

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.15/31.08.2022.Т.73.04 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ТАДЖИБАЕВ ШЕРЗОД АМИРКУЛОВИЧ

ТЕМИР ЙЎЛЛАР ЕР ПОЛОТНОСИ ҚИЯЛИКЛАРИНИ
МУСТАҲКАМЛАШ ИШЛАРИНИ БАЖАРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.08.02 – Темир йўллар ва йўл хўжалиги

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2022

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Таджибаев Шерзод Амиркулович

Темир йўллар ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишларини
бажариш технологиясини такомиллаштириш..... 3

Таджибаев Шерзод Амиркулович

Совершенствование технологии производства работ по укреплению
откосов земляного полотна железных дорог..... 21

Tadjibayev Sherzod Amirkulovich

Improvement of the production technology for strengthening the slopes of
the railway bed 38

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 41

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.15/31.08.2022.Т.73.04 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ТАДЖИБАЕВ ШЕРЗОД АМИРКУЛОВИЧ

ТЕМИР ЙЎЛЛАР ЕР ПОЛОТНОСИ ҚИЯЛИКЛАРИНИ
МУСТАҲКАМЛАШ ИШЛАРИНИ БАЖАРИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.08.02 – Темир йўллар ва йўл хўжалиги

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.2.PhD/Т2940 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат транспорт университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tstu.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Лесов Кувандик Сагинович
техника фанлари номзоди, доцент

Расмий оппонентлар:

Шаяхметов Саулет Берликашевич
техника фанлари доктори, профессор (Қозоғистон)

Мамадалиев Азиз Юсупалиевич
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD),
доцент в.б.

Етакчи ташкилот:

Жиззах политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги DSc.15/31.08.2022.Т.73.04 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг 2022 йил «___» _____соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100167, Тошкент, Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz.

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (_____ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100167, Тошкент, Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй. Тел.: (99871) 299-05-66.

Диссертация автореферати 2022 йил «___» _____ куни тарқатилди.
(2022 йил «___» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

А.И. Адилходжаев
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

У.З. Шермухамедов
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби,
т.ф.д., профессор

С.Т. Джаббаров
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
асосидаги бир марталик илмий кенгаш семинар раиси,
т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда транспорт инфраструктураси қурилиш комплексини ривожлантириш, мураккаб шароитлардаги темир йўлларнинг хавфсизлигини таъминлаш, “йўл устки қурилмаси - ер полотноси - асос” техник тизимидаги ер полотноси кўтармасини барпо этишда устуворликни ошириш, кўтарма қияликларини мустаҳкамлаш, дефляция ва деформацияга қарши ҳимоялашда истиқболли ресурстежамкор усул ва технологияларини ишлаб чиқиш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда турли инновацион технологиялар ва материалларни қўллаш асосида ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш, фойдаланилган қопламаларнинг нурашга қарши хусусиятларини яхшилаш, устуворлик коэффициенти захирасини ошириш ва кутарма устуворлигини таъминлаш темир йўлларни лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш босқичларида муҳим аҳамият касб этмоқда. Шунингдек ер полотноси қияликларини кумли грунт шароитларида мустаҳкамлаш ишлари технологиясини замонавий ресурс тежамкор геосинтетик материаллар ва илғор конструктив-технологик ечимларни қўллаган ҳолда такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Дунёда кумли грунтлардан барпо этилган темир йўл кўтармаси устуворлигини ошириш, ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш, кўтарма грунтларининг дефляцияси ва деформацияланишини камайтириш учун янги конструкцияларини ишлаб чиқиш ва қияликларини мустаҳкамлаш ишлари технологиясини такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда геосинтетик материаллардан фойдаланиш асосида конструктив-технологик ва ташкилий ечимларни ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқот ишларни олиб бориш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга, турли хил грунт шароитларда ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишлари технологиясини тадқиқ этиш, ер полотносини геосинтетик материаллар ёрдамида мустаҳкамланган қияликлари устуворлигини аниқлаш ва мустаҳкамлаш конструктив-технологик ва ташкилий ечимларини ишлаб чиқиш ҳам муҳим долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Мамлакатимизда транспорт соҳаларини ривожлантириш, жумладан темир йўл транспорти инфратузилмасини такомиллаштириш, илмий асосланган янги энергия ва ресурс тежамкор технологияларни яратиш ҳамда жорий этиш бўйича катта ислоҳотлар олиб борилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида жумладан “...янги темир йўл линияларини қуриш лойиҳаларини жадаллаштириш, ...2026 йилга қадар иқтисодийнинг энергия самарадорлигини 20 фоизга ошириш... ва энергия тежамкор технологияларни жорий этиш...”¹ каби вазифалар берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда темир йўл ер

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60- сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида” ги Фармони

полотноси кўтармаси устуворлигини ошириш, қияликларини истиқболли ресурстежамкор материаллар билан мустаҳкамлаш усули ва технологиясини ишлаб чиқиш, шунингдек унинг илмий асосларини такомиллаштиришга қаратилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги, 2019 йил 1 февралдаги ПФ-5647 “Транспорт соҳасида давлат бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Фармонларида, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 13 мартдаги ПҚ-2827-сонли “Бухоро-Мискен темир йўлини қуриш чоралари ҳақида” ги ва 2017 йил 4 декабрдаги ПҚ-3422-сонли “2018-2022 йилларда транспорт инфратузилмасини такомиллаштириш ва юк ташишнинг ташқи савдо йўналишларини диверсификациялаш чора – тадбирлари тўғрисида”ги Қарорларида, шунингдек мазкур соҳа бўйича қабул қилинган бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда кўзда тутилган масалаларни ҳал қилинишига ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларга мослиги. Мазкур тадқиқот иши илм-фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. “Энергетика, энергия ва ресурсларни сақлаш” устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Геосинтетик материаллардан фойдаланган ҳолда ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишларини бажариш технологиясини такомиллаштиришга қаратилган илмий изланишлар дунёнинг етакчи илмий марказлари, олий таълим муассасалари ва машҳур чет эл фирмаларида, шу жумладан Technical University of Munich (Германия), University of East London (Буюк Британия), University of South Carolina (АҚШ), Beijing Jiaotong University (Хитой) да, шунингдек Москва, Петербург, Ростов давлат темир йўллар университетлари (Россия), шунингдек Тошкент давлат транспорт университетига амалга оширилмоқда.

Ер ишоотларини қуриш технологияларини ривожлантириш назарияси ва амалиётини ҳақиқатда қияликларнинг устуворлигини ҳисоблашда машҳур чет эл олимлари Г.М.Шахунянц, В.В.Виноградов, С.В.Амелин, В.И.Грицык, С.П.Першин, Г.С.Переселенков, В.П.Титов, Е.С.Ашпиз, С.Я.Луцкий, Э.С.Спиридонов, Т.В.Шепитко, Г.Г.Коншин, Г.Н.Жинкин, И.В.Прокудин, Л.С.Блажко, М.В.Бушуев, А.Ф.Колос, С.Б.Шаяхметов, Д.С.Долгов, К.Терцаги, Г.Крей, А.В.Бишоп ва Я.Х.Хуанлар катта хисса қўшганлар.

Мамлакатимизда темир йўллар ер полотносини лойиҳалаш ва ундан фойдаланиш услуги масалалари устида Т.И.Фазилов, Р.С.Закиров, М.М.Мирахмедов, А.Х.Абдужабаров, С.Т.Джаббаров, А.Н.Овчинников, А.Ф.Расулев, К.С.Лесов, С.К.Досметов, С.С.Ниязбеков, М.К.Музаффарова, Ш.Ш.Абдукамилов, А.М.Абдукаримов, З.Э.Мирсалихов, А.Ю.Мамадалиев, Х.К.Умаров, П.А.Бегматов ва бошқа олимлар иш олиб борганлар.

Бирок, Ўзбекистоннинг катта худудини эгаллаган қумли грунтлар табиий ҳолатда жойлашган минтақаларда транспорт қурилишини ривожлантиришга доир муаммолар бир қатор мураккаб илмий масалаларни ечилишини талаб этади. Қумли грунтларнинг қурилиш хусусиятларига бўлган эътиборнинг етарли даражада эмаслиги темир ва автомобил йўллари ер иншоотларида узоқ муддатли деформацияланиш жараёнларини вужудга келтириши мумкин. Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, қумли грунтлардан қурилган ер полотносини дефляцияга қарши ва деформацияга қарши (ДҚДҚ) мустаҳкамлашнинг мавжуд усуллари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан ўзаро боғлиқлиги. Диссертация тадқиқот иши Тошкент темир йўл муҳандислари институтининг (2018-2020 йй) БВ-Атех-2018-(237+510) «Тезюар ва юқори тезликдаги поездлар ҳаракати участкаларида улоқсиз йўллари ётқизиш технологиясини такомиллаштириш» мавзуси бўйича республика давлат гранти, шунингдек, Тошкент давлат транспорт университетининг 2019 йил 29 апрелдаги 130-сон хўжалик шартномаси асосида “Тезюар ва юқори тезликдаги темир йўллари ер полотносини кучайтиришда ресурстежамкор конструкциялар ва ташкилий-технологик ечимлари” (2019-2021йй.) мавзуси бўйича киритилган лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади. Темир йўл ер полотноси қияликларини геосинтетик материаллардан фойдаланган ҳолда мустаҳкамлашга доир ишларни бажариш технологияларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

турли хил грунт шароитларда ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишлари технологиясининг ҳозирги замон ҳолатини тадқиқ этиш;

ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш учун экспериментал тадқиқотлар услубини ишлаб чиқиш;

ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда геосинтетик материаллардан фойдаланиш асосида конструктив-технологик ва ташкилий ечимларни ишлаб чиқиш;

ер полотноси иш шароитларини ҳисобга олган ҳолда, геосинтетик материаллар ёрдамида мустаҳкамланган қияликлар устуворлигини тадқиқ этиш;

темир йўл ер полотноси қияликлари устуворлигини ошириш ва мустаҳкамлаш ишлари технологиясини такомиллаштириш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти сифатида Бухоро-Мискен темир йўлининг Кийикли-Хизирбобо участкаси ер полотноси қияликлари танлаб олинган.

Тадқиқот предмети сифатида геосинтетик материаллардан фойдаланган ҳолда темир йўл ер полотноси қияликларини замонавий мустаҳкамлаш усуллари ва технологиялари олинган.

Тадқиқот усуллари. Қўйилган масалаларни ечиш учун ҳам назарий, ҳам экспериментал тадқиқотлар амалга оширилди. Экспериментал тадқиқотлар Бухоро-Мискен темирйўл линиясида олиб борилди. Тадқиқот ишлари жараёнида геосинтетик материаллардан фойдаланган ҳолда қияликнинг устуворлик даражасини аниқлашда доиравий-цилиндрик сирпаниш юзаси усуллари (“майдонлар усули”, “ишқаланиш доираси усули” ва ҳ.к.) дан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ер полотноси қияликларини энергия самарали ва ресурстежамкор геосинтетик материаллар ёрдамида мустаҳкамлашнинг оқилона усуллари ва технологиялари тажриба-тадқиқотлар натижалари асосида яратилган;

давлатлараро стандартлар талабларини эътиборга олган ҳолда қияликларни мустаҳкамлаш инновацион технологияларнинг тажриба-тадқиқотлар дастури ва усули ишлаб чиқилган;

дефляция ва деформацияга қарши мустаҳкамлаш ишларни бажариш технологияси ер полотноси устуворлигини оширишнинг истиқболли усуллари асосида такомиллаштирилган;

геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган кўтарма қиялигининг устуворлик коэффиценти қийматининг ўзгаришини аниқловчи математик моделлар грунтни тутувчи кучларни ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқилган;

қияликларни мустаҳкамлаш замонавий конструктив-технологик ечимлари бархан кумлардан барпо қилинган темирйўл ер полотноси устуворлигини таъминлашни эътиборга олган ҳолда ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишлари ҳажмини сезиларли даражада камайтириш, қиялик қопламаларининг нурашга қарши хусусиятларини яхшилашга имкон яратувчи технология ишлаб чиқилган;

ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда конструктив-технологик ечимларни танлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган;

ер полотноси қияликларини геосинтетик материаллардан фойдаланиб мустаҳкамлаш технологиясининг иқтисодий самарадорлиги аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот ишлари натижаларининг ишончлилиги масаланинг аниқ ва тўғри қўйилиши, ҳамда катта ҳажмли ва назарий жиҳатдан асосланган экспериментал маълумотларни қўлланиши, математик моделлаштириш натижаларини ер полотносини мустаҳкамлашга доир кўп йиллик лойиҳалаш тажрибаси натижаларининг юқори даражада ўзаро мос келганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот ишлари натижаларининг илмий аҳамияти экспериментал тадқиқотлар услубини асосланиши, математик моделлар ва назарий ҳисоблашларни амалга ошириш, ҳамда Ўзбекистоннинг саҳро ва чўл худудларидаги мураккаб инженер-геологик шаритларида майда кумлардан қуриладиган ер полотноси қиялигини мустаҳкамлашда геосинтетик материаллардан фойдаланиш самарадорлигини асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот иши натижаларининг амалий аҳамияти ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишларни бажариш технологияси ишлаб чиқилган ва конструктив –технологик ечимларни танлаш бўйича тавсиялар берилган бўлиб, бунинг натижасида ер полотноси қияликлари устуворлигини таъминлаш, табиий ресурслардан фойдаланишни камайтириш ва экологик талабларига риоя қилиш янги технологиялари асосида мустаҳкамлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини жорий қилиш: Темирйўл ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишлари технологиясини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

Бухоро темир йўл масофасининг (ПЧ-10) Бухоро-Мискен темирйўл участкасида темирйўл ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашга доир инновацион технология ва конструктив-технологик ечимлар жорий этилган, истиқболли энергия ҳамда ресурс тежамкор геосинтетик материаллар (геотекстил, ҳажмли геопанжара) дан фойдаланиш қопламаларнинг нурашга қарши хусусиятларини яхшилаб, ер полотноси қияликлари устуворлик коэффициенти захирасининг ошиши натижасида устуворлиги таъминланиши аниқланган ва “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ Йўл хўжалиги бошқармасида жорий қилинган (“Ўзбекистон темир йўллари” АЖ 2022 йил 18 апрелдаги 01-1251-22-сон маълумотномаси). Натижада, қумли грунтлардан барпо қилинган ер полотноси қияликларини геосинтетик материаллар билан мустаҳкамлаш орқали ҳосил бўладиган тутиб турувчи кучларнинг $T_{\text{гео.п}}$ ва $T_{\text{гео.т}}$ ортиши ҳисобига $T_{\text{тт}}$ тутиб турувчи кучлар 18-25 % га, устуворлик коэффициенти $K_{\text{уст}}$ 14-23 % га ошиши асосида, барча ҳолларда устуворлик коэффициенти асосий шарти $K \geq 1,2$ таъминлаш имконини берган.

