

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ
ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԽԱԶԻԿ ՍԻՄՈՆԻ ՉՔՈԼՅԱՆ

ԼՐԻՎ ԽՈՐՈՒԹՅԱՄԲ ՎԵՐԱՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅՈՒՄ ԲԱԶԱԼՏԵ
ԹԵԼԻԿՆԵՐԻ ՆԵՐՄՈՒԾՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՕՊՏԻՄԱԼ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

Ե.23.02- «Քաղաքացիական, արդյունաբերական, հիդրոտեխնիկական,
տրանսպորտային և ստորգետնյա շինարարություն» մասնագիտությամբ տեխնիկական
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ԵՐԵՎԱՆ 2025

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РЕСПУБЛИКИ
АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРМЕНИИ

ХАЧИК СИМОНОВИЧ ЧКОЛЯН

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЛИЯНИЯ ВНЕДРЕНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН В
ТЕХНОЛОГИИ РИСАЙКЛИНГА НА ПОЛНУЮ ГЛУБИНУ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности “05.23.02- Гражданское, промышленное, гидротехническое,
транспортное и подземное строительство”

ЕРЕВАН 2025

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝

տեխ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ
Հակոբ Հարությունի Գյուլզադյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր
Էմիլ Հարությունի Խաչատրյան

տեխ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ
Վահան Վահրամի Գրիգորյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2026թ. հունվարի 27-ին ժամը 13⁰⁰-ին Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի (ՃՀՀԱՀ) կից գործող ՀՀ ԿԳՄՍՆ ԲԿԳԿ-ի 030 մասնագիտական խորհուրդում:

Հասցեն՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փ. 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՃՀՀԱՀ-ի գիտական գրադարանում:

Հասցեն՝ 0079, ք. Երևան, Մառի փ. 17/1:

Սեղմագրին կարելի է ծանոթանալ ՃՀՀԱՀ պաշտոնական կայքում՝ www.nuaca.am:

Սեղմագիրը առաքված է 2025թ. դեկտեմբերի 26-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար, տեխնիկական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ



Ս.Մ. ԷԳՆԱՏՅԱՆ

Тема диссертации утверждена в Национальном университете архитектуры и строительства Армении

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент
Акоп Арутюнович Гюльзаян

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Эмиль Арутюнович Хачатрян

кандидат технических наук, доцент
Ваган Ваграмович Григорян

Ведущая организация:

**Национальный аграрный университет
Армении**

Защита состоится 27-го января 2026г. в 13⁰⁰-часов на заседании специализированного совета 030 строительство МОНКС РА КВОН, действующего при Национальном университете архитектуры и строительства Армении (НУАСА).

Адрес: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке НУАСА

Адрес: 0079, Ереван, ул. Марра, 17/1

С авторефератом можно ознакомиться на официальном сайте НУАСА: www.nuaca.am

Автореферат разослан 26-го декабря 2025г.

Ученый секретарь специализированного совета:

кандидат технических наук, доцент



С. М. ЭГНАТОСЯН

Աշխատանքի արդիականությունը

Տնտեսության կայուն զարգացման և հասարակության սոցիալական կյանքի շարունակական բարելավման հիմնարար նախադրյալներից մեկը ճանապարհային ենթակառուցվածքների համակարգված զարգացումն է: Համաշխարհային փորձը վկայում է, որ տրանսպորտային ոլորտը տնտեսության ամենակարևոր բաղադրիչներից է, որն ունի բազմաճյուղ ազդեցություն տնտեսության վրա: Ճանապարհները խթանում են արդյունաբերության զարգացումը, ապրանքների և ծառայությունների շրջանառությունը, առևտրի ակտիվացումը, ինչպես նաև սոցիալական փոխհարաբերությունների ընդլայնումը: Ավելին, զարգացած ճանապարհային համակարգը հնարավորություն է տալիս ապահովել հավասարաչափ տնտեսական զարգացում նաև հեռավոր և սահմանամերձ բնակավայրերում՝ նպաստելով երկրի տարածքային հավասարաչափ զարգացմանը: Ճանապարհային ցանցի որակի բարձրացման ամենակարևոր ուղղություններից են ճանապարհաճանաչի բնութագրերի բարելավումը և կատարելագործումը: Վերջին տարիներին Հայաստանի Հանրապետությունում լայն տարածում է ստացել ճանապարհային պատվածքների լրիվ խորությամբ վերաօգտագործման տեխնոլոգիան (Full Depth Reclamation, FDR), որը համարվում է ժամանակակից և արդյունավետ մեթոդ: Այն թույլ է տալիս հասնել հետևյալ էական առավելությունների՝

- զգալիորեն խնայել շինանյութեր՝ բիտում, ավազ, խիճ, ինչի շնորհիվ նվազում են նաև շինարարական ծախսերը,
- պահպանել ճանապարհի առկա բարձունքային նիշերը, ինչը հատկապես կարևոր է խիտ բնակեցված քաղաքային պայմաններում, որտեղ ճանապարհաճանաչի մակերևույթի ցանկացած բարձրացում կամ իջեցում կարող է առաջացնել լուրջ խնդիրներ հարակից շենքերի, ինժեներական ցանցերի և հասարակական տարածքների համար,
- բնապահպանական խնդիրների մասնակի լուծման, քանի որ նոր նյութերի օգտագործման ծավալը զգալիորեն կրճատվում է, և հնարավոր է վերամշակել տեղում առկա նյութերը՝ նվազեցնելով բնության վրա բացասական ազդեցությունը:

FDR տեխնոլոգիայի արդյունավետությունը բարձրացնելու նպատակով ճանապարհաշինական պրակտիկայում լայնորեն կիրառվում են տարբեր հավելանյութեր, որոնք նպաստում են շերտի ամրության և կայունության բարձրացմանը: Այդ հավելանյութերից են ցեմենտը, բիտումը, փրփրաբիտումը և բիտումային էմուլսիաները: Վերջին տարիներին ճանապարհաշինության մեջ նոր և խոստումնալից ուղղություն է դարձել նաև տարբեր տիպի կայունացնող մանրաթելերի կիրառումը: Հատկապես կիրառություն են ստացել բազալտե և ապակե մանրաթելերը, որոնք ներմուծվում են վերաօգտագործվող ասֆալտբետոնի կառուցվածքի մեջ: Գիտական բազմաթիվ հետազոտություններ ցույց են տվել, որ մանրաթելերի չափերը, պարունակությունը զգալի ազդեցություն են ունենում վերջնական շերտի մեխանիկական հատկությունների վրա: Մասնավորապես, դրանք բարելավում են ճաքակայունությունը, սահքակայունությունը և երկարացնում ճանապարհաճանաչի ծառայության ժամկետը: Այնուամենայնիվ, հարկ է նշել, որ հատկապես FDR տեխնոլոգիայով ստացվող շերտերի

