գործնական նշանակություն ունեցող տարբերակները, որոնց համար կարելի է ստանալ բազմապարամետրական ֆունկցիոնալ կապեր:

Արդյունքներ և քննարկում

Ինչպես վկայում են կոտրվածքաբանական և տեխնիկական արատաորոշման հետազոտությունները, կոնստրուկցիոն համակարգերում վնասվածքների զգալի մասը (մոտ 75%-ը) հոգնածային բնույթ է կրում, որի պատճառով առաջնային է դառնում տարրերի հոգնածային դիմադրության բարձրացման համալիր միջոցառումների կիրառումը: Այս տեսակետից կարևոր նշանակություն է ստանում հաշվանախագծային և տեխնոլոգիական գործընթացների համալիր ուսումնասիրումը: Առաջին դեպքում անհրաժեշտություն է դառնում հաշվարկներում քվանտիլային հոգնածային գծերի հավասարումների օգտագործումը, որը թույլ է տալիս հուսալիության գնահատումներում ցիկլային ամրության և երկարակեցության ցուցանիշները ներկայացնել չքայքայման հավանականության տրված մակարդակով, իսկ երկրորդ դեպքում՝ ԳՏՀ-ի էլեմենտներում ՄԴՊ-ի կիրառումը, որը տեխնոլոգիապես հեշտ իրականացվող և տնտեսապես ընդունելի մեթոդ է և թույլ է տալիս ցիկլային ամրության ցուցանիշները բարձրացնել 1,5...2,0 անգամ, իսկ երկարակեցության ցուցանիշները 2...4-ի սահմաններում:

Տվյալ ոլորտում կատարված աշխատանքները հիմնականում վերաբերվել են որոշակի դասի կոնստրուկցիաների և տեխնոլոգիական սարքավորումների պատասխանատու էլեմենտների և հանգույցների կրողունակության բարձրացման նպատակով ամրացման նոր տեխնոլոգիաների առաջադրմանը, սարքավորումների և դեֆորմացնող գործիքների կոնստրուկցիաների մշակմանը, ներգործման ֆիզիկական մեթոդների ընդլայմանը և դրանց համակցված կիրառմանը: Համեմատաբար քիչ են ուսումնասիրված մակերևութային շերտերում ամրացման երևույթների օրինաչափությունները, որոնք կարևոր նշանակություն ունեն տրված ծառայության ժամկետում աշխատանքային մակերևութների կրողունակության ապահովման, ինչպես նաև կոռոզիոն, շփական և հոգնածային ներգործումները (առանձին կամ համատեղ) հնարավորինս նվազացնելու և որպես արդյունք՝ մակերևութային վնասվածքները շերտի խորությամբ ներթափանցմանը դիմակայելու տեսակետից [3, 4]:

Տվյալ հետազոտության թեմայով ՃՇՀԱՀ-ում նախագծված է մայրուղային գազատարներում եռակցված կարերի մակերևութային ամրացման համար նախատեսված և շրջաօլորման սկզբունքով գործող հոլովակային ամրացնող սարքի կոնստրուկցիան, որը նաև երեսապատում է ամրացված շերտը հակակոռոզիոն ծածկույթով: Նշված երկու միջոցառումները (կոնստրուկցիա և ամրացման տեխնոլոգիա) արտոնագրված են Հայաստանում [5, 6]:

Նշված միջոցառումների համալիր և տարբեր զուգորդումներով դիտարկումը, ինչպես նաև դրանցից որևէ մեկի առաջնայնության ընդունումը կոնստրուկցիաների նախագծման և խոշոր խմբաքանակներով թողարկման պայմաններում առաջադրում են այդ գործընթացների մաթեմատիկական մոդելավորում և դիտարկվող միջոցառումների ցուցանիշների օպտիմալացում: Դա թույլ կտա բնագավառի հետազոտություններում հիմնախնդիրների լուծման համար ընդունված դիֆերենցիալ սկզբունքից անցում կատարել նշված միջոցառումների համալիր և համակարգված մեթոդիկային, բացահայտել դիտարկվող պարամետրերի միջև ֆունկցիոնալ կապեր և առաջադրել ամրացման օպտիմալ գործընթացներ:

Յուրաքանչյուր առանձին դեպքում ամրացման եղանակի ընտրությունը պահանջում է լարվածային վիճակի և մնացորդային լարումների բնույթի մանրակրկիտ հետազոտում լարումների կուտակիչների տարբեր տիպերի առկայության դեպքում: Այդ պատճառով ամրության բարձրացման օպտիմալ մեթոդի և դրա պարամետրերի որոշումը կայացվում է բնապայման փորձարկումների հիմքի վրա, որոնք նմանակում են էլեմենտների աշխատանքի պայմանները, հաշվի առնելով մնացորդային լարումների փաստացի բաշխումը լարումների կուտակիչի տվյալ տիպի դեպքում (նկ. 1):

Տվյալները ցույց են տալիս, որ պողպատի դիմացկունության սահմանի վրա այնպիսի գործոնների ազդեցությունը, ինչպիսիք են՝ պոկման դիմադրությունը, պլաստիկությունը և լարումների կուտակիչների նկատմամբ զգայունությունը, սերտ կապված և փոխապայմանավորված են: Այս դեպքում մեծ նշանակություն ունեն նաև միկրոկառուցվածքի յուրահատկությունները՝ դրա համասեռությունը, կազմվածքը (մարտենսիտային կամ տրոստիտային) և մետաղալուծությունը, ոչ մետաղական հավելանյութերի առկայությունը և պինդ լուծույթում ածխածնի պարունակությունը [7-9]:



Նկ. 1. Լարումների կուտակիչով էլեմենտի մակերևութային ամրացման սխեմատիկ տեսքը.

1 – չամրացված էլեմենտի սահմանային աշխատանքային էպյուրը, 2 – չամրացված էլեմենտի ամրության մակարդակը, 3 – մնացորդային սեղմող լարումների բաշխումը մակերևութային դեֆորմացումից հետո, 4 և 4' – 1 և 3 էպյուրների գումարային արդյունքն ամրացումից հետո

$\sigma_{R(v)}$, $\tau_{R(v)}$ դիմացկունության սահմանների աճի վրա զգալի ազդեցություն ունեն նաև ամրացման տեխնոլոգիական պարամետրերը (V , S , t , F) և հատկապես F նորմալ ուժը, որի օպտիմալ արժեքի դեպքում կարելի է ստանալ այդ սահմանների առավելագույն արժեքները (նկ. 2):



Նկ. 2. Տարբեր միկրոկառուցվածքային 45XH կոնստրուկցիոն պողպատի ցիկլային ծոման ($\sigma_{R(v)}$, կոր 1) և ցիկլային ուղորման ($\tau_{R(v)}$, կոր 2) դիմացկունության սահմանների փոփոխությունները շրջագլորման F ուժից. $\circ$ – մարտենսիտային, $\bullet$ – տրոստիտային միկրոկառուցվածքներ

Ամրացված էլեմենտների հոգնածային դիմադրության աճը, որը պայմանավորված է մնացորդային սեղմող լարումների առաջացմամբ և դեֆորմացված շերտի հատկությունների բարենպաստ համակազմով, էլեմենտի առավելագույն ամրացման սահմաններում հասանելի է դառնում նյութի մակերևութային շերտերի դիմադրության, մինչև կրիտիկական երկարությամբ հոգնածային ճաքերի առաջացման, իսկ դրանց կրիտիկական երկարության դեպքում՝ ճաքերի արդյունավետ արգելակման շնորհիվ:

Հոգնածային դիմադրության բնութագրերը որոշելու համար օգտագործում են քվանտիլային հոգնածային գծերի ընտանիքի հավասարումները, որոնց պարամետրն է չքայքայման հավանականության $P(N)$ մակարդակը, ներկայացված $P(z)$ նորմալ բաշխման նորմավորված ֆունկցիայի z_p քվանտիլով և որոնք ունեն հետևյալ տեսքը [3].

- $N \leq 5 \cdot 10^6$ տիրույթում (քվանտիլային գծերի ձախ հատվածը).

$$N \leq N_{G(v)}, \quad \lg N = (\lg \bar{N}_v + z_p s_{Nr(v)}) - (\bar{m}_{(v)} + z_p s_{m(v)})(\lg \sigma - \lg \bar{\sigma}_{(v)}) = C_{(v)} - m_{(v)} \lg \sigma, \quad (1)$$

- $N > 5 \cdot 10^6$ տիրույթում (քվանտիլային գծերի աջ հատվածը).

$$N > N_{G(v)}, \quad \lg N_{G(v)}, \quad \lg \bar{\sigma}_{R(v)} = (C_{(v)} - \lg N_{G(v)}) / m_{(v)}: \quad (2)$$

(1)-(2) – ում բերված են հետևյալ մեծությունները.

$$m_{(v)} = \bar{m}_{(v)} + z_p s_{m(v)}, \quad C_{(v)} = \bar{C}_{(v)} + z_p s_{C(v)}, \quad \bar{m}_{(v)} = \bar{r}_{(v)} / S_{N(v)}^2, \\ \bar{C}_{(v)} = \bar{m}_{(v)} \lg \bar{\sigma}_{(v)} + \lg N_{(v)}, \quad S_{Nr(v)} = S_{N(v)} \sqrt{(1 - r_{(v)}^2)(n - 1) / (n - 2)}, \quad (3)$$

$$S_{m(v)} = (S_{N(v)} / S_{\sigma(v)}) \sqrt{(1 - r_{(v)}^2)(n - 2)}, \quad S_{C(v)} = S_{Nr(v)} + S_{m(v)} \lg \sigma_{(v)}:$$

Կատարելով համապատասխան ձևափոխություններ՝ $N_{G(v)}$ -ի համար, համաձայն (1)-(3)-ի կստացվի.

$$\lg N_{G(v)} = \lg \bar{N}_{G(v)} + z_p (s_{C(v)} - s_{m(v)} \lg \sigma_{R(v)} - \bar{m}_{(v)} s_{\sigma R(v)}) = \lg \bar{N}_{G(v)} + z_p s_{NG(v)}$$

$$\text{կամ } \lg N_{G(v)} = \lg \bar{N}_{G(v)} + z_p (s_{C(v)} - s_{m(v)} \lg \bar{\sigma}_{R(v)} - m_{(v)} s_{\sigma R(v)}) = \lg \bar{N}_{G(v)} + z_p s_{NG(v)}, \quad (4)$$

որտեղ $N_{G(v)}$ -ի ընդհանրական միջին քառակուսային շեղումը՝

$$s_{NG(v)} = (s_{C(v)} - s_{m(v)}lg\sigma_{R(v)} - \overline{m}_{(v)}s_{\sigma_{R(v)}})$$

կամ $\acute{s}_{NG(v)} = (s_{C(v)} - s_{m(v)}lg\overline{\sigma}_{R(v)} - m_{(v)}s_{\sigma_{R(v)}})$: (5)

Նույն ձևով՝

$$lg\sigma_{R(v)} = lg\overline{\sigma}_{R(v)} + z_p s_{\sigma_{R(v)}}: (6)$$

Աշխատանքի նպատակն է ի հայտ բերել ամրացման էֆեկտի գումարային ազդեցությունն էլեմենտների երկրաչափական պարամետրերի, ձևերի, մակերևութային անհարթությունների և վերջնական արդյունքում դրանց դիմացկունության միջնարժեքային սահմանի վրա, ինչպես նաև որոշելու ամրացման տեխնոլոգիայի օպտիմալ ռեժիմները՝ հոգնածային դիմադրության գործակիցների տրված արժեքների դեպքում: Հաշվի առնելով տարբեր գործոնների ազդեցության ողջ տիրույթը և նախկինում կատարված լայնածավալ հետազոտությունները՝ որպես ելակետային վերցվել և դասակարգվել են փորձարկումների այն տեսակները, որոնք վերաբերում են առավել շատ օգտագործվող 40X մակնիշի կոնստրուկցիոն պողպատից (ջերամշակումը՝ նորմալիզացում, $\sigma_B = 920 \text{ ՄՊա}$, $HB = 215...250$) պատրաստված էլեմենտներին, որոնց աշխատանքային մակերևույթները ենթարկվել են պլաստիկ շրջազլորման և փորձարկվել են ցիկլային ծոմամբ կամ համատեղ ծոմամբ և ոլորմամբ ([10-13], հոգնածային փորձարկումների մոտ 665 խմբաքանակներ), որոնցից ընտրված են առավել նշանակալից 64-ը, որոնք դասակարգված են ըստ d տրամագծի, $\overline{\alpha}_\sigma$ լարումների կուտակման գործակցի և Δh ամրացման շերտի խորության [14]:

Արդյունքում ստացվել են քվանտիլային հոգնածային գծերի 64 ընտանիքների հավասարումներ: Նշված փորձարկումները դասակարգված են ըստ հետազոտված գործոնների (նյութագիտական, կոնստրուկցիոն, տեխնոլոգիական, շահագործական) համատեղ և տարբեր զուգորդումներով ազդեցության, որը նախկինում համակարգված բնույթ չի կրել: Բացահայտվել են այդ գործոնների ցուցանիշների տարաբնույթ և փոխադարձ ֆունկցիոնալ կապերը: Նման մոտեցումը կարևոր նշանակություն ունի նախագծման փուլում ցուցանիշների հիմնավորված արժեքների կիրառման նպատակով, որոնք ընտրված են ըստ գործոնի առաջնայնության, իսկ մնացածները՝ ըստ հաջորդականության և որն էլ կապահովի գազատարի օպտիմալ կոնստրուկցիայի մշակումը: Այդ կապակցությամբ առաջադրված է բազմապարամետրական ֆունկցիոնալ կապ [12]՝

$$\Phi_1[(F, V, S), (d, \alpha_\sigma), (\Delta h, HV, HV_{max}), (R_a, R_z, R_{max}), (\overline{C}_{(v)}, \overline{m}_{(v)}, lgN_{G(v)}, \sigma_{R(v)})] = 0, (7)$$

որը փոխարինված է պարամետրական հավասարումների համակարգով՝

$$\begin{aligned} \Delta h &= f_1(F, V, S), & HV &= \varphi_1(\Delta h), & \overline{C}_{(v)} &= \varphi_6(\overline{m}_{(v)}), \\ HV_{max} &= f_2(F, V, S), & HV_{max} &= \varphi_2(\Delta h), & \overline{m}_{(v)} &= \varphi_7(HV_{max}), \\ R_a &= f_3(F, V, S), & \overline{\sigma}_{R(v)} &= \varphi_3(\Delta h, d, \alpha_\sigma), & \overline{m}_{(v)} &= \varphi_8(\Delta h), \\ R_z &= f_4(F, V, S), & d &= \varphi_4(\overline{\sigma}_{R(v)}, \alpha_\sigma, \Delta h), & \overline{\sigma}_{R(v)} &= \varphi_9(lg\overline{N}_{G(v)}), \\ R_{max} &= f_5(F, V, S), & \overline{m}_{(v)} &= \varphi_5(\overline{\sigma}_{R(v)}), & lg\overline{N}_{G(v)} &= \varphi_{10}(\Delta h): \end{aligned} (8)$$

Հավասարումների (8) համակարգի կիրառմամբ ցիկլային երկարակեցությունների հաշվարկներ կատարելու համար անհրաժեշտ է օգտագործել հոգնածային գծերի հավասարումների

$\overline{m}_{(v)}$, $\overline{C}_{(v)}$, $\overline{\sigma}_{R(v)}$ և $\overline{N}_{G(v)}$ պարամետրերին առնչվող ֆունկցիոնալ կապերը: Այդ պարամետրերի առաջնայնության սկզբունքը թելադրվում է իրականացվող հետազոտության շրջանակներում կոնստրուկցիոն տարրերի հոգնաձային դիմադրության վրա գործոններից (հաշվանախագծային, տեխնոլոգիական, շահագործական) որևէ մեկի ազդեցության գերակայության հաշվառման դեպքում: Օրինակ, $\overline{\sigma}_{R(v)} = \varphi_9(lg\overline{N}_{G(v)})$ ֆունկցիայի համար հնարավոր են արգումենտի և պարամետրերի առաջնայնության զուգորդումների հետևյալ տարբերակները.

$$\begin{aligned} 1. \quad (lg\overline{N}_{G(v)}, \alpha_\sigma, d, \Delta h), \quad 3. \quad (lg\overline{N}_{G(v)}, d, \alpha_\sigma, \Delta h), \quad 5. \quad (lg\overline{N}_{G(v)}, \Delta h, \alpha_\sigma, d), \\ 2. \quad (lg\overline{N}_{G(v)}, \alpha_\sigma, \Delta h, d), \quad 4. \quad (lg\overline{N}_{G(v)}, d, \Delta h, \alpha_\sigma), \quad 6. \quad (lg\overline{N}_{G(v)}, \Delta h, d, \alpha_\sigma), \end{aligned} \quad (9)$$

որոնցից յուրաքանչյուրը համապատասխանում է հոգնաձային դիմադրության հետազոտման որոշակի դեպքին: Դիտարկված են (9)-ի 1 և 2 տարբերակները, որոնցում ՄՊԴ-ի կիրառման դեպքում առաջնայնություն է տրվում էլեմենտի (հանգույցի) եզրագծի տեսքին (α_σ) և կոնստրուկտիվ չափերին (d):

Օգտագործելով նախկինում կատարված փորձարարական ուսումնասիրությունների նշանակալի ծավալը, կազմված է (3) պարամետրերի տվյալների բազա՝ առավել շատ կիրառվող 40X մակնիշի կոնստրուկցիոն պողպատի համար: Թվով 64 քվանտիլային հոգնաձային գծերի հավասարումների $\overline{\sigma}_{R(v)}$, $\overline{C}_{(v)}$, $\overline{m}_{(v)}$, $lg\overline{N}_{G(v)}$ գուգանիշները դասակարգված են ըստ α_σ , Δh և d պարամետրերի (նկ. 3)՝

$$\begin{aligned} \alpha_{\sigma 1} &= 1,00 \dots 1,05, & \overline{\alpha}_{\sigma 1} &\approx 1,00, & \Delta h_1 &= 0, & d_1 &= 7,5 \text{ մմ}, \\ \alpha_{\sigma 2} &= 1,06 \dots 1,50, & \overline{\alpha}_{\sigma 2} &\approx 1,25, & \Delta h_2 &= 0,05 \text{ մմ}, & d_2 &= 10 \text{ մմ}, \\ \alpha_{\sigma 3} &= 1,51 \dots 2,00, & \overline{\alpha}_{\sigma 3} &\approx 1,75, & \Delta h_3 &= 0,10 \text{ մմ}, & d_3 &= 15 \text{ մմ}, \\ \alpha_{\sigma 4} &= 2,01 \dots 3,50, & \overline{\alpha}_{\sigma 4} &\approx 2,75, & \Delta h_4 &= 0,15 \text{ մմ}, & d_4 &= 20 \text{ մմ}: \end{aligned} \quad (10)$$