Қумли грунтларда ер полотноси қияликлари устуворлигини таъминлаш учун геосинтетик материаллар билан самарадорли мустаҳкамлаш “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ тасарруфидаги Йўл хўжалиги бошқармасида жорий қилинган (“Ўзбекистон темир йўллари” АЖ 2022 йил 18 апрелдаги 01-1251-22-сон маълумотномаси). Натижада, ер полотноси қияликларини геосинтетик материаллар билан мустаҳкамлаш ишларини бажаришда меҳнат ва материал сарфини 14 -18 % га тежаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларини апробацияси. Тадқиқот натижалари 10 та илмий-амалий конференциялар, шу жумладан 4 та халқаро (шулардан 1 таси SCOPUS базасида) ва 6 та республика миқёсидаги илмий-амалий конференцияларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 24 та илмий иш чоп этилган. Шу жумладан 9 та мақола Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий журналларда, шундан 4 та мақола маҳаллий ва 5 та мақола хорижий илмий журналларда чоп этилган. Шунингдек, Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги томонидан ЭХМ дастури учун 2 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш қисми, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 117 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертация ишининг **Кириш** қисмида диссертацияда ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотларнинг мақсади, вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиясини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларни амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертация ишининг **“Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш технологиясининг замонавий ҳолати”** деб номланган биринчи бобида темирйўл ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашга доир ишларни бажариш технологияларини такомиллаштиришнинг замонавий усуллари таҳлил қилинган.

Ер полотносининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини аниқлаш учун ишлаб чиқилган ҳисоблаш усулини бўлмагани темир йўлларни қуриш ва реконструкция қилишда ер полотноси қияликларини замонавий материаллар билан кучайтириш конструкцияларининг биронтасини асосли тарзда тавсия қилишга йўл қўймайди.

Бажарилган тадқиқотларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, табиий ва грунт шароитлари мураккаб бўлган ҳудудларда ер иншоотлари конструкцияси мураккаблашиб боради. Вақт ўтиши билан ноқулай табиий-иқлимий, гидрологик, техноген ва бошқа омиллар таъсири натижасида ер полотносини ташкил этувчи грунтларда унинг асосий майдончаси ва қияликларида қолдиқ деформацияларга олиб келадиган нобарқарорлаштирувчи жараёнлар содир бўлади. Ер иншоотлари лойиҳаларидаги конструктив, технологик ва ташкилий ечимлар ҳар доим ўзаро боғланган бўлади, уларни танлаш масаласи эса темир йўллар қурилиши комплексидаги долзарб ва мураккаб масаладир. Бунда ҳар бир лойиҳалаш босқичида ва, айниқса, ишларни бажариш жараёнида инженер-геологик ва иқлимий тавсифлар мунтазам тарзда ўзгариб туради. Ушбу масалани ечиш услуги мазкур тавсифларни якуний кўрсаткичларга биргаликда таъсирини аниқлаш мақсадида уларни узулуксиз мониторингига асосланади. Ер полотноси қияликларини дефляцияга ва деформацияга қарши мустаҳкамлаш ва маҳаллий устуворлигини таъминлаш мақсадида энг ишончли, шу билан бирга, маълум шароитлар учун энг тежамли вариантларни танлашни талаб этади.

Диссертация ишининг **“Ер полотноси технологик параметрларининг тажриба тадқиқотлари ва мониторинги”** деб номланган иккинчи бобида илмий-тадқиқот ишининг биринчи бобида қўйилган масалаларни ечимини

топиш мақсадида, ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда инновацион технологияларни ишлаб чиқиш ва мавжудларини такомиллаштириш бўйича тажриба-тадқиқотлари ўтказилди.

Тажриба-тадқиқотлари темир йўл ер полотносини мустаҳкамлашда замонавий инновацион энергосамарали ва ресурстежамкор материалларни қўллаган ҳолда “Темир йўл ер полотноси қиялигини мустаҳкамлаш бўйича тажриба тадқиқотлар услуги ва дастури” асосида 2020 йил 5-12 ноябр кунлари Бухоро-Мискен темир йўл участкаси Кийикли – Хизирбобо перегони 4199 км 1 пикетида ўтказилди.

Тажриба-тадқиқотлари учун маҳаллий “GEOTEXTIL” ХК томонидан ишлаб чиқилган геосинтетик материаллар танлаб олинди.

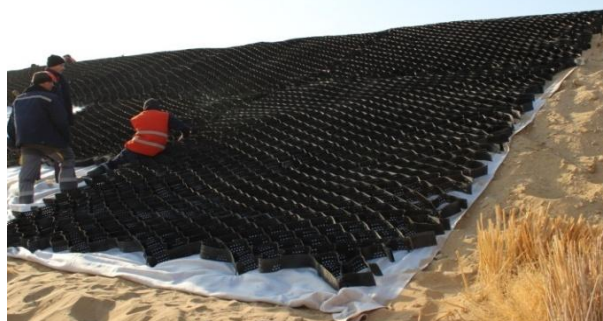
Тажриба-тадқиқотларида 1400 м² геотекстил ва 1200 м² геопанжара темир йўл ер полотноси қияликларига ётқизилди. Геосинтетик материалларни ер полотноси қиялигига маҳкамлаш учун 2400 метр узунликдаги арматурадан тайёрланган анкерлар қўлланилди.

Тажриба тадқиқотлар ўтказиладиган ҳудуднинг техник параметрларини ўрганиш ва танлаш 1-расм да келтирилган.

Кийикли-Хизирбобо перегони 4199 км 1 пикетида ер полотноси қияликларига геосинтетик материалларни ётқизиш жараёни 2-расмда келтирилган. Ер полотноси қияликларига ётқизилган геопанжара катакларини маҳаллий грунт билан тўлдириш ва ўсимлик уруғини сепиш жараёни 3-расмда келтирилган.



1-расм. Тажриба – тадқиқотлари ўтказиладиган ҳудуднинг техник параметрларини ўрганиш жараёни.



2-расм. Ер полотноси қияликларига геосинтетик материалларни ётқизиш жараёни



3-расм. Ер полотноси қияликларига ётқизилган геопанжара катакларини маҳаллий грунт билан тўлдириш ва ўсимлик уруғини сепиш жараёни

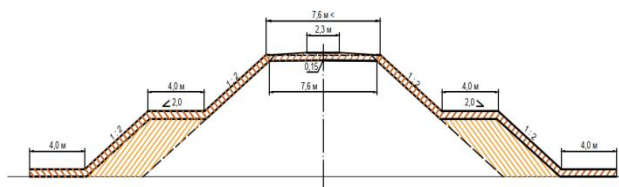
Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш учун ўтказилган тажриба тадқиқотларида “Темир йўл ер полотноси қиялигини мустаҳкамлаш бўйича тажриба тадқиқотлар услуги ва дастури”га асосан даврий равишда мониторинг олиб борилди (4-расм).



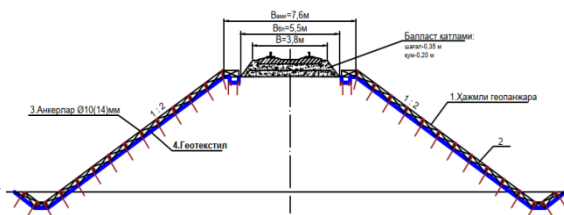
4-расм. Кийикли – Хизирбобо перегони 4199 км ПК 1 да ер полотноси қияликларини геосинтетик материаллар билан мустаҳкамлаш учун ўтказилган тажриба тадқиқотлар мониторинги натижалари

Ўзбекистоннинг чўл худудларида қурилаётган янги темир йўллارни лойиҳалаш бўйича “Боштранслойтиха” АЖ томонидан қумли грунтларда ер полотносини мустаҳкамлаш схемаси ишлаб чиқилган. Ушбу технологик схемага кўра кўтарма берма ўрнатиш ва 0.15 м қалинликда ўсимлик грунти ётқизиш орқали мустаҳкамланади (5-расм).

Бархан қумлардан барпо қилинган темир йўл ер полотноси устуворлигини таъминлаш мақсадида, инновацион технологияларни қўллаган ҳолда “Темир йўл ер полотноси қиялигини мустаҳкамлаш бўйича тажриба тадқиқотлар услуги ва дастури” асосида қияликларга геосинтетик материалларни (геотекстил, ҳажмли геопанжара) ётқизиш орқали кўтарманинг дефляцияга ва деформацияга қарши мустаҳкамлаш конструктив – технологик схемаси ишлаб чиқилди (6-расм).

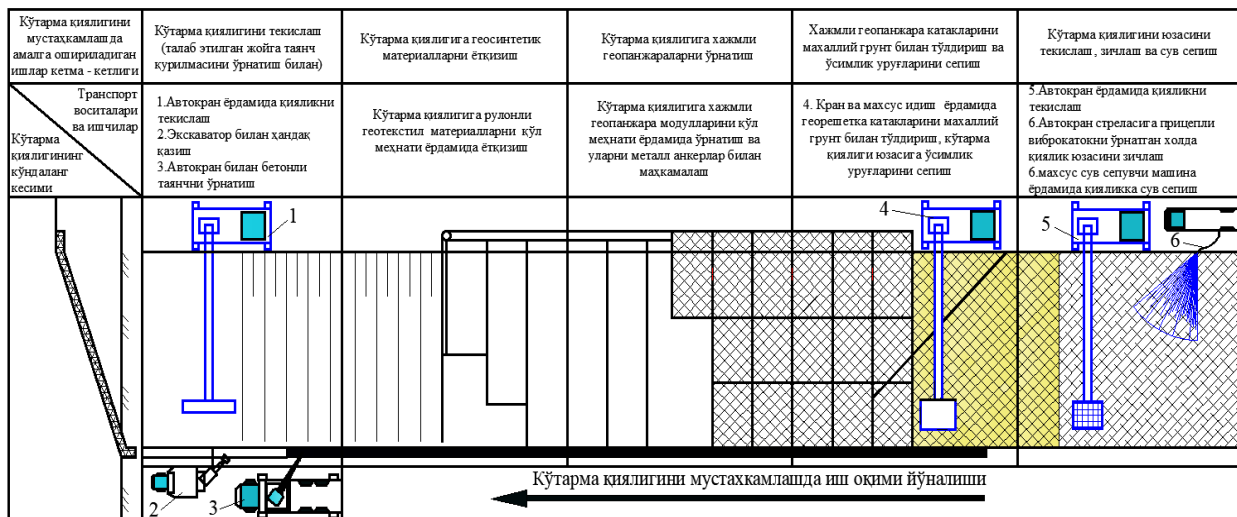


5-расм. «Боштранслойтиха» АЖ томонидан ишлаб чиқилган қумли грунтларда ер полотносини мустаҳкамлаш технологик схемаси



6-расм. Қумли грунтларда қиялиги геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган ер полотносини дефляцияга ва деформацияга қарши мустаҳкамлаш технологик схемаси: 1- ҳажмли геопанжара, 2- ҳажмли геопанжара катакларини маҳаллий грунтлар билан тўлдириш (чўл худудига мослашган ўсимлик уруғларин экиш билан), 3- арматурали анкер, 4- нотўқима геотекстил.

Геосинтетик материалларни қўллаган ҳолда ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишларини бажаришнинг технологик жараёни 7-расмда келтирилган.