կայունացման ուղղությամբ մանրաթելերի կիրառման վերաբերյալ հետազոտություններ առայժմ գործնականում առկա չեն: Հայաստանի Հանրապետության պայմաններում առավել նպատակահարմար է բազալտե մանրաթելերի կիրառումը՝ հաշվի առնելով երկրի աշխարհագրական դիրքը և բնական ռեսուրսների առկայությունը: Բազալտը տարածված հրաբխային ապար է Հայաստանում, և դրա հիման վրա ստացված մանրաթելերը համեմատաբար մատչելի են ու էկոլոգիապես անվնաս: Հետևաբար, դրանց օգտագործումը կարող է արդյունավետ լինել ոչ միայն տեխնիկական, այլև տնտեսական առումով: Հետազոտությունն ուղղված է FDR տեխնոլոգիայով վերաօգտագործվող շերտերի բազալտե մանրաթելերով կայունացման խնդրի գիտական վերլուծությանը: Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ հանրապետությունում մեծ ծավալով իրականացվում են ճանապարհների հիմնանորոգման և վերակառուցման աշխատանքներ հենց FDR տեխնոլոգիայի կիրառմամբ՝ այս ուսումնասիրությունները կարող են ունենալ ոչ միայն գիտական, այլև խիստ գործնական նշանակություն՝ նպաստելով երկրի ճանապարհային ենթակառուցվածքների ամրության, դիմացկունության և հուսալիության բարձրացմանը:

Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները

Աշխատանքի նպատակն է փորձարարական հետազոտություններով գնահատել և կիրառման ներկայացնել FDR տեխնոլոգիայով ստացվող ճանապարհաշինական խառնուրդներում բազալտե թելիկների ներմուծման ազդեցությունը՝ սահմանելու համար դրանց կիրառման տեխնոլոգիական պարամետրերի օպտիմալ արժեքները: Առաջադրված նպատակն իրականացնելու համար ձևակերպվել և լուծվել են հետևյալ հիմնական խնդիրները՝

- ելակետային նյութերի հիմնական հատկությունների ուսումնասիրություն,
- բազալտե թելիկների հիմնական բնութագրերի (երկարություն, պարունակություն) ազդեցության գնահատում FDR տեխնոլոգիայով ստացվող խառնուրդի սեղմման և ձգման ամրության սահմանների փոփոխության վրա,
- FDR տեխնոլոգիայով ստացվող խառնուրդում բազալտե թելիկների հիմնական բնութագրերի (երկարություն, պարունակություն) ներմուծման օպտիմալ պարամետրերի սահմանում,
- FDR տեխնոլոգիայով ստացվող խառնուրդի ամրության բնութագրերի վրա ցեմենտի հետ մեկտեղ բազալտե թելիկների համալիր ներմուծման ազդեցության գնահատում,
- իրական աշխատատեղում և լաբորատորիայում ստացված համապատասխան փորձանմուշների ամրության բնութագրերի համեմատություն:

Հետազոտության մեթոդաբանությունը

Հետազոտության մեթոդաբանությունը հիմնվում է հետևյալ բաղադրիչների վրա՝

- հետազոտման առարկային վերաբերող գրականության քննադատական վերլուծություն,
- փորձարարական տեղամասում FDR տեխնոլոգիայի կիրառմամբ նախնական խառնուրդի ստացում,
- FDR տեխնոլոգիայի կիրառման արդյունքում ստացված խառնուրդում բազալտե մանրաթելերի ներմուծման ազդեցության գնահատում՝ լաբորատոր տեխնիկայի և համապատասխան ստանդարտների կիրառմամբ,

- ստացված արդյունքների վերլուծություն՝ հիմնված մաթեմատիկական վիճակագրության ժամանակակից մեթոդների վրա,
- լաբորատոր պայմաններում ստացված տվյալների համադրում իրական աշխատատեղում ստացված համապատասխան արդյունքների հետ:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

- Կատարված լաբորատոր փորձարկումների արդյունքներով սահմանվել են FDR խառնուրդի ամրության բնութագրերի վրա բազալտե թելիկների ներմուծման քանակական ազդեցությունները:
- Գնահատվել են FDR խառնուրդում բազալտե թելիկների ներմուծման հիմնական պարամետրերի (երկարություն, պարունակություն) օպտիմալ արժեքները:
- Սահմանվել են FDR խառնուրդի ամրության բնութագրերի վրա ցեմենտի հետ համատեղ կիրառման դեպքում որպես հավելանյութ բազալտե թելիկների հավելյալ ազդեցության քանակական ցուցանիշները:
- Գնահատվել է FDR տեխնոլոգիայի կիրառմամբ իրականացված փորձարարական աշխատատեղում ստացված փորձանմուշների ամրության բնութագրերի համադրելիությունը լաբորատոր պայմաններում ստացված փորձանմուշների համապատասխան բնութագրերի հետ:

Աշխատանքի գիտագործնական նշանակությունը

- Հետազոտության արդյունքները թույլ են տալիս գնահատել FDR տեխնոլոգիայի կիրառման դեպքում բազալտե թելիկների ներմուծման հնարավորությունները, քանակական ազդեցությունները և օպտիմալ պարամետրերը:
- Ստացված տվյալները կարող են հիմք հանդիսանալ FDR տեխնոլոգիայում բազալտե թելիկների ներմուծման ուղղությամբ տեղական հանձնարարականների մշակման համար, որոնք կներառեն անհրաժեշտ տեխնոլոգիական պահանջներ, խառնուրդի պատրաստման և խտացման եղանակներ, պահպանման և փորձարկման կարգեր:
- Հետազոտության արդյունքները կարող են հիմք հանդիսանալ ճանապարհային պատվածքի նախագծվող կոնստրուկցիաներում բազալտե թելիկների ներմուծմամբ FDR տեխնոլոգիայով շերտերի նախատեսման դեպքում ամրության բնութագրերի քանակական գնահատման համար:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները

- FDR խառնուրդի ամրության բնութագրերի վրա բազալտե թելիկների ներմուծման քանակական ազդեցությունների որոշման արդյունքները,
- FDR խառնուրդում բազալտե թելիկների ներմուծման հիմնական պարամետրերի (երկարություն, պարունակություն) օպտիմալ արժեքների գնահատման արդյունքները,
- FDR խառնուրդի ամրության բնութագրերի վրա ցեմենտի հետ համատեղ կիրառման դեպքում որպես հավելանյութ բազալտե թելիկների հավելյալ ազդեցության քանակական ցուցանիշների որոշման արդյունքները,
- FDR տեխնոլոգիայի կիրառմամբ իրականացված փորձարարական աշխատատեղում ստացված փորձանմուշների ամրության բնութագրերի և լաբորատոր պայմաններում ստացված փորձանմուշների համապատասխան բնութագրերի համադրելիության գնահատման արդյունքները:

Հետազոտության արդյունքների հավաստիությունը

Առաջարկված մոտեցումները, մեթոդները և դրանց արդյունքները հավաստի են, հիմնված են ճանապարհաշինարարական պրակտիկայում ընդունված ստանդարտների, տեխնոլոգիական մոտեցումների, լաբորատոր փորձարկումների և աշխատանքների որակի վերահսկման գործող մեթոդների վրա:

Աշխատանքի նախափորձապաշտպանությունը

Ատենախոսության տարբեր բաժինները քննարկվել են Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի (ՃՀՀԱՀ) ճանապարհների և կամուրջների ամբիոնի սեմինարներում և նիստերում:

Ատենախոսության հրապարակումները

Ատենախոսության հիմնական դրույթներն ու հետազոտության արդյունքները հրապարակված են 6 գիտական հոդվածում:

Ատենախոսության կազմը և ծավալը

Ատենախոսությունը բաղկացած է հինգ գլխից, եզրակացություններից և գրականության ցանկից: Աշխատանքի ծավալը կազմում է 126 էջ հիմնական տեքստ՝ ներառյալ 47 նկար և 22 աղյուսակ: Գրականության ցանկը պարունակում է 141 վերնագիր:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Աշխատանքի ընդհանուր բնութագրում ներկայացված են ատենախոսության արդիականությունը, նպատակն ու խնդիրները, գիտական նորույթը, գործնական նշանակությունը, հետազոտությունների եղանակները, պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները, հետազոտության արդյունքների հավաստիությունը, հետազոտության արդյունքների նախափորձահավանությունը, հրապարակումները, ինչպես նաև աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը:

Առաջին գլուխը՝ «Ճանապարհաշինարարության արդի մարտահրավերները, վերաօգտագործման արդյունավետ տեխնոլոգիաները և ճանապարհային պատվածքների ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործման (FDR) տեխնոլոգիայի կիրառման համապարփակ վերլուծություն», նվիրված է ատենախոսության թեմային վերաբերվող գրական աղբյուրներում տեղ գտած ճանապարհաշինության պրակտիկայում կուտակված փորձին՝ ճանապարհների վերաօգտագործման տեխնոլոգիաների դասակարգումներին, առանձին տեխնոլոգիաների կիրառությանը, գործընթացին, արդյունավետությանը և կիրառման նպատակներին: Մասնավորապես ուսումնասիրվել են տեղում տաք (HIR, Hot in Place Recycling), տեղում սառը (CIR, Cold In-place Recycling), տաք կենտրոնացված (HCPR, Hot Central Plant Recycling), սառը կենտրոնացված (CCPR, Cold Central Plant Recycling) և ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործման (FDR) տեխնոլոգիաները: Նշված տեխնոլոգիաների ուսումնասիրության ուղղությամբ աշխատանքներ են կատարվել ԱՄՆ-ում, Կանադայում, Չինաստանում, Ֆրանսիայում: Հատուկ ներկայացված է FDR (Full Depth Reclamation) տեխնոլոգիան, որը ժամանակակից ճանապարհաշինության մեջ կիրառվող առավել արդյունավետ և համալիր մեթոդներից է և ուղղված է ճանապարհային պատվածքների ամբողջական վերականգնմանը: Ներկայացված են հետազոտական և փորձարարական աշխատանքներ, որոնց հիմնական նպատակը եղել է FDR տեխնոլոգիայով վերականգնված ճանապարհային շերտերի կոշտության և ամրության բարձրացումը: Հետազոտողները տարբեր տարիների ընթացքում փորձարկել են ինչպես հեղուկ, այնպես էլ պինդ ձևով ներմուծվող տարբեր հավելանյութեր, որոնց թվում են կալցիումի և մագնեզիումի քլորիդները, հանգած և չհանգած կիրը, ցեմենտի կամ կրի վառարանների փոշին, պորտլանդցեմենտը (և՛ չոր, և՛ հեղուկ տարբերակներով), բիտումային էմուլսիան՝ ինչպես նորմալ, այնպես էլ պոլիմերային ձևերով, ինչպես նաև փրփրեցված բիտումը: Շատ դեպքերում կիրառվել է ոչ թե մեկ, այլ միաժամանակ երկու և ավելի հավելանյութերի համալիր տարբերակ, ինչը հնարավորություն է տվել համատեղել տարբեր նյութերի առավելությունները և ստանալ ավելի լավ արդյունքներ: Առանձին ներկայացվել է FDR կայունացված նյութի ճաքակայունության ուսումնասիրությունը՝ տարբեր տոկոսներով ցեմենտային հավելանյութի ազդեցությունը, ինչպես նաև

ընապահպանական նկատառումներով FDR տեխնոլոգիայի արդյունավետությունը գնահատելու համար:

Ներկայացվել է նաև ասֆալտբետոնե խառնուրդներում մանրաթելերի, մասնավորապես բազալտե մանրաթելերի կիրառման կարևորությունը՝ ճանապարհային ծածկերի ամրության, ճաքակալուստի և շահագործման տևողության բարելավման տեսանկյունից: Ասֆալտբետոնե խառնուրդներում բազալտե մանրաթելերի ուսումնասիրության ուղղությամբ աշխատանքներ են կատարվել ԱՄՆ-ում, Չինաստանում:

Երկրորդ գլուխը՝ «Փորձարարական տեղամասի նկարագրությունը և ելակետային բաղադրիչների ընտրությունն ու հիմնավորումը», նվիրված է մեր կողմից նախապես ընտրված փորձարարական տեղամասի նկարագրությանը և ելակետային խառնուրդի բաղադրության բացահայտմանը՝ գործող ստանդարտների պահանջների ապահովմամբ: Որպես փորձարարական տեղամաս ընտրվել է Մ2 Երևան-Գորիս-Մեղրի միջպետական նշանակության ավտոճանապարհի կմ 93+750-93+950 հատվածը: FDR գործընթացի մեկնարկային փուլ է հանդիսացել հիմնանորոգման ենթակա ճանապարհի առկա վիճակի գնահատումը, որի համար իրականացվել են ինչպես ակնադիտական, այնպես էլ խորքային ուսումնասիրություններ՝ հիմնանորոգման ենթակա տեղամասից հանուկների ստացումով: Բացահայտվել է փորձարարական տեղամասի ճանապարհային պատվածքի քայքայվածության աստիճանը, հիմքի կոնստրուկցիայի հաստությունը, խտությունը և օգտագործված նյութերի տեսակը: Փորձարարական տեղամասի վիճակի վերլուծությունները ցույց են տվել, որ առկա են եղել մեծ քանակությամբ արատներ՝ պայմանավորված ինչպես բուն ճանապարհածածկի, այնպես էլ հիմքի խնդիրների հետ: Մասնավորապես առկա են եղել մակերեսային և խորքային ճաքեր, տեղային նստվածքներ, անվահետքեր, որոնք վերացնելու նպատակով առաջարկվել է կիրառել FDR տեխնոլոգիան: Հիմնվելով փորձարարական տեղամասում կատարված դիտարկումների և հանուկներով ստացված տվյալների վրա՝ գոյություն ունեցող պատվածքի վերաօգտագործման խորությունն ընդունվել է 25 սմ, որից 9-12 սմ ասֆալտբետոնե երկշերտ ծածկն է, իսկ մնացածը՝ խճային և ավազային հիմքերը:

Փորձարարական տեղամասում ստացված նախնական խառնուրդը լաբորատոր պայմաններում ենթարկվել է հատիկաչափական վերլուծության՝ գործող ստանդարտի և «Ֆիննոուր» շինարարական մասնագրի պահանջներին համապատասխան: Ընտրվել են երեք հատվածներ, որոնցից վերցվել են նախնական խառնուրդի նմուշներ: Նախնական խառնուրդի տարբեր հատվածների հատիկաչափական կազմի միջինացված արժեքները բերված են Աղյուսակ 1-ում: Հատիկաչափական կազմի որոշմանը զուգահեռ՝ կատարվել է նախնական խառնուրդի խմբաքանակներում բիտումի պարունակության որոշում, որի արդյունքները ներկայացված են Աղյուսակ 2-ում: Ներկայացված են որպես հավելանյութ կիրառվող ցեմենտի քիմիական կազմը, ինչպես նաև բազալտե մանրաթելերի քիմիական կազմը և ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը: Բազալտի քիմիական բաղադրությունը

ներառում է սիլիցիումի երկօքսիդ (SiO₂) 45-55%, ալյումինիումի օքսիդ (Al₂O₃) 15-20%, երկաթի օքսիդ (Fe₂O₃) 5-15%, կալցիումի օքսիդ (CaO) 5-10%, ինչպես նաև որոշակի քանակություններով մագնեզիումի և նատրիումի օքսիդներ: Սահմանվել են բազալտե թելիկների հետևյալ ֆիզիկոմեխանիկական բնութագրերը՝ խտություն՝ 2,6-2,8 գ/սմ³, ջերմակայունություն՝ դիմակայում է մինչև 700°C ջերմաստիճանի, կոռոզիոն կայունություն՝ քիմիապես կայուն է ալկալային (pH 12-14) և թթվային (pH 2-4) միջավայրում:

Աղյուսակ 1

Նախնական խառնուրդի հատիկաչափական կազմի միջինացված արժեքները

Մաղերի չափերը (մմ)	Մաղերի վրա մասնակի մնացորդ		Մաղերի վրա լրիվ մնացորդ (%)	Մաղերի անցումը ամբողջությամբ (%)	Մասնագիր «Ֆիննոուդ» բաժին 301.15.2
	գրամով	%-ով			
40	171	3,54	3,54	96,46	75-100
20	598	12,37	15,91	84,09	50-90
10	1019	21,08	37	63	40-70
5	1043	21,58	58,58	41,42	30-50
1	1097	22,70	81,27	18,73	10-35
0,063	514	10,64	91,91	8,09	0-15
<0,063	391	8,09	100	0	

Աղյուսակ 2

Նախնական խառնուրդի խմբաքանակների բիտումի պարունակությունները

խմբաքանակների NN			Միջին արժեք
1	2	3	
Բիտումի պարունակությունները (%)			
1,94	1,95	1,99	1,96

Երրորդ գլուխը՝ «FDR խառնուրդի սեղմման ամրության բարելավումը բազալտե մանրաթելերի և ցեմենտի կիրառմամբ», նվիրված է փորձարարական աշխատատեղամասից ստացված FDR նախնական խառնուրդից լաբորատոր պայմաններում պատրաստված փորձանմուշների սեղմման ամրության սահմանի բարելավման վրա բազալտե թելիկների և ցեմենտի ազդեցության գնահատմանը:

Պատրաստվել են փորձարարական նմուշների չորս խմբաքանակներ: Առաջին խմբաքանակը կազմել է նախնական աղացած խառնուրդը՝ առանց որևէ հավելանյութի: Երկրորդից չորրորդ խմբաքանակներում նախնական խառնուրդին ավելացվել են համապատասխանաբար 0,3, 0,4, 0,5% բազալտե թելիկներ: Երկրորդից չորրորդ

խմբաքանակներում փոփոխության են ենթարկվել նաև ներմուծվող բազալտե թելիկների երկարությունը: Ընդունվել է երեք երկարություն՝ 5, 10 և 20 մմ՝ ստանալով ենթախմբեր: Յուրաքանչյուր ենթախմբում ընդգրկվել են երեքական նմուշներ, որոնց ընդհանուր զանգվածը կազմել է 5400 գրամ: Ընդհանուր առմամբ սեղմման ամրության փորձարկման համար պատրաստվել է 30 փորձանմուշ: Փորձնական խառնուրդների պատրաստման ընթացքում բոլոր նմուշներին ավելացվել է նաև ջուր՝ նյութի ընդհանուր զանգվածի 2%-ի չափով: Առանձին խմբաքանակների խառնուրդները կաղապարների մեջ լցվել են աստիճանաբար՝ յուրաքանչյուր շերտ մանրակրկիտ խտացնելով դանակի կամ ձողի հարվածներով, որպեսզի բացառվի խոռոչների առաջացումը և ապահովվի նմուշի միատեսակ խտությունը ողջ ծավալում: Յուրաքանչյուր նմուշի վրա, ըստ ԳՕՍՍ 12801-98 ստանդարտի, 5-10 վայրկյանի ընթացքում կիրառվել է 160 կՆ ճնշում և պահվել երեք րոպե: Խտացումից հետո գլանաձև նմուշները պահպանվել են յոթ օր (20±5)°C ջերմաստիճանում: Պահպանման սահմանված յոթօրյա ժամկետի ավարտից հետո պատրաստի նմուշները ենթարկվել են մամլիչի տակ սեղմման փորձարկման: Աղյուսակ 3-ում բերված է առանձին խմբաքանակների սեղմման ամրության որոշման փորձնական արժեքների համադրությունը, որից հետևում է, որ բազալտե թելիկների ներմուծումը FDR խառնուրդի մեջ բերել է փորձանմուշների սեղմման ամրության սահմանների աճին: Համեմատած առանց բազալտե թելիկների փորձանմուշների՝ 0,3% բազալտե թելիկների պարունակությամբ փորձանմուշներում սեղմման ամրության աճը կազմել է՝ կախված թելիկների երկարությունից՝ 5,93-9,19%, 0,4% պարունակությամբ՝ 7,35-10,66% և 0,5% պարունակությամբ՝ 7,96-10,83%: Հիմնվելով ստացված արդյունքների վրա՝ FDR խառնուրդի սեղմման ամրության բարելավման տեսանկյունից բազալտե թելիկների ներմուծման օպտիմալ պարունակությունը ընդունվել է 0,4%: Կախված խառնուրդում թելիկների պարունակությունից՝ սեղմման ամրության աճը 5 մմ երկարությամբ ներմուծվող թելիկների դեպքում կազմել է 5,93-7,96%, 10 մմ՝ 7,35-10,66%, 20 մմ՝ 7,96-10,83%: Ստացված արդյունքները թույլ են տվել սեղմման ամրության բարելավման տեսանկյունից բազալտե թելիկների ներմուծման օպտիմալ երկարությունն ընդունել 20 մմ: Փորձարարական եղանակով գնահատվել է FDR խառնուրդի սեղմման ամրության բարելավման վրա ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ազդեցությունը: Խառնուրդում պորտլանդ ցեմենտի պարունակությունն ընդունվել է անփոփոխ՝ 4%՝ ըստ զանգվածի՝ հաշվի առնելով շինարարական գործընթացում ընդունված պրակտիկան: Բազալտե թելիկների ներմուծման պարունակությունը և երկարությունը ընդունվել են ըստ վերը սահմանված օպտիմալ արժեքների՝ 0,4% և 20 մմ: Փորձանմուշների ընդհանուր քանակը կազմել է 6, որոնք պատրաստվել են և պահպանվել յոթ օր (20±5)°C ջերմաստիճանում, որից հետո փորձարկվել են ըստ սեղմման: Աղյուսակ 4-ում ներկայացված է սեղմման ամրության սահմանի վրա հավելանյութերի ներմուծման արդյունավետության համեմատական քննադատությունը: Ստացված արդյունքները թույլ են տվել եզրակացնել, որ FDR խառնուրդում 4% ցեմենտի ներմուծումը, նախնական