Դիտարկվող տրամագծային միջակայքը համապատասխանում է հոգնաձային փորձարկումներում օգտագործված փորձանմուշների չափերին, որոնք հիմնականում վերցված են $d = 7,5, 10$ և 15 և $20,0$ մմ արժեքներով՝ ելնելով կիրառված ստանդարտ հոգնաձային փորձարկման սարքավորումների հնարավորություններից: Դեֆորմացված շերտի $\Delta h = 0,05 \dots 0,15$ մմ խորությունը ստացվում է փորձանմուշների մակերևույթները



Նկ. 3. $\overline{\sigma}_{R(v)} = \varphi_9(lg\overline{N}_{G(v)})$ ֆունկցիայի արգումենտի և պարամետրերի առաջնայնության սխեման (9)-ի կ. 2-ի համար, ըստ I, ..., IV մակարդակների՝ ($\overline{N}_{G(v)} - \alpha_\sigma - \Delta h - d$)

$V = 52,2$ մ/բ, $F = 100...500$ Ն և $S = 0,050...0,155$ մմ/պտ ամրացման ռեժիմով մշակելու դեպքում:

Արտադրական պայմաններում առավելագույն արդյունքի հասնելու նպատակով F -ի մեծությունը կարելի է ավելի բարձր վերցնել, որն էլեմենտների $d = 20...60$ մմ տրամագծերի դեպքում հիմնավորված է: Տվյալ հետազոտության շրջանակում փորձանմուշների $d = 7,5...20$ մմ տրամագծերի համար F -ի արժեքները սահմանափակված են լայնական մնացորդային դեֆորմացիաներից և տրամագծերի փոփոխություններից խուսափելու պայմաններից ելնելով, սակայն նույնիսկ F -ի նշված արժեքների դեպքում ակնհայտ են էլեմենտների ամրության և երկարակեցության աճի միտումները:

Տվյալների քանակական գնահատումները, որոնք իրականացված են ցիկլային ամրության և երկարակեցության հարաբերական մեծություններով ($\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = \bar{\sigma}_{R(v)} / \bar{\sigma}_R$, $\delta\bar{N}_{G(v)} / \bar{N}_G$), բացահայտում են ՄՊԴ-ի դրական ազդեցությունն այդ չափանիշների վրա (աղյուսակ):

Եթե հարթ փորձանմուշների համար $\Delta h_4 = 0,15$ մմ-ի դեպքում՝ $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 1,16...1,27$, ապա $\bar{\alpha}_{\sigma 4}$ - համար այդ աճը հասնում է $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 1,53...1,88$: Մյուս էական փոփոխությունը բացահայտվում է հարթ և լարումների կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում: Եթե չամրացված փորձանմուշների համար նշագրված է $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 0,38...0,43$ արժեքների միջակայքը, ապա ՄՊԴ-ի դեպքում այն հասնում է $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 0,67...0,70$, ապահովելով ամրության մոտ 27 % աճ (աղյուսակ, կկ. 5,...,8): Այդ աճն առավել նշանակալի է, եթե համեմատվում են լարումների զգալի կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալները (աղյուսակ, կ. 4). $\Delta h_4 = 0,15$ մմ-ի դեպքում այն հասնում է $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 1,53...1,88$, այսինքն՝ ամրացման տեխնոլոգիայի ազդեցությունը հատկապես արդյունավետ է լարումների կուտակման բարձր աստիճանի դեպքում, որը բնորոշ է իրական կոնստրուկցիոն տարրերին և գործնական նշանակություն ունի:

Համեմատաբար ցածր աճի մակարդակ առկա է նաև ցիկլային երկարակեցությունների գնահատման դեպքում: Համաձայն փորձարարական տվյալների [10-12], $\bar{N}_{G(v)}$ -ի զգալի աճ հանդես է գալիս իրական կոնստրուկցիաներում Δh_i -ի բարձր արժեքների դեպքում ($\bar{N}_{G(v)} = (8...12) \cdot 10^6$), սակայն լարումների կուտակիչների առկայության պարագայում $\bar{N}_{G(v)}$ -ն, որպես կանոն, հարթ փորձանմուշների նկատմամբ որոշակիորեն ցածր է, որն էլ առկա է նաև ներկա հետազոտությունում:

Աղյուսակ

Փորձանմուշների հարաբերական ցիկլային ամրության և երկարակեցության փոփոխությունները

N°	$\bar{\alpha}_{\sigma}$	Δh , մմ	$d_1, \dots, d_4$, մմ	$\delta\bar{\sigma}_{R(v)}$	$\delta\bar{N}_{G(v)}$
Նույն $\bar{\alpha}_{\sigma}$ -ի, բայց $\Delta h_i = 0, 0,05, 0,10$ և $0,15$ մմ-ի դեպքում					
1	1,00	0	7,5...20,0	1,0	1,0
		0,05		1,01...1,07	0,48...0,64
		0,10		1,06...1,15	0,55...0,63
		0,15		1,16...1,27	1,04...1,51
2	1,25	0		1,0	1,0
		0,05		1,04...1,29	0,86...0,96
		0,10		1,06...1,33	0,83...0,96
		0,15		1,15...1,38	0,77...0,90

Աղյուսակի շարունակություն

3	1,75	0		1,0	1,0
		0,05		1,05...1,31	0,61...0,79
		0,10		1,16...1,43	0,67...0,84
		0,15		1,26...1,54	0,70...0,86
4	2,75	0		1,0	1,0
		0,05		1,31...1,54	0,79...0,83
		0,10		1,39...1,69	0,84...0,88
		0,15		1,53...1,88	0,88...0,91
Հարթ ($\overline{\alpha}_{\sigma_1} = 1,00, \Delta h_1 = 0$) և լարումների զգալի կուտակիչով ($\overline{\alpha}_{\sigma_4} = 2,75$) փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում					
5	1,00	0	7,5...20,0	0,38...0,43	0,64...0,81
6		0,05		0,56...0,58	0,52...0,64
7	2,75	0,10		0,59...0,63	0,54...0,70
8		0,15		0,67...0,70	0,59...0,73

Այն զգալի է հարթ փորձանմուշների փորձարկումներում՝ $\delta \bar{N}_{G(v)} = 1,04...1,51$, $\bar{\alpha}_{\sigma_4} = 2,75$ -ի դեպքում նվազում է մինչև $\delta \bar{N}_{G(v)} = 0,88...0,91$, իսկ հարթ և լարումների կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում՝ $\delta \bar{N}_{G(v)} = 0,59...0,73$ (աղյուսակ, կ. 8):

Եզրակացություն

ՄՊԴ տեխնոլոգիական հետազոտությունների վերլուծությամբ (665 խմբաքանակ փորձարկումներ) ընտրված և դասակարգված են առավել օգտագործվող 45 և 40X մակնիշի պողպատներից պատրաստված կոնստրուկցիոն էլեմենտների ամրության և երկարակեցության ցուցանիշներն ըստ բեռնվածության ռեժիմների, եզրագծի ձևերի և չափերի, ինչպես նաև մակերևութային ամրացման տեխնոլոգիական պարամետրերի (64 խմբաքանակ փորձարկումներ), որոնցով ձևակերպված է տվյալների բազա:

ՄՊԴ գործընթացների արդյունավետությունը մեքենամասերի ցիկլային ամրության և երկարակեցության վրա գնահատելու նպատակով, ըստ տվյալների բազայի և միկրոկարծրության կատարված չափումների դիտարկված է միջնարժեքային հոգնածային կորերի պարամետրերի և մակերևութային շերտերի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների հարաբերակցությունը ՄՊԴ պարամետրերից: Ձևակերպված են բազմապարամետրական ֆունկցիոնալ կապեր նշված մեծությունների միջև ըստ ազդող գործոնների ցուցանիշների առաջնայնության սկզբունքի, որոնք փաստորեն ՄՊԴ գործընթացի մաթեմատիկական մոդելներն են:

Կատարված համալիր հետազոտության արդյունքով ստացվել են հետևյալ որակական և քանակական գնահատականները.

- ՄՊԴ տեխնոլոգիայի օպտիմալ պարամետրերի կիրառման դեպքում հնարավոր է բարձրացնել էլեմենտների ցիկլային ամրությունը 1,2...1,5 անգամ, իսկ ցիկլային երկա-

րակեցությունը՝ 2,5...3,5 անգամ, մոտեցնելով 40X մակնիշի կոնստրուկցիոն պողպատների ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը բարձր ածխածնային և լեգիրված պողպատների համապատասխան մեծություններին,

- էլեմենտներում լարումների չափավոր կուտակման դեպքում ($\alpha_\sigma = 1,1 \dots 1,7$) ամրացման տեխնոլոգիան հնարավորինս նվազեցնում և նույնիսկ վերացնում է լարումների կուտակման և մասշտաբային գործոնի բացասական ազդեցությունները,
- մակերևութային ամրացման տեխնոլոգիայի կիրառումը թույլ է տալիս ԳՏՀ-ի նախագծման, թողարկման և շահագործման գործընթացներում լուծել ուղիղ և հակադարձ բնույթի հիմնախնդիրներ և ցածր ինքնարժեքի կոնստրուկցիոն պողպատների կիրառմամբ ապահովել տնտեսական արդյունավետություն:

Գրականության ցանկ

- [1] **М.Г. Стакян, Л.Г. Оганесян, Г.А. Манукян,** Корреляционный и регрессионный анализ результатов испытаний, Алгоритмы и программы: Инф. бюлл. ВНИТИЦентр, ГФАП, СССР, ЦИФ 5 (1990) 7 с.
- [2] **М.Г. Стакян, Т.Э. Джрбашян, А.С. Мнацаканян,** Вероятностные методы расчета относительной прочности и долговечности деталей машин, Алгоритмы и программы: Инф. бюлл. Всеросс. науч.-техн. инф. центра 3-6 (1992) 9 с.
- [3] **Ю.Г. Матвиенко,** Диаграммы трещиностойкости тел с надрезами и трещинами, Проблемы машиностроения и надежности машин 3 (2004) 53-57.
- [4] **ASTM E 1820-99a,** Standart Test Method for Measurement of Fracture Toughness, 2001.
- [5] **ՀՀ Արտոնագիր № 756У,** Եռակցված խողովակների կցվանքային կարերի վերջնամշակման սարք/ **Մ.Գ. Ստակյան, Ն.Վ. Փիրումյան, Հ.Ս. Ղազարյան,** 16.08.2022, 12 էջ:
- [6] **ՀՀ Արտոնագիր № 762У,** Գազատար խողովակների կցվանքային եռակցված կարերի ամրության և երկարակեցության բարձրացման եղանակ/ **Մ.Գ. Ստակյան, Ն.Վ. Փիրումյան, Հ.Ս. Ղազարյան,** 16.09.2022, 11 էջ:
- [7] **S. Neubert, A. Pittner, M. Rethmeier,** Numerical sensitivity analysis of TRIP-parameter K on weld residual stresses for steel S355J2+N, Journ. Therm. Sresses. 39 (2016) 201-219.
- [8] **R. Ossenbrink,** Thermomechanische Schweißsimulation unter Berücksichtigung von Berichte des Lehrstuhls Fuge- und Schweißtechnik der BTU Cottbus-Senftenberg, Band 2, 2009, 166 p.
- [9] **J. Rech, A. Moisan,** Surface integrity in finish hard turning of case-hardened steels, Int. Journ. of Machine Tools and Manufacture 43(5) (2003) 543-550.
- [10] **И.М. Жарский и др.,** Технологические методы обеспечения надежности машин, Высшая школа, Минск, 2010, 336 с.
- [11] **В.П. Когаев,** Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени, Машиностроение, Москва, 2003, 232 с.
- [12] **М.Г. Стакян, М.С. Торосян,** Оценка показателей сопротивления усталости валов транспортных средств, подвергнутых поверхностному упрочнению, Сб. мат.междунар. науч.-практ. конф.: «Логистика, Транспорт, Природообустройство», 8-9 окт. 2015, Ереван, 2015, 101-109.
- [13] **Т.Ю. Степанова,** Технология поверхностного упрочнения деталей машин, Иваново, 2009, 64 с.
- [14] **Մ.Գ. Ստակյան, Ն.Վ. Փիրումյան, Ա.Վ. Մարտիրոսյան,** Գազատրանսպորտային համակարգերում էլեմենտների լարվածային վիճակի հետազոտումը, ՃՇՀԱՀ գիտ. աշխ. 1(91) (2025) 128-139:

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТАЛОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Мигран Григорьевич Стакян*, Нарине Виликовна Пирумян,
Ангин Викторовна Мартirosян, Ашот Юрьевич Сафарян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г.Ереван, РА,

*stakyan.mihran@yandex.ru

Рассмотрены циклические явления, протекающие в сварных швах магистральных трубопроводов газотранспортной системы, которые после определенного срока работы могут свести к усталостным разрушениям швов, приостанавливать нормальную газоподачу. Для предотвращения указанных явлений предложена технология повышения несущей способности сварных швов, которая выполняется упрочняющим роликовым устройством, действующим по круговой обкатке. По монтированному в устройстве механизму производится также нанесение антикоррозионного покрытия. В данной работе анализом результатов ранее выполненных исследований и значительными измерениями микротвердостей в подслоях упрочненных сварных швов выполнена оценка показателей действующих факторов и получены функциональные связи, которые носят многопараметрический характер. В результате можно оценить комплексное воздействие исследуемых материалов и явлений с целью получения оптимальных значений их показателей.

Ключевые слова: газотранспортная система, трубопровод, сварной шов, поверхностная упрочняющая пластическая деформация, усталостное сопротивление, комплексная оценка факторов

COMPREHENSIVE STUDY OF FATIGUE AND SURFACE PLASTIC DEFORMATION PROCESSES IN GAS TRANSMISSION SYSTEM ELEMENTS

Mihran Stakyan*, Narine Pirumyan, Angin Martirosyan, Ashot Safaryan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

*stakyan.mihran@yandex.ru

Cyclic phenomena occurring in the welds of the main pipelines of the gas transmission system are considered, which after a certain period of operation can cause fatigue failure of the seams and discontinue normal gas supply. In order to prevent these phenomena, a technology has been proposed to increase the bearing capacity of welds, which is performed by means of a reinforcing roller device, which is operating in a circular run-in. An anti-corrosion coating is also applied by means of a mechanism mounted in the device. In this paper, by analyzing the results of previous studies and on the basis of significant measurements of microhardnesses in the sublayers of plastically hardened welds, the indicators of the acting factors are evaluated and functional relationships are formulated, which are multiparametric in nature. In summary, it is possible to evaluate the complex impact of the studied materials and phenomena in order to obtain optimal values of their indicators.

Keywords: gas transmission system, pipeline, weld, surface hardening deformation, fatigue resistance, comprehensive assessment of factors

Ստակյան Միհրան Գրիգորի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Փիրումյան Նարինե Վիլիկի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Մարտիրոսյան Անգին Վիկտորի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Մաթեմատիկայի, շինարարական մեխանիկայի և ֆիզիկայի դեպարտամենտ, (+374)94762396, angin84@mail.ru, **Սաֆարյան Աշոտ Յուրիի, ճ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Ճարտարապետության տեսության, պատմության և ժառանգության ամբիոն, (+374)77700904, ayusafaryan@gmail.com

Стакян Мигран Григорьевич, д.т.н., профессор (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Пирумян Нарине Виликовна, к.т.н.** (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Мартиросян Ангин Викторевна, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, департамент Математики, строительной механики и физики, (+374)94762396, angin84@mail.ru, **Сафарян Ашот Юрьевич, канд.архит., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теории, истории и наследия архитектуры, (+374)77700904, ayusafaryan@gmail.com

Stakyan Mihran, Doctor of Science (engineering), professor (RA, Yerevan) - NUACA, Senior scientific researcher, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Pirumyan Narine, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering** (RA, Yerevan) - NUACA, Senior scientific researcher, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Martirosyan Angin, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Mathematics, Structural Mechanics and Physics, (+374)94762396, angin84@mail.ru, **Safaryan Ashot, doctor of philosophy (Ph.D) in Architecture, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of Theory, History, and Heritage of Architecture, (+374)77700904, ayusafaryan@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 29.08.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 24.09.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

**ԱՐՏԱՔԻՆ ԳՈՎԱԶԴԱՅԻՆ ՎԱՀԱՆԱԿՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆ ԱՎՏՈՏՐԱՆՍԴՈՐՏԻ
ԵՐԹԵՎԵԿՈՒԹՅԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ**

Եղիազար Վահրամի Վարդանյան*, Վալերիկ Մամիկոնի Հարությունյան,

Աննա Հայրապետի Հայրապետյան, Կարապետ Հակոբի Մոսիկյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

**yeghiazar.vardanyan@gmail.com*

Ներկայացված են Երևան քաղաքի ճանապարհափողոցային ցանցի վրա տեղի ունեցած ճանապարհատրանսպորտային պատահարները: Որպես վարորդի ուշադրությունը շեղող գործոններից դիտարկվել են նաև գովազդային վահանակները, որոնք տեղադրված են երթևեկելի մասի վերևում կամ եզրին: Չնայած որոշ գովազդային վահանակներ, ունենալով տեղեկատվության օգտակար նշանակություն, հաճախ նաև խոչընդոտում, խանգարում են տրանսպորտային միջոցների անվտանգ երթևեկությանը: Հետազոտված է վարորդի ուշադրության շեղման հանգամանքը և դրա ազդեցությունը պատահարների առաջացման հավանականության մեծացման վրա: Հաշվարկվել է պատահարների առաջացման հավանականությունը Մոնտե-Կառլոյի մեթոդով: Ներկայացվել են գովազդային վահանակների դրական և բացասական ազդեցությունները:

Բանալի բառեր. *ճանապարհ, գովազդ, վահանակ, ավտոմոբիլ, անվտանգություն, վարորդ, բացասական ազդեցություն, դրական ազդեցություն*

Ներածություն

Գովազդային վահանակները երկրի տնտեսության զարգացման անբաժանելի մասն են, հատկապես բնակավայրերում և բնակավայրերից դուրս ճանապարհներին: Սակայն գովազդային վահանակները, ունենալով տեղեկատվության օգտակար նշանակություն, հաճախ խոչընդոտում, խանգարում են տրանսպորտային միջոցների վարորդներին երթևեկության անվտանգության ապահովման գործում [1]:

Ավտոմոբիլային ճանապարհներով, ինչպես նաև քաղաքային ճանապարհափողոցային ցանցով (ՃՓՑ) երթևեկության ընթացքում պարբերաբար անհրաժեշտություն է առաջանում ուշադրություն դարձնել տարբեր գովազդային վահանակների և ճանապարհային նշանների տեղեկատվությանը: Համապատասխանաբար, ճանապարհային ենթակառուցվածքների այդ օբյեկտներն ուղղակիորեն ներազդում են ճանապարհային երթևեկության անվտանգության վրա: Կախված տարատեսակությունից և բնութագրերի մեծ ընտրությունից, գովազդային վահանակների նախագծումը պահանջում է հատուկ ուշադրություն [2]: Այդ նպատակով անհրաժեշտ է հստակ իմանալ՝ ինչպես են վարորդները ստանում տեղեկատվությունը ճանապարհային նշան-

ներից, գովազդային վահանակներից, ինչ արդյունավետությամբ են այն ընկալում և ինչպես են նրանց նկատմամբ կողմնորոշվում:

Ճանապարհային նշաններից կամ գովազդային վահանակներից վարորդների կողմից տեղեկատվության ընկալումը ներառում է մի շարք գործողություններ՝ ինչպես հոգեբանական, այնպես էլ ֆիզիկական: Գործընթացն ավելի է բարդանում այն առումով, որ վարորդը ճանապարհային նշանին կամ գովազդային վահանակին նայում է ընթացքի մեջ գտնվող տրանսպորտային միջոցից: Այդ դեպքում իր և նշանի միջև հեռավորությունն արագ նվազում է: Դրանից հետևում է, որ անհրաժեշտ է ճիշտ տեղադրել գովազդային վահանակը և ընտրել տեքստի համապատասխան պարամետրերը, որպեսզի ապահովվի ճանապարհային երթևեկության անվտանգությունը [3]:

Նյութեր և մեթոդներ

Երևան քաղաքի ՃՓՑ-ի վրա ճանապարհատրանսպորտային պատահարների (ՃՏՊ) մեծ մասը տեղի է ունենում մայրուղային փողոցների վրա: 2020-2024 թթ. տվյալներով ամեն տարի այդ փողոցներից յուրաքանչյուրի վրա (Իսակովի, Բագրատունյաց, Կոմիտասի, Արշակունյաց, Մյասնիկյան, Տիգրան Մեծի, Մաշտոցի, Գայի, Բաղրամյան, Ազատության պողոտաներ, Մեքաստիա, Դավիթ Բեկի, Բաբաջանյան, Անդրանիկի, Գարեգին Նժդեհի, Հալաբյան, Աճառյան, Խանջյան, Խորենացու, Կիևյան, Շիրակի, Արտաշիսյան, Ռուբինյան, Աբովյան, Արցախի փողոցներ, Թբիլիսյան, Արտաշատի խճուղիներ) գրանցվել է 10...40 ՃՏՊ:

Վարորդի ուշադրությունը շեղող բազմաթիվ գործոններից մեկն էլ երթևեկելի մասի վերևում կամ եզրին տեղադրված գովազդային վահանակներն են, որոնց պատճառով վարորդը կարող է չհասցնել կատարել տրանսպորտային միջոցի հստակ կառավարումը [3]:

Վարորդի գործունեությունը հիմնականում բաղկացած է 4 տարրերից՝ տեղեկատվության ընդունում, դրա մշակում, այսինքն՝ վտանգի կամ անվտանգության մակարդակի որոշում, իրադրության կանխատեսում, առավել անվտանգ որոշման մշակում և ընդունում, ընդունված որոշման գործնական կիրառում: Բավական է մի պահ շեղվել և սխալի հետ կապված հնարավոր վտանգը բազմակողմանիորեն մեծանում է, իսկ սխալը հանգեցնում է ՃՏՊ-ի [4, 5]:

Երևան քաղաքի ՃՓՑ-ի վրա երթևեկությունն ըստ բնորոշ ժամանակահատվածների դիտարկելիս առանձնացնենք հետևյալ առանձնահատկությունը. օրվա գիշերային ժամերին փողոցային լուսավորությունն անջատված պայմաններում (ժ. 1⁰⁰-8⁰⁰) ավտոմոբիլները երթևեկում են հեռահար լույսերով, ցածր ինտենսիվության պայմաններում վարորդները հաճախ զարգացնում են սահմանվածից բարձր արագություն, լուսանդրադարձիչ մակերևույթով ճանապարհային նշանները չեն երևում, երևում են լուսավորվող գովազդային վահանակները, որոնք վարորդներին շեղում են երթևեկության պայմանների վերաբերյալ տրամաբանելուց և հանգեցնում են ճանապարհային նշանների նկատմամբ անտարբերության:

Հանրապետության ավտոմոբիլային ճանապարհները և հատկապես բնակավայրերը գեր-հագեցված են գովազդային վահանակներով: Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ վարորդի կողմից ուշադրության շեղումը գովազդային վահանակի տեղեկատվությունն ընկալելու համար կազմում է 1...3 վ: Չնայած այն հանգամանքին, որ որոշ գովազդային վահանակներ ունեն դրա-կան ազդեցություն երթևեկության անվտանգության վրա, այնուամենայնիվ դրանց կամայական տեղադրումը ճանապարհներին խաթարում է երթևեկության անվտանգության կազմակերպու-մը: Գովազդային վահանակների տեղադրման վերաբերյալ բազմաթիվ երկրներում մշակվել և գործում են նորմատիվային փաստաթղթեր: ՀՀ-ում դեռևս հարցը կարգավորված չէ [2, 4, 5]:

Դիտարկենք գովազդային վահանակներից օգտվելու պատճառով վարորդների ուշադրու-թյան շեղման հանգամանքի ազդեցությունն ավտոտրանսպորտային միջոցների երթևեկության անվտանգության վրա:

Հայտնի է, որ ճանապարհներին տեղակայված գովազդային վահանակները շեղում են վա-րորդի ուշադրությունը 1...3 վ: Հատկապես վտանգավոր են փոքր տառերով գրված գովազդները, շարժվող դինամիկ պատկերներով լուսավորվող վահանակները: Առավել բարդ և հագեցված տեղեկատվությամբ վահանակները կարող են գրավել վարորդի ուշադրությունը մինչև 3...5 վ: Բացի այդ գովազդային վահանակի տեղեկատվությունն ընկալելուց, հետո վարորդին անհրա-ժեշտ է 1...2 վ, որպեսզի նորից ուշադրությունը կենտրոնացնի ճանապարհի վրա և կատարի ավտոմոբիլի կառավարման անհրաժեշտ գործողություն [1, 3, 6, 7] :

Դիտարկենք տարբեր արագություններով երթևեկության դեպքում ավտոմոբիլի անցած ճա-նապարհին ըստ նրա եզրաչափերի և անվտանգության միջակայքերի, երբ վարորդի ուշադրու-թյունը շեղված է դեպի գովազդային վահանակը (աղ.):

Աղյուսակ

Վարորդի ուշադրության շեղումը գովազդային վահանակին հետևելու դեպքում

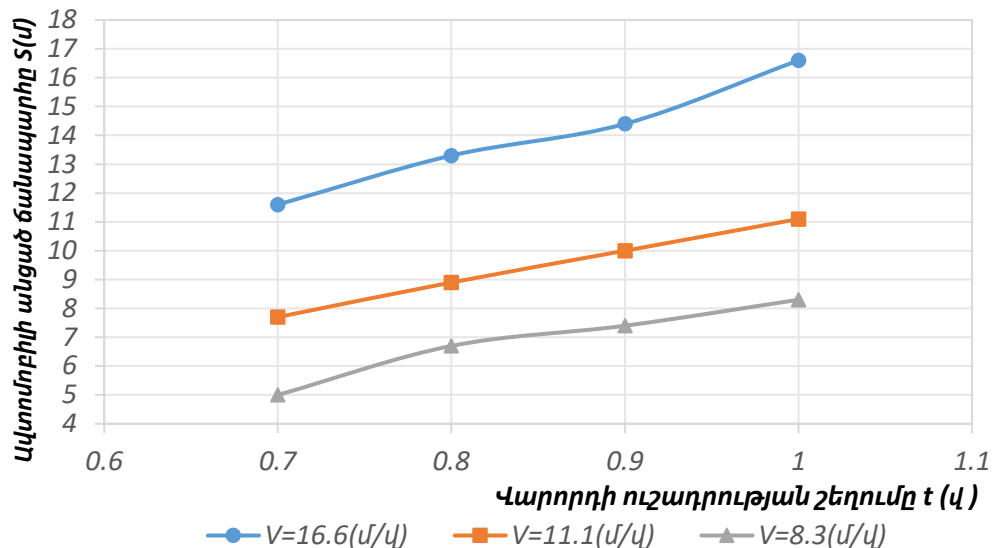
V, մ/վ	16,6 (60 կմ/ժ)				11,1 (40 կմ/ժ)				8,3 (30 կմ/ժ)			
T, վ	0,7	0,8	0,9	1,0	0,7	0,8	0,9	1,0	0,7	0,8	0,9	1,0
S, մ	11,6	13,3	14,4	16,6	7,7	8,9	10,0	11,1	5,0	6,7	7,4	8,3

Նկարում ներկայացված է տարբեր արագությամբ շարժվող ավտոմոբիլների անցած ճա-նապարհի երկարության փոփոխությունն ուշադրության շեղման տարբեր արժեքների դեպքում:

Այժմ հաշվարկենք ՃՏՊ-ի հավանականությունը՝ P, Մոնտե-Կառլոյի մեթոդով տրանսպոր-տային հոսքի խտության և ավտոմոբիլների երթևեկության միջակայքի միջոցով [8, 9]: Այն կարե-լի է ներկայացնել հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$P = 1 - e^{-\lambda \cdot d \cdot T}, \quad (1)$$

որտեղ λ -ն իրավիճակների ինտենսիվությունն է և կախված է հոսքի խտությունից, d -ն ավտո-մոբիլների միջև հեռավորության միջակայքն է, T -ն այն ժամանակահատվածն է, որի ընթացքում դիտարկվում է ՃՏՊ-ի առաջացման հավանականությունը:



Նկ. Ավտոմոբիլի անցած ճանապարհը վարորդի ուշադրության շեղման փոփոխության պայմաններում

Իրավիճակների ինտենսիվությունը կախված է հոսքի խտությունից և որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ (էքսպոնենցիալ բաշխման օրենք [2])՝

$$\lambda = \rho \cdot P_e, \quad (2)$$

որտեղ ρ -ն ավտոմոբիլների խտությունն է, P_e -ն՝ սխալի հավանականությունը (վարորդի, տեխնիկական անսարքության և այլն):

Երթևեկության տեմպը՝ T -ն, որոշվում է արագության հակադարձ մեծությամբ, հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$T = 1/v, \quad (3)$$

որտեղ T -ն վարորդի կողմից իրավիճակի գնահատման տևողությունն է, v -ն՝ ավտոմոբիլների արագությունը, u/v :

Դիտարկենք օրինակ: Հոսքի խտությունը՝ $\rho = 20$ ավտ./կմ, սխալի հավանականությունը՝ $P_e = 0,01$, միջակայքը՝ $d = 50$ մ, վերլուծության տևողությունը՝ $T = 1,0$ մ: Նման պայմաններում ՃՏՊ-ի հավանականությունը զգալի մեծ է: $P = 1 - e^{-0,01 \cdot 50 \cdot 1,0} = 1 - e^{-0,5} = 0,648$ ՃՏՊ-ի հավանականության որոշման ժամանակ օգտագործվել է պատահական մեծությունների բաշխման էքսպոնենցիալ օրենքը [10]: Եթե վարորդի ուշադրության տևողությունը մեծացնենք 1-ից հասցնենք 3 կամ 4 մ, ապա ՃՏՊ-ի հավանականությունը կտրուկ կավելանա: Դա նշանակում է, որ երթևեկության ժամանակ վարորդի ուշադրության շեղումը չափազանց վտանգավոր է ՃՏՊ-ի առաջացման հարցում, և անհրաժեշտ է ձեռնարկել հստակ միջոցներ վարորդների ուշադրությունը շեղող հանգամանքի վրա:

Արդյունքներ և քննարկում

Դիտարկենք գովազդային վահանակների ազդեցության դրական և բացասական տեսակետները:

1. Բացասական ազդեցություն

• **Վարորդի շեղում.** հատկապես վառ կամ պատկերի արագ տեմպերով փոփոխվող գովազդը կարող է շեղել վարորդների ուշադրությունը ճանապարհից: Սա հատկապես արդիական է մեծ էկրանների, պաստառների և գովազդային վահանակների վրա տեղադրված արտաքին գովազդի համար: Չափազանց պայծառ, բարձր ցայտունությունով կամ շարժվող պատկերներով գովազդը կարող է շեղել վարորդների ուշադրությունը ճանապարհային նշաններից, հետիոտնային անցումներից և այլ կարևոր ենթակառուցվածքներից: Նման գովազդը շատ արագ փոխում է ճանապարհի լուսավորվածությունը, հատկապես օրվա մութ ժամերին և կարող է առաջացնել վարորդի տեսողության աղապտացման տևողության մեծացում և պատճառ դառնալ ՃՏՊ-ի հավանականության մեծացման [4, 11]: Բացասական ազդեցությունն առավել արտահայտիչ է դառնում, երբ գովազդային վահանակները փակում են ճանապարհային նշանները, երբեմն նաև՝ լուսացույցերը:

• **Վտանգավոր վայրերի հուշում.** երբեմն գովազդային վահանակները տեղադրվում են այն վայրերում, որտեղ վարորդի ուշադրությունը պետք է հատկապես կենտրոնացված լինի երթևեկության իրավիճակի գնահատմանը (օրինակ՝ կտրուկ շրջադարձերի վրա, իջնող լանջերին կամ վտանգավոր խաչմերուկների մոտեցման վայրերում): Սա կարող է նվազեցնել ուշադրությունը և հանգեցնել վթարների, հատկապես օրվա մութ ժամերին և որտեղ բացակայում է արտաքին լուսավորվածությունը [12, 13]:

• **Հոգեբանական ազդեցություն.** գովազդը, հատկապես զգայական լիցքը (օրինակ՝ մեքենաների կամ մոլախաղերի գովազդը), կարող է ազդել վարորդների հոգեհուզական վիճակի վրա: Օրինակ, պատկերները, որոնք կապված են արագ վարելու կամ մրցունակության հետ, կարող են խրախուսել վարորդներին ագրեսիվ վարել, անտեսել երթևեկության կարգավորման տեխնիկական միջոցների պահանջները, ինչպես նաև անվտանգ երթևեկության ոչ ճիշտ ռեժիմի ընտրումը [8, 13, 14]:

2. Դրական ազդեցություն

• **Անվտանգության մասին տեղեկացվածության բարձրացում.** որոշ գովազդային ընկերությունների գովազդներ ուղղված են անվտանգության բարձրացմանը, ինչպիսիք են, օրինակ, գովազդը, որը տեղեկացնում է ամրագոտիներ կրելուն, հարբած վիճակում մեքենա վարելուց խուսափելուն կամ արագության սահմանափակումներին ենթարկվելուն: Նման գովազդները կարող են հիշեցնել վարորդներին՝ պահպանել ճանապարհային երթևեկության կանոնները:

• **Վտանգի մասին հիշեցում.** գովազդը կարող է օգտագործվել ճանապարհի պոտենցիալ վտանգավոր հատվածները լուսաբանելու համար (օրինակ՝ վտանգավոր ոլորաններ, բանուկ խաչմերուկներ կամ հաճախակի վթարներ ունեցող տարածքներ)՝ այդպիսով խրախուսելով

վարորդների զգուշությունը: Նման օրնակները բազմաթիվ են մերձքաղաքային և միջքաղաքային ճանապարհներին և հատկապես Երևանում, մասնավորապես, մայրուղային փողոցներին:

- **Կրթական բովանդակություն.** որոշ դեպքերում գովազդը կարող է կապված լինել կրթական ծրագրերի հետ, ինչպիսիք են՝ ճանապարհային ենթակառուցվածքների բարելավումը կամ հաշմանդամների ներառման նախագծերը, որոնք կարող են նաև բարելավել անվտանգությունը:

Բացասական ազդեցությունը նվազեցնելու առաջարկություններ

1. Գովազդի պայծառության և դինամիկայի կարգավորում

- **Կարևոր է սահմաններ դնել գովազդի պայծառության վրա,** հատկապես գիշերային ժամերին, որպեսզի խուսափենք ավելորդ փայլից, որը կարող է կուրացնել վարորդներին:

- **Դինամիկ պատկերները,** ինչպիսիք են շարժվող կամ թարթող տարրերը, կարող են շեղել ուշադրությունը: Ավելի լավ է օգտագործել ստատիկ և հանգիստ տեսողական տարրեր, որոնք չեն մրցի ճանապարհային նշանների և կարևոր տեղեկատվության հետ:

2. Վտանգավոր վայրերում գովազդի սահմանափակում

- Գովազդային վահանակները չպետք է տեղադրվեն վթարների մեծ կուտակում ունեցող վայրերում, կտրուկ շրջադարձերի, լանջերի և խաչմերուկների վրա: Նման գոտիները պահանջում են վարորդի առավելագույն կենտրոնացում: Օրինակ, գովազդային վահանակները չպետք է փակեն ճանապարհային նշանները, լուսացույցերը կամ նրանց առկայության դեպքում չտեղադրել դրանք, որոնք վարորդին կշեղեն ճանապարհային նշաններին հետևելուն:

- Գովազդային վահանակները պետք է տեղադրվեն անվտանգ, հայտնի վայրերում, որտեղ վարորդները կարող են պատրաստվել դրանք նախապես ընկալելու համար:

3. Հոգեբանական ազդեցություն

- **Պետք է խուսափել գովազդից,** որը կարող է խրախուսել վարելու ագրեսիվ կամ ռիսկային վարքագիծը: Օրինակ, գովազդային նյութերը, որոնք մեքենան կապում են մեծ արագության հետ, պետք է ավելի զուսպ լինեն և կենտրոնանան անվտանգության վրա:

Առաջարկություններ դրական ազդեցության մեծացման համար

1. Անվտանգության գովազդ

- Կարևոր է ակտիվորեն խթանել գովազդները, որոնք հիշեցնում են վարորդներին հնազանդվել երթևեկության կանոններին, օրինակ՝ պատկերների կամ կարգախոսների միջոցով, որոնք հիշեցնում են նրանց ամրագոտին կապել, խուսափել ոչ սթափ վիճակում ավտոմոբիլ վարելուց, և չերթևեկել նախատեսված արագությունից բարձր արագությամբ:

2. Գովազդի օգտագործումը վտանգավոր տարածքները նշելու համար

- **Գովազդը կարող է օգտակար լինել** վարորդներին տեղեկացնելու համար պոտենցիալ վտանգավոր տեղամասերի մասին, ինչպիսիք են պատահարների կուտակման տեղամասերը, սառցապատ տարածքները կամ ծանր երթևեկությամբ տարածքները: Նման գովազդը կարող է կարևոր դեր խաղալ դժբախտ պատահարների կանխարգելման գործում:

3. Ուսումնական բովանդակություն և զբոսաշրջության վայրերի տեղեկացում

• **Գովազդը կարող է աջակցել** տարբեր կրթական ծրագրերի, որոնք կբարձրացնեն ճանապարհային անվտանգության վերաբերյալ հանրային իրազեկվածությունը: Օրինակ, նման բովանդակությամբ գովազդները կարող են ընդգրկել նոր կանոնակարգերը, ենթակառուցվածքների բարելավումները՝ հաշմանդամություն ունեցող անձանց հասանելիությունը բարելավելու հատուկ նախաձեռնությունները:

Կարևոր կարգավորող հայեցակետեր

• **Կարևոր է սահմանել արտաքին գովազդի տեղադրման հստակ չափորոշիչներ և կանոններ**, ներառյալ գովազդային կառույցների գտնվելու վայրի, չափի և պայծառության սահմանափակումները: Սա կօգնի հավասարակշռել առևտրային շահերը ճանապարհային անվտանգության շահերի հետ:

• **Այս ուղղությամբ աշխատանքները կարող են իրականացվել** տեղական իշխանությունների, ճանապարհային իշխանությունների և գովազդային գործակալությունների կողմից, որոնք գովազդելիս պետք է հաշվի առնեն անվտանգությունը:

Այսպիսով, ճանապարհային գովազդը հսկայական ներուժ ունի ինչպես անվտանգությունը բարելավելու, այնպես էլ ռիսկեր ստեղծելու համար: Պատշաճ կարգավորումը և վարորդների ուշադրության վրա գովազդի կարևորության գիտակցումը կարող է զգալիորեն բարելավել ճանապարհային ընդհանուր անվտանգությունը [9, 15, 16]:

Եզրակացություն

1. Գովազդային վահանակների տեղակայումը երթևեկելի մասի վերևում, ճամփեզրին կամ խաչմերուկներին մոտ տարածքներում էականորեն նվազեցնում է վարորդների ուշադրության կենտրոնացումը երթևեկության անվտանգության ապահովման հարցում:
2. Լուսավորվող և դինամիկ բովանդակությամբ գովազդային վահանակները առավել վտանգավոր են երթևեկության անվտանգության ապահովման տեսակետից:
3. Անհրաժեշտ է սահմանել գովազդային վահանակների չափսերի, տառաչափի և տեղադրման վայրի երկրաչափական պարամետրերի որոշակի կանոններ և ապահովել դրանց պահպանումը՝ այդ առումով պետական նորմատիվ փաստաթղթի ստեղծման միջոցով:

Գրականության ցանկ

- [1] **Д.А.Тарасов**, Обоснование и вывод формулы скорости чтения. Межд. научно-практическая конференция, Екатеринбург, 2015, 140-146 с.
- [2] ՀՀ Օրենք գովազդի մասին, Երևան, 30.04.1996թ., 10 էջ:
- [3] **А.Н. Романов**, Автотранспортная психология: Учеб. пособие, Издательский центр “Академия”, Москва, 2002, 224 с.
- [4] **Е.С. Вентцель**, Теория вероятностей, Высшая школа, Москва, 2002, 575 с.
- [5] Повышение надежности автомобильных дорог, Транспорт, Москва, 1977, 183с.

- [6] Statistics'80 of Road Traffic Accidents in Japan, Intern. Ass. of Traffic and Safet Sciences, Tokyo, 1980, 227 p.
- [7] **ОДН 218.015-01.** Отраслевые дорожные нормы размещения средств наружной рекламы в пределах полосы отвода и придорожных полос автомобильных дорог общего пользования, Москва, 2002.
- [8] **A.D. Carter**, Mechanical Reliability, Macmillan, London, 1982, 146 p.
- [9] **В.Ф. Ванда**, Инженерная психология и синтез систем отображения информации, Машиностроение, Москва, 1975, 408 с.
- [10] **Р.В. Ротенберг**, Основы надёжность системы водитель - автомобиль – дорога, Машиностроение, Москва, 1986, 216 с.
- [11] **М.С. Замахаев**, Исследование коэффициента поперечного скольжения пневматической шины на дорожных покрытиях, Труды МАДИ 11 (1949) 3-21.
- [12] Երևանի ավագանու որոշում 25.06.2024թ. N 158-Ն Երևան քաղաքի տարածքում արտաքին գովազդի տեղադրման համաքաղաքային կանոնները, Երևան, 2024, 17 էջ:
- [13] **М.А.Котик, А.М. Емельянов**, Ошибки управления. Толлин Валгус, 1985, 392 с.
- [14] **Б.С. Горячкин**, Эргономический сертификат автоматизированной системы обработки и отображения информации и управления, Международный научно-исследовательский журнал 9(51) Часть 2 (2016) 25-29.
- [15] **R. Cary**, Spitzer Avionics: Elements, Software and Functions. 2 ed., CRC Press, Williamsburg, 2007.
- [16] **Matt Davis**, Cambridge University, UK, </http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk /personal/ matt.Davis/ Cambridge/>.

ВЛИЯНИЕ НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЫ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Егнйазар Ваграмович Варданян*, Валерик Мамиконович Арутюнян,
Анна Айрапетовна Айрапетян, Карапет Акопович Мосикян**

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, Ереван, РА

*yeghiazar.vardanyan@gmail.com

Представлены дорожно-транспортные происшествия, произошедшие на улично-дорожной сети г. Еревана. Рекламные щиты, размещенные над проезжей частью или по ее краю, также рассматриваются как факторы, отвлекающие внимание водителей. Хотя некоторые рекламные щиты имеют полезную информационную цель, они также часто препятствуют безопасному движению транспортных средств. Изучался феномен отвлечения внимания водителя и его влияние на увеличение вероятности возникновения аварий. Вероятность возникновения аварий рассчитывалась методом Монте-Карло. Были представлены позитивные и негативные воздействия рекламных щитов.

Ключевые слова: дорога, реклама, рекламный щит, автомобиль, безопасность, водитель, негативное воздействие, позитивное воздействие

THE IMPACT OF OUTDOOR ADVERTISING BILLBOARDS ON ROAD TRAFFIC SAFETY

Yeghiazar Vardanyan *, Valerik Harutyunyan, Anna Hayrapetyan, Karapet Mosikyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

yeghiazar.vardanyan@gmail.com

This article presents road traffic accidents that occurred on the street and road network of Yerevan. Advertising billboards, which are placed above or on the edge of the roadway, are also considered as factors distracting the driver's attention. Although some advertising billboards serve as useful sources of information, they often hinder and disrupt the safe movement of vehicles. The circumstance of the distraction of the driver and its impact on the increase of the accident occurrence probability has been studied. The accident occurrence probability has been calculated using the Monte Carlo method. The positive and negative impacts of advertising billboards have been presented.

Keywords: road, advertisement, billboard, automobile, safety, driver, negative impact, positive impact

Վարդանյան Եղիազար Վահրամի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, (+374)10642099, (+374)93914040, yeghiazar.vardanyan@gmail.com, **Հարությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Հայրապետյան Աննա Հայրապետի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, դասախոս, (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Մոսիկյան Կարապետ Հակոբի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպման ամբիոն, (+374)94854540, karomosikyan@mail.ru

Вардanian Егизар Ваграмович, д.т.н., профессор (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, (+374)10642099, (+374)93914040, yeghiazar.vardanyan@gmail.com, **Арутюнян Валерик Мамиконovich, к.т.н., доцент** (РА, г.Ереван) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Айрапетян Анна Айрапетовна** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, преподаватель, (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Мосикян Каранет Акопович, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Строительных машин и организации движения, (+374)94854540, karomosikyan@mail.ru

Vardanyan Yeghiazar, doctor of science (engineering), Professor (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, (+374)10642099, (+374)93914040, yeghiazar.vardanyan@gmail.com, **Harutyunyan Valerik, conditant of science (engineering), Associate Professor** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, (+374)10567572, (+374)93100825, vmh-1961@mail.ru, **Hayrapetyan Anna** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, (+374)91806019, annahayrapetyan@list.ru, **Mosikyan Karapet, conditant of science (engineering), Associate Professor** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Construction Machinery and Organization of Traffic, (+374)94854540, karomosikyan@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 25.09.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 29.10.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.

DOI: <https://doi.org/10.54338/18294200-2025.3-16>

Հոդվածը տպագրվում է՝ հիմք ընդունելով Երևան քաղաքի առաջին աստիճանի ընդհանուր իրավասության քաղաքացիական դատարանի 29.01.2025թ. վճռի հարկադիր կատարման համար տրամադրված կատարողական թերթի հիման վրա հարուցված կատարողական վարույթով ՀԿԱ ծառայության Երևան քաղաքի Կենտրոն, Նորք-Մարաշ և Էրեբունի-Նուբարաշեն վարչական շրջանների բաժնի գլխավոր խորհրդատու Մ.Միքայելյանի 22.09.2025թ. Համալսարանին որոշակի գործողություններ կատարելուն պարտադրելու կամ որոշակի գործողությունների կատարումից ձեռնպահ մնալուն հարկադրելու մասին որոշման պահանջը:

Համալսարանի պարբերականի խմբագրական կազմը տպագրվող հոդվածի գիտական որակի համար պատասխանատվություն չի կրում:

УДК 692.115

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Артур Арамаисович Мусаелян
НУАСА, Ереван, Армения, arturmus23@yandex.ru

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СОСТАВНОГО СЛОЯ С ПЕРИОДИЧЕСКИ ПОВТОРЯЮЩИМИСЯ ТРЕЩИНАМИ, ЖЕСТКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ И ШТАМПАМИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АНТИПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Эта работа является теоретическим исследованием строительных конструкций, таких как фундаменты зданий, с помощью математической модели. Решается задача о взаимодействии двух упругих слоев при антиплоской деформации. В слоях есть периодически повторяющиеся трещины и жесткие включения. Нагрузки воздействуют на периодически повторяющиеся штампы на поверхности слоя. Строятся графики напряжений и коэффициентов интенсивности напряжений.

Ключевые слова: фундаменты, математическая модель, напряжения, интегральное уравнение, коэффициент интенсивности.

Введение. Исследуется напряженно-деформированное состояние двух сцепленных между собой упругих слоев, которые находятся в условиях полного контакта и подвергаются антиплоской деформации. На поверхности верхнего слоя прикреплены периодически повторяющиеся жесткие ленточные штампы конечной ширины. В верхнем слое могут быть периодически повторяющиеся трещины и тонкие жесткие включения. На линии раздела материалов присутствуют периодически повторяющиеся горизонтальные трещины. Исследование этих вопросов является одним из основных направлений в теории смешанных и контактных задач и механики разрушения. Это и определяет актуальность теоретических исследований таких задач, результаты которых нужны в инженерии, при расчетах строительных конструкций фундаментов зданий. Этими вопросами занимались некоторые исследователи [2-4]. Позже приведенные сравнения некоторых графиков распределения напряжений и коэффициентов интенсивности напряжений были сделаны для разных вариантов.

Постановка задачи и математическая модель. Области слоев обозначим следующим образом: $\Omega_1(|x, z| < \infty; -h_1 < y < 0)$, $\Omega_2(|x, z| < \infty; 0 < y < h_2)$, модуля сдвига G_1, G_2 . Упругие слои деформируются под воздействием периодически повторяющихся внешних сил, которые воздействуют на штампы (рис. 1 и рис.2).

Принято предположение о том, что внешние воздействия распределяются равномерно по направлению оси O_z . Упругая система будет деформироваться в условии продольного сдвига.

Задача математически формулируется следующим образом [1]:

$$\frac{\partial^2 w_j(x; y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_j(x; y)}{\partial y^2} = 0; j = (1; 2) \quad (1)$$

$w_j(x; y)$ – функция перемещений. Граничные условия можно написать в следующем виде [2-5].

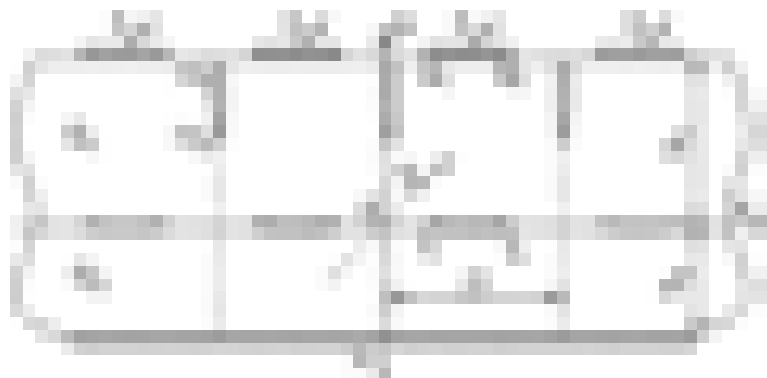


Рис. 1. Схема слоев с трещинами в слое

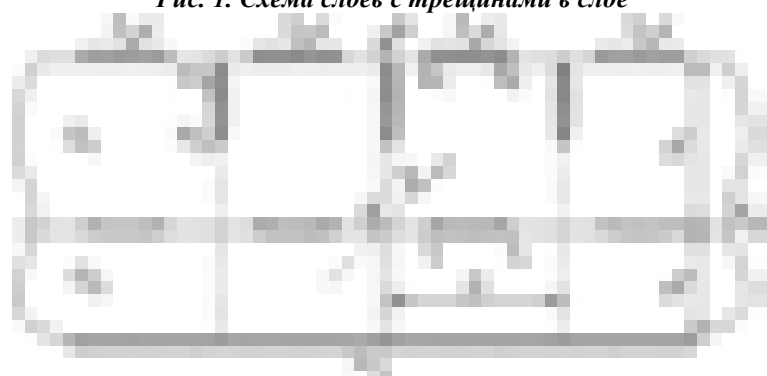


Рис. 2. Схема слоев с включениями в слое

$$\begin{cases} G_1 \cdot \frac{\partial \varphi_1(x; y)}{\partial y} \Big|_{y=-h_1} = q(x) \\ G_1 \cdot \frac{\partial \varphi_1(x; y)}{\partial y} \Big|_{y=-0} - G_2 \cdot \frac{\partial \varphi_2(x; y)}{\partial y} \Big|_{y=+0} = f(x) \\ \varphi_1(x; -0) - \varphi_2(x; +0) = g(x) \\ \varphi_2(x; h_2) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \varphi_j(x; y) &= w_j(x; y) + \sum_{k=-\infty}^{\infty} (\theta(x - o_1 - a_k - 0) - \theta(x - o_1 - a_k + 0)) w_j(x; y); \\ &\begin{cases} g_1(y) = w_1(o_1 + a_k + 0, y) - w_1(o_1 + a_k - 0, y) \\ f_1(y) = \tau_{xz}(o_1 + a_k + 0, y) - \tau_{xz}(o_1 + a_k - 0, y); \end{cases} a_k = 2kl; k \in Z. \end{aligned} \quad (3)$$

$\varphi_j(x; y)$ – функция обобщенных перемещений, θ – функция Хевисайда.