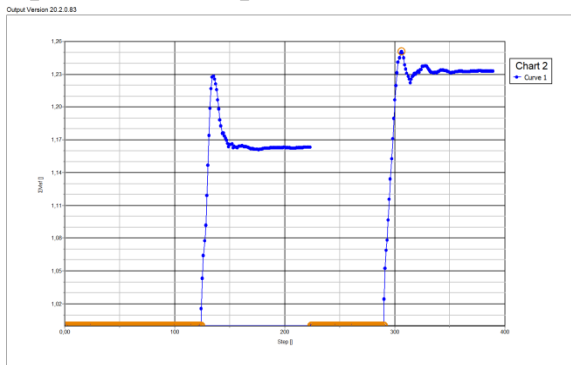
7-расм. Геосинтетик материаллар билан ер полотноси қиялиқларини мустаҳкамлашнинг технологик жараёни

Диссертация ишининг “**Геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган ер полотноси қиялиқларининг устуворлиги математик тавсифи ва тадқиқотлари**” деб номланган учинчи бобида ер полотноси қиялиқларини мустаҳкамлашда барча тоифадаги темир йўллар эксплуатацион ишончлилигини ва узоқ вақтга чидамлилигини ошириш усулларининг умумий структурасида ер полотноси қиялиқлари устуворлиги ҳисоби усуллари бўйича олиб борилган математик ҳисоб - китоблар келтирилган.

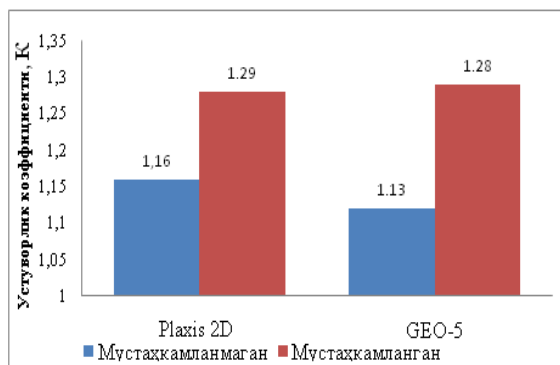
Кўтарма қиялиги устуворлик коэффицентини ҳисоблашда бугунги кунда қурилиш лойиҳа ташкилотларида кенг қўлланилиб келаётган “Plaxis 2D” ва “GEO 5” дастурий таъминотларидан фойдаланилди.

Кўтарма қиялиқлари мустаҳкамланмаган ва геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган ҳолда устуворлик коэффицентини “Plaxis 2D” дастурий таъминоти ёрдамида ҳисоблаш натижалари 8- расмда келтирилган.

“Plaxis 2D” ва “GEO 5” дастурий таъминотлари ёрдамида ер полотноси қиялиқлари устуворлик коэффицентини ҳисоблаш натижалари диаграммаси 9 – расмда келтирилган.



8- расм. Кўтарма қиялиқлари устуворлик коэффицентини “Plaxis 2D” дастурий таъминоти ёрдамида ҳисоблаш натижалари



9- расм. “Plaxis 2D” ва “GEO 5” дастурий таъминотлари ёрдамида кўтарма қиялиқлари устуворлик коэффицентини ҳисоблаш натижалари диаграммаси

Ҳисоб–китоблар таҳлили шуни кўрсатадики “Plaxis 2D” ва “GEO 5” дастурий таъминотлари ёрдамида кўтарма қияликлари устуворлик коэффиценти мустаҳкамланмаган ҳолда мос равишда $K=1,16$ ва $K=1,13$ ни, геосинтетик материал билан мустаҳкамланган ҳолда $K=1,29$ ва $K=1,28$ ни ташкил этди.

Ер полотноси устуворлик коэффицентини назарий ҳисоблашда профессор Г.М. Шахунянц томонидан таклиф этилган қуйидаги формуладан фойдаланилган:

$$K = \frac{\sum M_{\text{тт}}}{\sum M_{\text{сил}}} = \frac{\sum_i^n (c_i l_i + f_i N_i + T_{i\text{тт}})}{\sum T_{i\text{сил}}} \quad (1)$$

бу ерда:

c_i (c_i , c_i^H , $c_{i\text{iac}}^H$) – мос равишда кўтарманинг қуруқ ва нам грунги, асос нам грунтнинг солиштирма илашиши, кПа;

f_i (f_i , f_i^H , $f_{i\text{iac}}^H$) – мос равишда кўтарманинг қуруқ ва нам грунги, асос нам грунтнинг ишқаланиш коэффиценти;

l_i (l_i , l_i^H , $l_{i\text{iac}}^H$) – мос равишда кўтарманинг қуруқ ва нам грунги, асос нам грунги i – отсек асосининг қиймати, м;

N_i – i – отсек оғирлигининг нормал таркибий қисми, кН; $N_i = Q_i \cos \beta_i$;

$T_{i\text{-тт}}$ – i -отсек оғирлигининг тутиб турувчи таркибий қисми кН;

$T_{i\text{-тт}} = Q_i \sin \beta_i$;

$T_{i\text{-сил}}$ – i -отсек оғирлигининг силжитувчи таркибий қисми кН;

$T_{i\text{-сил}} = Q_i \sin \beta_i$.

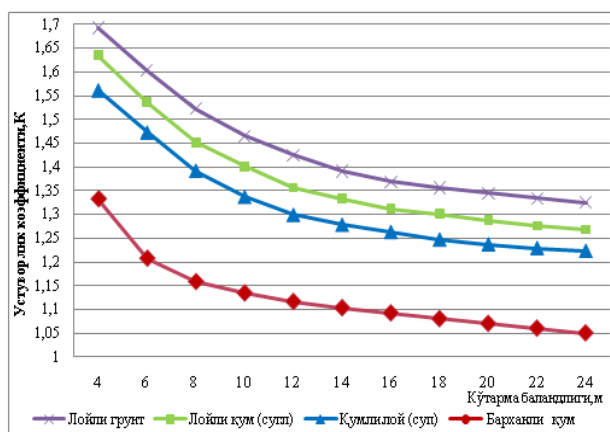
Турли грунтлардан барпо этилган кўтарма қияликларининг устуворлик коэффицентини ҳисоблаш 1-формуладан фойдаланган ҳолда бажарилган.

Турли грунтлардан барпо этилган кўтарма қияликлари устуворлик коэффицентининг ўзгариш графиги 10- расмда келтирилган.

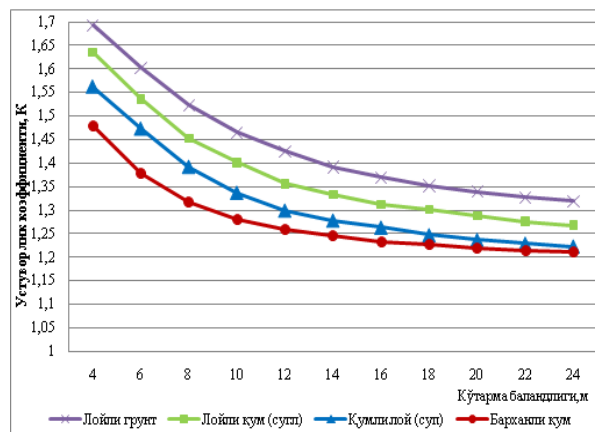
Ҳисоб-китоб натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, кўтарма қияликлари устуворлик коэффицентининг меъерий қиймати $K \geq 1,2$ қумдан ташқари барча грунтларда таъминланган.

Бархан қумларидан барпо этилган кўтарма қияликлари мустаҳкамлигини оширишнинг энг самарали усули, уни геосинтетик материаллар билан мустаҳкамлаш ҳисобланади.

Турли грунтлардан барпо этилган кўтарма қияликлари мустаҳкамланмаган ва қумли грунтларда геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган ҳолдаги устуворлик коэффицентлари ўзгариши графиги 11 - расмда келтирилган.



10- расм. Турли грунтлардан барпо этилган кўтарма қияликлари устуворлик коэффициентлари ўзгариши графиги



11- расм. Турли грунтлардан барпо этилган кўтарма қияликлари мустаҳкамланмаган ва кумли грунтларда геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган ҳолдаги устуворлик коэффициентлари ўзгариши графиги

Геосинтетик материаллар билан кўтарма қияликларини мустаҳкамлашда тутиб турувчи куч $T_{тт}$ ортиши ҳисобига устуворлик таъминланади. Геопанжаранинг ҳар бир i -катакчасида қўшимча кучлар юзага келади. Бунинг натижасида, геопанжаранинг ҳар бир i -катакчасида Нютоннинг учинчи қонунига кўра $T_{сил}$ силжитувчи ва $T_{тт}$ тутиб турувчи кучларнинг натижаси нольга тенг бўлади, чунки грунт билан тўлдирилган геопанжаранинг катакчалари анкерлар билан маҳкамланган. Бу анкерлар геопанжаранинг пастга силжишига имкон бермайди. Бундан геопанжаранинг ҳар бир i -катакчасида грунт заррачаларининг илашиш кучи $F_{илш,гео.п}$ (2) ҳамда ишқаланиш кучи $F_{ишқ,гео.п}$ (3) ҳосил бўлади.

$$F_{илш,гео.п} = \sum_{i=1}^n C_{гi} l_{гi} \quad (2)$$

$$F_{ишқ,гео.п} = \sum_{i=1}^n f_{гi} N_{гi} \quad (3)$$

Геопанжаранинг ҳар бир i -катакчасида таъсир қилувчи кучларни ҳисоблаш учун геопанжарадан юзага келувчи тутиб турувчи кучлар 12-расм асосида ҳисоблаш таклиф этилади ва қуйидаги формула ҳосил бўлади:

$$T_{гео.п} = \sum_{i=1}^n (C_{гi} l_{гi} + f_{гi} N_{гi}) \quad (4)$$

бу ерда:

$C_{гi}$ —геопанжара катакчаларидаги грунтнинг солиштирма илашиши, кПа

$f_{гi}$ —геопанжара катакчаларидаги грунтнинг ишқаланиш коэффициенти;

$l_{гi}$ —геопанжаранинг i - катакчаси асосини узунлиги, м;

$N_{гi}$ —геопанжаранинг i - катакчаси оғирлигининг нормал ташкил этувчиси, кН;

Худди шундай геопанжара остига ётқизилган геотекстидан $T_{гео.т}$ тутиб турувчи куч ҳосил бўлади. Ушбу $T_{гео.т}$ кучни 13 –расмда келтирилган ҳисобий схема бўйича $N_{гео.т}$ ва $F_{гео.т}$ кучлар ташкил қилади.

$$T_{гео.т} = N_{гео.т} + F_{гео.т} \quad (5)$$

бу ерда:

$N_{гео.т}$ - геотекстилни вертикал асосга босадиган куч, кН.

$F_{\text{гео.т}}$ - геопанжара остидаги оғирлик кучининг x ўқидаги проекцияси, кН

$$N_{\text{гео.т}} = d \cdot l \cdot \gamma \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

бу ерда:

d - ҳажмли геопанжара баландлиги, м.

l – ҳажмли геопанжара ва геотекстил ётқизилган қиялик узунлиги, м;

γ – ҳажмли геопанжара катакларига тўлдирилган грунт солиштирма оғирлиги;

α – кўтарма қиялиги бурчаги

$$F_{\text{гео.т}} = a \cdot b \cdot \gamma \quad (7)$$

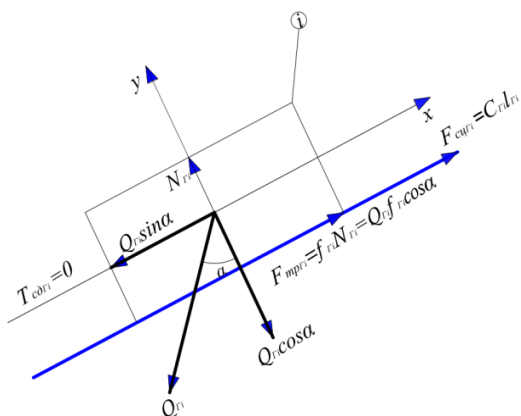
бу ерда:

a, b – геотекстилни маҳкамлаш учун қазилган кювет ўлчамлари, м

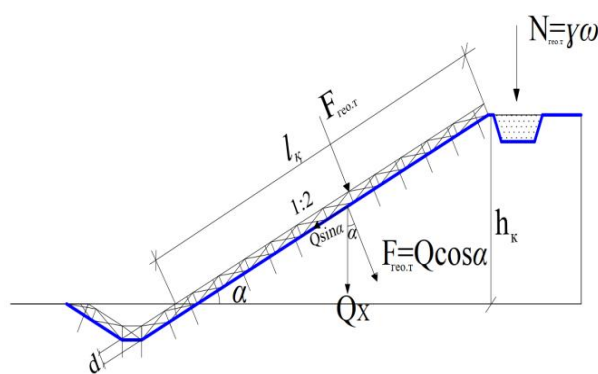
γ – геотекстил ётқизилган кюветга тўлдирилган грунт солиштирма оғирлиги.

Бундан $T_{\text{гео.т}}$ қуйидаги янги формула ҳосил бўлади

$$T_{\text{гео.т}} = d \cdot l \cdot \gamma \cdot \cos \alpha + a \cdot b \cdot \gamma \quad (8)$$



12 – расм. Геопанжаранинг ҳар бир i -катакчасида таъсир қилувчи кучларнинг ҳисобий схемаси



13- расм. Геотекстилга таъсир қилувчи кучларнинг ҳисобий схемаси.

Геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган қияликнинг устуворлик коэффицентини ҳисоблашда (1) формулага ўзгартириш киритиш ҳамда геопанжаранинг ҳар бир i -катакчаси ва геотекстилга таъсир кўрсатадиган тутиб турувчи $T_{\text{гео.п}}$ ва $T_{\text{гео.т}}$ тақлиф этилаётган кучларни қўшиш зарур.

Шундан сўнг (1) формула қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$K = \frac{\sum_1^n (c_i l_i + f_i N_i + T_{\text{тт}}) + T_{\text{гео.п}} + T_{\text{гео.т}}}{\sum T_{\text{сил}}} \quad (9)$$

Қумли грунтлардан барпо этилган ер полотноси қиялиги устуворлик коэффицентини ҳисоблашда ҳосил бўладиган $T_{\text{тт}}$ тутиб турувчи кучлар 1-жадвалда келтирилган.

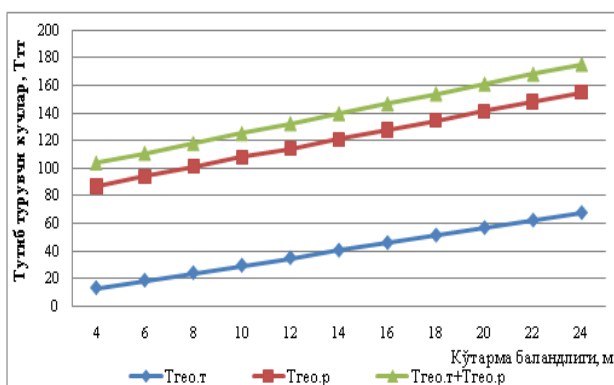
1-жадвал

Қумли грунтлардан барпо этилганер полотноси қиялиги мустаҳкамлашда ҳосил бўладиган тутиб турувчи кучлар

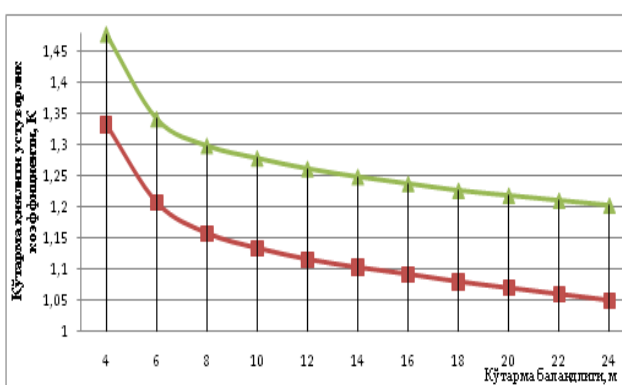
Тутиб турувчи кучлар, кН	Кўтарма баландлиги ...м бўлганда									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$T_{\text{т}}$	450,4	494,8	527,3	564,7	634,1	683,5	774,8	839,3	906,8	994,5
$T_{\text{гео.п}} + T_{\text{гео.т}}$	111,0	118,2	125,3	132,4	139,6	146,7	153,9	161,1	168,2	175,4

Қумли грунтлардан барпо этилган ер полотноси қияликларига ётқизилган геосинтетик материаллардан ҳосил бўлувчи $T_{\text{гео.п}}$ ва $T_{\text{гео.т}}$ тутиб турувчи кучлар қийматларининг кўтарма баландлигига боғлиқ ҳолда ўзгариш графиги 14–расмда келтирилган.

Қумли грунтлардан барпо этилган ер полотноси қиялиги мустаҳкамланмаган ва геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланганда ҳосил бўладиган $T_{\text{гео.п}}$ ва $T_{\text{гео.т}}$ тутиб турувчи кучларни эътиборга олган ҳолда устуворлик коэффиценти ўзгариш графиги 15- расмда келтирилган.



14 – расм. $T_{\text{гео.п}}$ ва $T_{\text{гео.т}}$ тутиб турувчи кучлар қийматларининг ўзгариш графиги



15- расм. Қумли грунтлардан барпо этилганер полотноси қиялиги устуворлик коэффицентиининг ўзгариш графиги

—■— мустаҳкамланмаган
—▲— мустаҳкамланган

Қумли грунтлардан барпо этилган ер полотноси қияликларини геосинтетик материаллар билан мустаҳкамлашда кўшимча ҳисобий параметрлар $T_{\text{гео.п}}$ ва $T_{\text{гео.т}}$ эвазига тутиб турувчи кучлар $T_{\text{т}}$ 18-25 % га ортиши, устуворлик коэффиценти $K_{\text{уст}}$ 14-23 % га ошиши ҳисобига, барча ҳолларда устуворлик коэффицентиининг талаб этиладиган $K \geq 1,2$ шартини таъминлаш имконини беради.

Диссертация ишининг “**Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш технологиясини такомиллаштириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш ва иқтисодий самарадорликни баҳолаш**” деб номланган тўртинчи бобида бархан қумларидан темир йўл ер полотносини барпо этиш бўйича конструктив-технологик ечимлар ва ишларни бажариш технологиясини такомиллаштириш бўйича тавсиялари ишлаб чиқилган.

ДҚДҚ мустаҳкамлаш конструкцияларининг таснифида уларнинг ташқи кучлар ва об-хаво–иқлим таъсирлари реакциясига боғлиқ ҳолда қуйидаги учта гуруҳга бўлинади:

I гуруҳ – қияликларни ДҚДҚ мустаҳкамлашда юза қатламлари материалларида юзага келувчи силжитувчи кучланишларни, шунингдек турли хилдаги кучлар таъсирини ўрнини тўлдириш учун қўлланиладиган юк кўтарувчи конструкциялар.

II гуруҳ – қияликларни атмосфера ёғинларини шимишидан ДҚДҚ мустаҳкамлашда материалнинг юза қатламларини изоляцияловчи, ҳарорат таъсирларини қабул қилувчи ҳамда сингдирувчи ҳимоя ва изоляция конструкциялари.

III гуруҳ – қияликларни дефляция (эрозия) дан, қулай грунт ва иқлим шароитларига эга ҳудудларда майда оқимлардан ҳимоя қилишга мўлжалланган биологик мустаҳкамлаш тури.

Бархан кумларидан барпо этилган ер полотноси қияликларини ДҚДҚ мустаҳкамлашда қурилишнинг муҳандис-геологик, иқлимий ва гидрометеорологик шароитларига боғлиқ равишда уччала гуруҳга кирувчи конструкцияларни комбинациялашган ҳолда қўллаш мумкин (IV гуруҳ).

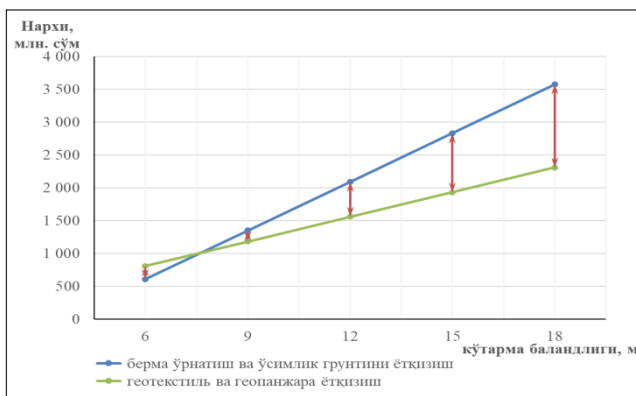
IV гуруҳ – геосинтетик материаллардан фойдаланган ҳолда қияликларни мустаҳкамлаш ва қиялик юзасида оддий грунт ёки минерал материалдан иборат қатламга нисбатан кучайтирилган қатлам ҳосил қилиш(қияликни эрозия ва бузилишга нисбатан мустаҳкамлик ва устуворлигини ошириш).

Ушбу бобда диссертация ишида ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда таклиф этилаётган конструктив ечим, геосинтетик материаллардан фойдаланган ҳолда (геотекстил,ҳажмли геопанжара) ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш ишлари ҳажми ва ер полотноси қияликларига берма ўрнатиш, қалинлиги 15 см бўлган ўсимлик қатламини ётқизиш ишлари ҳажми билан таққослаш натижалари бўйича техник-иқтисодий самарадорлик баҳоланган. Унга кўра ишларнинг меҳнат сарфи ва нархини аниқлаш бўйича ҳисоб-китоблар ШНК 4.02.01-04 Ер ишлари, ГЭСН 81-02-27-2017 Автомобил йўллари, ва “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ нинг “Ўзтемирйўлқурилишмонтаж” унитар корхонасининг юкларни автотранспорт билан ташиш, машина ва механизмлардан фойдаланиш ҳаражатлари нархи калькуляциясини текшириш бўйича №35К/03-21-сонли Йиғма эксперт хулосаси каби амалдаги меъёрий ҳужжатларга мувофиқ амалга оширилган. Ҳисоб-китоблар “Тоштемирйуллойиха” МЧЖ томонидан қурилишни ташкиллаштириш лойиҳасини (ҚТЛ) тузишда фойдаланиладиган шакл ва усул бўйича бажарилган.

Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда ишлар нархини таққослаш натижалари 3 - жадвалда келтирилган. Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда ишлар нархининг ўзгариш графиги 16 - расмда келтирилган.

№	Кўтарма баландлиги, м	Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда ишлар нархи, млн. сўм		Геотекстил ва ҳажмли геопанжарани қўллашдан олинган иқтисодий самарадорлик, млн.сўм
		ўсимлик қатламни ётқизиш ва бермани барпо этган ҳолда	геотекстил ва ҳажмли геопанжарадан фойдаланган ҳолда	
1	6	578	849	-271
2	9	1 285	1 244	41
3	12	1 992	1 639	353
4	15	2 699	2 033	665
5	18	3 405	2 428	977

3 – жадвал. Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда ишлар нархини таққослаш натижалари



16- расм. Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда ишлар нархининг ўзгариш графиги

Ер полотносини мустаҳкамлашда баландлиги ўртача 12 м бўлган 1 км узунликдаги кўтарма қияликларига геосинтетик материалларни қўллашдан олинган иқтисодий самарадорлик 353 млн. сўмни ташкил этган. Шунингдек, қумли грунтларда ер полотноси қияликлари устуворлигини таъминлаш учун геосинтетик материаллар билан мустаҳкамлаш ишларини бажаришда меҳнат ва материал сарфи 14 -18 % га камайган.

ХУЛОСА

1. Ноқулай табиий-иқлимий, гидрологик, техноген ва бошқа омиллар таъсири остида ер полотноси жисмида полотнонинг асосий майдончаси ва қияликларида қолдиқ деформацияларини вужудга келтирадиган нобарқарорлаштирувчи жараёнлар содир бўлади. Транспорт қурилишининг ер полотносини кучайтириш қисмида турли хил геосинтетик материаллардан фойдаланиш усули жуда кенг қўлланадиган ва истиқболли усуллардан бири эканлиги аниқланди.

2. Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда истиқболли энергия ва ресурстежамкор геосинтетик материаллар (геотекстил, ҳажмли геопанжара)дан фойдаланиш рақобатбардош эканлигин асослаб бериш лозим.

3. Темир йўл ер полотносини кучайтириш учун турли инновацион технологиялар ва материалларни қўллашнинг жаҳон тажрибасини ўрганиш асосида ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш бўйича тажриба тадқиқот дастури ва услуби ишлаб чиқилди.

4. Бухоро-Мискен темир йўл линияси чўл ҳудудида жойлашган тажриба участкасида барҳан қумларидан барпо қилинган ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда янги конструкцияларни қўллаш ва мавжудларини такомиллаштириш бўйича тажриба - тадқиқотлари ўтказилди. Асос: “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ бошқарув раисининг 29.10.2020 йил № 729 - Н сонли “Бухоро-Мискен темир йўл линияси участкасида ер полотноси қияликларини мустаҳкамлаш бўйича тажриба тадқиқотларни ўтказиш ҳақида”ги буйруғи.

5. Тажриба участкасида мониторинг ўтказиш йўли билан геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган ер полотносининг таклиф қилинаётган конструкцияси ишлаш имконияти тасдиқланган.

6. “Plaxis 2D” ва “GEO 5” дастурий таъминот моделлари ёрдамида мустаҳкамланмаган ва геосинтетик материал билан мустаҳкамланган кўтарма қиялиги устуворлик коэффиценти аниқланди. “Plaxis 2D” дастурий таъминоти ёрдамида устуворлик коэффицентини ҳисоблаш натижалари бўйича кўтарма қияликлари мустаҳкамланмаганда $K=1,16$ ни ташкил қилди, мустаҳкамланганда эса меъёрий қийматлар $K=1,29$ га ошди, “GEO 5” дастурий таъминоти ёрдамида мос равишда $K=1,13$ ва $K=1,28$ ни ташкил этди.

7. Қумли грунтлардан барпо этилган ер полотносининг геосинтетик материаллар билан мустаҳкамланган қияликлари устуворлигини аниқлашда қўшимча ҳисобий параметрлар $T_{\text{гео.п}}$ ва $T_{\text{гео.т}}$ киритиш натижасида тутиб турувчи кучлар $T_{\text{тт}}$ 18-25 % га ортиши аниқланди. Бунинг натижасида устуворлик коэффиценти $K_{\text{уст}}$ 14-23 % га ошиши ҳисобига, барча ҳолларда талаб этиладиган $K \geq 1,2$ шартини таъминлаш имконини берган.