խառնուրդի հետ համեմատած, բերել է սեղմման ամրության սահմանի 115,5% աճի, իսկ խառնուրդում 4% ցեմենտի և 0,4% բազալտե թելիկների համալիր ներմուծումը, միայն ցեմենտով ամրացված փորձանմուշների հետ համեմատած, բերել է սեղմման ամրության սահմանի լրացուցիչ 16,2% աճի:

Աղյուսակ 3

Սեղմման ամրության որոշման փորձնական արժեքների համադրությունը

Խմբաքանակի բնութագրումը									
Առանց հավելանյութերի	Բազալտե թելիկների պարունակությունը (%)								
	0,3			0,4			0,5		
	Թելիկների երկարությունը (մմ)								
	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Սեղմման ամրության սահմանի միջին արժեքը (ՄՊա)									
1,633	1,730	1,767	1,783	1,753	1,783	1,807	1,763	1,787	1,810

Չորրորդ գլուխը՝ «FDR խառնուրդի խզման ժամանակ ձգման ամրության բարելավումը բազալտե մանրաթելերի և ցեմենտի կիրառմամբ», նվիրված է փորձարարական աշխատատեղամասից ստացված FDR նախնական խառնուրդից լաբորատոր պայմաններում պատրաստված փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի բարելավման վրա բազալտե թելիկների և ցեմենտի ազդեցության գնահատմանը:

Աղյուսակ 4

Սեղմման ամրության սահմանի վրա հավելանյութերի ներմուծման արդյունավետության համեմատական բնութագիրը

Սեղմման ամրության սահմանի միջին արժեքը (ՄՊա)				$\frac{R_{\text{СЖ3}} - R_{\text{СЖ1}}}{R_{\text{СЖ1}}} \cdot 100\%$	$\frac{R_{\text{СЖ4}} - R_{\text{СЖ3}}}{R_{\text{СЖ3}}} \cdot 100\%$
Առանց հավելանյութերի, $R_{\text{СЖ1}}$	Բազալտե թելիկների ներմուծմամբ, $R_{\text{СЖ2}}$	Ցեմենտի ներմուծմամբ, $R_{\text{СЖ3}}$	Բազալտե թելիկների և ցեմենտի ներմուծմամբ, $R_{\text{СЖ4}}$		
1,633	1,807	3,520	4,090	115,5	16,2

Փորձարարական խմբաքանակները, փորձանմուշների ընդհանուր քանակությունը և չափերը ընդունվել են նույնը, ինչ ընդունվել էին սեղմման ամրության գնահատման համար և ներկայացվել նախորդ գլխում: Փորձարկումն իրականացվել է լաբորատոր մամլիչով՝ փոփոխելով ազդող ուղղաձիգ ուժը մինչև փորձանմուշի խզումը: Աղյուսակ 5-ում բերված է առանձին խմբաքանակների խզման ժամանակ ձգման ամրության որոշման փորձնական արժեքների համադրությունը:

Խզման ժամանակ ձգման ամրության որոշման փորձնական արժեքների համադրությունը

Խմբաքանակի բնութագրումը									
Առանց հավելանյութերի	Բազալտե թելիկների պարունակությունը (%)								
	0,3			0,4			0,5		
	Թելիկների երկարությունը (մմ)								
	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի միջին արժեքը (ՄՊա)									
0,280	0,308	0,333	0,358	0,316	0,347	0,364	0,318	0,348	0,366

Համեմատած առանց բազալտե թելիկների փորձանմուշների՝ խզման ժամանակ ձգման ամրության աճը կազմել է 0,3% բազալտե թելիկների պարունակությամբ փորձանմուշներում՝ կախված թելիկների երկարությունից՝ 10,0-27,9%, 0,4% պարունակությամբ՝ 12,8-30,0% և 0,5% պարունակությամբ՝ 13,6-30,7%: Ինչպես սեղմման ամրության, այնպես էլ խզման ժամանակ ձգման ամրության փոփոխման տեսակետից FDR խառնուրդի մեջ բազալտե թելիկների ներմուծման օպտիմալ պարունակությունն ընդունվել է 0,4%: Կախված խառնուրդում թելիկների պարունակությունից՝ սեղմման ամրության աճը 5 մմ երկարությամբ ներմուծվող թելիկների դեպքում կազմել է է 10,0-13,6%, 10 մմ՝ 18,9-24,3%, 20 մմ՝ 27,9-30,7%, որը թույլ է տվել նաև խզման ժամանակ ձգման ամրության բարելավման տեսանկյունից բազալտե թելիկների ներմուծման օպտիմալ երկարությունն ընդունել 20 մմ: Ինչպես և սեղմման ամրության դեպքի համար՝ փորձարարական եղանակով գնահատվել է FDR խառնուրդի խզման ժամանակ ձգման ամրության բարելավման վրա ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ազդեցությունը: Փորձանմուշների կազմը պահպանվել է սեղմման ամրության դեպքին համանման: Աղյուսակ 6-ում ներկայացված է խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի վրա հավելանյութերի ներմուծման արդյունավետության համեմատական բնութագրերը: Ստացված արդյունքները թույլ են տվել եզրակացնել, որ FDR խառնուրդում 4% ցեմենտի ներմուծումը, նախնական խառնուրդի հետ համեմատած, բերել է խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի 189,3% աճի, իսկ խառնուրդում 4% ցեմենտի և 0,4% բազալտե թելիկների համալիր ներմուծումը, միայն ցեմենտով ամրացված փորձանմուշների հետ համեմատած, բերել է խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի 24,7% աճի: Համեմատած FDR խառնուրդում միայն ցեմենտի ներմուծման հետ՝ ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծման դեպքում խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի արժեքի աճը ավելի զգալի է սեղմման ամրության սահմանի աճի համեմատությամբ: Եթե ցեմենտով փորձանմուշներում բազալտե թելիկների ներմուծումը բերել է սեղմման

ամրության սահմանի 16,2% աճի, ապա նույն ներմուծման արդյունքում խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի արժեքի աճը կազմել է 24,7%:

Աղյուսակ 6

Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի վրա հավելանյութերի ներմուծման արդյունավետության համեմատական բնութագիր

Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի միջին արժեքը (ՄՊա)				$\frac{R_{p3} - R_{p1}}{R_{p1}} \cdot 100\%$	$\frac{R_{p4} - R_{p3}}{R_{p3}} \cdot 100\%$
Առանց հավելանյութերի, R_{p1}	Բազալտե թելիկների ներմուծմամբ, R_{p2}	Ցեմենտի ներմուծմամբ R_{p3}	Բազալտե թելիկների և ցեմենտի ներմուծմամբ, R_{p4}		
0,280	0,364	0,810	1,010	189,3	24,7