С помощью преобразований Фурье получены функции обобщенных перемещений.

$$\begin{aligned} \varphi_1(x; y) &= \frac{1}{2\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left(\int_{-\infty}^{\infty} g(t) \int_{-\infty}^{\infty} \lambda(e^{-|\alpha|(-y)} \overline{U}_1 + \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+y)}}{\overline{U}} + \frac{e^{-|\alpha|(2h_2-y)}}{\overline{U}} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2+y)}}{\overline{U}}) e^{i\alpha(t+a_k-x)} d\alpha dt + \right. \\ &\quad \left. + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f(t)}{G_2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|\alpha|} \cdot \lambda(e^{-|\alpha|(-y)} \overline{U}_1 + \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+y)}}{\overline{U}} - \frac{e^{-|\alpha|(2h_2-y)}}{\overline{U}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2+y)}}{\overline{U}}) e^{i\alpha(t+a_k-x)} d\alpha dt + \right. \\ &\quad \left. + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{q(t)}{G_1} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|\alpha|} (-e^{-|\alpha|(h_1+y)} U_1 - \gamma \cdot \frac{e^{-|\alpha|(h_1-y)}}{\overline{U}} + \frac{e^{-|\alpha|(h_1+2h_2-y)}}{\overline{U}} + \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + Y \cdot \frac{e^{-|\alpha|(h_1+2h_2+y)}}{\bar{U}}) e^{i\alpha(t+a_k-x)} d\alpha dt + \\
& + \int_{-\infty}^{\infty} (i\alpha \cdot g_1(\eta) - f_1(\eta)) \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|\alpha|} \left(\frac{e^{-|\alpha||\eta-y|} + e^{-|\alpha||\eta+y|}}{2} + \frac{-2\lambda e^{-|\alpha|(-\eta-y)} + e^{-|\alpha|(2h_1+\eta+y)}}{2} U_1 + \right. \\
& \quad + Y \cdot \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+\eta-y)} + e^{-|\alpha|(2h_1-\eta-y)} + e^{-|\alpha|(2h_1+\eta+y)}}{2\bar{U}} - \lambda \frac{e^{-|\alpha|(2h_2-\eta-y)}}{\bar{U}} - \\
& \quad \left. - \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2+\eta-y)} + e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2-\eta-y)} + e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2-\eta+y)} + Y e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2+\eta+y)}}{2\bar{U}} \right) \times \\
& \quad \times e^{-i\alpha(x-o_1-a_k)} d\alpha d\eta; \tag{4}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\varphi_2(x; y) = & \frac{1}{2\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left(\int_{-\infty}^{\infty} g(t) \int_{-\infty}^{\infty} \gamma \lambda \left(-\frac{e^{-|\alpha|y}}{\bar{U}} + \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+y)}}{\bar{U}} + \frac{e^{-|\alpha|(2h_2-y)}}{\bar{U}} - \right. \right. \\
& \quad \left. \left. - \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2-y)}}{\bar{U}} \right) e^{i\alpha(t+a_k-x)} d\alpha dt + \right. \\
& + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f(t)}{G_2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|\alpha|} \cdot \lambda \left(\frac{e^{-|\alpha|y}}{\bar{U}} + \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+y)}}{\bar{U}} - \frac{e^{-|\alpha|(2h_2-y)}}{\bar{U}} - \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2-y)}}{\bar{U}} \right) e^{i\alpha(t+a_k-x)} d\alpha dt + \\
& + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{q(t)}{G_1} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|\alpha|} \cdot 2\gamma \lambda \left(-\frac{e^{-|\alpha|(h_1+y)}}{\bar{U}} + \frac{e^{-|\alpha|(h_1+2h_2-y)}}{\bar{U}} \right) e^{i\alpha(t+a_k-x)} d\alpha dt + \\
& + \int_{-\infty}^{\infty} (i\alpha \cdot g_1(\eta) - f_1(\eta)) \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|\alpha|} \cdot \gamma \lambda \left(\frac{e^{-|\alpha|(-\eta+y)}}{\bar{U}} + \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+\eta+y)}}{\bar{U}} - \frac{e^{-|\alpha|(2h_2-\eta-y)}}{\bar{U}} - \right. \\
& \quad \left. - \frac{e^{-|\alpha|(2h_1+2h_2+\eta-y)}}{\bar{U}} \right) e^{-i\alpha(x-o_1-a_k)} d\alpha d\eta. \tag{5}
\end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{G_1}{G_2}; \lambda = \frac{1}{\gamma+1}; Y = \frac{\gamma-1}{\gamma+1};$$

$$\bar{U} = 1 - Y e^{-2h_1|\alpha|} - Y e^{-2h_2|\alpha|} + e^{-2h_1|\alpha|-2h_2|\alpha|}; \bar{U}_1 = 1 + \frac{1-\bar{U}}{\bar{U}}. \tag{6}$$

Функцию $\varphi_1(x; y)$ можно переписать в следующем виде:

$$\begin{aligned}
\varphi_1(x; y) = & \frac{1}{\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left(\int_{-\infty}^{\infty} g(t) \int_{-\infty}^{\infty} \lambda (e^{-\alpha(-y)} U_1 + \frac{e^{-\alpha(2h_1+y)}}{U} + \frac{e^{-\alpha(2h_2-y)}}{U} + \right. \\
& \quad \left. + \frac{e^{-\alpha(2h_1+2h_2+y)}}{U} \right) \cos(\alpha(t+a_k-x)) d\alpha dt + \\
& + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f(t)}{G_2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\alpha} \cdot \lambda (e^{-\alpha(-y)} U_1 + \frac{e^{-\alpha(2h_1+y)}}{U} - \frac{e^{-\alpha(2h_2-y)}}{U} - \\
& \quad - \frac{e^{-\alpha(2h_1+2h_2+y)}}{U} \right) \cos(\alpha(t+a_k-x)) d\alpha dt + \\
& + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{q(t)}{G_1} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\alpha} \left(-e^{-\alpha(h_1+y)} U_1 - Y \cdot \frac{e^{-\alpha(h_1-y)}}{U} + \frac{e^{-\alpha(h_1+2h_2-y)}}{U} + \right. \\
& \quad \left. + Y \cdot \frac{e^{-\alpha(h_1+2h_2+y)}}{U} \right) \cos(\alpha(t+a_k-x)) d\alpha dt +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \int_{-\infty}^{\infty} (\alpha \cdot g_1(\eta)) \int_0^{\infty} \frac{1}{\alpha} \left(\frac{e^{-\alpha|\eta-y|} + e^{-\alpha|\eta+y|}}{2} + \frac{-2\lambda e^{-\alpha(-\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1+\eta+y)}}{2} U_1 + \right. \\
& + \gamma \cdot \frac{e^{-\alpha(2h_1+\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1-\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1-\eta+y)}}{2U} - \lambda \frac{e^{-\alpha(2h_2-\eta-y)}}{U} - \frac{e^{-\alpha(2h_1+2h_2+\eta-y)}}{2U} \\
& \left. - \frac{e^{-\alpha(2h_1+2h_2+\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1+2h_2-\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1+2h_2-\eta+y)} + \gamma e^{-\alpha(2h_1+2h_2+\eta+y)}}{2U} \right) \times \\
& \quad \times \sin(\alpha(x - o_1 - a_k)) d\alpha d\eta + \\
& + \int_{-\infty}^{\infty} (-f_1(\eta)) \int_0^{\infty} \frac{1}{|\alpha|} \left(\frac{e^{-\alpha|\eta-y|} + e^{-\alpha|\eta+y|}}{2} + \frac{-2\lambda e^{-\alpha(-\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1+\eta+y)}}{2} U_1 + \right. \\
& + \gamma \cdot \frac{e^{-\alpha(2h_1+\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1-\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1-\eta+y)}}{2U} - \lambda \frac{e^{-\alpha(2h_2-\eta-y)}}{U} - \\
& \left. - \frac{e^{-\alpha(2h_1+2h_2+\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1+2h_2-\eta-y)} + e^{-\alpha(2h_1+2h_2-\eta+y)} + \gamma e^{-\alpha(2h_1+2h_2+\eta+y)}}{2U} \right) \times \\
& \quad \times \cos(\alpha(x - o_1 - a_k)) d\alpha d\eta; \tag{7}
\end{aligned}$$

$$U = 1 - \gamma e^{-2h_1\alpha} - \gamma e^{-2h_2\alpha} + e^{-2h_1\alpha-2h_2\alpha}; \quad U_1 = 1 + \frac{1-U}{U}. \tag{8}$$

Интегральные уравнения получены из условий

$$\left. \frac{\partial \varphi_1(x; y)}{\partial x} \right|_{y=-h_1} = 0; \quad a_1 < x < a_2; \tag{9}$$

$$\left. \frac{\partial \varphi_1(x; y)}{\partial x} \right|_{y=-h_1} = 0; \quad a_3 < x < a_4; \tag{10}$$

$$\left. \frac{\partial \varphi_1(x; y)}{\partial y} \right|_{y=-0} = 0; \quad l_1 < x < l_2; \tag{11}$$

$$\left. \frac{\partial \varphi_1(x; y)}{\partial y} \right|_{y=-0} = 0; \quad l_3 < x < l_4; \tag{12}$$

когда вертикальными концентраторами напряжений являются трещины

$$f_1(\eta) = 0; \quad \left. \frac{\partial \varphi_1(x; y)}{\partial x} \right|_{x=o_1} = 0; \quad H_1 < y < H_2; \tag{13}$$

когда вертикальными концентраторами напряжений являются жесткие включения

$$g_1'(\eta) = 0; \quad \left. \frac{\partial \varphi_1(x; y)}{\partial y} \right|_{x=o_1} = 0; \quad H_1 < y < H_2. \tag{14}$$

Дополнительными условиями будут

$$\int_{l_1}^{l_2} g_{1,2}'(t) dt = 0; \quad \int_{l_3}^{l_4} g_{3,4}'(t) dt = 0; \quad \int_{a_1}^{a_2} q_{1,2}(t) dt = T_1; \quad \int_{a_3}^{a_4} q_{1,2}(t) dt = T_2;$$

В итоге можно получить интегральные уравнения относительно $g'(t)$; $q(t)$; $g_1'(\eta)$; $f_1(\eta)$.

Коэффициенты интенсивностей напряжений в правых концах штампов и в нижних концах вертикальных концентраторов определяются следующими формулами типа: для штампа

$$K_{III} = \lim_{x_1 \rightarrow 1} \left(\tau_{yz}(x_1; y) (x_1 - 1)^{\frac{1}{2}} \right);$$

для трещин и включений соответственно

$$K_{III} = \lim_{y_1 \rightarrow 1} \left(\tau_{xz}(x; y_1) (y_1 - 1)^{\frac{1}{2}} \right); \quad K_{III} = \lim_{y_1 \rightarrow 1} \left(\tau_{yz}(x; y_1) (y_1 - 1)^{\frac{1}{2}} \right).$$

Решение уравнений построено численно-аналитическим методом Гаусса по узлам многочленов Чебышева [3] как и в [4,5]. На рис. 3 и 4 представлены некоторые результаты расчетов.

$$\frac{G_1}{G_2} = 0,5; T_1 = T; \frac{H_1}{h_1} = -1; \frac{H_2}{h_1} = -0,73; \frac{o_1}{h_1} = 0,1; \quad (15)$$

$$\frac{h_2}{h_1} = 7; \frac{l}{h_1} = 1; \frac{l_1}{h_1} = 0,5; \frac{l_2}{h_1} = 1,5; \quad (16)$$

$$\frac{a_1}{h_1} = 0,9 - (z - 1) \cdot 0,2; \frac{a_2}{h_1} = 1,1 + (z - 1) \cdot 0,2. \quad (17)$$

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{a_2 - a_1}{2} \cdot x_1; y = \frac{H_1 + H_2}{2} + \frac{H_2 - H_1}{2} \cdot y_1.$$

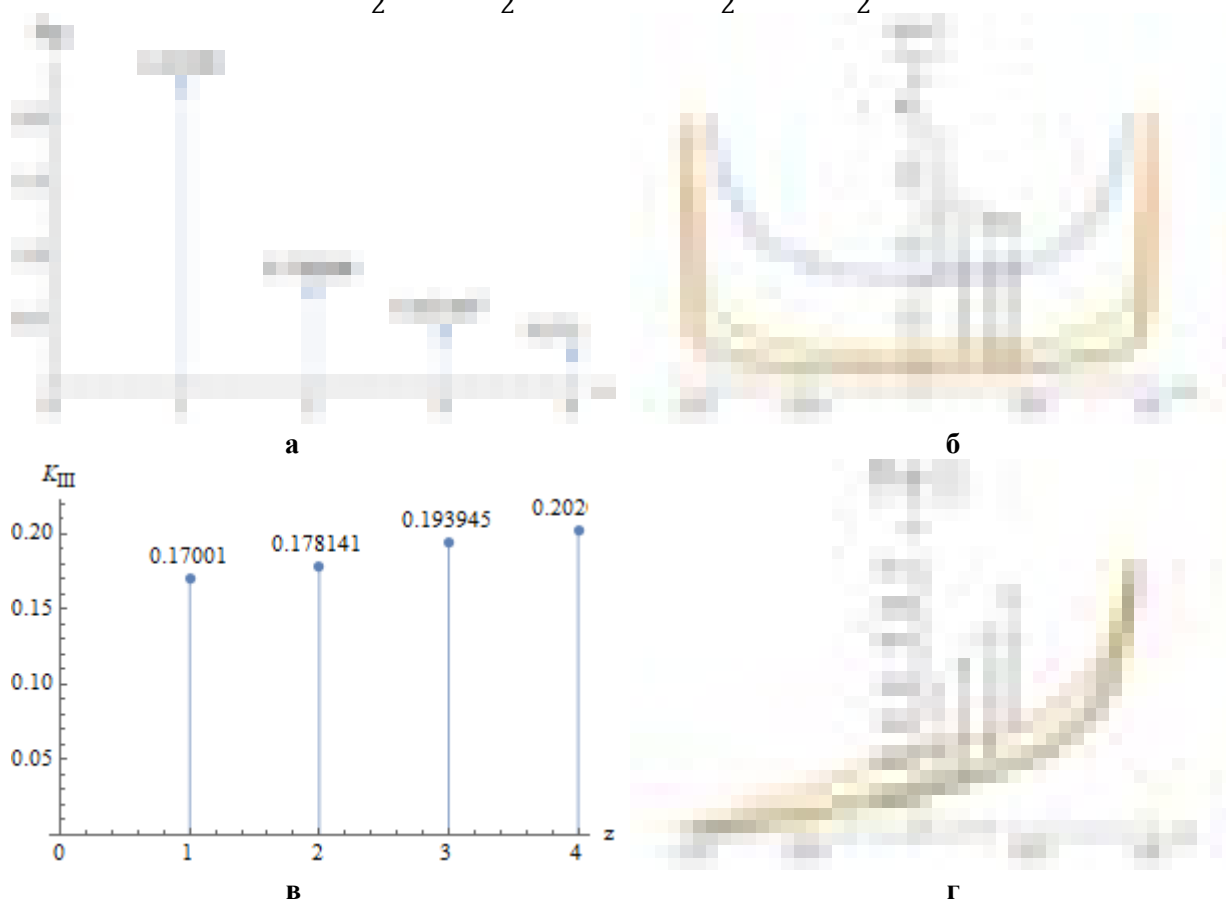


Рис. 3. Графики функций $q(x)$, $G_1 g_1'(y)/T$ и коэффициенты интенсивности напряжений K_{III} : а - коэффициенты интенсивности под штампом у точки a_2 , б - графики напряжений под штампом, в - коэффициенты интенсивности под трещинами у точек H_2 , г - график $-G_1 g_1'(y)/T$, 1 - $z = 1$, 2 - $z = 2$, 3 - $z = 3$, 4 - $z = 4$





Рис. 4. Графики функций $q(x)$, $f_1(y)/T$ и коэффициенты интенсивности напряжений K_{III} :
 а - коэффициенты интенсивности напряжений под штампом у точки a_2 , б - графики напряжений под штампом, в - коэффициенты интенсивности напряжений под вертикальными жесткими включениями у точек H_2 , г - график для функции - $f_1(y)$,
 $1 - z = 1$, $2 - z = 2$, $1 - z = 3$, $4 - z = 4$

Заключение. После того, как были сделаны многочисленные расчеты данной задачи для разных вариантов, получились графические и числовые представления результатов, из которых видно, что при увеличении ширины штампов на поверхности слоя коэффициенты интенсивности напряжений под штампами на поверхности слоя уменьшаются, а коэффициенты интенсивности напряжений у вертикальных трещин и жестких включений увеличиваются.

Արթուր Արամյանի Մուսայելյան

ՃՀՀԱՀ, Երևան, Հայաստանի Հանրապետություն, arturmus23@yandex.ru

ՊԱՐԲԵՐԱԲԱՐ ԿՐԿՆՎՈՂ ՃԱՔԵՐՈՎ, ԿՈՇՏ ՆԵՐՐԴԱԿՆԵՐՈՎ, ԵՎ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ՎՐԱ ՇՏԱՄՊԵՐՈՎ ԲԱՂԱՂՅԱԼ ՇԵՐՏԻ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿԸ ՀԱԿԱՀԱՐԹ ԴԵՖՈՐՄԱՅԻԱՅԻ ԴԵՊՈՒՍ

Այս աշխատանքը մաթեմատիկական մոդելի օգնությամբ շինարարական կոնստրուկցիաների, այնպիսին ինչպիսիք են շենքերի հիմքերը, տեսական ուսումնասիրություն է: Լուծվում է առաձգական շերտերի փոխազդեցության մասին խմբիկը հակահարթ դեֆորմացիայի դեպքում: Շերտերում կան պարբերաբար կրկնվող ճաքեր և կոշտ ներդրակներ: Բեռնվածքներն ազդում են շերտի մակերևույթի վրա պարբերաբար կրկնվող շտամպերի վրա: Կառուցվում են լարումների և լարումների ինտենսիվության գործակիցների գրաֆիկներ:

Առանցքային բառեր. հիմքեր, մաթեմատիկական մոդել, լարումներ, ինտեգրալ հավասարում, ինտենսիվության գործակից:

Artur Musayelyan

NUACA, Yerevan, Armenia, arturmus23@yandex.ru

THE STRESSED STATE OF COMPOSITE LAYER WITH PERIODICALLY REPEATED CRACKS, RIGID INCLUSIONS AND STRAPS ON ANTI-FLAT DEFORMATION SURFACE

This work is a theoretical study of building structures, such as building foundations, using a mathematical model. The problem of the interaction of two elastic layers during antiplane deformation is solved. There are periodically repeated cracks and hard inclusions in the layers. Loads affect periodically repeating stamps on the surface of the layer. Build stress graphs and stress intensity factors.

Keywords: foundations, mathematical model, stresses, integral equation, intensity coefficient.

Литература

1. **Новацкий В.** Теория упругости. - М.: Мир, 1975. - 375с.
2. **Мхитарян С. М.** Об одной периодической контактной задаче для упругой полосы, расслабленной трещинами и усиленной упругими стингерами// изв. АнАрмССР Механика, - 1978. - т.3, N3, с.3-17.
3. **Саакян А. В.** Метод дискретных особенностей в применении к решению сингулярных интегральных уравнений с неподвижной особенностью. // Изд. А Армении. Механика. - 2000. - Т.53, N3. - С.12-19.
4. **Григорян М.С.** О передаче нагрузок от системы разнородных стрингеров к упругому полупространству или слою при антиплоской деформации. // изв. Национальной академии наук Армении. Механика, - 2014. - N3, с.3-16.
5. **Мусаелян А. А.** Напряженное состояние составного полупространства с концентраторами напряжений типа трещин и штампов на поверхности составного упругого полупространства при антиплоской деформации, // изв. НУАКА. - 2017. - т.4, с.40-44.

References

1. **Novackiy V.**, (1975), Teoriya uprugosti [Theory of Elasticity]. M. Mir., 375 p.
2. **Mkhitaryan S. M.**, (1978), Ob odnoy ptiiodicheskoy kontaktnoy zadache dlya uprugoy polosy, raslablennoy treshinami i usilennoy uprugimi stringerami [On a periodic contact problem for an elastic strip, relaxed by cracks and reinforced by elastic stingers]. AnArmSSR Mechanics , Tom 3, N3, pp. 3-17.
3. **Sahakyan A. V.**, (2000), Metod diskretnikh osobennostey v primenenii k resheniyu singulyarnikh integralnikh uravneniy s nepodvizhnoy osobennostyu [The Method Of Discrete Singularities In Application To The Solution Of Singular Integral Equations With A Fixed Singularity]. Yerevan, Publishing house of the Academy of Sciences of Armenia, Mechanics, pp. 12-19.
4. **Grigoryan M.S.** (2014), O peredache nagruzok ot sistemy raznorodnykh stringerov k uprugomy poluprostranstvu ili sloyu pri antiploskoy deformacii [Transfer of loads from a system of dissimilar stringers to an elastic half-space or layer under antiplane deformation]. News of National Academy of Sciences of Armenia. Mechanics., N3, pp. 3-16.
5. **Musayelyan A. A.**, (2017), Napryazhennoe sostoyaniye sostavnogo poluprostranstva s koncentratorami napryazheniy tipa treshin i shtampov na poverkhnosti sostavnogo uprugogo poluprostranstva pri antiploskoy deformacii [The Stressed Deformity State Of The Composite Half-Space For Anti Plane Deformation]. NUACA NEWS 2017/4., pp. 40-44.

Արթուր Մուսայելյան Արամայիսի - ՃՀՀԱՀ, Շինարարական կոնստրուկցիաներ, ասպիրանտ, Հեռ.՝ (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru, Артур Арамаисович Мусаелян - НУАКА, Строительные конструкции, аспирант, Тел.: (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru, Artur Musayelyan - NUACA, Building structures, aspirant, Tel.: (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru

DOI: <https://doi.org/10.54338/18294200-2025.3-17>

Հոդվածը տպագրվում է՝ հիմք ընդունելով Երևան քաղաքի առաջին աստիճանի ընդհանուր իրավասության քաղաքացիական դատարանի 29.01.2025թ. վճռի հարկադիր կատարման համար տրամադրված կատարողական թերթի հիման վրա հարուցված կատարողական վարույթով ՀԿԱ ծառայության Երևան քաղաքի Կենտրոն, Նորք-Մարաշ և Էրեբունի-Նուբարաշեն վարչական շրջանների բաժնի գլխավոր խորհրդատու Մ.Միքայելյանի 22.09.2025թ. Համալսարանին որոշակի գործողություններ կատարելուն պարտադրելու կամ որոշակի գործողությունների կատարումից ձեռնպահ մնալուն հարկադրելու մասին որոշման պահանջը:

Համալսարանի պարբերականի խմբագրական կազմը տպագրվող հոդվածի գիտական որակի համար պատասխանատվություն չի կրում:

УДК 692.115

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Артур Арамаисович Мусаелян
НУАСА, Ереван, Армения, arturmus23@yandex.ru

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВА С ТРЕЩИНОЙ И ШТАМПОМ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОД ДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИ АНТИПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Эта работа является теоретическим исследованием строительных конструкций под воздействием динамических сил, таких как фундаменты зданий, с помощью математической модели. Задача об исследовании напряженно-деформированного состояния полупространства при антиплоской деформации. В полупространстве есть трещина, на поверхности есть штамп, динамическая сила воздействует на поверхности полупространства. После численных расчетов получаются графики распределения напряжений коэффициенты интенсивности напряжений.

Ключевые слова: динамика, фундаменты, математическая модель, напряжения, интегральные уравнения, коэффициенты интенсивности.

Введение. Полупространство подвергается антиплоской деформации под динамическим воздействием. На штампе на поверхности полупространства воздействует динамическая сила, в полупространстве есть трещина, а на поверхности полупространства есть штамп. Такое теоретическое исследование актуально потому, что результаты решений задачи могут быть использованы в инженерии и в расчетах строительных конструкций фундаментов зданий и сооружений под воздействиями динамических сил [2-4].

Постановка задачи и математическая модель. Область полупространства обозначим следующим образом: $\Omega(|x, z| < \infty; 0 < y < \infty)$. Полупространство деформируется под воздействием динамических сил. На рис. 1 представлена схема полупространства с трещиной.



Рис. 1. Схема полупространства

Введя ниже представленные некоторые обозначения, исследование математически сводится к следующему [1]:

$$\frac{\partial^2 U_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_z}{\partial y^2} = -\frac{1}{c_2^2} \cdot \frac{\partial^2 U_z}{\partial t^2}; U_z(x; y; t) = w(x; y)e^{-i\omega t}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + k^2 w = 0; k^2 = \frac{\omega^2}{c_2^2}; c_2 = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}; \varphi(x; y) = (\theta(-x) + \theta(+x))w(x; y); \quad (2)$$

$$\bar{\varphi}(\lambda; y) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x; y)e^{i\lambda x} dx; \varphi(x; y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varphi}(\lambda; y)e^{-i\lambda x} d\lambda;$$

$$g(y) \equiv w|_{x=+0} - w|_{x=-0}; f(y) \equiv \left. \frac{\partial w}{\partial x} \right|_{x=+0} - \left. \frac{\partial w}{\partial x} \right|_{x=-0};$$

$$\bar{\varphi}(\lambda; y) = A \cdot e^{-\gamma y} + \int_0^{\infty} (i\lambda g(s) - f(s)) \cdot \frac{e^{-\gamma|s-y|} + e^{-\gamma|s+y|}}{2\gamma} ds.$$

$w_j(x; y)$ – функция перемещений, $\varphi_j(x; y)$ – функция обобщенных перемещений, θ – функция Хевисайда, μ – модуль сдвига.

Граничные условия можно написать в следующем виде (для удобства временно штамп заменен силой T_2) [2-5].

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial w}{\partial y} \right|_{y=0} = \frac{T_0 \cdot \delta(x - x_0) + T_2 \cdot \delta(x - x_2)}{\mu} \\ \left. \frac{\partial w}{\partial x} \right|_{x=\pm 0} = 0 \end{cases}. \quad (3)$$

С помощью преобразований Фурье получена функция обобщенных перемещений.

$$\begin{aligned} \varphi(x; y) = & \frac{1}{2\pi} \left(\int_{-\infty}^{\infty} -\frac{T_1 \cdot e^{i\lambda x_1} + T_2 \cdot e^{i\lambda x_2}}{\gamma \mu} \cdot e^{-\gamma y} e^{-i\lambda x} d\lambda - \right. \\ & \left. - \frac{d}{dx} \int_0^{\infty} g(s) ds \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\gamma|s-y|} + e^{-\gamma|s+y|}}{2\gamma} e^{-i\lambda x} d\lambda \right). \end{aligned}$$

Получены интегральные уравнения.

$$\begin{aligned} & -\frac{T_0 \cdot H_1^1(k\sqrt{y^2 + x_0^2})kx_0}{\mu\sqrt{y^2 + x_0^2}} - \int_a^b \frac{\tau(t) \cdot H_1^1(k\sqrt{y^2 + t^2})kt}{\mu\sqrt{y^2 + t^2}} dt + \\ & + \frac{1}{2} \int_{-c}^c \left(g(s) \cdot k^2 H_0^1(k|s - y|) + g'(s) \cdot \frac{d}{dy} H_0^1(k|s - y|) \right) ds = 0; -c < y < c; \end{aligned} \quad (4)$$

$$-\frac{T_0}{\mu} \cdot H_0^1(k|x - x_0|) - \int_a^b \frac{\tau(t)}{\mu} \cdot H_0^1(k|x - t|) dt + \frac{1}{2} \int_{-c}^c g(s) \cdot \frac{H_1^1(k\sqrt{x^2 + s^2})}{\sqrt{x^2 + s^2}} ds = 0; a < x < b. \quad (5)$$

H_v^1 – функция Ханкеля первого рода. Решены задачи, при дополнительных условиях

$$\int_{-c}^c g'(y) dy = 0; \int_a^b \tau(t) dt = 0.$$

В итоге получены интегральные уравнения относительно $g'(s)$; $\tau(t)$ После решения становятся известными такие функции, как $g'(y)$; $\tau(x)$; и с помощью этих функций определяются напряжения и коэффициенты интенсивности напряжений.

Коэффициенты интенсивности напряжений у точки $y = 0$; $x = b$ определяются как

$$K_{III}(b) = \lim_{x \rightarrow b} \left(\tau_{yz}(x, y) \Big|_{y=0} \cdot (x - b)^{\frac{1}{2}} \right); \tau_{yz}(x, y) = \mu \cdot \frac{\partial w(x, y)}{\partial y}.$$

Коэффициенты интенсивности у точки $x = 0$; $y = c$ определяются такой формулой как

$$K_{III}(c) = \lim_{y \rightarrow c} \left(\tau_{xz}(x, y) \Big|_{x=0} \cdot (y - c)^{\frac{1}{2}} \right); \tau_{xz}(x, y) = \mu \cdot \frac{\partial w(x, y)}{\partial x}.$$

Решение интегральных уравнений построено численно-аналитическим методом Гаусса по узлам многочленов Чебышева. Из многочисленных расчетов представлены некоторые результаты (рис.2). Они показывают, как уменьшение длины трещины влияет на напряженное состояние в полупространстве, под штампом. Для расчета подобраны следующие относительные величины.

$$\frac{c}{-x_0} = 1,5 - (z - 1) \cdot 0,498; \quad \frac{a}{-x_0} = 0,5; \quad \frac{b}{-x_0} = 2,5.$$

$$\frac{T_0}{\mu} = 1; \quad k = 1; \quad x = \frac{a+b}{2} + \frac{b-a}{2} \cdot x_1; \quad y = \frac{0+c}{2} + \frac{c-0}{2} \cdot y_1.$$

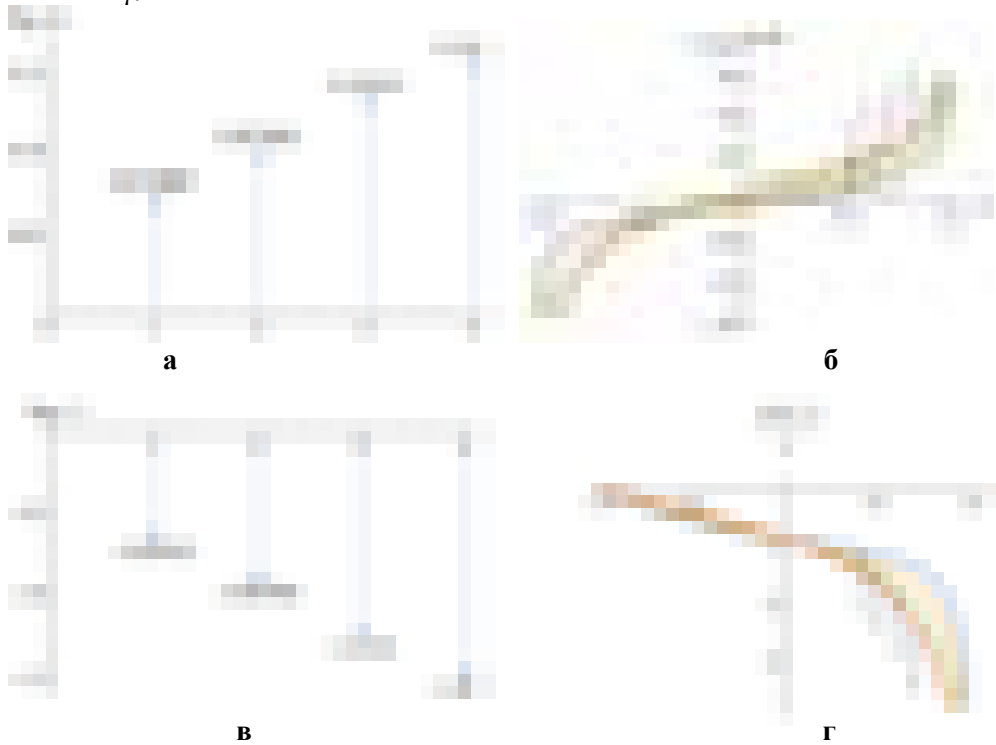


Рис. 2. Графики напряжений $\tau(x)$, графики функций $g'(y)$ и коэффициенты интенсивности напряжений K_{III} :

a - коэффициенты интенсивности напряжений под штампом у точки *b*, *б* - графики напряжений под штампом, *в* - коэффициенты интенсивности напряжений под вертикальной трещиной у точек *c*, *г* - графики для функции - $g'(y)$,

$$1 - z = 1, 2 - z = 2, 1 - z = 3, 4 - z = 4$$

Заключение. После того, как были сделаны многочисленные расчеты данной задачи для разных вариантов, получились графические и числовые представления результатов, из которых видно, что при уменьшении длины вертикальной трещины коэффициент интенсивности напряжений $K_{III}(b)$ увеличивается по абсолютному значению, а коэффициент $K_{III}(c)$ увеличивается по абсолютному значению.

Արթուր Արամայիսի Մուսայելյան

ՃՇՀԱՀ, Երևան, Հայաստանի Հանրապետություն, arturmus23@yandex.ru

ՀԱՔՈՎ ԵՎ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ՎՐԱ ՇՏԱՄՊՈՎ ԿԻՍԱՏԱՐԱԾՈՒԹՅԱՆ ԼԱՐՎԱԾԱՑԻՆ ՎԻՃԱԿԸ ԴԻՆԱՄԻԿ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ ՀԱԿԱՀԱՐԹ ԴԵՖՈՐՄԱՑԻԱՅԻ ԴԵՊՈՒՄ

Այս աշխատանքը մաթեմատիկական մոդելի օգնությամբ դինամիկ ուժերի ազդեցության տակ շինարարական կոնստրուկցիաների, այնպիսիք ինչպիսիք են շենքերի հիմքերը, տեսական ուսումնասիրություն է: Խնդիրը հակահարթ դեֆորմացիայի դեպքում կիսատարածության լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրության մասին է: Կիսատարածությունում կա ճաքեր, մակերևույթի վրա կա ներդրակ, դինամիկ ուժն ազդում է կիսատարածության մակերևույթի

վրա: Թվային հաշվարկներից հետո ստացվում են լարումների բաշխման և լարումների ինտենսիվության գործակիցների գրաֆիկներ:

Առանցքային բառեր. դինամիկա, հիմքեր, մաթեմատիկական մոդել, լարումներ, ինտեգրալ հավասարում, ինտենսիվության գործակից:

Artur Musayelyan

NUACA, Yerevan, Armenia, arturmus23@yandex.ru

THE STRESSED STATE OF SEMI-SPACE WITH CRACKING AND STAMP ON SURFACE UNDER DYNAMIC EXPOSURE UNDER ANTI-FLAT DEFORMATION

This work is a theoretical study of building structures under the influence of dynamic forces, such as building foundations, using a mathematical model. The task is of studying the stress-strain state of a half-space during antiplane deformation. There is a crack in the half-space, there is a stamp on the surface, dynamic force acts on the half-space surface. After numerical calculations, graphs of stress distribution and stress intensity factors are obtained.

Keywords: dynamics, foundations, mathematical model, stresses, integral equation, intensity coefficient.

Литература

1. **Новацкий В.** Теория упругости. - М.: Мир, 1975. - 375с.
2. **Ворович И.И., Габешко В.А.** Динамические смешанные задачи теории упругости для неклассических областей. - М.: Наука, 1979. - 327с.
3. **Сеймов В.М.** Динамические контактные задачи. - Киев.: Наукова думка, 1976. - 284с.
4. **Hakobyan V.N., Sahakyan A.V., Sargsyan A.H.** The plane deformation state of elastic plane with finite rigid inclusion under harmonic loading, // Proceedings of the 5th international conference "The problems of dynamics of interaction of deformable media", 17 October, 2005, Goris, pp. 56-60], НУАКА. - 2017. - т.4, с.40-44.
5. **Мусаелян А. А.** Напряженное состояние составного полупространства с концентраторами напряжений типа трещин и штампов на поверхности составного упругого полупространства при антиплоской деформации, // изв. НУАКА. - 2017. - т.4, с.40-44.

References

1. **Novackiy V.**, (1975), Teoriya uprugosti [Theory of Elasticity]. M. Mir., 375 p.
2. **Vorovich I.I.**, (1979), Dinamicheskie smeshannye zadachi teorii uprugosti dlya neklassicheskikh oblastey [Dynamic mixed problems of elasticity theory for non-classical domains]. M. science, 327 p.
3. **Seymov V.M.**, (1976), Dinamicheskie kontaktne zadachi [Dynamic contact tasks]. Kiev scientific notion., 284 p.
4. **Hakobyan V.N., Sahakyan A.V., Sargsyan A.H.** The plane deformation state of elastic plane with finite rigid inclusion under harmonic loading, // Proceedings of the 5th international conference "The problems of dynamics of interaction of deformable media", 17 October, 2005, Goris, pp. 56-60], НУАКА. - 2017. - т.4, с.40-44.
5. **Musayelyan A. A.**, (2017), Napryazhennoe sostoyaniye sostavnogo poluprostranstva s koncentratorami napryazheniy tipa treshin i shtampov na poverkhnosti sostavnogo uprugogo poluprostranstva pri antiploskoy deformacii [The Stressed Deformity State Of The Composite Half-Space For Anti Plane Deformation]. NUACA NEWS 2017/4., pp. 40-44.

Արթուր Մուսայելյան Արամայիսի - ՃՀՀԱՀ, Շինարարական կոնստրուկցիաներ, ասպիրանտ, Հեռ.՝ (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru, **Артур Арамаисович Мусаелян** - НУАКА, Строительные конструкции, аспирант, Тел.: (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru, **Artur Musayelyan** - NUACA, Building structures, aspirant, Tel.: (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru

ՀՈՂՎԱԾՆԵՐԻ ՁԵՎԱԿԵՐՊՄԱՆ ԵՎ ՈՒՂԵԿՑՈՂ ՓԱՍՏԱԹՂԹԵՐԻ ԿԱԶՄԻ ՎԵՐԱԲԵՐՑԱԼ ՊԱՀԱՆՁՆԵՐ

1. Հոդվածները կարելի է ներկայացնել *հայերեն, ռուսերեն և անգլերեն լեզուներով* (3-10 էջի սահմաններում):

Պարտադիր էլեկտրոնային փաստաթղթերը, որոնք պետք է ուղարկել **scientificpapers@nuaca.am** էլեկտրոնային փոստին՝

- հոդվածը (*doc ֆորմատով, նկարները՝ *.jpg, *.jpeg ֆորմատով), *որի ձևանմուշը հայերեն, ռուսերեն և անգլերեն տարբերակներով տեղադրված է nuaca.am կայքի գիտական պարբերականներ բաժնում,*
- տվյալ բնագավառի գիտնականի երաշխավորությունը հոդվածի վերաբերյալ (ստորագրությամբ հաստատված, *pdf ֆորմատով):

2. Հոդվածի ձևակերպման պահանջները.