8. Қумли грунтларда ер полотноси қияликлари устуворлигини таъминлаш учун геосинтетик материаллар билан мустаҳкамлаш ишларини бажаришда меҳнат ва материал сарфи 14 -18 % га камайиши аниқланди.

9. Ер полотноси қияликларини мустаҳкамлашда баландлиги ўртача 12м бўлган, 1 км узунликдаги кўтарма қияликларига геосинтетик (геотекстил, ҳажмли геопанжара) материалларни ётқизиш орқали олинган иқтисодий самарадорлик 353 млн. сўмни ташкил этди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ
СТЕПЕНЕЙ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.15/31.08.2022.Т.73.04 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ТАДЖИБАЕВ ШЕРЗОД АМИРКУЛОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
РАБОТ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНО
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

05.08.02 – Железнодорожный путь и путевое хозяйство

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ(PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2022.2.PhD/Т2940.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного Совета (www.tstu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Лесов Кувандик Сагинович
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Шаяхметов Саулет Берликашевич
доктор технических наук, профессор
(Казахстан)

Мамадалиев Азиз Юсупалиевич
доктор философии по техническим наукам
(PhD), и.о. доцент

Ведущая организация:

Джизакский политехнический институт

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2022 г. в _____ часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.15/31.08.2022.Т.73.04 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийўлчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер - _____). (Адрес: 100167, Ташкент ул. Темирийўлчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66).

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2022 года.
(протокол реестра № _____ от «_____» _____ 2022 года).

А.И. Адилходжаев
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

У.З. Шермухамедов
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

С.Т. Джаббаров
Председатель разового научного семинара
при Научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире уделяется особое значение развитию строительного комплекса транспортной инфраструктуры, обеспечению безопасности железных дорог в сложных условиях, повышению устойчивости при возведении насыпи земляного полотна в технической системе «верхнее строение пути – земляное полотно – основание», укреплению откосов насыпи, разработке перспективных ресурсосберегаемых методов и технологий по противодефляционному и противодеформационному укреплению. В настоящее время в развитых странах большое внимание уделяется применению инновационных технологий и материалов при укреплении откосов земляного полотна, улучшению свойств покрытий против выветривания, увеличению коэффициента запаса устойчивости и обеспечению устойчивости насыпи на стадии проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог в сложных песчаных условиях. А также особое внимание уделяется совершенствованию технологии работ по укреплению откосов земляного полотна в различных грунтовых условиях с применением современных ресурсосберегаемых геосинтетических материалов и передовых конструктивно-технологических решений.

В мире большое внимание уделяется на разработку новых конструкций по повышению устойчивости железнодорожной насыпи, возведенной из песчаных грунтов, укреплению откосов земляного полотна, уменьшению дефляций и деформаций грунтов насыпи и совершенствованию технологии работ по укреплению откосов. В этом направлении, в частности, считаются приоритетными проведение научно-исследовательских работ по разработке конструктивно-технологических и организационных решений, в основе которых лежит применение геосинтетических материалов для укрепления откосов земляного полотна. Вместе с тем, также особо актуальными задачами являются исследование технологии работ по укреплению откосов земляного полотна в различных грунтовых условиях, определение устойчивости откосов земляного полотна, укрепленных геосинтетическими материалами и разработка конструктивно-технологических и организационных решений по укреплению откосов земляного полотна.

В нашей стране проводятся масштабные реформы по развитию транспортной сферы, в том числе, по совершенствованию инфраструктуры железнодорожного транспорта, разработке и внедрению новых научно обоснованных энерго- и ресурсосберегаемых технологий. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы определены такие задачи, как: «...ускорение проектов строительства новых железнодорожных линии...,...до 2026 года увеличить энерго-эффективность экономики на 20процентов ... и ... внедрение энергосберегаемых технологий ...».¹ В

¹Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистан на 2022-2026 годы»

реализации этих задач особенно актуальна разработка методов и технологий работ по увеличению устойчивости насыпи земляного полотна железной дороги, укрепление откосов перспективными ресурсосберегающими материалами, а также научные исследования направленные на усовершенствование его научных основ.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Законе Республики Узбекистан «О железнодорожном транспорте» (1999 г), в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5647 от 01 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта, Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 13 марта 2017 года №ПП-2827«О мерах по строительству железнодорожной линии Бухара–Мискен», №ПП3422 от 04.12.2017 года «О мерах по совершенствованию транспортной инфраструктуры и диверсификации внешнеторговых маршрутов перевозки грузов на 2018–2022 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениями развития науки и технологий в республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий II.«Энергетика, энерго и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные по совершенствованию технологии работ при укреплении откосов земляного полотна с применением геосинтетических материалов осуществляются в ведущих научных центрах, вузах мира и известных зарубежных фирмах, в том числе в Technical University of Munich (Германия), University of East London (Великобритания), University of South Carolina (США), Beijing Jiaotong University (Китай), Московском государственном университете путей сообщений, Петербургском государственном университете путей сообщений, Ростовском государственном университете путей сообщений (Россия) и Ташкентском государственном транспортном университете (Узбекистан).

Значительный вклад в развитие теории и практики технологии и строительства земляных сооружений, расчетам устойчивости откосов внесли известные зарубежные ученые: Г.М.Шахунянц, В.В.Виноградов, С.В.Амелин, В.И. Грицык, С.П. Першин, Г.С. Переселенков, В.П.Титов, Е.С.Ашпиз, С.Я.Луцкий,Э.С.Спиридонов, Т.В.Шепитко, Г.Г.Коншин, Г.Н.Жинкин, И.В.Прокудин, Л.С.Блажко, М.В.Бушуев, А.Ф.Колос, С.Б.Шаяхметов, Д.С.Долгов, К.Терцаги, Г.Крей, А.В.Бишоп, Я.Х.Хуан.

В нашей стране исследованиями по методологии проектирования и эксплуатации земляного полотна железнодорожных путей занимались такие известные учёные, как Т.И.Фазилов, Р.С.Закиров, М.М.Мирахмедов, А.Х. Абдужабаров, С.Т.Джаббаров, А.Н.Овчинников, А.Ф.Расулев, К.С.Лесов,

С.К.Досметов, С.С.Ниязбеков, М.К.Музаффарова, Ш.Ш.Абдукамилов, А.М. Абдукаримов, З.Э.Мирсалихов, А.Ю.Мамадалиев, Х.К.Умаров, П.А.Бегматов и другие.

Однако, развитие транспортного строительства в регионах с залеганием песчаных грунтов в естественном состоянии, которые составляют значительную часть территории Узбекистана, требует решение ряда сложных научных проблем. Недостаточное внимание к строительным свойствам песчаных грунтов может привести к длительным процессам деформаций земляных сооружений железных и автомобильных дорог. Проведение исследования показали, что существующие способы противодефляционного и противодеформационного (ПДПД) укрепления земляного полотна из песчаного грунта, изучены недостаточно

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов, включенных в план научно-исследовательских работ республиканского гранта на тему БВ–Атех-2018–(237+510). «Совершенствование технологии укладки бесстыковых путей на участках скоростного и высокоскоростного движения поездов» (2018-2020 гг.), Ташкентского государственного транспортного университета хозяйственный договор №130 от 25.04.2019г. по теме «Ресурсосберегающие конструкции и организационно – технологические решения усиления земляного полотна скоростных и высокоскоростных железных дорог» (2019-2021 гг.).

Целью исследования является совершенствование технологий производства работ по укреплению откосов земляного полотна железных дорог с применением геосинтетических материалов.

Задачи исследования:

исследование современного состояния технологии укрепления откосов земляного полотна в различных грунтовых условиях;

разработка методики экспериментальных исследований для укрепления откосов земляного полотна;

разработка конструктивно-технологических и организационных решений на основе применения геосинтетических материалов при укреплении откосов земляного полотна;

исследование устойчивости откосов, укрепленных геосинтетическими материалами с учетом особенностей условий работы земляного полотна;

разработка рекомендации по совершенствованию технологии работ для укрепление и повышения устойчивости откосов земляного полотна железных дорог.

Объектом исследования является откосы земляного полотна железных дорог на участке Кийикли-Хизирбобо железнодорожной линии Бухара-Мискен.

Предметом исследования современные методы и технология укрепления откосов земляного полотна железных дорог с применением геосинтетических материалов.

Методы исследования. Для решения поставленных задач выполнялись как теоретические, так и экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования были выполнены на железнодорожной линии Бухара-Мискен. В процессе исследования использованы методы круглоцилиндрической поверхности скольжения («метод площадей», «метод круга трения» и т.д.) при определении степени устойчивости откоса с применением геосинтетических материалов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны рациональные способы и технологии укрепления откосов земляного полотна с учетом применения перспективных энергоэффективных и ресурсосберегаемых материалов на основе результатов экспериментальных исследований;

разработана программа и методика экспериментальных исследований по укреплению откосов инновационными технологиями с учетом требований межгосударственных стандартов;

усовершенствована технология работ по противодефляционному и противодеформационному укреплению на основе перспективных методов повышения устойчивости земляного полотна;

разработаны математические модели для определения изменения коэффициента устойчивости откосов земляного полотна, укрепленного геосинтетическими материалами, с учетом удерживающих сил грунта;

разработаны современные конструктивно-технологические решения укрепления откосов с учетом обеспечения устойчивости земляного полотна железных дорог из барханных песков.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана технология, которая позволяет существенно сократить объемы работ по укреплению откосов, улучшить противоэрозионные свойства покрытий откосов;

разработаны рекомендации по выбору конструктивно-технологических решений по укреплению откосов земляного полотна;

определен экономический эффект технологии укрепления откосов земляного полотна с применением геосинтетических материалов.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обусловлена корректной постановкой и применением теоретически обоснованных и существенным объемом экспериментальных данных, сопоставлением результатов математического моделирования с фактическими данными, полученными по результатам многолетнего опыта проектирования, укрепления откосов земляного полотна.

Научное и практическое значение результатов исследования. Научная значимость результатов исследования характеризуется

обоснованием методики экспериментальных исследований, математическими моделями и проведением теоретических расчетов, разработкой перспективных вариантов конструкции земляного полотна с использованием геосинтетических материалов, способствующих увеличению устойчивости насыпи земляного полотна, возводимого из мелких песков в сложных инженерно-геологических условиях на пустынных и степных территориях Узбекистана.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработанной технологии и рекомендации по выбору конструктивно-технологических решений по укреплению откосов земляного полотна, которые обеспечат высокий уровень конструктивных решений, даст толчок новым технологиям строительства дорог и в совокупности приведёт к существенному снижению использования природных ресурсов и выполнению экологических требований.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных научных исследований по совершенствованию технологии производства работ по укреплению откосов земляного полотна железных дорог:

На участках железнодорожной линии Бухара-Мискен Бухарской дистанции пути ПЧ-10 использована инновационная технология и конструктивно-технологические решения по укреплению откосов земляного полотна железных дорог с применением перспективных энергоэффективных и ресурсосберегаемых геосинтетических материалов (геотекстиль, объемная георешетка), которые обеспечивают устойчивость откосов земляного полотна с увеличением коэффициента запаса устойчивости и внедрены в управлении путевого хозяйства АО «Узбекистон темир йуллари» (справка АО «Узбекистон темир йуллари» от 18 апреля 2022 г. №01-1251-22). В результате, это позволит увеличить удерживающую силу $T_{уд}$ на 18-25 % при укреплении откосов земляного полотна возведенного из песчаных грунтов геосинтетическими материалами за счет дополнительных расчетных параметров $T_{гео.р}$ и $T_{гео.т}$, увеличения коэффициента устойчивости на 14-23 % и обеспечивает требуемое условие коэффициента устойчивости $K \geq 1,2$.

Повышение устойчивости откосов земляного полотна в песчаных грунтах с эффективным укреплением геосинтетическими материалами внедрено в управлении путевого хозяйства АО «Узбекистон темир йуллари» (справка АО «Узбекистон темир йуллари» от 18 апреля 2022 г. №01-1251-22). В результате позволили сэкономить затраты труда и материалы на 14 -18 % при выполнении работ по укреплению откосов земляного полотна с геосинтетическими материалами.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 10 научно-практических конференциях, в том числе 4 международных (из них 1 входит в базу SCOPUS) и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации было опубликовано 24 научных работ, в том числе, 9 научных статей

опубликованы в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 4 в республиканских, 5 в зарубежных журналах, а также имеется 2 свидетельства на программу ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из вводной части, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении приводится обоснование актуальности и востребованности диссертационного исследования, описание цели основных задач, а также объектов и предметов, соответствующих приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты, теоретическая и прикладная значимость результатов, сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации под названием **“Современное состояние технологии укрепления откосов земляного полотна”** приведен анализ современных методов по совершенствованию технологии укрепления откосов земляного полотна железнодорожного пути.

Отсутствует разработанная методика расчета напряженно-деформированного состояния земляного полотна, что не даёт возможности обоснованно рекомендовать те или иные конструкции укрепления откосов земляного полотна с применением современных материалов при строительстве и реконструкции железных дорог.