Հինգերորդ գլուխը՝ «Բազալտե թելիկների և ցեմենտի համալիր ներմուծման ազդեցության գնահատումը FDR տեխնոլոգիայով վերականգնվող աշխատատեղամասում», նվիրված է լաբորատոր պայմաններում կատարված փորձարարական աշխատանքների արդյունքների և իրական աշխատատեղում ստացված արդյունքների համադրմանը: Ինչպես վերը նշվել է, որպես փորձարարական աշխատատեղամաս ընդունվել է Մ2 Երևան-Գորիս-Մեղրի միջպետական նշանակության ավտոճանապարհի կմ 93+750÷93+950 հատվածը: Փորձարարական տեղամասում FDR գործընթացը սկսվել է ճանապարհի գոյություն ունեցող պատվածքի և հիմքի շերտի մանրացմամբ՝ միջինը 25 սմ խորությամբ: Ապահովելու համար լաբորատոր փորձարկումների հետ առավելագույն համապատասխանություն՝ փորձարարական աշխատատեղամասում առանձնացվել են չորս հատվածներ: Առաջին հատվածում տեղադրվել է FDR խառնուրդը առանց որևէ հավելանյութի ներմուծման: Երկրորդ հատվածում խառնուրդի մեջ ներմուծվել են միայն բազալտե թելիկներ՝ 20 մմ երկարությամբ և 0,4% պարունակությամբ, երրորդ հատվածում ներմուծվել է միայն ցեմենտ, ըստ զանգվածի, 4% պարունակությամբ, չորրորդ հատվածում՝ ներմուծվել են թե՛ բազալտե թելիկներ (20 մմ երկարությամբ, 0.4% պարունակությամբ), և թե՛ ցեմենտ 4% պարունակությամբ: Շերտի ձևավորման նպատակով իրականացվել են բոլոր անհրաժեշտ տեխնոլոգիական գործողությունները՝ խտացում, պրոֆիլավորում, խնամք (curing): Փորձարարական տեղամասերի FDR խառնուրդով շերտերի ձևավորման ավարտից մեկ շաբաթ հետո վերցվել են փորձարարական կեռներ (core samples): Անհրաժեշտ է նշել, որ առաջին և երկրորդ հատվածներից, որտեղ ցեմենտային հավելանյութ չէր կիրառվել, ամբողջական կեռներ հնարավոր չի եղել ստանալ: Հանված բոլոր նմուշները ենթարկվել են փման, ինչը տեղի է ունեցել այն պատճառով, որ նշված փորձարարական հատվածների շերտերի ձևավորման ընթացքում ներդրված խտացնող

ազդեցությունը չի համապատասխանել լաբորատոր մամլիչով տրվող խտացնող ազդեցությանը: Երրորդ և չորրորդ փորձարարական հատվածներից, որտեղ որպես հավելանյութ կիրառվել է ցեմենտ, հնարավոր է եղել ստանալ ամբողջական կեռներ՝ համապատասխանաբար 10-12 սմ և 22-24 սմ միջին երկարությամբ, որոնք ենթարկվել են լաբորատոր փորձարկումների: Երրորդ և չորրորդ փորձարարական հատվածներից հանված կեռների ընդհանուր քանակը կազմել է 12, որոնցից 6-ը ենթարկվել են սեղմման ամրության սահմանի փորձարկման, իսկ 6-ը՝ խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի փորձարկման: Փորձարկումներից առաջ յուրաքանչյուր փորձանմուշ ենթարկվել է նախնական ձևավորման և կշռվել է լաբորատոր կշեռքով: Աղյուսակ 7-ում բերված են լաբորատոր պայմաններում ձևավորված փորձանմուշների և փորձարարական կեռների սեղմման ամրության սահմանների արձանագրված արժեքների համեմատությունը, իսկ Աղյուսակ 8-ում՝ նույն համեմատությունը խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանների համար:

Աղյուսակ 7

Լաբորատոր պայմաններում ձևավորված փորձանմուշների և փորձարարական կեռների սեղմման ամրության սահմանների համեմատական բնութագիր

Միայն ցեմենտի ներմուծմամբ			Բազալտե թեղիկների և ցեմենտի ներմուծմամբ		
Լաբորատոր պայմաններում ստացված փորձանմուշներ	Երրորդ փորձարարական հատվածից հանված կեռներ	$\frac{R_{\text{ՇՅ2}} - R_{\text{ՇՅ1}}}{R_{\text{ՇՅ1}}} \cdot 100\%$	Լաբորատոր պայմաններում ստացված փորձանմուշներ	Չորրորդ փորձարարական հատվածից հանված կեռներ	$\frac{R_{\text{ՇՅ4}} - R_{\text{ՇՅ3}}}{R_{\text{ՇՅ3}}} \cdot 100\%$
$R_{\text{ՇՅ1}}$, ՄՊա	$R_{\text{ՇՅ2}}$, ՄՊա		$R_{\text{ՇՅ3}}$, ՄՊա	$R_{\text{ՇՅ4}}$, ՄՊա	
3,52	3,23	-8,24	4,09	3,75	-8,31

Փորձարկումների արդյունքները թույլ են տվել եզրակացնել, որ իրական փորձարարական աշխատատեղում ձևավորված միայն ցեմենտի ներմուծմամբ փորձանմուշների սեղմման ամրության սահմանի փորձարարական արժեքը ստացվել է 8,24%-ով պակաս լաբորատոր պայմաններում ձևավորված նմուշների համապատասխան արժեքներից: Ցեմենտի և բազալտե թեղիկների համալիր ներմուծմամբ փորձանմուշների դեպքում համապատասխան պակասեցումը կազմել է 8,31%: Ներկայացված թվերը վկայում են, որ լաբորատոր պայմաններում ձևավորված փորձանմուշների հետ համեմատած՝ իրական աշխատատեղում ձևավորված

փորձանմուշների սեղման ամրության սահմանի պակասեցման վրա բազալտե թելիկների ներմուծումը գործնականորեն չի ազդել:

Աղյուսակ 8

Լաբորատոր պայմաններում ձևավորված փորձանմուշների և փորձարարական կետերի խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանների համեմատական բնութագիր

Միայն ցեմենտի ներմուծմամբ			Բազալտե թելիկների և ցեմենտի ներմուծմամբ		
Լաբորատոր պայմաններում ստացված փորձանմուշներ	Երրորդ փորձարարական հատվածից հանված կետեր	$\frac{R_{p2} - R_{p1}}{R_{p1}} \cdot 100\%$	Լաբորատոր պայմաններում ստացված փորձանմուշներ	Չորրորդ փորձարարական հատվածից հանված կետեր	$\frac{R_{p4} - R_{p3}}{R_{p3}} \cdot 100\%$
R_{p1} , ՄՊա	R_{p2} , ՄՊա		R_{p3} , ՄՊա	R_{p4} , ՄՊա	
0,81	0,71	-12,3	1,01	0,90	-10,9

Իրական աշխատատեղում ձևավորված միայն ցեմենտի ներմուծմամբ փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի փորձարարական արժեքը ստացվել է 12,3%-ով պակաս լաբորատոր պայմաններում ձևավորված նմուշների համապատասխան արժեքներից: Ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծմամբ փորձանմուշների դեպքում համապատասխան պակասեցումը կազմել է 10,9%: Ներկայացված թվերը վկայում են, որ լաբորատոր պայմաններում ձևավորված փորձանմուշների հետ համեմատած՝ իրական աշխատատեղում ձևավորված փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի պակասեցումը բազալտե թելիկների ներմուծման արդյունքում որոշակիորեն նվազել է, որը հավանաբար պայմանավորված է իրական աշխատատեղում կոնստրուկտիվ շերտի ձգման և հետևաբար սահքադիմացկանության բնութագրերի ձևավորման վրա՝ բազալտե թելիկների դրական ազդեցությամբ:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. FDR տեխնոլոգիայում որպես հավելանյութ լայնորեն օգտագործում են ցեմենտ, փրփրաբիտում, բիտումային էմուլսիաներ և այլն: Հաշվի առնելով վերաօգտագործվող ասֆալտբետոնում տարբեր տիպի մանրաթելերի, ներառյալ նաև բազալտե թելիկների հաջող կիրառության բազմաթիվ օրինակները՝ կարելի է ենթադրել FDR տեխնոլոգիայում դրանց հաջող կիրառության հնարավորությունը՝ ստացվող խառնուրդների շահագործական բնութագրերի բարելավման առումով:
2. Փորձարարական եղանակով բացահայտվել է, որ բազալտե թելիկների ներմուծումը FDR խառնուրդի մեջ բերել է լաբորատոր փորձանմուշների սեղմման ամրության սահմանների աճին: Համեմատած առանց բազալտե թելիկների փորձանմուշների՝ 0,3% բազալտե թելիկների հավելումով փորձանմուշներում սեղմման ամրության աճը, կախված թելիկների երկարությունից, կազմել է 5,93-9,19%: 0,4 և 0,5% բազալտե թելիկների հավելումով փորձանմուշներում համապատասխան աճերը կազմել են 7,35-10,66% և 7,96-10,83%: Ներմուծվող բազալտե թելիկների երկարությունից կախված՝ սեղմման ամրության սահմանի աճը 5 մմ-ի դեպքում, կախված խառնուրդում թելիկների պարունակությունից, կազմել է 5,93-7,96%, 10 մմ-ի դեպքում՝ 7,35-10,66% և 20 մմ-ի դեպքում՝ 7,96-10,83%: Սեղմման ամրության աճի տեսակետից որպես բազալտե թելիկների ներմուծման օպտիմալ պարամետրեր սահմանվել են 20 մմ երկարությունը և 0,4% պարունակությունը:
3. Գնահատվել են FDR խառնուրդում ցեմենտի և ցեմենտի ու բազալտե թելիկների համալիր ներմուծման քանակական ազդեցությունները սեղմման ամրության սահմանի վրա: Ցեմենտի 4% ներմուծման դեպքում սեղմման ամրության սահմանի աճը, նախնական խառնուրդի հետ համեմատած, կազմել է 115,5%: Բազալտե թելիկների 0,4% լրացուցիչ ներմուծումը բերել է սեղմման ամրության սահմանի հավելյալ 16,2% աճի:
4. Փորձարարական եղանակով գնահատվել է FDR խառնուրդի մեջ հավելանյութերի ներմուծման ազդեցությունը խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանների փոփոխության վրա: Համեմատած առանց բազալտե թելիկների փորձանմուշների՝ 0,3% բազալտե թելիկների հավելումով փորձանմուշներում խզման ժամանակ ձգման ամրության աճը, կախված թելիկների երկարությունից, կազմել է 10,0-27,9%: 0,4 և 0,5% բազալտե թելիկների հավելումով փորձանմուշներում համապատասխան աճերը կազմել են 12,8-30,0 և 13,6-30,7 %: Ներմուծվող բազալտե թելիկների երկարությունից կախված՝ խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի աճը կազմել է 5 մմ-ի դեպքում՝ կախված խառնուրդում թելիկների պարունակությունից 10,0-13,60%, 10 մմ-ի դեպքում՝ 18,9-24,3% և 20 մմ-ի դեպքում՝ 27,9-30,7%: Խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի տեսակետից, որպես բազալտե թելիկների ներմուծման օպտիմալ պարամետրեր, սահմանվել են 20 մմ երկարությունը և 0,4%

պարունակությունը, որոնք համընկնում են սեղման ամրության սահմանի աճի տեսակետից կատարված եզրահանգումների հետ:

5. Գնահատվել են FDR խառնուրդում ցեմենտի և ցեմենտի ու բազալտե թելիկների համալիր ներմուծման քանակական ազդեցությունները խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի վրա: Ցեմենտի 4% ներմուծման դեպքում սեղման ամրության սահմանի աճը, նախնական խառնուրդի հետ համեմատած, կազմել է 189,3% աճ: Բազալտե թելիկների 0,4% լրացուցիչ ներմուծումը բերել է խզման ժամանակ ձգման սահմանի հավելյալ 24,7% աճի:
6. Փորձարարական եղանակով բացահայտվել է, որ ցեմենտի և ցեմենտի ու բազալտե թելիկների համալիր ներմուծման ազդեցությունը FDR խառնուրդի խզման ժամանակ ձգման ամրության արժեքի բարելավման վրա ավելի զգալի է, քան նույնի ազդեցությունը սեղման ամրության սահմանի բարելավման վրա: 4% ցեմենտի ներմուծումը բերել է FDR խառնուրդի սեղման ամրության սահմանի 115,5%, իսկ խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի 189,3% աճի: Ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծումը բերել է միայն ցեմենտային հավելումով փորձանմուշների համեմատ սեղման ամրության սահմանի 16,2%, խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի 24,7% աճի:
7. Համաձայն որպես փորձարարական տեղամաս ընտրված U2 Երևան-Գորիս-Մեղրի միջպետական նշանակության ավտոճանապարհի կմ 93+800÷93+900 հատվածից հանված կեռների լաբորատոր փորձարկումներով փորձարկման՝ բացահայտվել է, որ իրական աշխատատեղում ձևավորված միայն ցեմենտի ներմուծմամբ փորձանմուշների սեղման ամրության սահմանի փորձարարական արժեքը ստացվել է 8,24%-ով պակաս լաբորատոր պայմաններում ձևավորված նմուշների համապատասխան արժեքներից: Ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծմամբ փորձանմուշների դեպքում համապատասխան պակասեցումը կազմել է 8,31%, որը վկայում է, որ լաբորատոր պայմաններում ձևավորված փորձանմուշների հետ համեմատած՝ իրական աշխատատեղում ձևավորված փորձանմուշների սեղման ամրության սահմանի պակասեցման վրա բազալտե թելիկների ներմուծումը գործնականորեն չի ազդել:
8. Փորձարարական տեղամասում ձևավորված միայն ցեմենտի ներմուծմամբ փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի փորձարարական արժեքը ստացվել է 12,3%-ով պակաս լաբորատոր պայմաններում ձևավորված նմուշների համապատասխան արժեքներից: Ցեմենտի և բազալտե թելիկների համալիր ներմուծմամբ փորձանմուշների դեպքում համապատասխան պակասեցումը կազմել է 10,9%, որը վկայում է, որ լաբորատոր պայմաններում ձևավորված փորձանմուշների հետ համեմատած՝ իրական աշխատատեղում ձևավորված փորձանմուշների խզման ժամանակ ձգման ամրության սահմանի պակասեցումը բազալտե թելիկների ներմուծման արդյունքում որոշակիորեն նվազում է:

ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՑԱՆԿ

1. Գյուլզադյան Հ. Հ., Չքոյան Խ. Ս., Ճանապարհային պատվածքների ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործելու փորձի վերլուծություն: // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ Հ. I (82), 2022, էջ. 31-40:
2. Չքոյան Խ. Ս., Ճանապարհային պատվածքի ամբողջ խորությամբ վերաօգտագործման տեխնոլոգիայում փրփրաբիտումի և ցեմենտի օգտագործման վերլուծություն: // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ Հ. II (92), 2025, էջ. 89-96: <https://doi.org/10.54338/18294200-2025.2-10>
3. Չքոյան Խ. Ս., Բազալտե թելիկների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները և դրանց կիրառությունը ճանապարհաշինարարության մեջ Հայաստանի Հանրապետությունում: // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ Հ. II (92), 2025, էջ. 97-102: <https://doi.org/10.54338/18294200-2025.2-11>
4. Չքոյան Խ. Ս., Լաբորատոր պայմաններում բազալտե թելիկների չափերի օպտիմալ որոշումն ասֆալտբետոնե խառնուրդներում: // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ Հ. III (93), 2025, էջ. 16-26: <https://doi.org/10.54338/18294200-2025.3-02>
5. Չքոյան Խ. Ս., Ասֆալտբետոնե խառնուրդների բարելավում բազալտե թելիկների և ցեմենտի հավելումով: // ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ Հ. III (93), 2025, էջ. 27-35: <https://doi.org/10.54338/18294200-2025.3-03>
6. Chkolyan, Kh. S. Application of Basalt Fibers and Cement Through FDR Technology in the km 93+880 Section of the M2 Yerevan–Goris–Meghri Highway. // Journal of Architectural and Engineering Research, Vol. 9 (2025), pp. 34–41. <https://doi.org/10.54338/27382656-2025.9-03>

ХАЧИК СИМОНОВИЧ ЧКОЛЯН
**ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЛИЯНИЯ ВНЕДРЕНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН В
ТЕХНОЛОГИИ РИСАЙКЛИНГА НА ПОЛНУЮ ГЛУБИНУ**
РЕЗЮМЕ

Работа посвящена исследованию влияния внедрения базальтовых волокон в технологии рисайклинга дорожных одежд на полную глубину (далее — FDR, Full Depth Reclamation). Технология FDR получила широкое распространение в дорожностроительной отрасли РА благодаря ряду преимуществ, среди которых — экономия строительных материалов, возможность сохранения существующих отметок дороги, а также частичное решение экологических проблем. Для улучшения характеристик слоя, получаемого в результате обработки дорожного покрытия по технологии FDR, в практике дорожного строительства применяются различные добавки — цемент, битум, пенобитум, битумная эмульсия и др. В последние десятилетия проведён значительный объём исследований по использованию различных типов стабилизирующих волокон, в частности базальтовых, в структуре перерабатываемого асфальтобетона. Однако аналогичные исследования, касающиеся оценки стабилизации слоёв FDR, отсутствуют и проведение исследований для оценки влияния внедрения базальтовых волокон на прочностные характеристики слоёв FDR актуально.

Были исследованы литературные данные о технологиях переработки слоёв дорожных одежд и применения в них различных добавок, в частности цемента и волокон. В качестве экспериментального участка был выбран отрезок км 93+750÷93+950 межгосударственной автодороги М2 Ереван-Горис-Мегри, в котором был проведён рисайклинг дорожной одежды на глубину 25 см. Для исходной смеси были определены гранулометрический состав и содержание битума. Были подготовлены опытные лабораторные образцы с различным содержанием и длиной вводимых базальтовых волокон, которые были испытаны на осевое сжатие и растяжение при расколе. В результате испытаний для вводимых базальтовых волокон в качестве оптимальных были определены 0,4 % содержания и 20 мм длины. Дополнительно были подготовлены и испытаны лабораторные образцы с только цементными добавками и комплексными добавками из цемента и базальтовых волокон. Было определено, что комплексное применение базальтовых волокон вместе с цементом привело к дополнительному увеличению прочности лабораторных образцов на сжатие на 16,2%, а на растяжение при расколе – на 24,7%. Испытаниями кернов, взятых со слоя экспериментального участка было определено, что по сравнению с аналогичными образцами, подготовленными в лабораторных условиях уменьшение предела прочности на сжатие для образцов с цементной добавкой составило 8,24%, а для образцов с комплексными добавками из цемента и базальтовых волокон – 8,31%. Для предела прочности на растяжение при расколе соответствующие значения составили 12,3% и 10,9%.

KHACHIK SIMON CHKOLYAN

OPTIMAL PARAMETERS OF THE INFLUENCE OF BASALT FIBER INCORPORATION IN FULL DEPTH RECLAMATION TECHNOLOGY

SUMMARY

The paper is devoted to research on of the effect of the introduction of basalt fibers in the Full Depth Reclamation (hereinafter — FDR) technology. FDR technology has become widely used in the road building industry of Armenia due to a number of advantages, among which are savings in building materials, the ability to preserve existing road elevations, as well as a partial solution to environmental problems. To improve the properties of the layers produced by FDR processing, various additives such as cement, bitumen, foamed bitumen, and bituminous emulsion are applied in road construction practice. In recent decades, a significant amount of research has been conducted on the use of various types of stabilizing fibers, in particular basalt, in the structure of the reclaimed asphalt concrete. However, similar studies evaluating the stabilization of layers produced by FDR technology are still lacking, and it is actual to conduct a study to assess the impact of the introduction of basalt fibers on the strength characteristics of FDR layers.

There was conducted a study of literature data on various technologies for recycling of road pavements layers and the use of various additives in them, in particular cement and fibers.

The segment of km 93+750 -93+950 of the interstate highway M2 Yerevan-Goris-Meghri was chosen as the experimental section, in which the road surface was reclaimed to a depth of 25 cm. The granulometric composition and bitumen content were determined for the initial mixture.

Experimental laboratory samples with different contents and lengths of injected basalt fibers were prepared, which have been tested for axial compression and tension at break. As a result of the tests, 0.4% of the content and 20 mm of length were determined as optimal for the introduced basalt fibers. Additionally, laboratory samples with only cement additives and complex additives of cement and basalt fibers were prepared and tested. It was determined that the combined use of basalt fibers together with cement led to an additional increase in the compressive strength of laboratory samples by 16.2%, and tensile strength at break by 24.7%.

By testing the cores taken from the layer of the experimental section, it was determined that, compared with similar samples prepared in the laboratory, the decrease in compressive strength for samples with a cement additive was 8.24%, and for samples with complex additives of cement and basalt fibers - 8.31%. For the tensile strength at break, the corresponding values were 12.3% and 10.9%.