Հոդվածը պետք է ունենա հետևյալ կառուցվածքը.

Հոդվածի վերնագիր

Պետք է համառոտ (10 բառից ոչ ավել) և հնարավորինս ճշգրիտ արտացոլի ուսումնասիրման առարկան, նպատակը և նորոյթը: Վերնագրում ցանկալի է արտացոլել հեղինակի գիտական աշխատանքի յուրահատկությունը:

Համառոտագիր

Պետք է պարունակի հետևյալ համառոտ տեղեկատվությունը ներկայացված հոդվածի վերաբերյալ (մինչև 150 բառ).

1. հետազոտության առարկայի (օբյեկտի) նկարագրությունը, հետազոտության նպատակը և խնդիրը, արդիականությունը, նորոյթը և կիրառական նշանակությունը,
2. մեթոդները կամ մեթոդաբանությունը (եթե հնարավոր է),
3. ստացված գիտական արդյունքները (տեսական և փորձարարական արդյունքներ, փաստացի տվյալներ, հայտնաբերված փոխադարձ կապեր և օրինաչափություններ),
4. առաջարկներ, գնահատականներ և խորհուրդներ:

Բանալի բառեր

Բանալի բառերը գիտական հոդվածի որոնման եղանակներից մեկն է՝ բոլոր *միջազգային տվյալների բազաներում* բանալի բառերի օգնությամբ կարելի է որոնել հոդվածներ: Այս առումով դրանք պետք է արտացոլեն գիտական հետազոտության հիմնական տերմինաբանությունը: Անհրաժեշտ է ընդգրկել 5-8 բանալի բառ:

Ներածություն

Ներածության նպատակը հոդվածում դիտարկված խնդիրների արդի վիճակի ակնարկն է, գիտական խնդրի և դրա արդիականության ներկայացումը:

Ներածությունը պետք է պարունակի հայկական և արտասահմանյան ժամանակակից գիտական նվաճումների ակնարկ քննարկվող առարկայի, հետազոտությունների և արդյունքների վերաբերյալ, որոնց վրա հիմնվում է ներկայացված աշխատանքը (գրականության ակնարկ): Գրականության ակնարկը պետք է շեշտի հետազոտության մեջ դիտարկվող հարցերի արդիականությունն ու նորությունը, որի հիման վրա ներկայացվում և նկարագրվում են տվյալ աշխատանքի նպատակներն ու խնդիրները: Հոդվածում օգտագործված գրական աղբյուրներն, ըստ օգտագործման հերթականության, պետք է ունենան միջանցիկ համարակալում և տեքստում նշվեն՝ [1], [2], տեսքով:

Ներածությունը պետք է պարունակի տեղեկատվություն, որը ընթերցողին հնարավորություն կտա հասկանալ և գնահատել հոդվածում ներկայացված հետազոտության արդյունքների նորոյթը և արդիականությունը:

Նյութեր և մեթոդներ

Այս բաժինը պետք է հստակ նկարագրի հետազոտության մեթոդաբանությունը: Հոդվածում հանդիպող ֆիզիկական մեծությունների չափողականությունը պետք է ներկայացնել SI համակարգով, *Italic*: Բանաձևերը և մաթեմատիկական արտահայտությունները պետք է ներկայացնել Microsoft Equation-ով կամ MathType-ով, *Italic*, 11 pt: Բանաձևերը ներկայացվում են առանձին տողով, մեջտեղում, իսկ հիմնական բանաձևերը համարակալվում են՝ աջ մասում, փակագծի մեջ՝ (1), (2), տեսքով:

Արդյունքներ և քննարկում

Հոդվածի այս մասում պետք է ներկայացնել համակարգված հեղինակային վերլուծական և վիճակագրական նյութեր: Ստացված արդյունքները պետք է ներկայացվեն այնպես, որ ընթերցողը կարողանա հետևել դրա փուլերին և գնահատել հեղինակի կողմից արված եզրակացությունների հավաստիությունը: Այս բաժնի հիմնական նպատակն է տվյալների վերլուծության, ամփոփման և հստակեցման միջոցով ապացուցել աշխատանքային վարկածը (վարկածները): Արդյունքները, անհրաժեշտության դեպքում, հաստատվում են աղյուսակներով, գծապատկերներով, նկարներով, որոնք ներկայացնում են ապացույցները: Հոդվածում ներկայացված արդյունքները ցանկալի է, որ համեմատվեն ինչպես հեղինակի այս ոլորտում նախորդ աշխատանքների, այնպես էլ այլ հետազոտողների աշխատանքների հետ: Նման համեմատությունը լրացուցիչ կբացահայտի կատարված աշխատանքի նորությունը՝ ավելացնելով օբյեկտիվության աստիճանը:

Եզրակացություն

Եզրակացությունը պարունակում է հոդվածի *Նյութեր և մեթոդներ* մասի հակիրճ նկարագրություն, ինչպես նաև ուսումնասիրության արդյունքների հակիրճ ձևակերպում: Այստեղ ամփոփվում են աշխատանքի *Արդյունքներ և քննարկում* մասի գլխավոր մտքերը: Այս բաժնում անհրաժեշտ է համադրել ստացված արդյունքները աշխատանքի սկզբում սահմանված նպատակի հետ: Եզրակացությունում պետք է ամփոփել թեմայի իմաստավորումը, անել եզրակացություններ, ընդհանրացումներ և աշխատանքից բխող առաջարկություններ, ինչպես նաև ընդգծել դրանց կիրառական նշանակությունը: Հոդվածի եզրափակիչ մասում ցանկալի է ներառել տվյալ հետազոտության զարգացման հեռանկարները:

Երախտիքի խոսք (անհրաժեշտության դեպքում)

Այս բաժնում պետք է նշվեն այն մարդկանց անունները, ովքեր օգնել են հեղինակին պատրաստել տվյալ հոդվածը, և այն կազմակերպությունների անվանումները, որոնք ֆինանսական աջակցություն են ցուցաբերել:

Գրականության ցանկ

Բացի նորմատիվ փաստաթղթերին և ինտերնետային կայքերին տրված հղումներից, *գրականության ցանկը պետք է ներառի 10-ից 30 գիտական աղբյուր* (պետք է խուսափել չափից ավելի ինքնահղումներից): Խորհուրդ է տրվում հղում կատարել այն ինտերնետային կայքերին, որոնք չեն պարունակում գիտական տեղեկատվություն: Հայտնի է, որ հրապարակման մակարդակը որոշվում է աղբյուրների ամբողջականությամբ և ներկայացուցչականությամբ, ուստի խորհուրդ է տրվում, առաջին հերթին հղում կատարել միջազգային տվյալների բազաներում (*Web of Science/Scopus*) ինդեքսավորված գիտական ամսագրերում տպագրված հոդվածներին: Աղբյուրները պետք է լինեն արդիական (*վերջին 10 տարիների ընթացքում հրատարակված բնօրինակ աղբյուրների օգտագործումը պարտադիր է*):

Գրականության ցանկում ընդգրկված աղբյուրները պետք է կազմել համաձայն *Elsevier* գիտական հրատարակչական ընկերության «*Numbered style*» ստանդարտի :

Գրականության ցանկում ընդգրկված աղբյուրների ներկայացման օրինակներ.

Պարբերականի հոդվածներ

- [1] S.L. Դադայան, Խ.Գ. Վարդանյան, Բազմահարկ երկաթբետոնե շրջանակակապային շենքերում սեյսմամեկուսիչների կիրառման արդյունավետությունը, ԵՃՇՊՀ գիտ. աշխ. 50 (2013) 114-120:
- [2] M. Nikolopoulou, N. Baker, K. Steemers, Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the human parameter, *Solar Energy* 70 (2001) 227-235.

[3] В.И. Теличенко, «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности, Вестник МГСУ 103 (2017) 364-372.

Գրքեր

[1] Y.S. Touloukian, P.E. Livey, S.C. Saxena, Thermal Conductivity: Nonmetallic Solids, IFI/Plenum press, New York, 1970.

[2] T.P. Hough (Ed.), Recent Developments in Solar Energy, Nova Science Publishers, New York, 2006.

Գիտաժողովների նյութեր

[1] T.E. Chaddock, Gastric emptying of a nutritionally balanced liquid diet, in: E.E. Daniel (Ed.), Proceedings of the Fourth International Symposium on Gastrointestinal Motility, ISGM4, 4-8 September 1973, Seattle, WA, Mitchell Press, Vancouver, British Columbia, Canada, 1974, pp. 83-92.

[2] N. Yasuda, S.-i. Takagi, A. Toriumi, Spectral shape analysis of infrared absorption of thermally grown silicon dioxide films, in: T. Hattori, K. Wada, A. Hiraki (Eds.), Proceedings of the Second International Symposium on the Control of Semiconductor Interfaces, ISCSI-2, Karuizawa, Japan, October 28-November 1, 1997, Appl. Surf. Sci. 117-118 (June (II)) (1997) 216-220.

Գրականության ցանկից մեկ տող ներքև՝ հոդվածի հիմնական տեքստից տարբերվող լեզուներով, տրվում է հոդվածի Վերնագիրը, Համառոտագիրը, Բանալի բառերը:

Հեղինակի/ների մասին տեղեկություններ

Համառոտագրերից մեկ տող ներքև տրվում է հոդվածի հեղինակի/ների մասին տեղեկություններ (հայերեն, անգլերեն, ռուսերեն)՝ **Ա.Ա.Հ., գիտական աստիճան, կոչում, կազմակերպության անվանումը՝ որտեղ աշխատում է, զբաղեցրած պաշտոնը, հեռախոսահամարները, էլեկտրոնային հասցեն:**

Պարբերականի գիտական ուղղվածություններ

1. Ճարտարապետություն

- Շենքերի և շինությունների ճարտարապետություն,
- Քաղաքաշինություն /տարածական պլանավորում/
- Ճարտարապետության տեսություն և պատմություն, ճարտարապետական հուշարձանների վերականգնում,
- Մոդելավորումը և տեղեկատվական տեխնոլոգիաները ճարտարապետությունում.

2. Շիննիկական գիտություններ /շինարարություն և հարակից ոլորտներ/

- Շինարարական նյութեր և պատրաստվածքներ,
- Հիմքեր և հիմնատակեր, ստորգետնյա կառուցվածքներ,
- Շինարարական կոնստրուկցիաներ և երկրաշարժադիմացկուն շինարարություն,
- Շինարարական արտադրության տեխնոլոգիա և կազմակերպում,
- Շինարարական մեխանիկա,
- Հիդրոտեխնիկա և հիդրոէներգետիկա,
- Հիդրավլիկա և ինժեներական հիդրոլոգիա,
- Տրանսպորտային ենթակառուցվածքներ/ճանապարհներ, կամուրջներ/ և երթևեկության կազմակերպում,
- Ներքին և արտաքին ինժեներական սարքավորումներ ու ցանցեր /ջրամատակարարում և ջրա-հեռացում, ջերմագազամատակարարում, էլեկտրամատակարարում, օդափոխություն և օդորակում/
- Շինարարական մեքենաներ և երթևեկության կազմակերպում,
- Ինժեներական գեոդեզիա,
- Գեոէկոլոգիա և կենսաանվտանգություն,
- Մոդելավորումը և տեղեկատվական տեխնոլոգիաները շինարարությունում.

3. Պիզայն

4. Տնտեսագիտություն /շինարարության ոլորտում/

5. Կառավարում /ճարտարապետության, շինարարության, պիզայնի, զբոսաշրջության ոլորտներում/

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1.	Մալումյան Սուրեն Աշոտի Բետոնի լարվածային վիճակի վրա բազմաշերտ ածխածնային նանոխողովակների ազդեցության թվային ուսումնասիրություն	3
2.	Չքոյան Խաչիկ Միմոնի Լաբորատոր պայմաններում բազալտե թելիկների չափերի օպտիմալ որոշումն ասֆալտբետոնե խառնուրդներում	16
3.	Չքոյան Խաչիկ Միմոնի Ասֆալտբետոնե խառնուրդների բարելավում բազալտե թելիկների և ցեմենտի հավելումով	27
4.	Նահատակյան Դավիթ Սամվելի, Նուրբեկյան Գոհար Վահեի, Ալեքսանյան Արմենուհի Ալբերտի Տեղ գյուղի մելիքական ապարանքի ճարտարապետական վերլուծություն. առաջարկվող վերականգնման տարբերակ	36
5.	Ավագյան Մարիամ Ավետիսի, Վարդանյան Սյուզաննա Վարդանի, Սահակյան Քրիստինե Սուրենի ԽՍՀՄ ժամանակաշրջանի առողջարանների զբոսաշրջային ներուժը Գեղարքունիքի մարզում	47
6.	Գալստյան Սիրանուշ Արամայիսի, Հովհաննիսյան Արա Արամի Սահմանված արժեքով նախագծում. ժամանակակից մոտեցում շինարարական ծախսերի արդյունավետ կառավարման համար	59
7.	Գասպարյան Բագրատ Յուրիի Ակուստիկ շինարարական կոնստրուկցիաների մշակումը և կիրառումը դահլիճներում	71
8.	Էլոյան Ասատուր Վանոյի, Մեսրոպյան Արման Հայկի Համակցված հենարանի կոշտության բնութագրերի ուսումնասիրություն	81
9.	Հակոբյան Դավիթ Գևորգի Ջերմամեկուսացման ազդեցությունը Հայաստանի բնակֆոնդի սոցիալ-տնտեսական վիճակի վրա	89
10.	Հակոբյան Մարիաննա Պողոսի Փակ կտրվածքներում հիդրավլիկական թոփչի առաջացման տեսական և փորձարարական ուսումնասիրություններ	98
11.	Հարությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, Հայրապետյան Աննա Հայրապետի, Հարությունյան Անահիտ Վարդգեսի Լեռնային ճանապարհներին ավտոմոբիլի շահագործական ռեսուրսի մաթեմատիկական մոդելի մշակումը	106
12.	Հունանյան Միսիթար Նիկոլի, Սահակյան Արամ Աշոտի, Բալջյան Պարզն Հովհաննեսի, Ստեփանյան Ռիմա Կոստանդինի Հանրային մասնակցության բաղադրիչի կարևորությունը ջրամատակարարման համակարգերում առկա կորուստների նվազեցման գործառույթներում	112
13.	Ներսեսյան Չինար Վահանի Բնակավայրերի սահմաններում տրանսպորտաշահագործական ծախսերի որոշումը	124
14.	Ստակյան Միհրան Գրիգորի, Փիրումյան Նարինե Վիլիկի, Մարտիրոսյան Անգին Վիկտորի, Սաֆարյան Աշոտ Յուրիի Գազատրանսպորտային համակարգի էլեմենտներում հոգնածային և մակերևութային պլաստիկ դեֆորմացման գործընթացների համալիր հետազոտում	130
15.	Վարդանյան Եղիազար Վահրամի, Հարությունյան Վալերիկ Մամիկոնի, Հայրապետյան Աննա Հայրապետի, Մոսիկյան Կարապետ Հակոբի Արտաքին գովազդային վահանակների ազդեցությունն ավտոտրանսպորտի երթևեկության անվտանգության վրա	142
16.	Մուսայելյան Արթուր Արամայիսի Պարբերաբար կրկնվող ճաքերով, կոշտ ներդրակներով, և մակերևույթի վրա շտամպերով բաղադրյալ շերտի լարվածային վիճակը հակահարթ դեֆորմացիայի դեպքում	151
17.	Մուսայելյան Արթուր Արամայիսի Ճաքով և մակերևույթի վրա շտամպով կիսատարածության լարվածային վիճակը դինամիկ ազդեցության տակ հակահարթ դեֆորմացիայի դեպքում	158
	Հեղինակներին	165

Требования к оформлению научных статей и составу сопроводительных документов для публикации в журналах «Известия НУАСА» и «Научные труды НУАСА»

1. Принимаются статьи на *армянском, русском и английском* языках (в пределах 3-10 страниц).

Документы в электронном виде, которые **необходимо** отправлять на электронную почту **scientificpapers@nuasa.am**

- статья (текстовый файл в формате *.doc, изображения (рисунки) отдельно в файлах в формате: *.jpg, *.jpeg), *шаблоны по оформлению статьи на армянском, русском и английском языках помещены на сайте nuasa.am в разделе периодические научные издания*,
- рецензия ученого данной научной отрасли на статью (подтвержденная подписью, в формате: *.pdf)

2. Требования к оформлению статьи

Научная статья должна иметь следующую структуру

Заголовок статьи

Должен кратко (не более 10 слов) и точно отражать предмет научного исследования, цель и новизну. В заголовке необходимо отразить уникальность научной работы автора.

Аннотация

Должна содержать (до 150 слов) следующую краткую информацию о представленной статье:

1. описание предмета (объекта) исследования, цель и задачи, актуальность, новизну и практическую значимость научного исследования,
2. метод(ы) и методология (если возможно),
3. полученные научные результаты (теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности),
4. рекомендации, оценки и предложения

Ключевые слова

Ключевые слова являются способом поиска научной статьи, так как во всех *международных библиографических базах данных* возможен поиск статей по ключевым словам. В связи с этим они должны отражать основную терминологию научного исследования. Необходимо привести 5-8 ключевых слов.

Введение

Задача введения — обзор современного состояния рассматриваемой в статье проблематики, обозначение научной проблемы и ее актуальности.

Введение должно включать обзор современных армянских и зарубежных научных достижений в рассматриваемой предметной области, исследований и результатов, на которых базируется представляемая работа (Литературный обзор). Литературный обзор должен подчеркивать актуальность и новизну рассматриваемых в исследовании вопросов, исходя из которой ставятся и описываются цели и задачи приведенной работы.

Список литературы составляется в порядке упоминания в тексте. Порядковый номер источника в тексте (ссылка) заключается в квадратные скобки: в виде [1], [2],

Во введении должна содержаться информация, которая позволит читателю понять и оценить новизну и актуальность результатов исследования, представленного в статье.

Материалы и методы

Раздел должен четко описывать методику проведения исследования.

Размерность всех физических величин указывать в системе единиц СИ, *Italic*. Формулы и математические выражения должны быть представлены Microsoft Equation или MathType, *Italic*, 11 pt. Формулы представлены отдельной строкой, посередине, а основные формулы пронумерованы справа, в скобках (1), (2), Нумерация должна быть сквозной.

Результаты и обсуждение

В этой части статьи должен быть представлен систематизированный авторский аналитический и статистический материал. Результаты проведенного исследования необходимо описывать так, чтобы читатель мог проследить его этапы и оценить обоснованность сделанных автором выводов. Основной целью этого раздела — при помощи анализа, обобщения и разъяснения данных доказать рабочую гипотезу (гипотезы). Результаты при необходимости подтверждаются таблицами, графиками, рисунками, которые представляют исходный материал или доказательства. Представленные в статье результаты желательно сопоставить с предыдущими работами в этой области как автора, так и других исследователей. Такое сравнение дополнительно раскроет новизну проведенной работы, придав ей объективности.

Заключение

Заключение содержит краткое описание раздела *Материалы и методы*, а также краткую формулировку результатов исследования. Здесь в сжатом виде повторяются главные мысли раздела *Результаты и обсуждение*. В этом разделе необходимо сопоставить полученные результаты с обозначенной в начале работы целью. В заключении суммируются результаты осмысления темы, делаются выводы, обобщения и даются рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость. В заключительную часть статьи желательно включить перспективы развития исследований в этой области.

Благодарности (в случае необходимости)

В этом разделе упоминаются те персоны, которые оказали помощь в выполнении исследования, и те организации, которые оказали финансовое содействие.

Список литературы

Список источников должен включать от 10 до 30 научных источников (следует избегать самоцитирования), не учитывая ссылки на нормативные документы и интернет-ресурсы. Не рекомендуется ссылаться на интернет-ресурсы, не содержащие научную информацию. Известно, что уровень публикации определяют полнота и представительность источников, поэтому рекомендуется ссылаться в первую очередь на оригинальные источники из научных журналов, включенных в глобальные индексы цитирования (*Web of Science/Scopus*). Состав источников должен быть актуальным (*обязательное использование оригинальных источников не старше 10 лет*).

Список литературы оформляется в соответствии с требованиями стандарта **Numbered style** издательского общества Elsevier.

Примеры представления источников, включенных в список литературы:

Статья из периодического издания (журнала)

- [1] Т.Л. Дадаян, Х.Г. Варданын, Эффективность применения сейсмоизоляторов в многоэтажных железобетонных рамно-связевых зданиях, Сборник научных трудов НУАСА 50 (2013) 114-120.
- [2] M. Nikolopoulou, N. Baker, K. Steemers, Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the human parameter, Solar Energy 70 (2001) 227-235.
- [3] В.И. Теличенко, «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности, Вестник МГСУ 103 (2017) 364-372.

Книги

- [1] Y.S. Touloukian, P.E. Livey, S.C. Saxena, Thermal Conductivity: Nonmetallic Solids, IFI/Plenum press, New York, 1970.
- [2] T.P. Hough (Ed.), Recent Developments in Solar Energy, Nova Science Publishers, New York, 2006.

Материалы конференции

- [1] T.E. Chaddock, Gastric emptying of a nutritionally balanced liquid diet, in: E.E. Daniel (Ed.), Proceedings of the Fourth International Symposium on Gastrointestinal Motility, ISGM4, 4–8 September 1973, Seattle, WA, Mitchell Press, Vancouver, British Columbia, Canada, 1974, pp. 83–92.
- [2] N. Yasuda, S.-I. Takagi, A. Toriumi, Spectral shape analysis of infrared absorption of thermally grown silicon dioxide films, in: T. Hattori, K. Wada, A. Hiraki (Eds.), Proceedings of the Second International Symposium on the Control of Semiconductor Interfaces, ISCSI-2, Karuizawa, Japan, October 28–November 1, 1997, Appl. Surf. Sci. 117–118 (June (II)) (1997) 216–220.

После **Списка литературы** через одну строку даются *Заголовок статьи, Аннотация, Ключевые слова* на языках, отличных от основного текста статьи.

Сведения об авторах

После **Аннотаций** через одну строку приводятся сведения об авторе/ах (на армянском, русском, английском языках) – *Ф.И.О., ученая степень, звание, название организации (учреждения), где работает автор, занимаемая должность, номера телефонов, адрес электронной почты*.

Научные направления журнала**1. Архитектура**

- Архитектура зданий и сооружений,
- Градостроительство (пространственное планирование),
- Теория и история архитектуры, реставрация архитектурных памятников,
- Моделирование и информационные технологии в архитектуре.

2. Технические науки (строительство и смежные области)

- Строительные материалы и изделия,
- Грунты и фундаменты, подземные сооружения,
- Строительные конструкции и сейсмостойкое строительство,
- Технология и организация строительного производства,
- Строительная механика,
- Гидротехника и гидроэнергетика,
- Гидравлика и инженерная гидрология,
- Транспортная инфраструктура (дороги, мосты),
- Внутреннее и внешнее инженерное оборудование и сети (водоснабжение и водоотведение, теплогазоснабжение, электроснабжение, вентиляция и кондиционирование),
- Строительные машины и организация транспортного движения,
- Инженерная геодезия,
- Геоэкология и биобезопасность,
- Моделирование и информационные технологии в строительстве.

3. Дизайн**4. Экономика (в области строительства)****5. Управление (в областях архитектуры, строительства, дизайна, туризма)**

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Малумян Сурен Ашотович Численное исследование влияния многослойных углеродных нанотрубок на напряженное состояние бетона	3
2.	Чколян Хачик Симонович Оптимальное определение размеров базальтовых волокон для асфальтобетонных смесей в лабораторных условиях	16
3.	Чколян Хачик Симонович Улучшение асфальтобетонных смесей при добавлении базальтовых волокон и цемента	27
4.	Наатакян Давид Самвелович, Нурбекян Гоар Вагеевна, Алексанян Арменуи Альбертовна Архитектурный анализ меликского дворца села Тех: предлагаемый вариант восстановления	36
5.	Авакян Мариам Аветисовна, Варданян Сюзанна Вардановна, Саакян Кристине Суреновна Оценка туристического потенциала санаториев периода СССР в Гехаркуникской области	47
6.	Галстян Сирануш Арамаисовна, Оганесян Ара Арамович Проектирование с установленной стоимостью: современный подход к эффективному управлению строительными затратами	59
7.	Гаспарян Баграт Юрьевич Разработка и применение акустических строительных конструкций в залах	71
8.	Элюян Асатур Ваноевич, Месропян Арман Айкич Исследование характеристик жесткости комбинированной опоры	81
9.	Акобян Давид Геворгович Влияние теплоизоляции на социально-экономическое состояние жилищного фонда Армении	89
10.	Акопян Марианна Погосовна Теоретические и экспериментальные исследования гидравлических прыжков в закрытых сечениях	98
11.	Арутюнян Валерик Мамиконович, Айрапетян Анна Айрапетовна, Арутюнян Анаит Вардгесовна Разработка математической модели эксплуатационного ресурса автомобиля на горных дорогах	106
12.	Унанян Мхитар Николович, Саакян Арам Ашотович, Балджян Паргев Оганесович, Степанян Рима Костандиновна Важность компонента общественного участия в деятельности по снижению потерь, имеющихся в системах водоснабжения	112
13.	Нерсисян Чинар Вагановна Определение транспортно-эксплуатационных расходов на границах населенных пунктов	124
14.	Стакян Мигран Григорьевич, Пирумян Нарине Виликовна, Мартирисян Ангин Викторовна, Сафарян Ашот Юрьевич Комплексное исследование процессов усталости и поверхностного пластического деформирования элементов газотранспортной системы	130
15.	Варданян Егиазар Ваграмович, Арутюнян Валерик Мамиконович, Айрапетян Анна Айрапетовна, Мосикян Карапет Акопович Влияние наружной рекламы на безопасность движения транспортных средств	142
16.	Мусаелян Артур Арамаисович Напряженное состояние составного слоя с периодически повторяющимися трещинами, жесткими включениями и штампами на поверхности при антиплоской деформации	151
17.	Мусаелян Артур Арамаисович Напряженное состояние полупространства с трещиной и штампом на поверхности под динамическим воздействием при антиплоской деформации	158
	Авторам	169

REQUIREMENTS FOR FORMULATING SCIENTIFIC ARTICLES AND THE SUPPORTING DOCUMENTS

1. Papers can be submitted in Armenian, Russian or English (3-10 pages)

Mandatory electronic documents that should be sent to **scientificpapers@nuaca.am**

- the paper (paper in *.doc format, illustrations in *.jpg, *. jpeg format), the template of which in *Armenian, Russian and English is posted in the scientific periodicals section of nuaca.am website*,
- Opinion about the paper from a scientist in this field(signed, in * pdf format)

2. Article Formulation Requirements:

The article should have the following structure

The Title of the Article

It should briefly (no more than 10 words) and accurately reflect the subject of scientific research. The title should reflect the uniqueness of the author's scientific work.

Abstract

Must contain (up to 150 words) the following brief information about the submitted article:

1. description of the subject (object) of the study, the purpose and objectives, actuality, novelty and practical significance of the scientific research,
2. method (s) and methodology (if possible),
3. scientific results obtained (theoretical and experimental results, factual data, discovered relationships and patterns),
4. recommendations, assessments and proposals.

Keywords

Keywords are the way to search for a scientific article, as in all *international bibliographic databases* articles can be searched by keywords. In this regard, they should reflect the basic terminology of scientific research. It is necessary to include 5-8 keywords.

Introduction

The objective of Introduction - overview of the current state of the observed issues of the article, significance of scientific problems and its actuality.

Introduction should include a review of modern Armenian and foreign scientific achievements in the subject area, research and the results on which the work is based (Literature review). The literature review should emphasize the actuality and novelty of the issues considered in the study, on the basis of which the goals and objectives of the given work are set and described. The reference numbers to the source cited in the text are placed in square brackets strictly in sequence like [1], [2], ...

Introduction should contain information that will allow the reader to understand and evaluate the novelty and actuality of the research results presented in the article.

Materials and Methods

This section should clearly describe the methodology of the study. Dimension of all physical quantities should be indicated in the system of SI units (*Italic*). Formulas and mathematical expressions should be written in Microsoft Equation or MathType, *Italic*, 11 pt. The formulas are presented in a separate line, in the middle, and the main formulas are numbered on the right, in the form (1), (2),

Results and Discussion

In this part of the article, a systematic authorial analytical and statistical material should be presented. The results of the study must be described so that the reader can trace its stages and assess the validity of the conclusions made by the author. The main purpose of this section is summarizing and clarifying data to prove the working hypothesis (hypotheses) through analysis. The results, if necessary, are confirmed by tables, graphs, figures, which represent the source material or evidence. It is desirable to compare the results presented in the article with previous works in this area by both the author and other researchers. Such a comparison will additionally reveal the novelty of the work done, giving it objectivity.

Conclusion

Conclusion contains a brief description of the *Materials and Methods* section, as well as a brief statement of the research results. Here in compressed form, the main thoughts of the *Results and Discussion* section are repeated. In this section, it is necessary to compare the results obtained with the goal indicated at the beginning of the work. In Conclusion, the results of comprehension of the topic are summarized, conclusions, generalizations are made, and recommendations arising from the work are given, their practical significance is emphasized. In the final part of the article, it is desirable to include the prospects for the development of the research in this area.

Acknowledgments (if necessary)

This section, we refer to those persons who have assisted in the implementation of the study and those organizations that provide financial assistance.

References

The list of references should include from 10 to 30 scientific sources (self-citations should be avoided), not taking into account references to regulations and internet resources. It is not recommended to refer to Internet resources that do not contain scientific information. It is known that the level of publication is determined by the completeness and representativeness of the sources; therefore, it is recommended to refer first of all to original sources from scientific journals included in the global citation indexes (**Web of Science / Scopus**). The sources should be relevant (mandatory use of original sources no older than 10 years).

The sources included in the References should be compiled according to «*Numbered style*» standard of Elsevier scientific publishing company.

Examples of presenting sources included in the References:

Article in a journal:

- [1] T.L. Dadayan, Kh.G.Vardanyan, Efficiency of application of seismic isolators in multistorey frame-shear wall reinforced concrete buildings, *Proceedings of YSUAC* 50 (2013) 114-120.
- [2] M. Nikolopoulou, N. Baker, K. Steemers, Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the human parameter, *Solar Energy* 70 (2001) 227-235.
- [3] V.I. Telichenko, Green technologies of living environment: concepts, terms, standards, *Vestnik MGSU* 103 (2017) 364-372.

Description of a book

- [1] Y.S. Touloukian, P.E. Livey, S.C. Saxena, *Thermal Conductivity: Nonmetallic Solids*, IFI/Plenum press, New York, 1970.
- [2] T.P. Hough (Ed.), *Recent Developments in Solar Energy*, Nova Science Publishers, New York, 2006.

Description of conference materials

- [1] T.E. Chaddock, Gastric emptying of a nutritionally balanced liquid diet, in: E.E. Daniel (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Symposium on Gastrointestinal Motility*, ISGM4, 4–8 September 1973, Seattle, WA, Mitchell Press, Vancouver, British Columbia, Canada, 1974, pp. 83–92.

- [2] N. Yasuda, S.-I. Takagi, A. Toriumi, Spectral shape analysis of infrared absorption of thermally grown silicon dioxide films, in: T. Hattori, K. Wada, A. Hiraki (Eds.), Proceedings of the Second International Symposium on the Control of Semiconductor Interfaces, ISCSI-2, Karuizawa, Japan, October 28–November 1, 1997, Appl. Surf. Sci. 117–118 (June (II)) (1997) 216–220.

In one line of the literature list, in languages other than the main text of the article, the title of the article, the summary, the keywords are given.

Information about author/s

Information about author/s (in Armenian, Russian, English) - *name, academic degree, rank, affiliation, position held, telephone numbers, e-mail address should be given.*

The journal covers the following topics

1. Architecture

- Architecture of buildings and constructions,
- Urban planning (spatial planning),
- Theory and history of architecture, restoration of architectural monuments,
- Modeling and information technologies in architecture.

2. Technical sciences

- Building materials and products,
- Bases and foundations, underground structures,
- Construction structures and earthquake-resistant construction,
- Technology and organization of construction,
- Construction mechanics,
- Hydraulic engineering and hydropower,
- Hydraulics and engineering hydrology,
- Transport infrastructure (roads, bridges), traffic management
- Internal and external engineering equipment and networks (water systems, water supply and water drainage, heating, power and gas supply, ventilation, air conditioning),
- Construction machinery and traffic management,
- Engineering Geodesy,
- Geoecology and biosecurity
- Modeling and information technologies in construction.

1. Design

2. Economics / In the field of construction /

3. Management / in the fields of architecture, construction, design, tourism /

CONTENTS

1.	Malumyan Suren	
	Numerical study of the multi-walled carbon nanotubes effect on the stress state of concrete _____	3
2.	Chkolyan Khachik	
	Analysis optimal determination of the sizes of basalt fibers in laboratory conditions for asphalt concrete mixtures _____	16
3.	Chkolyan Khachik	
	Improvement of asphalt concrete mixtures through the addition of basalt fibers and cement _____	27
4.	Nahatakyan Davit, Nurbekyan Gohar, Aleksanyan Armenuhi,	
	Architectural analysis of the melikal palace of Tegh village proposed restoration option _____	36
5.	Avagyan Mariam, Vardanyan Syuzanna, Sahakyan Kristine	
	Assessment of the tourism potential of soviet-era sanatoria in the Gegharkunik region _____	47
6.	Galstyan Siranush, Hovhannisyan Ara	
	Target value design: a modern approach for effective construction cost management _____	59
7.	Gasparyan Bagrat	
	Development and application of acoustic building structures in halls _____	71
8.	Eloyan Asatur, Mesropyan Arman	
	Study of stiffness characteristics of a combined bearing _____	81
9.	Hakobyan Davit	
	The impact of thermal insulation on the socio-economic condition of Armenia's housing stock _____	89
10.	Hakobyan Marianna	
	Theoretical and experimental investigation of hydraulic jumps in closed conduits _____	98
11.	Harutyunyan Valerik, Hayrapetyan Anna, Harutyunyan Anahit	
	Development of a mathematical model for a vehicle operating resource on mountain roads _____	106
12.	Hunanyan Mkhitar, Sahakyan Aram, Balgian Pargev, Stepanyan Rima	
	The importance of the public participation component in reducing losses in water supply facilities _____	112
13.	Nersesyan Chinar	
	Determination of transport operating costs in the borders of settlement _____	124
14.	Stakyan Mihran, Pirumyan Narine, Martirosyan Angin, Safaryan Ashot	
	Comprehensive study of fatigue and surface plastic deformation processes in gas transmission system elements _____	130
15.	Vardanyan Yeghiazar, Harutyunyan Valerik, Hayrapetyan Anna, Mosikyan Karapet	
	The impact of outdoor advertising billboards on road traffic safety _____	142
16.	Musayelyan Artur	
	The stressed state of composite layer with periodically repeated cracks, rigid inclusions and straps on anti-flat deformation surface _____	151
17.	Musayelyan Artur	
	The stressed state of semi-space with cracking and stamp on surface under dynamic exposure under anti-flat deformation _____	158
	To the authors _____	173

Համարի պատասխանատու՝

Արմենուհի Ալեքսանյան

Խմբագրում, սրբագրում, համակարգչային ձևավորում՝

Արմենուհի Ալեքսանյան
Զարուհի Մուրադյան
Քնարիկ Դանիելյան
Վիկտորիա Պարտիզպանյան

Տպագրության եղանակը՝ ռիզոգրաֆիա:
Թուղթը՝ օֆսեթ, 80 գր:
Ծավալը՝ 21.75 տպագրական մամուլ:
Ստորագրված է տպագրության 22.12.2025թ.:
Գրանցման վկայական՝ 03Ա 059500:
Պատվեր թիվ 532: Տպաքանակը՝ 101 օրինակ:
Հասցե՝ Երևան, Տերյան 105:
Адрес: Ереван, Теряна 105.
Address: 105 Teryan Street, Yerevan

 (+374 10) 303-300-(654)
URL: www.nuaca.am