Анализ проведенных исследований показывает, что в районах со сложными природными и грунтовыми условиями все более сложной становится конструкция земляных сооружений. Со временем, под действием неблагоприятных природно-климатических, гидрологических, техногенных и других факторов в грунтах тела земляного полотна происходят дестабилизирующие процессы, которые вызывают остаточные деформации основной площадки и откосов земляного полотна. Конструктивные, технологические и организационные решения в проектах земляных сооружений всегда взаимосвязаны, а их выбор - актуальная и сложная задача в комплексе постройки путей сообщения, в которой на каждой стадии проектирования и особенно, производства работ непрерывно меняются инженерно-геологические и климатические характеристики. Методика решения этой задачи основана на постоянном мониторинге характеристик с целью определения их совместного влияния на результирующие показатели. Для обеспечения и повышения местной устойчивости противодефлексионного и противодеформационного укрепления откосов необходимо выбирать самый надежный, но и самый экономичный вариант для конкретных условий.

Во второй главе **“Экспериментальные исследования и мониторинг технологических параметров земляного полотна”** в целях выполнения

задач, поставленных в первой главе, были проведены экспериментальные исследования для совершенствования существующих и разработке новых конструкции земляного полотна и инновационных технологии по укреплению его откосов.

Проведены экспериментальные исследования по применению современных инновационных энергосберегающих и ресурсосберегающих материалов при укреплении земляного полотна железных дорог на основе «Программы и методики экспериментальных исследований по укреплению откосов земляного полотна железных дорог» в период 5-12 ноября 2020 г. железнодорожном участке Бухара-Мискен, перегон Кийикли - Хизирбобо 4199 км ПК 1.

Для экспериментов были выбраны геосинтетические материалы, разработанные местным производителем ЧП «GEOTEXTIL».

В эксперименте на откосы земляного полотна железнодорожного пути укладывались 1400 м² геотекстиля и 1200 м² георешетки. Для крепления геосинтетических материалов откосу земляного полотна использовались арматурные анкеры общей длиной 2400 метров.

Процесс изучения и выбора технических параметров участка, где проводятся экспериментальные исследования приведен на рисунке 1.

Процесс укладки геосинтетических материалов на откос земляного полотна в перегоне Кийикли - Хизирбобо 4199 км ПК 1 приведен на рисунке 2. Процесс заполнения ячеек георешетки местным грунтом и посев семян растений на откосы земляного полотна приведен на рисунке 3.



Рис.1. Процесс изучения технических параметров участка, где проводятся экспериментальные исследования.

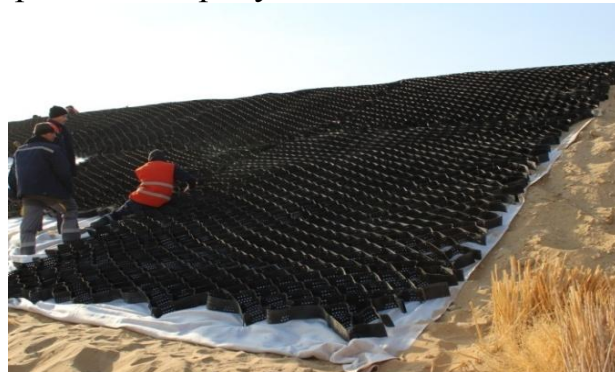


Рис.2. Процесс укладки геосинтетических материалов на откос земляного полотна.



Рис.3. Процесс заполнения ячеек георешеток уложенных на откосы местным грунтом и посев семян пескостойких трав



Экспериментальными исследованиями регулярно проведены мониторинг на основе «Программе и методике экспериментальных исследований по укреплению откосов земляного полотна железных дорог» (рис. 4).



Рис.4. Результаты проведения мониторинга экспериментальных исследований по укреплению откосов земляного полотна с геосинтетическими материалами на перегоне Кийикли – Хизирбобо 4199 км ПК 1

При проектировании новых железных дорог, строящихся в пустынных районах Узбекистана, АО «Боштранслойиха» разработана технологическая схема укрепления земляного полотна в песчаных грунтах. По данной технологической схеме предусмотрено укрепление откосов насыпи с устройством бермы и укладкой растительного грунта толщиной 0,15 м (рис.5).

В целях обеспечения устойчивости земляного полотна железных дорог, возведенных из барханных песков с применением инновационных технологий на основе «Программа и методика экспериментальных исследований по укреплению откосов земляного полотна железных дорог» путем укладки геосинтетических материалов (геотекстиль, объемная георешетка) разработана конструктивно-технологическая схема противодефляционного и противодеформационного укрепления (рис.6).

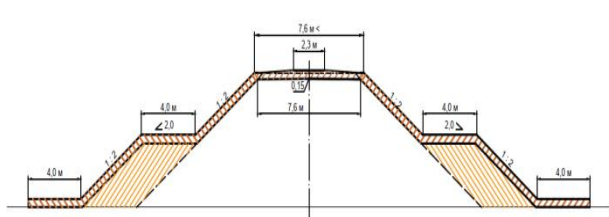


Рис.5. Технологическая схема укрепления земляного полотна на песчаных грунтах, разработанная АО «Боштранслойиха».

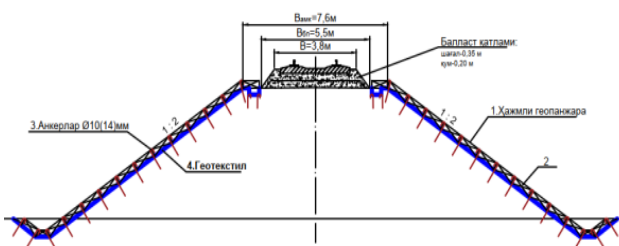


Рис.6. Конструкция насыпи с укреплением геосинтетическими материалами
1-георешетка (объемная), 2-заполнение местным грунтом ячеек георешеток (посевом семян пескостойких трав), 3- анкер арматурный, 4- геотекстиль нетканый.

Технологический процесс укрепления откосов земляного полотна геосинтетическими материалами приведены на рис. 7

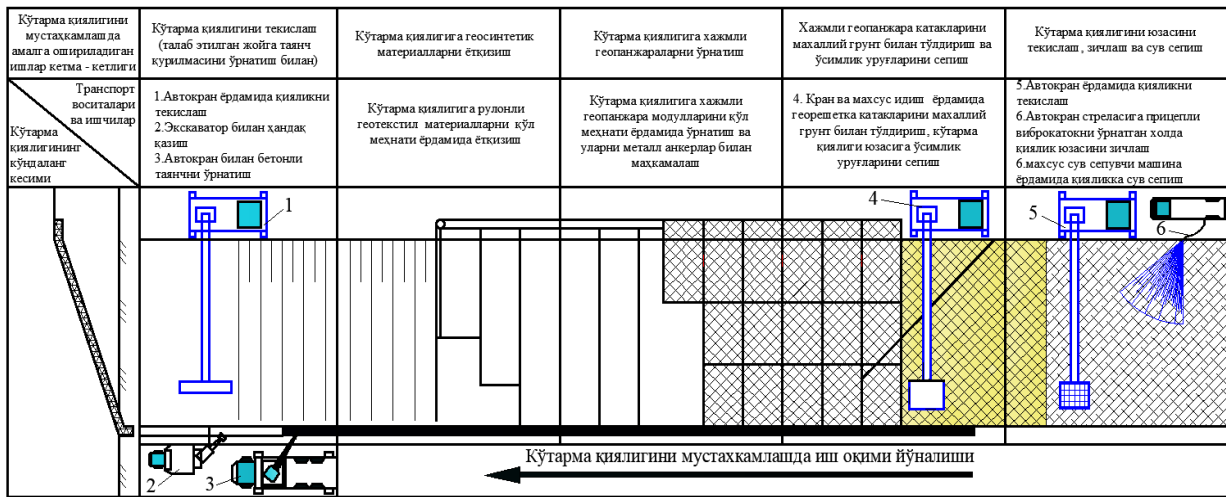


Рис. 7 Технологический процесс укрепления откосов земляного полотна геосинтетическими материалами.

В третьей главе «Математическое описание и исследование устойчивости откосов земляного полотна, укрепленных геосинтетическими материалами» приведены математические расчеты по укреплению откосов земляного полотна в общей структуре методов повышения эксплуатационной надежности и долговечности дорог всех категорий и методы расчета устойчивости откосов земляного полотна.

Для расчета коэффициента устойчивости откосов использовались программы «Plaxis 2D» и «GEO5», которые сегодня широко используются в проектно-строительных организациях

Результаты расчета коэффициента устойчивости откосов насыпи в программном обеспечении «Plaxis 2D» без укрепления и с укреплением откосов приведены на рис.8

Диаграмма результатов расчета коэффициента устойчивости откосов насыпи, с помощью программными обеспечениями «Plaxis 2D» и «GEO 5» приведена на рис. 9

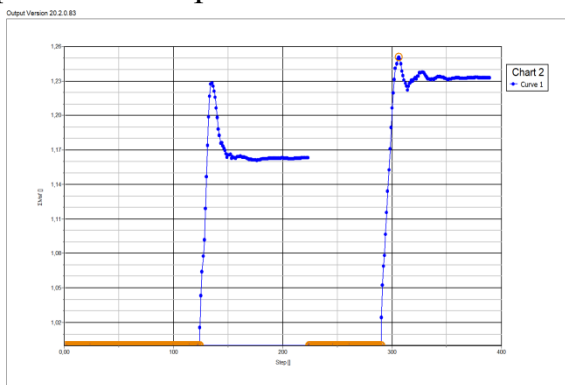


Рис.8.Результаты расчета коэффициента устойчивости откосов насыпи в программном обеспечении «Plaxis 2D»

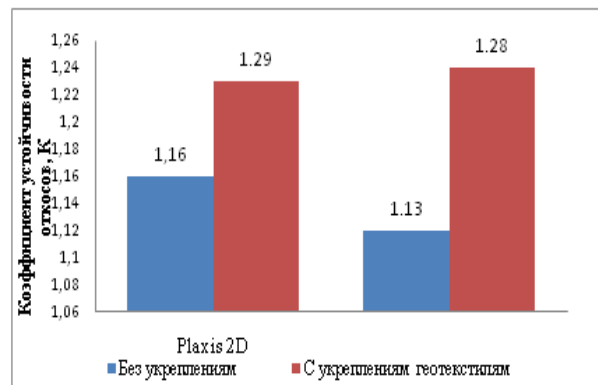


Рис.9.Диаграмма результатов расчета коэффициента устойчивости откосов насыпи с помощью программными обеспечениями «Plaxis 2D» и «GEO 5»

Анализ результатов расчетов показывает, что коэффициент устойчивости откосов насыпи в программном обеспечении «Plaxis 2D» и

«GEO 5» без укрепления составляет соответственно $K=1,16$ и $K=1,13$, с укреплением откосов геосинтетическими материалами составляет $K=1,29$ и $K=1,28$.

Для теоретического расчета коэффициента устойчивости откосов насыпи земляного полотна используем формулу, разработанной проф. Г.М.Шахунянц.

$$K = \frac{\sum M_{\text{тт}}}{\sum M_{\text{сил}}} = \frac{\sum_1^n (c_i l_i + f_i N_i + T_{i\text{тт}})}{\sum T_{i\text{сил}}} \quad (1)$$

где:

$c_i (c_i, c_i^B, c_{\text{юсн}}^B)$ – удельное сцепление соответственно сухого и влажного грунта насыпи, влажного грунта основания, кПа;

$f_i (f_i, f_i^B, f_{\text{юсн}}^B)$ – коэффициент трения соответственно сухого и влажного грунта насыпи, влажного грунта основания;

$l_i (l_i, l_i^B, l_{\text{юсн}}^B)$ – величина основания i -го отсека м, соответственно сухого и влажного грунта насыпи, влажного основания, м;

N_i – нормальная составляющая веса i -го отсека, кН; $N_i = Q_i \cos \beta_i$;

$T_{i\text{-уд}}$ – удерживающая составляющая веса i -го отсека кН; $T_{i\text{-уд}} = Q_i \sin \beta_i$;

$T_{i\text{-сд}}$ – сдвигающая составляющая веса i -го отсека кН; $T_{i\text{-сд}} = Q_i \sin \beta_i$.

Расчеты коэффициента устойчивости откосов насыпи с использованием формулы (1) выполнены в различных грунтах.

Графики изменения коэффициента устойчивости откосов насыпи в различных грунтах приведены на рис. 10.

Анализ результатов расчета показывает, что нормативное значение коэффициента устойчивости откосов насыпи $K \geq 1,2$ обеспечивается в грунтах кроме песчаных.

Наиболее эффективным способом повышения устойчивости откосов насыпи земляного полотна возведенных из барханных песков является укрепление их геосинтетическими материалами.

График изменения коэффициента устойчивости откосов земляного полотна в различных грунтах без укрепления и при укреплении геосинтетическими материалами в песчаных грунтах с учетом удерживающих сил $T_{\text{гео.р}}$ и $T_{\text{гео.}}$ приведены на рис. 11.

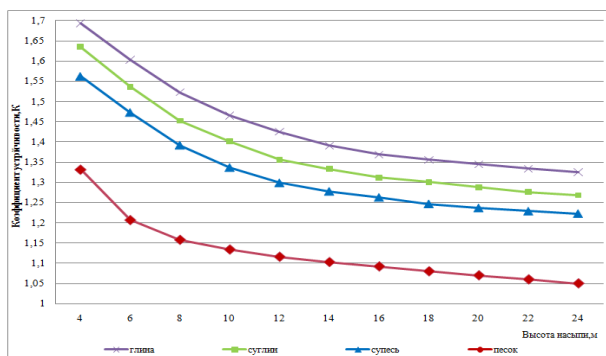


Рис.10. График изменения коэффициента устойчивости откосов насыпи в различных грунтах

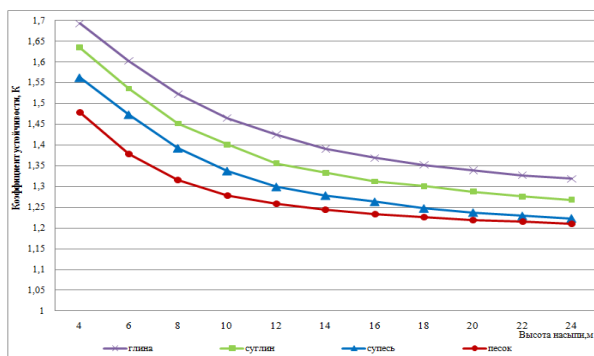


Рис.11.График изменение коэффициента устойчивости откосов земляного полотна в различных грунтах без укрепления и при укреплении геосинтетическими материалами в песчаных грунтах

При укреплении откосов насыпи геосинтетическими материалами повышения устойчивости обеспечивается за счет увеличения удерживающей силы $T_{уд}$. В каждой i -й ячейке георешеток возникают силы. При этом в каждой i -й ячейке георешетки по третьему закону Ньютона результирующее сдвигающее $T_{сдв}$ и удерживающие силы $T_{уд}$ равняются нулю, потому что ячейки георешетки, заполненные грунтом укреплены анкерами. Эти анкеры не позволяют сдвигаться вниз георешеток. При этом возникают силы сцепления частиц грунтов в каждой i -й ячейке георешетки $F_{сц,geo.p.i}$ (2) и сила трения $F_{тр,geo.p.i}$ (3).

$$F_{сц,geo.p.i} = \sum_{i=1}^n C_{гi} l_{гi} \quad (2)$$

$$F_{тр,geo.p.i} = \sum_{i=1}^n f_{гi} N_{гi} \quad (3)$$

При расчете сил, действующих на каждой i -й ячейке георешетки возникают удерживающие силы от георешетки $T_{geo.p}$, согласно расчетной схеме (рис. 12) и имеет следующий вид формулы:

$$T_{geo.p} = \sum_{i=1}^n (C_{гi} l_{гi} + f_{гi} N_{гi}) \quad (4)$$

где $C_{гi}$ – удельное сцепление грунта ячейки георешетки, кПа;

$f_{гi}$ – коэффициент трения грунта ячейки георешетки;

$l_{гi}$ – величина основания i -го ячейки георешетки м;

$N_{гi}$ – нормальная составляющая веса i -го ячейки георешетки, кН;

При расчете сил, действующих при укладке геотекстиля под георешетку, возникает удерживающая сила $T_{geo.т}$, которая зависит от значения сил $N_{geo.т}$ и $F_{geo.т}$ по расчетной схеме, представленной на рис. 13 и имеет следующий вид формулы.

$$T_{geo.т} = N_{geo.т} + F_{geo.т} \quad (5)$$

где: $N_{geo.т}$ - усилие, прижимающее геотекстиль к вертикальному основанию, кН.

$F_{geo.т}$ - проекция силы тяжести по оси x ниже георешетки.

$$N_{geo.т} = d \cdot l \cdot \gamma \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

где: d - высота объемной георешетки, м.

l – длина откоса, где уложены объемные георешетки, м;

γ – удельный вес грунта, заполненного в ячейки объемных георешеток.

α – угол откоса насыпи;

$$F_{geo.т} = a \cdot b \cdot \gamma \quad (7)$$

где: a, b – размеры кювета, м

γ – удельный вес грунта, заполненного кювета, где уложена геотекстиль.

Удерживающая сила $T_{geo.т}$ принимает следующий вид.

$$T_{geo.т} = d \cdot l \cdot \gamma \cdot \cos \alpha + a \cdot b \cdot \gamma \quad (8)$$

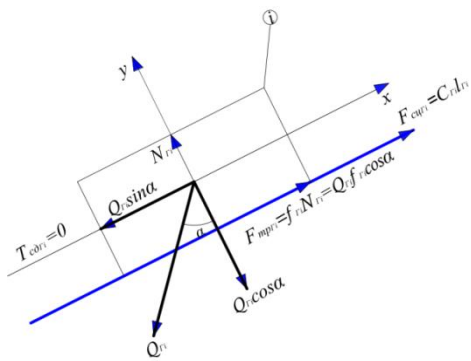


Рис. 12. Расчетная схема сил, действующие на каждой i-й ячейке георешетки

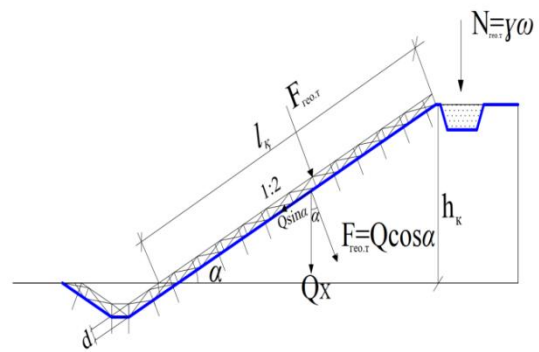


Рис. 13. Расчетная схема сил, действующие на геотекстиль

При расчете коэффициента устойчивости откосов с укреплением геосинтетическими материалами необходимо в формулу (1) внести изменения и добавить предлагаемые удерживающие силы $T_{\text{гео.р}}$ и $T_{\text{гео.т}}$, который будет учитывать силы, действующие на каждой i-й ячейке георешетки и геотекстиля.

После этого формула (1) получит следующий вид:

$$K = \frac{\sum_1^n (c_i l_i + f_i N_i + T_{\text{уд}}) + T_{\text{гео.р}} + T_{\text{гео.т}}}{\sum T_{\text{исд}}} \quad (9)$$

Значения удерживающих сил $T_{\text{уд}}$ при расчете коэффициента устойчивости откосов земляного полотна возведенного из песчаных грунтов приведена в табл. 1.

График изменения значений удерживающих сил $T_{\text{гео.р}}$ и $T_{\text{гео.т}}$ в зависимости от высоты насыпи при укладке геосинтетических материалов на откосы земляного полотна возведенного из песчаных грунтов приведен на рис. 14.

Таблица 1 Значения удерживающих сил при укреплении геосинтетическим материалами откосов земляного полотна возведенного из песчаных грунтов

Удерживающие силы, кН	При высоте насыпи, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$T_{\text{уд}}$	450,4	494,8	527,3	564,7	634,1	683,5	774,8	839,3	906,8	994,5
$T_{\text{гео.р}} + T_{\text{гео.т}}$	111,0	118,2	125,3	132,4	139,6	146,7	153,9	161,1	168,2	175,4

Графики изменения значений коэффициента устойчивости откосов земляного полотна, возведенного из песчаных грунтов без укрепления и при укреплении геосинтетическими материалами с учетом удерживающих сил $T_{\text{гео.р}}$ и $T_{\text{гео.т}}$ приведены на рис. 15.

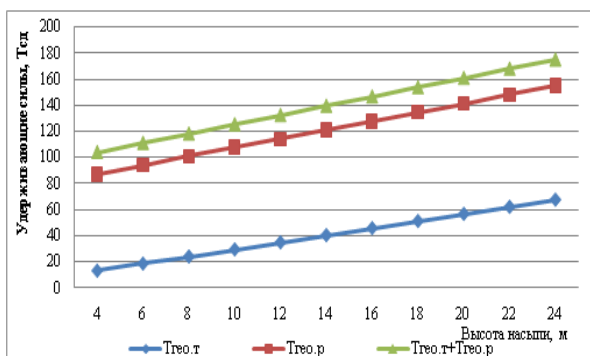


Рис.14 График изменения значений удерживающих сил $T_{\text{гео.р}}$ и $T_{\text{гео.т}}$

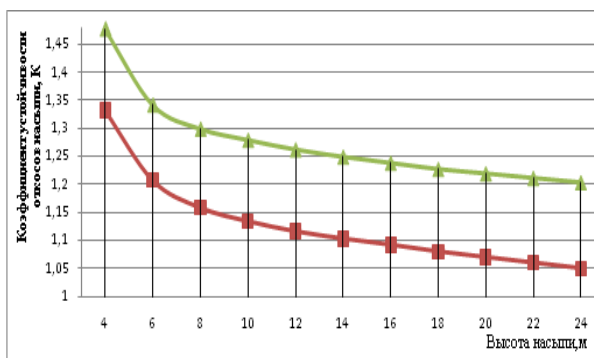


Рис.15. Графики изменения значений коэффициента устойчивости откосов земляного полотна, возведенного из песчаных грунтов
■ без укрепления
▲ с укреплением

Удерживающие силы $T_{\text{гео.р}}$ и $T_{\text{гео.т}}$ возникаемые при укладке геосинтетических материалов, влияет на значение коэффициента устойчивости откосов земляного полотна возведенного из песчаных грунтов. При расчете коэффициента устойчивости откосов земляного полотна с добавлением удерживающих силы $T_{\text{гео.р}}$ и $T_{\text{гео.т}}$ суммарная удерживающая сила повышается на 18-25 %. В результате этого коэффициент устойчивости $K_{\text{уст}}$ повышается на 14-23 % и всегда обеспечивает требуемое условие $K \geq 1,2$.

В четвертой главе **“Разработка рекомендации по совершенствованию технологии и оценка экономической эффективности укрепления откосов земляного полотна”** разработаны конструктивно-технологические решения по возведению земляного полотна железных дорог из барханных песков и рекомендации по совершенствованию технологии производства работ.

В классификации ПДПД укрепления все конструкции разделены на три существующие группы в зависимости от их реакции на внешние силовые и погодно-климатические воздействия:

I группа - несущие конструкции для компенсации сдвигающих усилий, возникающих в материале поверхностных слоев ПДПД укрепления откосов, а также силовых воздействий, различных видов;

II группа - защитные и изолирующие конструкции, назначение которых воспринимать и поглощать температурные воздействия, изолировать поверхностные слои материала ПДПД укрепления откоса от впитывания атмосферных осадков и т.д.;

III группа - биологические типы укреплений, предназначенные для защиты откосов от дефляции (эрозии), мелкозахватных сплывов, оплывов в районах с благоприятными грунтовыми и климатическими условиями. Они основаны на создании естественного или искусственного растительного покрова и т.п.

Для ПДПД укрепления откосов полотна из барханных песков нужно применять конструкции всех трех групп, комбинируя их между собой в зависимости от инженерно-геологических, климатических и гидрометеорологических условий строительства (IV группа).

IV группа – укрепление откосов с применением геосинтетических материалов и создание усиленного слоя на поверхности откоса, имеющего улучшенные характеристики по отношению к слою из обычного грунта или минеральных материалов (повышенную прочность и устойчивость к эрозии и разрушению откоса).

В данной главе произведена оценка технико-экономического эффекта от применения технологии укрепления откосов насыпей земляного полотна с использованием геосинтетических материалов (геотекстиль, объемные георешетки) произведена по результатам сравнения с вариантом укрепления откосов земляного полотна с устройством бермы, укладкой растительного грунта толщиной 15 см посевом многолетних трав. Расчеты по определению трудоемкости и стоимости работ проведены в соответствии действующими нормативными документами ШНК 4.02.01-04 Земляные работы, ГЭСН 81-02-01-2017 и Сводным экспертным заключением №35К/03-21. Расчеты выполнены по формам и методике используемым ООО «Тоштемирийуллойиха» при составлении проектов организации строительства (ПОС).

Результаты сравнения стоимости работ при укреплении откосов земляного полотна приведены в табл. 3. График изменения стоимости работ при укреплении откосов земляного полотна приведен на рис. 16.

№	Высота насыпи, м	Стоимости работ при укреплении откосов земляного полотна, млн. сум		Эффект применения геотекстиля и объемной георешетки, млн. сум
		с устройством бермы и укладкой растительного грунта	с использованием геотекстиля и объемной георешетки	
1	6	578	849	-271
2	9	1 285	1 244	41
3	12	1 992	1 639	353
4	15	2 699	2 033	665
5	18	3 405	2 428	977

Таблица 3 Сравнение стоимости работ при укреплении откосов земляного полотна

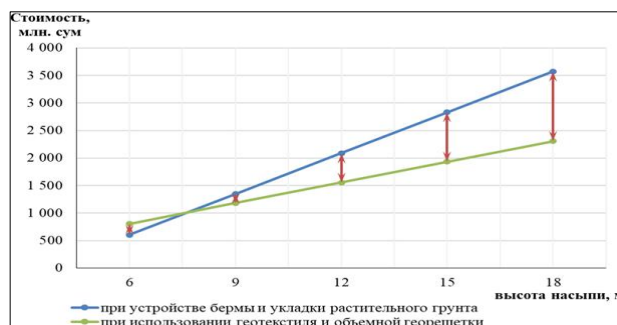


Рисунок 16. График изменения стоимости работ при укреплении откосов земляного полотна

Экономическая эффективность от применения геосинтетических материалов для укрепления и повышения устойчивости откосов при средней высоте насыпи 12 м и на участке протяженностью 1 км составляет 353 млн. сум. Уменьшение затрат труда и материалов при выполнении работ по укреплению откосов земляного полотна с применением геосинтетических материалов составили 14 -18 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Под действием неблагоприятных природно-климатических, гидрологических, техногенных и других факторов в грунтах тела земляного полотна происходят дестабилизирующие процессы, которые вызывают остаточные деформации основной площадки и откосов земляного полотна. Определено, что одним из перспективных и широко используемых в

транспортном строительстве способов усиления земляного полотна является применение различных видов геосинтетических материалов.

2. Необходимо обосновать конкурентоспособность применения перспективных энергоэффективных и ресурсосберегаемых геосинтетических материалов (геотекстиль, объемная георешетка) при укреплении откосов земляного полотна.

3. Разработана программа и методика экспериментальных исследований по укреплению откосов земляного полотна, на основе мирового опыта применения различных инновационных технологий и материалов для совершенствования существующих, разработке новых конструкций земляного полотна при усилении земляного полотна железных дорог.

4. Проведены экспериментальные исследования по укреплению откосов насыпи с применением геосинтетических материалов на опытном участке, сложенной из барханных песков в пустынной территории железнодорожной линии Бухара-Мискен. Основание: приказ председателя правления АО «Узбекистон темир йуллари» № 729 от 29.10.2020 г. «О проведении экспериментальных исследований по укреплению откосов земляного полотна на железнодорожной линии Бухара-Мискен».

5. Подтверждены работоспособности предлагаемых конструкций земляного полотна, укрепленных геосинтетическими материалами, путем проведения мониторингов на опытном участке.

6. Определены по моделям программных обеспечений «Plaxis 2D» и «GEO 5» коэффициенты устойчивости откосов насыпи без укрепления и с укреплением геосинтетическими материалами. По результатам расчетов коэффициент устойчивости откосов насыпи в программном обеспечении «Plaxis 2D» без укрепления составляет $K=1,16$, а с укреплением превышает нормативное значение и составляет $K=1,29$, в программном обеспечении «GEO 5» соответственно $K=1,13$ и $K=1,28$.

7. Определено увеличение удерживающей силы $T_{уд}$ на 18-25 % при укреплении откосов земляного полотна возведенного из песчаных грунтов геосинтетическими материалами за счет дополнительных расчетных параметров $T_{гео.р}$ и $T_{гео.т}$. В результате этого коэффициент устойчивости повышается на 14-23 % и обеспечивает требуемое условие $K \geq 1,2$.

8. Определены уменьшение затрат труда и материалов на 14 -18 % при выполнении работ по укреплению откосов земляного полотна с геосинтетическими материалами.

9. При укреплении откосов насыпи при средней высоте 12 м и протяженности 1 км экономический эффект от применения геосинтетических материалов составил 353 млн.сум.

**ONE TIME SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC
DEGREES OF THE DOCTOR OF SCIENTIFIC BASED ON SCIENTIFIC
COUNCIL DSc.15/31.08.2022.T.73.04 AT TASHKENT STATE TRANSPORT
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

TADJIBAYEV SHERZOD AMIRKULOVICH

**IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY FOR
STRENGTHENING THE SLOPES OF THE RAILWAY BED**

05.08.02 – Railway track and track facilities

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2022

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.2.PhD/T2940.

The dissertation has been prepared at the Tashkent state transport university.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tstu.uz) and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:	Lesov Kuvandik Saginovich candidate of technical sciences, docent
Official opponents:	Shayakhmetov Saulet Berlikashevich doctor of technical sciences, professor (Kazakhstan)
	Mamadaliyev Aziz Yusupaliyevich doctor of Philosophy in technical sciences(PhD),docent
Leading organization:	Jizzakh polytechnical institute

The defense will be take place on « _____ » _____ 2022 at _____ o'clock at the meeting of one time Scientific Council on the basis of the Scientific council DSc.15/31.08.2022.T.73.04 at Tashkent state transport university. Address: 1, Temiryo'lhilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54, e-mail: rektorat@tstu.uz, tashiit@exat.uz.

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information-Resource Centre of the Tashkent state transport university (Registered number №. _____). (Address: 1, Temiryo'lhilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan, 1. Phone: (+99871) 299-05-66)

Abstract of the dissertation was distributed on « _____ » _____ 2022 year.
(mailing recort №. _____ on « _____ » _____ 2022 year.).

A.I. Adilkhodjayev
Chairman of Scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

U.Z. Shermukhamedov
Scientific secretary of the Scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

S. T. Djabbarov
Chairman of this scientific seminar under one time
Scientific council on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is the improvement of technologies for the production of works to strengthen the slopes of the subgrade of railways using geosynthetic materials.

Tasks of the research:

study of the current state of technology for strengthening the slopes of the subgrade in various soil conditions;

development of a methodology for experimental studies to strengthen the slopes of the subgrade of fine sands;

development of work technology for strengthening the slopes of the subgrade based on the use of geosynthetic materials produced from local raw materials by representatives of the private sector;

study of the stability of slopes reinforced with geosynthetic materials, taking into account the peculiarities of the working conditions of the subgrade;

development of recommendations for improving the technology of work to strengthen and increase the stability of railway subgrade slopes.

Scientific novelty of research work be this:

rational methods and technologies for strengthening the slopes of the roadbed have been developed, taking into account the use of promising energy-efficient and resource-saving materials based on the results of experimental studies;

a program and methodology of experimental research on strengthening slopes with innovative technologies has been developed, taking into account the requirements of interstate standards;

the technology of anti-deflationary and anti-deformation strengthening works has been improved on the basis of promising methods of increasing the stability of the roadbed.

mathematical models have been developed to determine the change in the coefficient of stability of the slopes of the roadbed reinforced with geosynthetic materials, taking into account the retaining forces of the soil;

modern structural and technological solutions have been developed to strengthen the slopes, taking into account the stability of the railway trackbed made of sand dunes.

The structure and volume of the thesis. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of literature, and applications. The volume of the thesis is 117 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ
СПИСОКОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Мирахмедов М.М., Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Мировой опыт применения геосинтетических материалов в конструкциях земляного полотна //Архитектура. Строительство. Дизайн. (научно-технический журнал) Ташкент, ТАСИ 2019 г., №2 С.194-197.(05.00.00; №4)

2. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К. Технология укрепление откосов земляного полотна железных дорог из песчаных грунтов с применением геосинтетических материалов //Проблема архитектуры и строительства (научно-технический журнал) Самарканд, СамГАСИ 2019 г., №4 С.15-18. (05.00.00; №14)

3. Лесов К.С., Мавланов А.Х., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К. Технология укрепления откосов земляного полотна железных дорог из песчаных грунтов георешетками //Архитектура. Строительство. Дизайн. (научно-технический журнал) Ташкент, ТАСИ 2020 г., №3-4 С.235-241. (05.00.00; №4)

4. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К., Мавланов А.Х. Ресурсосберегающие конструкции усиления земляного полотна из песчаного грунта //Архитектура. Строительство. Дизайн. (научно-технический журнал) Ташкент, ТАСИ 2020 г., №3-4 С.335-341. (05.00.00; №4)

5. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К., Experimental researches on strengthening the slopes of the roadbed with geomaterials on the experimental section of the Bukhara – Misken railway line. //Journal NX, ISSN:2581-4230, Volume-7, Issue 2, February 2021. Impact Factor: JIF 2021=7.223 pp.230-233.(№23, Scientific Journal Impact Factor).

6. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Calculation of the reserve coefficient of local stability of the slopes of the roadbed reinforced with a volumetric geogrid. //ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal, ISSN:2249-7137, Volume-11, Issue 11, November 2021. Impact Factor: JIF 2021 = 7.492. pp. 115-120.(№23, Scientific Journal Impact Factor).

7. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Исследование устойчивости откосов земляного полотна железных дорог при укреплении геосинтетическими материалами. //UNIVERSAM: техническое науки (международный научный журнал) Москва, 2022г. выпуск: 8(101), часть 1 С. 57-61.(02.00.00; №1)

8. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К. Повышения устойчивости откосов насыпи земляного полотна с применением объемных георешеток // Научный журнал CARJIS: Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies, ISSN:2181-2454, Volume-2, Issue 10, October 2022. Impact Factor: JIF 2022=5.965. pp. 229-236.(№23, Scientific Journal Impact Factor).

9. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К., Мирханова М.М. Техничко-экономическая оценка эффективности укрепления и повышения устойчивости откосов земляного полотна //UNIVERSAM: техническое науки (международный научный журнал) Москва, 2022г. выпуск: 11(104), часть 3 С. 39-42.(02.00.00; №1).

II бўлим (II часть; Part)

10. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Процессы взаимодействия земляного сооружения и армирующих слоев под нагрузкой. //Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент: ТашИИТ, 2016г. С. 153-155.

11. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Усиления основной площадки и рабочей зоне земляного полотна для обеспечения технического состояния. //Научные труды республиканской научно-технической конференции «Инновационные технологии в строительстве». – Ташкент: ТАСИ, 2017г. С. 27-29.

12. Лесов К.С., Кенжалиев М.К., Таджибаев Ш.А. Определение устойчивости насыпи земляного полотна железных дорог возведенного из мелких песков. //Научные труды международной конференции “Глобальное партнерство – как условие и гарантия устойчивого развития”, часть II. Ташкент: ТАДИ 21-23 ноябрь 2019г. С.248-252.

13. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Технология применения перспективных материалов в укреплении откосов земляного полотна железных дорог. //Материалы международной конференции “Актуальные проблемы современной науки и инноваций в Центрально-Азиатском регионе” – Джизак. 26 сентябрь 2020 г. С. 177-180.

14. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К. Современные способы усиление откосов земляного полотна железных дорог с применением геоматериалами. //Научные труды международной научно – техническое конференции “Транспорт: актуальные задачи и инновации” Ташкент.: ТГТУ 22 апреля 2021г С. 245-250.

15. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Экспериментальные исследования по применению современных энергосберегающих и ресурсосберегающих материалов земляного полотна на железнодорожной линии Бухара – Мискен. //Научные труды республиканской научно-технической конференции “The 21th Century skilly for professional activity” Ташкент, Узбекистан 15 февраль 2021 г. С.233-235.

16. Лесов К.С., Кенжалиев М.К., Мавланов А.Х. Таджибаев Ш.А. Stability of the embankment of fine sand reinforced with geosintetic materials E3S E3S Web of Conferences 264, 02011 (2021) CONMECHYDRO-2021. Tashkent, Uzbekistan. [https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402011\(SCOPUS\)](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402011(SCOPUS)).

17. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К., Технология производства работ с применением геосинтетических материалов. //Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на транспорте». – Ташкент: ТГТУ, 2021г. 18-19 декабря. С. 187-193.

18. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К., Особенности применения геосинтетических материалов земляного полотна железных дорог. //Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на транспорте». – Ташкент: ТГТУ, 2021г. 18-19 декабря. С. 282-286.

19. Таджибаев Ш.А. Основные методы расчета коэффициента запаса местной устойчивости откосов земляного полотна железных дорог. //Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на транспорте». – Ташкент: ТГТУ, 2021г. 18-19 декабря. С. 286-289.

20. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Мавланов А.Х., Кенжалиев М.К. Расчет устойчивости насыпи и укрепление откосов земляного полотна с использованием геосинтетических материалов //Транспорт шёлкового пути. (международный научный электронный журнал) Ташкент, 2021г, №1 С.78-83

21. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К.Повышение устойчивости откосов насыпи земляного полотна с применением геосинтетических материалов // Научный онлайн журнал «Development and innovation » октябрь 2022, Часть 4, С 384-393

22. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К., Хамидов М.К.Конструктивно-технологические решения по сооружению земляного полотна железных дорог из барханных песков.Научный журнал «Интернаука», Москва, №40 (263),ноябрь 2022 г, С 61-64

23. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Расчет коэффициента устойчивости откосов насыпи земляного полотна в зависимости от ширины бермы. //Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ в Агентство по интеллектуальной собственности при Министерство Юстиции Республики Узбекистан, № DGU 15493, г. Ташкент, 11.04.2022 г.

24. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А. Расчет коэффициента устойчивости откосов насыпи земляного полотна и пути его повышения с укладкой объемной георешетки. //Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ в Агентство по интеллектуальной собственности при Министерство Юстиции Республики Узбекистан, № DGU 15494, г. Ташкент, 11.04.2022 г.

Қоғоз бичими 60x84-1/16. Ризограф босма усули Times гарнитураси
Шартли босма табағи: 3 б.т. Адади: 50 нусха. Буюртма №
Нашрга рухсат этилди: 10.12.2022 й.

Тошкент давлат транспорт университети босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзил: 100167, Тошкент ш., Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй.