

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

НУРМАТОВ ҲАСАНБОЙ МИРЗАХМЕДОВИЧ

**СЕЙСМИК РИСКНИ КАМАЙТИРИШ БЎЙИЧА АНГРЕН-ПОП
ТЕМИР ЙЎЛ ЛИНИЯСИ САЛОҲИЯТИНИ БАҲОЛАШ ВА УНИ
ОШИРИШГА ОИД ТАШКИЛИЙ-ТЕХНИК ЕЧИМЛАР ИШЛАБ
ЧИҚИШ**

**05.10.02 – Фавқулодда ҳолатларда хавфсизлик. Ёнғин, саноат, ядро ва радиация
хавфсизлиги**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PHD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2025

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

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

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

Нурматов Хасанбой Мирзахмедович

Сейсмик рискни камайтириш бўйича Ангрен-Поп темир йўл линияси салоҳиятини баҳолаш ва уни оширишга оид ташкилий-техник ечимлар ишлаб чиқиш..... 3

Нурматов Хасанбой Мирзахмедович

Оценки потенциала железнодорожной линии Ангрен-Пап по снижению сейсмического риска и разработка организационно-технических решений по его повышению 21

Nurmatov Khasanboy Mirzaxmedovich

Assessing the potential of the Angren-Pap railway line to reduce seismic risk and developing organizational and technical solutions to increase it..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 44

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 РАҚАМЛИ
ИЛМий КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

НУРМАТОВ ҲАСАНБОЙ МИРЗАХМЕДОВИЧ

**СЕЙСМИК РИСКНИ КАМАЙТИРИШ БЎЙИЧА АНГРЕН-ПОП
ТЕМИР ЙЎЛ ЛИНИЯСИ САЛОҲИЯТИНИ БАҲОЛАШ ВА УНИ
ОШИРИШГА ОИД ТАШКИЛИЙ-ТЕХНИК ЕЧИМЛАР ИШЛАБ
ЧИҚИШ**

**05.10.02 – Фавқулодда ҳолатларда хавфсизлик. Ёнғин, саноат, ядро ва радиация
хавфсизлиги**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2025

Фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.3.PhD/T1884 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 “Ziynet” Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Сулайманов Суннатулла Сулайманович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Муртазаев Қувандик Мустафаевич
техника фанлари доктори, доцент

Янгибоев Хуршидбек Нурмухаммад ўғли
техника фанлари бўйича фалсафа доктори
(PhD)

Етакчи ташкилот:

**“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини
механизациялаш муҳандислари институти”
Миллий тадқиқот университети**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий Кенгашнинг 2026 йил 16 январь соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100167, Тошкент ш., 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 (307 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100167, Тошкент ш., Темирийўлчилар кўчаси 1-уй. Тел.: (99871) 299-04-39.

Диссертация автореферати 2025 йил 24 декабрь куни тарқатилди.
(2025 йил 24 декабрдаги 15-рақамли реестр баённомаси).

Р.В. Рахимов

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Я.О. Рузметов

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

Р.С. Разиков

Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш қошидаги Илмий семинар раиси,
т.ф.н., доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда транспорт йўлакларининг ташиш жараёнларидаги сейсмик хавфсизлигини таъминлаш ва иншоотларни сейсмик мустаҳкамлигига бўлган ишончини орттириш мақсадида зилзиладан эрта огоҳлантириш чора-тадбирларини кўллаш асосида объектларда юзага келадиган сейсмик хавфларни мониторинг қилиш тизимларини ишлаб чиқиш масалаларига алоҳида эътибор берилмоқда. Ривожланган давлатлар, жумладан, АҚШ, Россия, Япония, Хитой, Швеция каби мамлакатларнинг темир йўл транспортида “...зилзилалар кузатилиши натижасида инфратузилмага зарар етказилиши 20% ни ташкил этиши ва поездлар ҳаракати 3-17 суткага тўхтатилиши..”, ҳисобга олинса, инфратузилманинг сейсмик рискларни башоратлаш учун илғор инновацион технологиялардан фойдаланиш, сейсмик хавфсизликни таъминлашнинг миллий огоҳлантириш тизимини яратиш ва улар сценарийлари асосида рисклар оқибатлари кўламини аниқлаш, баҳолаш ҳамда янги хавфсизлик стандартларини жорий этиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу жиҳатдан, темир йўл объектларининг сейсмик салоҳиятини ошириш, ташиш жараёнида техник-иқтисодий ҳаражатларни қисқартиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда юқори интенсив сейсмик фаоллик туфайли юзага келадиган зарарларни минималлаштириш, рискларнинг олдини олиш, эрта огоҳлантириш тизимини юритиш ҳамда самарадорлигини баҳолаш усулини такомиллаштиришга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Айниқса, тоғ ва тоғ олди ҳудудларида жойлашган объектларда зилзила таъсири натижасида юзага келадиган сейсмик рисклар кўламини тадқиқ этиш, объектларнинг шикастланиш эҳтимолини хавфсизлик таҳлили тузилмаси асосида баҳолаш ҳамда тегишли сценарийларни ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотлар устувор аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга, сейсмик рисклар сценарийлари асосида объектларда рискларнинг юзага келиш жараёнини камайтиришга қаратилган математик моделларни ишлаб чиқиш, эҳтимолий талофатларни минималлаштириш, шунингдек, вертикал ва горизонтал силжишлар таъсирида юзага келадиган хавфларнинг оқибатларини юмшатишга хизмат қилувчи эрта огоҳлантириш тизимларини яратиш ҳамда сейсмик фаоллик таъсир кўламини баҳолаш услубиятини такомиллаштириш долзарб илмий вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда транспорт тизимини жадал ривожлантириш, шу жумладан, тоғ олди ва тоғли ҳудудларда жойлашган объектларда зилзила туфайли юзага келадиган сейсмик рискларни камайтириш бўйича салоҳиятни ошириш, юк ва йўловчи поездлар ҳаракат хавфсизлигини таъминлаш борасида кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилиб, бу борада муайян натижаларга эришилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан, “... фавқулодда вазиятларнинг олдини олиш ва тезкор бартароф этиш бўйича чора-тадбирларни тизимлаштириш, ... фавқулодда вазиятларни бартароф этиш

тадбирлари самарадорлигини ошириш., ... аҳолини фавқулодда вазиятларда хабар бериш тизимини модернизациялаш”¹ ҳамда “Ўзбекистон – 2030” стратегиясида “... халқаро сейсмик кузатувлар глобал тизими билан интеграциялашув асосида Республикада кучли zilzilалар ҳақида барвақт огоҳлантириш миллий тизимини жорий қилиш”² бўйича устувор йўналишлар белгилаб берилган. Ушбу мақсадларга эришишда, жумладан, темир йўл транспорти инфратузилмасининг тоғ ва тоғ олди ҳудудларида жойлашган объектларда zilзила таъсирида юзага келадиган сейсмик riskлари кўламини аниқлаш, баҳолаш ва эрта огоҳлантириш тизимини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикасининг 2021 йил 13 сентябрдаги “Ўзбекистон Республикаси аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш тўғрисида”ги ЎРҚ-713-сонли Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2024 йил 17 апрелдаги “Бино ва иншоотларнинг zilзилабардошлигини ошириш ҳамда сейсмик хавфни мониторинг қилиш фаолиятини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-161-сонли қарори, 2022 йил 30 майдаги “Ўзбекистон Республикасининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-144-сонли Фармони ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Диссертация иши бўйича тадқиқотлар илм-фан ва технологияларнинг устувор йўналишлари дастурининг 10-банди “Юқори тезликдаги транспорт воситалари, уларни интеллектуал бошқарув технологияларини яратиш” устувор йўналишига мос келади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Zilзила фавқулодда вазият туғдирадиган хавфли табиат ҳодисалари қаторига киради ва унинг келиб чиқиш сабаблари, сейсмик riskни техносфера тизимига таъсири оқибатлари бутун дунё олимлари томонидан кенг ўрганиб келинмоқда.

Темир йўл объектларининг сейсмик қаршилигини баҳолаш, қурилиш фаолиятининг riskларини бошқариш каби масалаларни ҳал қилишда бир қатор таниқли хорижий олимлар катта ҳисса қўшганлар, жумладан Такахиرو Хагивару, Такаши Саито, Гони Ягода-Биран, Тидеманн, Ганс-Юрген Генрих, В.И. Кейлис-Борок, Т.Л. Кронрод, Г.С. Ли, Х.Г. Хоуснер, Г.М. Молчан, С.С. Тимофеева, С.В. Медведев, А.Ю. Чаускин, О.А. Сахаров, Г.А. Соболева, К.С. Сергин, В.И. Коробкин, Т.В. Суконникова, Н.И.Фролова, Н.В. Шебалин, В.С. Воробьев, И.В. Горбунова, Г.А. Рушанская, А.В. Петрушин, Г.С. Шестоперов, П.П. Васильев, А.С. Гринин, Н.А. Махутов, Д.О. Резников,

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

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги “Ўзбекистон – 2030 стратегияси тўғрисида”ги ПФ-158-сонли фармони.

А.Н. Жилин, Т.А. Мамаева, В.А. Кузнецов., В.П. Шевелев, А.А. Гринько ва бошқалар.

Зилзила таъсирига чидамли бино-иншоотлар қуриш, темир йўл кўприкларини махсус сейсмик ҳимоя қилиш, сейсмиклиги юқори бўлган ҳудудларда қурилиш технологиясини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга Ўзбекистоннинг таниқли олимларининг илмий ишлари бағишланган. Булардан, В.А. Исмаилов, Ш.И. Ёдгоров, А.С. Хусомиддинов, Э.М. Ядигаров, Ш.Б. Авазов, К.Н. Абдуллабеков, Р.С. Ибрагимов., О.Р. Ибрагимов, К.С. Карапетова, Д.Н. Рустамович, С.А. Абдурахманов, Т.С. Валиев, С.М. Касымов, Л.Т. Плотникова, Н.Г. Мавлянова, Р.Ш. Инагамов, А.Р. Холдорев, Д.В. Иномов, Т.К. Аманкулов, Н.О. Оразымбетов, С.А. Шанин, В.И. Уломов, А.А. Абдукадыров, Т.У. Артыков, Р.П. Фадинова, А.Н. Султанходжаев, Г.Ю. Азизов, И. Рахманов, Г. Искандаров, З.С. Дадабоева, М.А. Ахмедов, С.С. Сулайманов, У.З. Шермухамедов, Ш.Х. Абдазимов ва бошқа олимлар шу соҳада турли йилларда ўз тадқиқотлари асосида ижобий натижаларга эришганлар.

Шу билан бирга, тоғ олди ва тоғли ҳудудлардан ўтган Ангрэн-Поп темир йўл линиясининг салоҳиятини баҳолаш, зилзила туфайли юзага келадиган сейсмик рискни баҳолаш, фавқулодда вазиятларда сейсмик рискни камайтириш бўйича салоҳиятини ошириш ва инновацион техник ечимлар ишлаб чиқиш муаммолари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Диссертация тадқиқоти “2015-2030 йилларда офатлар хавфини камайтириш бўйича Сендай ҳадли дастури” мақсадларига Ўзбекистонда эришиш стратегиясини 2019-2030 йиллар дврида амалга ошириш бўйича миллий ҳаракатлар режасига киритилган “Юзага келиши мумкин бўлган фавқулодда вазиятлар хавфи ва улар етказиши мумкин бўлган зарарни баҳолашнинг методологик асосларини ишлаб чиқиш” ва “Қорхоналарнинг ишлаб чиқариш салоҳиятини ҳамда ишлаб чиқариш ресурсларини ҳимоя қилиш даражасини ошириш” тадбирлари доирасида Тошкент давлат транспорт университети илмий тадқиқот ишлари режасига киритилган мавзу бўйича бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади сейсмик рискни камайтириш бўйича Ангрэн-Поп темир йўл линиясининг салоҳиятини баҳолаш ва уни оширишга қаратилган илмий асосланган ташкилий-техник ечимлар ишлаб чиқиш орқали фавқулодда вазиятларда хавфсизликни оширишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

Ўзбекистон темир йўл транспортининг объектлари жойлашган ҳудудларнинг сейсмик фаоллик кўрсаткичлари асосида Ангрэн-Поп темир йўл линиясидаги сейсмик рискларни вужудга келиш манбалари ва бардошлилигининг таҳлили;

Ангрэн-Поп темир йўл линиясининг инфратузилмаси объектларида зилзила туфайли юзага келадиган сейсмик рискни баҳолаш;

темир йўл инфратузилмаси объектларини сейсмик рискни камайтириш сценарийларининг математик моделини ишлаб чиқиш;

Ангрен-Поп темир йўл линиясининг инфратузилмаси объектларидаги нотузилмавий сейсмик рискнинг математик моделини ишлаб чиқиш;

сейсмик рискни камайтириш бўйича Ангрен-Поп темир йўл линиясининг салоҳиятини баҳолаш бўйича экспериментал тадқиқотлар ўтказиш;

сейсмик рискни камайтириш бўйича Ангрен-Поп темир йўл линиясининг салоҳиятни оширишга оид инновацион техник ечимларни ижтимоий-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш.

Тадқиқот объекти сифатида сейсмик хавфли тоғ ва тоғ олди худудларда жойлашган ва фойдаланилаётган Ангрен-Поп темир йўл линиясининг мураккаб техник инфратузилма тизими олинган.

Тадқиқот предмети Ангрен-Поп темир йўл линиясидан фойдаланиш жараёнида сейсмик рискни баҳолаш, башорат қилиш ва камайтириш бўйича ташкилий-техник тадбирлар, усуллар ва технологиялар олинган.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида тоғ ва тоғ олди сейсмик актив худудлардан ўтган темир йўл линияларидаги сейсмик риск эҳтимоли бўлган объектларнинг, ҳаракатланувчи таркибнинг фавқулодда вазиятлардаги хавфсизлигига салбий таъсир этувчи кўрсаткичларини баҳолаш услубларини такомиллаштиришга оид назарий прогностик таҳлил, математик статистика, графлар назарияси ва моделлаштириш, эксперт баҳолаш (анкета-сўров) ҳамда фотохронометраж усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

Ангрен-Поп темир йўл линиясида жойлашган объектларнинг сейсмик рисклар вужудга келиш манбаларида хавфсизликни таъминлашнинг ўзига ҳос хусусиятлари инобатга олинган ҳолда, юқори даражадаги сейсмик фаоллик туфайли юзага келадиган рисклар кўламининг тоғ ва тоғ олди худудларида жойлашган темир йўл объектларига таъсири хавфларнинг ўзгариш динамикаси ёрдамида асосланган;

сейсмик фаоллиги юқори бўлган темир йўл линиясида жойлашган объектларда зилзила туфайли зарар етказилиши кутилаётган иншоотлар хавфсизлигини таъминлаш имкониятларини ҳисобга олган ҳолда рискларни бошқариш сценарийларининг хавфсизлик таҳлили тузилмаси асосида сейсмик рисклар эҳтимолини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

“Экспериментал ва кузатиш” тадқиқотлари орқали, сейсмик фаоллиги юқори бўлган темир йўл объектларида нотузилмавий элементларнинг зилзила интенсивлиги таъсирида юзага келадиган силжишлари оқибатида пайдо бўлиши мумкин бўлган хавфли оқибатларини юмшатишга қаратилган эрта огоҳлантириш тизими ишлаб чиқилган;

темир йўл инфратузилмаси объектларининг хавфсизлигини таъминлаш мақсадида ҳаракатланувчи таркиблардаги йўловчилар сони ва объектларга етказилиши мумкин бўлган зарарларни ҳисобга олган ҳолда сейсмик фаоллик таъсир кўламини баҳолаш услубияти такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

сейсмик рискни камайтириш бўйича Ангрен-Поп темир йўл линиясининг салоҳияти пастлиги тажриба тадқиқотлари маълумотлари асосида тасдиқланган;

замонавий технологиялар асосида сейсмик тўлқинлар сигналини қайта ишлаш ва маълумотларни вайрон қилувчи(кўндаланг) зилзила тўлқинлари тарқалиши тезлигидан бир неча марта юқори тезликда узатиш имконига эга бўлган Эрта огоҳлантириш тизими (ЭОТ) таклиф этилган, ЭОТ қўлланиши орқали зилзила тўлқинлари етиб келишидан олдин автоматик ўчириш имкони яратилиб, моддий йўқотишлар ва инсонлар орасидаги қурбонлар хавфини олдини олишга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тоғ ва тоғ олди сейсмик актив худудлардан ўтган темир йўл линияси объектларининг фавқулодда вазиятлардаги хавфсизлигига салбий таъсир этувчи сейсмик рискни баҳолаш услублари назарий прогностик таҳлил, математик статистика, графлар назарияси ва моделлаштириш, эксперт баҳолаш (анкета-сўров) ҳамда фотохронометраж усулларида фойдаланиш орқали тадқиқот натижаларининг юқори ишончлилиги таъминланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти республикамизнинг тоғ ва тоғ олди худудлари сейсмик фаоллиги кўрсаткичлари асосида Ангрен-Поп темир йўл линиясида жойлашган темир йўл объектларида сейсмик рискларни вужудга келиш манбалари, бардошлилиги, сейсмик риск оқибатида иншоотлар шикастланиши даражаларини прогнозлашнинг математик модели, сейсмик рискни баҳолаш, нотузилмавий элементларнинг (тоғ жинслари) сейсмик риск таъсирини зилзила интенсивлиги (жадаллиги) қийматига боғлиқлигининг физик-математик модели ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти замонавий технологиялар асосида зилзила туфайли юзага келган сейсмик тўлқинларга оид узатиладиган сигнални кучли бузувчи сейсмик тебранишлардан бир неча дақиқа олдин қабул қилиш имконини берувчи Эрта огоҳлантириш тизимини қўлланиши, автоматик ўчириш (поездларни тўсатдан тўхтатиш, светофорларни тақиқловчи сигналини ёқиш, электр энергиясини узиш) орқали моддий йўқотишларни ва инсонлар орасидаги қурбонларни олдини олиши, сейсмик рискларни камайтириш бўйича салоҳиятини кескин ошириш имконини бериши орқали, иқтисодий самарадорлик 1,935 млрд. сўмни ташкил этиши билан изоҳланади

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Сейсмик рискни камайтириш бўйича Ангрен-Поп темир йўл линияси салоҳиятини баҳолаш ва уни оширишга оид ташкилий-техник ечимлар ишлаб чиқиш бўйича ўтказилган илмий тадқиқот ишидан олинган натижалар асосида:

сейсмик хавфлар оқибатларини юмшатишнинг эрта огоҳлантириш тизими “Ўзбекистон темир йўллари” АЖнинг “Меҳнат муҳофазаси ва саноат хавфсизлиги бошқармаси”га жорий этилди (Ўзбекистон Республикаси транспорт вазирлигининг 2025 йил 12 майдаги 4/Е663-сонли маълумотномаси). Натижада, фавқулодда вазиятлар рисклари кўламининг

қисқариши, эҳтимолли моддий йўқотишлар ва инсонлар ўлимининг олди олинишига эришилган;

тоғ ва тоғ олди ҳудудларида жойлашган темир йўл объектларида юзага келадиган сейсмик рисклар эҳтимолини башоратлаш усули, рискларни бошқариш сценарийларининг математик модели, темир йўл объектларининг нотузилмавий элементларини зилзилалар таъсирида силжиш қонуниятларини аниқлаш усули “Ўзбекистон темир йўллари” АЖнинг “Меҳнат муҳофазаси ва саноат хавфсизлиги бошқармаси”га жорий этилди (Ўзбекистон Республикаси транспорт вазирлигининг 2025 йил 12 майдаги 4/Е663-сонли маълумотномаси). Натижада, рискларни башоратлаш ва уларнинг кўламини ҳисобга олган ҳолда тайёргарлик тадбирларини кўриш ва оқибатларини юмшатиш, нотузилмавий элементларни зилзила таъсирида силжишини олдини олишга қаратилган техник тадбирлар ишлаб чиқишга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 8 та илмий-амалий анжуманлар, шу жумладан 1 та хорижий, 4 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларида апробациядан ўтган

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, 5 та хорижий журналларда (1 та “Scopus” баъзасида), 5 та Ўзбекистон Республикаси ОАК журналларида, 8 та илмий амалий конференция тўпламларида чоп этилган, 1 та Ўзбекистон Республикаси Адлия Вазирлиги қошидаги Интеллектуал мулк агентлигидан ЭХМ учун яратилган маълумотлар базасига гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 97 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати, мақсад ва вазифалари асосланиб, объекти ва предмети тавсифланган, уларнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилиниб, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти ёритиб берилган. Шу билан бирга, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилиши, чоп этилган илмий ишлар, диссертация таркиби ва ҳажми тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Мавзунинг ўрганилганлик ҳолати. Тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари”** деб номланган биринчи бобида темир йўл транспортининг мамалакат иқтисодиётидаги аҳамияти ва темир йўл инфратузилмаси объектлари жойлашган ҳудудларнинг сейсмик фаоллиги, дунёда ва Ўзбекистонда сейсмик риск - вужудга келиш манбаи, зарар етказувчи омиллари, оқибатлари, башорат қилиш ва темир йўл транспорти объектларини муҳофаза қилиш, Ангрэн-Поп темир йўл линиясидаги мавжуд объектларнинг сейсмик бардошлилигига оид таҳлил натижаларига тегишли маълумотлар батафсил баён этилган.

Республикамиздаги темир йўlining аксарият қисми тоғли, тоғ олди ва дашт ҳудудларидан ўтган. Бу ерларда тез-тез тошқинлар, кўчкилар, қор кўчкилари эҳтимоли юқори, бу эса ўз навбатида темир йўлга табиий ва техноген таҳдид бўлиб, таъсир этадиган хавфларни кескин ошириб, катта зарарга олиб келиши мумкин. Бундай ҳолатлар темир йўл инфратузилмаси объектлари (темир йўл станциялари, подстанциялари, ўтиш жойлари, кўприклар, йўл ўтказгичлар, галереялар, виадуклар, сув ўтказгичлар ва бошқалар)га фавқулодда вазиятларда оғир талофатлар келтиради.

Ўзбекистон Республикаси ҳудуди юқори даражадаги сейсмик фаоллик зонасида жойлашганлиги билан тавсифланади. Олдинлари ушбу ҳудудларда 7,3-9 балли кучга эга интенсивликдаги zilзила (Андижон, 1902 йил) қайд қилинган, шунингдек Қортоғ zilзиласи (1907 йил), Пском zilзиласи (1937 йил), Бурчмулла zilзиласи (1959 йил), Тошкент zilзиласи (1966 йил), Газли zilзиласи (1976 йил ва 1984 йил), Товоқсой zilзиласи (1977 йил), Поп zilзиласи (1984 йил) ва Қамаши zilзиласи (1999 йил ва 2000 йил) каби нисбатан кучли zilзилалар рўй берган. Шунингдек, шаҳар ҳудудида амалга оширилувчи қурилишлар zilзила рўй бериш хавфини ошириши қайд қилинади: жумладан, сўнгги 20 – 30 йил давомида шаҳар ҳудудларида zilзилалар рўй бериши сезиларли даражада ортиши кузатилади (Самарқанд шаҳрида – 7 дан 8 баллгача бўлган zilзилалар, Навоий шаҳрида–6, 8–9 балли zilзилалар, Тошкент шаҳрида – 7, 9 балли zilзилалар қайд қилинган).

Zilзилаларни олдиндан башорат қилиш даракчиларининг макон бўйлаб юзага келиши кенг кўламли (минглаб км), ўртача ва кичик ўлчамдаги (юзлаб км) ва маҳаллий (бир неча ўнлаб ва бир км масофада), вақт нуқтаи назаридан эса – узоқ вақт давомийлигидаги (3 – 10 йил), ўртача (3 йилгача), қисқа муддатли (1,5 ойча) ва тезкор (3 кунгача) турларда қайд қилинади. Агар, ҳатто ўртача тезкорликдаги 3 йилгача бўлган олдиндан башорат қилиш натижаларига эга бўлинса, у ҳолда ҳукумат ҳудудда кучли zilзилаларга тайёргарлик кўриш учун етарлича вақтга эга бўлади ва аҳоли ўртасида юзага келиши мумкин бўлган зарар кўриш даражасини пасайтириш имкониятини кўлга киритади.

Ўзбекистон ҳудуди учун кўп йиллик тадқиқотлар натижалари асосида сейсмоген зоналарнинг учта категорияси ажратиб кўрсатилади, бу ерда келгусида максимал амплитудаси қиймати: $M \leq 7,5$ ва $I \leq 9$ балл; $M \leq 6,5$ ва $I \leq 8$; $M \leq 5,5$ ва $I \leq 7$ баллга тенг бўлган, мос ҳолатда аниқланган сеймотектоник қонуниятларга мувофиқ келувчи zilзилалар қайд қилиниши эҳтимоллиги кўрсатиб ўтилган. Ангрэн-Поп темир йўл линиясидаги мавжуд объектларнинг zilзила жадаллиги бўйича шикастланиш эҳтимоллиги келтирилган ва маълумотлар атрофлича таҳлил қилиниб, улар асосида тадқиқотнинг мақсади шакллантирилган ва вазифалари белгиланган.

Ўзбекистон темир йўллариининг сейсмик фаоллиги юқори бўлган тоғ олди ва тоғли ҳудудлардан ўтган Ангрэн-Поп темир йўл линиясидаги мавжуд объектларнинг (кўприклар, темир йўл полотноси, виадуклар, электр таҳсимот коммуникациялари ва бошқалар) сейсмик риск бўйича салоҳияти баҳоланмаганлиги ва уни ошириш йўллари тадқиқ этилмаганлиги аниқланди.

Диссертациянинг “Сейсмик рискни пасайтириш бўйича Ангрен- Поп темир йўл линиясининг салоҳиятини баҳолашга оид назарий тадқиқотлар” деб номланган иккинчи бобида Ўзбекистоннинг Районлаштирилган сейсмик харитаси маълумотларига кўра Ангрен-Поп темир йўл линияси ўтган ҳудуднинг сеймик ҳавфлилик даражаси МСК шкаласи бўйича 8-9 балл, ер юзасининг максимал тебраниш тезланиши $a_{\max}=50-600$ см/сек² қийматига эга эканлиги, зилзила таъсирида темир йўл транспортида бўлиши мумкин бўлган зарарнинг турлари ва иншоотларининг шикастланиш даражалари келтириб ўтилган.

Келажакдаги зилзилалардан қутилаётган зарарни, аллақачон бўлиб ўтган кучли маҳаллий ҳодисалар натижасида кузатилган зарар асосида ва риск остида бўлган элементларнинг заифлиги тўғрисидаги жаҳон статистик маълумотларига асосланиб, зилзила оқибатида турли даражадаги шикастланган иншоотлар сонини қуйидаги формула билан башорат қилинади.

$$P_j = \sum_{i=1}^n K_{ij} B_{ij} ,$$

бу ерда K_{ij} – i турдаги иншоотлар сони; B_{ij} – i турдаги иншоотнинг j даражали шикастланиш эҳтимоли; n – кўрилаётган турдаги иншоотлар сони

Ангрен-Поп темир йўл линиясидаги бино-иншоотлар MSK-64 шкаласи бўйича зилзиланинг турли интенсивлигида шикастланиш эҳтимоли: 8 баллда 0-даражали 4%, 1-даражали 36%, 2-даражали 50%, 3-даражали 10%, ни ташкил қилади; 9 баллда 1-даражали 4%, 2-даражали 36%, 3-даражали 50%, 4-даражали 10 % ни ташкил қилади.

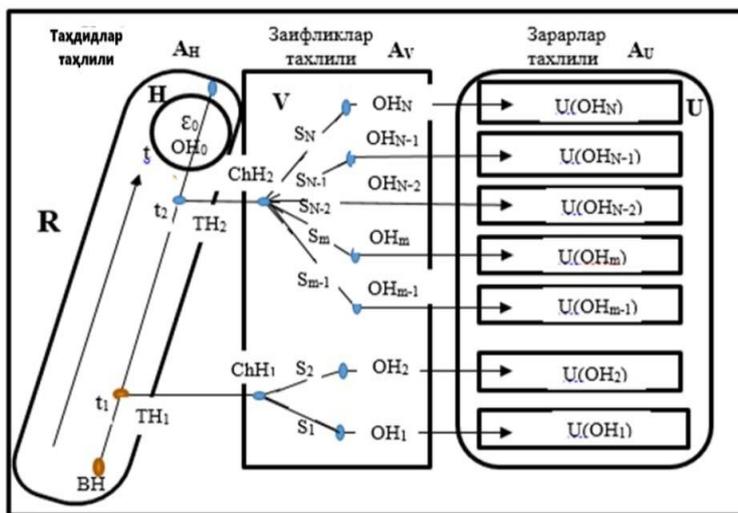
Темир йўл линияси инфратузилмаси объектларида зилзила туфайли юзага келадиган сейсмик рискни баҳолаш бўйича, темир йўл инфратузилмасининг муҳим объектларини сейсмик рискни камайтириш бўйича салоҳиятини ошириш усуллариининг математик модели ишлаб чиқилган, зилзилалар таъсирида юзага келадиган сейсмик рискнинг таҳлилига оид назарий тадқиқотлар натижалари баён этилган.

Барча яратилган усуллар учун риск - таҳдид, заифлик ва зарар асосий тушунчалардир. Темир йўл инфраструктураси объектлари ва ҳаракатланувчи таркиб (поезд) учун рискларни таҳлил қилишнинг умумий тартиби, ўрганилаётган (кўриб чиқиладиган) объектга таъсир қиладиган (таъсири мавжуд) таҳдидлар (hazard)ни, объектнинг аниқланган таҳдидларга нисбатан заифликларини (vulnerability), объект заиф бўлганида, шундай ҳолатларда намоён (юзага чиқадиган) бўладиган ҳавфларнинг зарарларини кетма-кет таҳлилларини назарда тутати ва уларни изчил кетма-кетликда ўтказишни ўз ичига олади. Рисклар таҳлилинининг умумий тартибини математик тўпламлар назарияси ёрдамида қуйидагича бирлаштириш мумкин:

$$A_R = A_H \cup A_V \cup A_U ,$$

бу ерда A_R – рисклар тўплами; A_H – таҳдидлар тўплами; A_V – заифликлар тўплами; A_U – зарарлар тўплами.

Темир йўл инфратузилмаси объектлари рисклари таҳлилинини ўтказиш, темир йўл тизимини графлар назариясига асосланган тузилмаси схемасини (1-расм) ишлаб чиқиш орқали амалга оширилади.



1-расм. Темир йўл транспорти объекти(йўл полотноси, кўприк, подстанция, электр таъминот тармоғи, станциялар ва бошқалар)нинг rischi ва хавфсизлик таҳлили тузилмаси: R - риск, H – таҳдид, V - заифлик, U - зарар

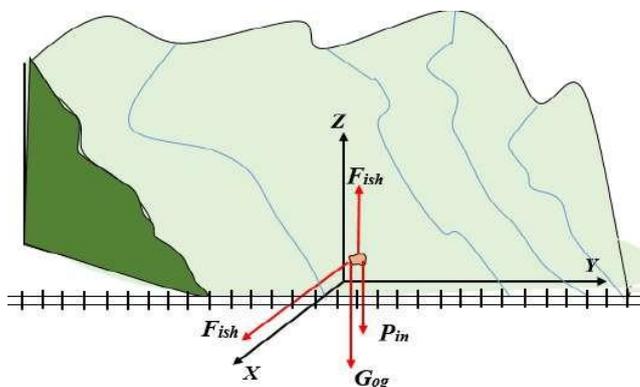
Объектнинг заифлиги тасодифий ҳодисалар (бузилишлар) ва бу ҳодисалар ўртасидаги сабаб-оқибат муносабатлари сценарийлари тўплами, яъни тизимнинг сценарий графини тузилиши билан тавсифланади. Бундай ҳолда, объектнинг заифлик параметрлари, турли кўринишдаги ва интенсивликдаги турткиловчи воқеа (ташқи ёки ички)дан кейин тизимда келиб чиқадиган, ривожланадиган авария содир бўлган тақдирда, объектнинг турли охири ҳолатларини юзага келишини шартли эҳтимоллари бўлади. Заифликларни таҳлил қилиш объектнинг охири ҳолатларига етиб келгунга қадар бошланғич ҳодисадан кейин содир бўлган ҳодисалар ўртасидаги воқеалар ва сабаб-оқибат муносабатларини ўрганишни ўз ичига олади.

Тоғли ҳудуддан ўтган темир йўл объектларида сейсмик риск (таҳдид ва зарар) даражаси юқори бўлиши, таъмирлаш ишларининг давомийлиги талофот кўрган иншоотларнинг зарарланиш миқдори, тури, конструкцияси ва шикастланиш даражасига боғлиқлиги, зилзила пайтида темир йўл объектлари, тоғ жинслари мажбурий равишда механик тебрана бошлаши, тебраниш жараёнида иштирок этадиган элементларнинг (тоғ жинслари, қоялар) турғунлик (барқарорлик) шартлари ўзгариши, қияликлар юзасида ички ва ташқи ишқаланиш кучлари таъсирида ҳаракатсиз турган тоғ жинслари массаларининг инерция кучлари юзага келиши, тоғ жинслари турғунлигини таъминловчи умумий кучлар мувозанати бузилиши, қиялик юзасидаги тоғ жинслари 6-7 балл интенсивликдаги зилзила пайтида силжий бошлаши назарий таҳлил этилди.

Транспорт воситаларининг ҳаракат тезлигига ва ҳаракатланувчи таркиб оғирлигига чеклов киритиш заруриятини келтириб чиқарувчи, тоғли ҳудудларда тошлар уюми тўкилиши, тоғ ёнбағридан тўкилган қум, шағал ва катта тош бўлаклари темир йўл изларини тўсиб қўйиб, йўлларни мувофиқ равишда эксплуатация қилишни қийинлаштиради. Ушбу жараёни зилзила интенсивлигига боғлиқлик қонуниятлари ўрганиб чиқилди.

Ноструктуравий хавфларнинг сабаблари ағдарилиш, қулаш ва вайрон

бўлишдир. Агар унинг масса марказидан вертикал равишда туширилган оғирлик вектори таянч майдони (2-расм) ҳосил қилган контур ичидан ўтса ва сирпаниш ишқаланиш кучининг катталиги етарли бўлса, қияликларда жойлашган тоғ жинсларининг ҳолати барқарордир. Зилзила пайтида темир йўл объектлари, шу жумладан, уларнинг конструктив бўлмаган элементлари, тоғ жинслари мажбурий равишда механик тебрана бошлайди.



2-расм. Қияликлар юзида ҳаракатсиз турган тоғ жинслари массаларига таъсир қиладиган ички ва ташқи кучлар схемаси

Тебраниш жараёнида иштирок этадиган элементларни (тоғ жинслари, қоялар) турғунлик (барқарорлик) шартлари ўзгаради, чунки қиялик сиртларида ички ва ташқи ишқаланиш кучлари таъсирида ҳаракатсиз турган тоғ жинслари массаларининг инерция кучлари юзага келади, тоғ жинслари турғунлигини таъминловчи умумий кучлар мувозанати ўзгаради. Бундай ҳолатда, ҳаракатсиз ётган тоғ жинслари элементининг барқарорлиги қуйидаги тенгламалар билан тавсифланади:

$$\begin{aligned}
 F_{mpx} + G_{nox} + P_{onx} &= 0 & M_{mpx} + M_{nox} + M_{onx} &= 0 \\
 F_{mry} + G_{noy} + P_{ony} &= 0 & M_{mry} + M_{noy} + M_{ony} &= 0 \\
 F_{mpz} + G_{noz} + P_{onz} &= 0 & M_{mpz} + M_{noz} + M_{onz} &= 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 M_{mpx} + M_{nox} + M_{onx} &= 0 \\
 M_{mry} + M_{noy} + M_{ony} &= 0 \\
 M_{mpz} + M_{noz} + M_{onz} &= 0
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

(1) ва (2) формулалар таҳлили шуни кўрсатадики, $F_{mpx} < P_{onx}$ учун структуравий бўлмаган тоғ жинси X ўқи бўйлаб, $F_{mry} < P_{ony}$ - учун Y ўқи бўйлаб, агар $M_{nox} > M_{onx}$ учун структуравий бўлмаган тоғ жинси барқарор бўлса, $M_{nox} < M_{onx}$ учун y ағдарилиб кетади, $M_{noy} > M_{ony}$ учун структуравий бўлмаган тоғ жинси барқарор, $M_{noy} < M_{ony}$ учун y олдинга ёки орқага бурилади. Тузилмавий бўлмаган элементнинг таянч майдонининг геометрик марказига нисбатан масса маркази силжиши билан ағдарилиш эҳтимоли ортади. Инерция кучининг қиймати тўғридан-тўғри тоғ жинси массаси ва зилзила тезланишнинг катталигига боғлиқ бўлиб, бу структуравий бўлмаган тоғ жинсига сейсмик зарбалар беради. Структуравий бўлмаган элементнинг массасига сейсмик зарбаларнинг тезлашишини қуйидаги эмпирик формула билан ҳисоблаш мумкин:

$$\ln \bar{a} = -0,21 + 0,34 \cdot I \pm 0,33, \text{ см/с}^2; \tag{3}$$

$$\ln \bar{a} = 0,167 + 0,3 \cdot I \pm 0,43, \text{ см/с}^2, \tag{4}$$

бу ерда \bar{a} – ер юзаси тебранишларининг ўртача тезланиши, см/с²; I – сейсмик тебранишлар интенсивлиги, МСК-64 балларида.

Интенсивликнинг қиймати, ўз навбатида, зилзила кучига боғлиқ; зилзила эпицентри билан конструктив бўлмаган қояларда жойлашган тоғ жинслари худудининг жойлашуви ўртасидаги масофа, тупроқ таркиби, ер ости сувлари сатҳи, зилзила манбаи жойлашган жойнинг чуқурлиги бўйича

(3) ва (4) формулаларни қуйидаги шаклда ёзамиз:

$$\bar{a} = 10^{(-0,21+0,34 \cdot I \pm 0,33)}; \quad (5)$$

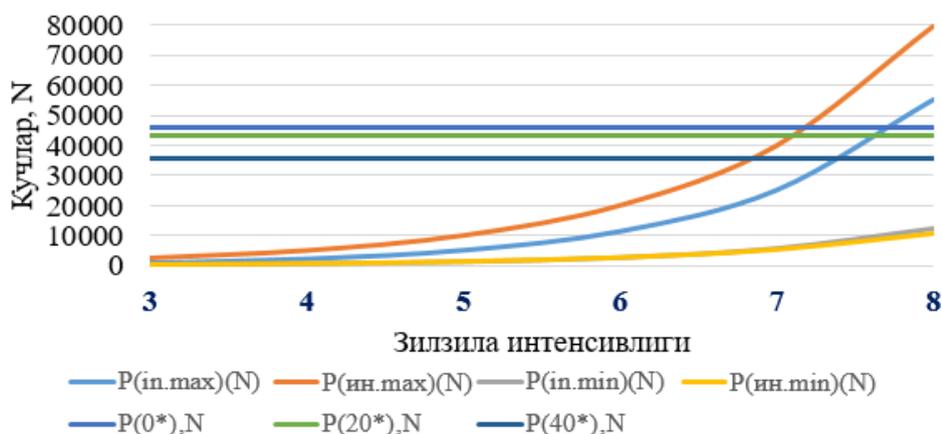
$$\bar{a} = 10^{(0,167+0,3 \cdot I \pm 0,43)} \quad (6)$$

Ушбу формулалар (5) ва (6) орқали зилзила тебранишларидан юзага келадиган, қияликка боғланмаган, ишқаланиш кучи эвазига барқарор турган тоғ жинсларининг инерция кучларини қуйидаги формулалар ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$P_{in} = m \cdot 10^{(-0,21+0,34 \cdot I \pm 0,33)}; \quad (7)$$

$$P_{in} = m \cdot 10^{(0,167+0,3 \cdot I \pm 0,43)} \quad (8)$$

Зилзила интенсивлиги 3 дан 7 балларгача (МСК-64) ва структуравий бўлмаган тоғ жинслари массаси 200-8000 кг, улар жойлашган қияликлар бурчаги 0-40 градусгача бўлганда (зилзила тебранишлари частотаси 2-6 Гц), G_m , F_{mp} ва P_{in} кучларининг сейсмик тебранишларнинг тезланишига боғлиқлик қонунияти ўрганилди.



3-расм. Тоғ жинслари элементларига таъсир қилувчи кучларнинг зилзила интенсивлигига боғлиқлиги

Тоғ жинслари элементларининг қияликлардаги барқарорлигини таҳлил қилиш учун (7) ва (8) формулалар ёрдамида олинган ҳисобланган маълумотларга асосланиб, структуравий бўлмаган элементга таъсир қилувчи кучларнинг зилзила интенсивлигининг катталигига боғлиқлиги графиги қурилди (3-расм).

Диссертациянинг “Темир йўл инфратузилмаси объектларининг сейсмик рискни камайтириш бўйича салоҳиятини баҳолашга оид экспериментал тадқиқотлар дастури ва усуллари” деб номланган учинчи

бобида зилзилалар таъсирида яроқсиз ҳолга келиб қолиш эҳтимоллигини ўрганиш дастури, зилзилалар таъсирида яроқсиз ҳолга келиб қолиш эҳтимоллигини ўрганиш бўйича экспериментал тадқиқот объекти, экспериментал тадқиқотлар натижаларини қайта ишлаш усуллари бўйича маълумотлар келтирилган.

Ўзбекистон темир йўлларининг йўловчилар ҳамда юклар ташиладиган асосий йўналишларининг каттагина қисми зилзила частотаси юқори бўлган ҳудудлар орқали ўтади ва темир йўл инфраструктураси объектлари (подстанциялар, разъездлар, станциялар, кўприклар, виадуклар, аквадуклар ва бошқалар) ҳам, табиий равишда, ушбу ҳудудларда жойлашган. Зилзилада икиламчи иқтисодий омилларнинг таъсири натижасида юзага келадиган оқибатлари ва жуда катта зарар етказиш эҳтимоллари санаб ўтилган. Зилзила пайтида транспорт воситаларининг зиён кўриш даражаси уларнинг атмосфера, гидросфера, литосфералар таъсири ҳамда техноген таъсирлар сабабли жисмоний емирилиш ҳолатига, шунингдек, сейсмик ҳудудларда транспорт иншоотлари қурилиши ва назорат қилиниши борасидаги махсус талабларни қай даражада бажарилганлигига боғлиқ бўлади.

Темир йўл инфратузилмаси объектларининг сейсмик рискни камайтириш бўйича салоҳиятини баҳолашга оид кузатув, фотохрометраж, нотузилмали сейсмик риск ҳудудларни аниқлаш, ушбу линияда фаолият юритувчи ишчи ходимларни сейсмик риск бўйича салоҳиятини ўрганишга оид экспериментал тадқиқотлар дастури ишлаб чиқилди. Сўнги 10 йилларда фойдаланишга топширилган Ангрен-Поп темир йўл линияси иншоотлари кўп сонли ва вазифалари бўйича турлича бўлиб, улар кўприклар, виадуклар, аквадуклар ва тоннеллар мажмуасидан ташкил топган ноёб ва мураккаб элементлари кетма-кет уланган техник тизимдан иборат, ушбу линияда кўплаб кўприклар, виадуклар, аквадуклар ва тоннеллар мавжуд. Биринчидан бу темир йўл иншоотлари қимматбаҳо ноёб иншоотлардир, иккинчидан уларни сейсмик бўйича салоҳиятини етарли даражада эмаслиги, яъни зилзилалар таҳдиди, инфратузилма объектларидаги заифликлар сейсмик риск(зарар) кўламини катта бўлишига, фавқулодда вазиятлар келиб чиқиши эҳтимолини кескин ортишига тўртки бўлади. Ушбу темир йўл линиясининг зилзилалар таъсирида яроқсиз ҳолга келиб қолиш эҳтимолини ўрганиш бўйича олинган космик суратлар унинг денгиз сатҳидан 800-1200 метр баландликда жойлашганлигини кўрсатади. Темир йўл инфратузилмасига тегишли тадқиқот объектларини таҳлил қилиш учун сейсмик рисклар эҳтимоли юқори йўл ўтган ҳудудлар ўрганиб чиқилди ва фотохрометраж ўтказилди. Экспериментал тадқиқотлар, кузатувлар фотохрометраж, анкета-сўров натижаларини қайта ишлашда назарий прогностик таҳлил, математик статистика, графлар назарияси ва моделлаштириш, эксперт баҳолаш (анкета-сўров) ҳамда фотохрометражи усулларида амалий компьютер дастурларидан фойдаланилган.

Ўзбекистон темир йўлларининг йўловчилар ҳамда юклар ташиладиган асосий йўналишларининг каттагина қисми зилзила частотаси юқори бўлган МСК шкаласи бўйича 8-9 баллик зилзила, ер юзасининг максимал тебраниш

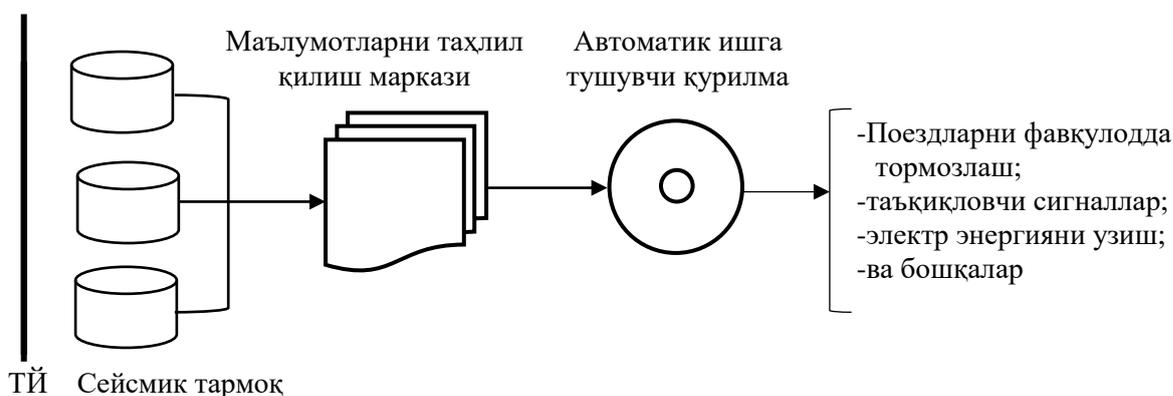
тезланиши $a_{\max}=50-600$ см/сек² ҳудудда жойлашганлиги, темир йўл инфратузилмаси объектларини сейсмик таҳдидлар эҳтимоли юқори бўлган жойлари аниқланди.

Тоғ ва тоғ олди сейсмик актив ҳудудлардан ўтган темир йўл линияларининг сейсмик риск эҳтимоли бўлган объектларни ҳаракатланувчи таркибни фавқулодда вазиятлардаги хавфсизлигига салбий таъсир этувчи кўрсаткичларни баҳолашни, экспериментал тадқиқотлар натижаларини қайта ишлашни назарий прогностик таҳлил, математик статистика, графлар ва моделлаштириш, эксперт баҳолаш (анкета-сўров) ҳамда фото-видеохронометраж усуллари танланди.

Диссертациянинг **“Сейсмик рискни камайтириш бўйича Ангрен-Поп темир йўл линиясининг салоҳиятини оширишга оид ташкилий техник ечимлар”** деб номланган тўртинчи бобида назарий тадқиқотлар натижаларининг ҳаққонийлигини ўрганиш юзасидан тадқиқот вазифаларига биноан темир йўл инфратузилмаси объектларининг сейсмик рискни баҳолашга оид экспериментал тадқиқотлар натижаларининг таҳлили, алоҳида объектлар учун ишлаб чиқилган техник ечимлар, темир йўл линиясининг сейсмик рискни камайтириш бўйича салоҳиятини оширишга оид техник ечимларнинг ижтимоий-иқтисодий самарадорлигини баҳолашга доир маълумотлар баён этилган.

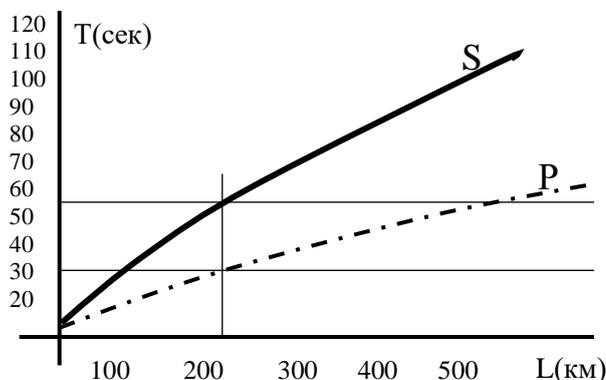
Ангрен-Поп темир йўл линиясида ўтказилган кузатувлар ҳамда ходимлар билан ўтказилган анкета-сўров натижалари асосида мазкур линиянинг сейсмик риск бўйича салоҳияти паст даражада эканлиги аниқланди. Темир йўл линиясининг сейсмик рискни камайтириш бўйича салоҳияти етарли даражада эмаслиги ушбу ҳудудда zilзила содир бўлган лаҳзаларда темир йўл бўйича ҳаракатланаётган юк ва йўловчи ташиш ҳаракатланувчи таркибларга катта зарар етиш эҳтимоли мавжуд.

Ангрен-Поп темир йўл линиясида сейсмик рискни камайтириш бўйича ҳудудда zilзила содир бўлганда замонавий технологиялар асосида сейсмик тўлқинлар сигналини қайта ишлаш ва маълумотларни zilзила тўлқинлари тарқалиши тезлигидан бир неча марта катта тезликда узатиш имконига эга бўлган Эрта огоҳлантирувчи тизим (ЭОТ) танлаб олинди ва уни амалиётга жорий этиш тавсия этилди (4-расм.).



4-расм. Зилзиладан эрта огоҳлантириш тизимининг схемаси

Зилзила туфайли юзага келган сейсмик тўлқинларга оид узатиладиган сигнал кучли сейсмик тебранишлардан бир неча дақиқа олдин қабул қилиш имкони сабабли (5-расм.), автоматик ўчириш (поездларни тўсатдан тўхтатиш, светофорларни тақиқловчи сигналини ёқиш, электр энергиясини узиш) орқали моддий йўқотишларни ва инсон ўлимини камайтириши ҳамда экологик офатларнинг олди олиниши мумкин .



5-расм. Сейсмик тўлқинларнинг етиб келиш вақтлари

Илмий изланишлар натижаларига кўра зилзила бўлишидан 3 сония олдин огоҳлантириш бахтсиз ҳодисалар ва қурбонлар сонини 14% га, 10 сония олдин – 39 % га, 20 сония олдин – 63%га қисқартириши мумкин.

Жисмоний ва иқтисодий зарарни ҳисоблашда қўлланиладиган сейсмик риск даражаси 90% ли эҳтимол билан 50 йил ичида сейсмик таъсирларнинг юзага келишлигига тўғри келади. Ушбу эҳтимоллик даражаси анъанавий сейсмик рискни лойиҳалаш ва қуришда баҳолаш учун умумий қабул қилинган стандартдир.

Табиий офатлар туфайли зилзила таъсирида кўрилган иқтисодий зарар, темир йўл ҳаракати барқарорлигини ошириш, моддий ва молиявий зарарларни аниқлаш, фавқулодда вазиятлар сценарийси асосида аниқланди.

Сейсмик актив ҳудудларда жойлашган темир йўлда хавфсизликни таъминлаш учун таклиф этилган эрта огоҳлантириш тизимини амалиётга жорий этиш, жумладан тоғли ҳудуддан ўтувчи Ангрен-Поп темир йўл линиясида қўллаш мазкур линиянинг сейсмик рискларни камайтириш бўйича салоҳиятини кескин ошириш имкониятини беради

Ангрен-Поп темир йўл линияси сейсмик актив зонадан ўтганлигини кўпчилик ишчи ходимлар билмаслиги, технологик йўлакларнинг айрим қисмлари махсус машиналарни ҳаракатини таъминламаслиги, зилзила туфайли тош, ер сурилиши ва қор кўчкиси оқибатида темир йўл изларининг тўсилиб қолиш жойлари аниқланмаганлиги, айрим ишчи-ходимлар зилзиланинг иккиламчи оқибатларидан қисман хабардор эканлиги, авария-тиклаш ишлари 6-10 кунни ташкил қилиши тасдиқланди.

Ташилаётган юклар манзилга кечикиб бориш эҳтимоли ўрганилмаган, ходимларга зилзила содир бўлганда юзага келадиган фавқулодда вазиятларда бажариши лозим бўлган вазифалар тақсимланмаган ва аниқ шахсларга

юклатилмаган, темир йўл линияси объектларида зилзила таъсири, иккиламчи хавфлар, муҳофаза чоралари мавжуд эмаслиги, ҳамда зилзилага тайёргарлик бўйича олдиндан бажариладиган тадбирлар, вазифаларни тақсимлаш, ўқув машғулотлари режалари ишлаб чиқилмаганлиги ва ўтказилмаганлиги аниқланди. Сейсмик фаол ҳудудлардан ўтадиган темир йўлларда зилзилани вайрон қилувчи (кўндаланг) тўлқини етиб келишидан олдин хабар берувчи, темир йўлга ихтисослашган, тезкор, автоматик, сезгир, автоном режимда ишлайдиган, сейсмик тизимлар билан интеграцияланадиган эрта огоҳлантириш тизими (ЭОТ) танланди.

Темир йўл линиясининг сейсмик рискни камайтириш бўйича салоҳиятини оширишга оид техник ечим, ЭОТ жорий этишга йўналтириладиган пул маблағларини ҳисобга олмаган ҳолда, корхона ишлаб чиқаришига етказиладиган 1,935 млрд. сўм эҳтимолли зарарни бартараф этади, зилзила оқибатида содир бўладиган авария ва бахтсиз ҳодисалар юзага келиши эҳтимолини кескин пасайтиради, инсонлар ҳаётини ва соғлигини йўқотилишини олдини олади.

ХУЛОСА

“Сейсмик рискни камайтириш бўйича Ангрен-Поп темир йўл линияси салоҳиятини баҳолаш ва уни оширишга оид ташкилий-техник ечимлар ишлаб чиқиш” мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича ўтказилган тадқиқот натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Ангрен-Поп темир йўл линиясида жойлашган объектларининг сейсмик рисклар вужудга келиш манбаларида хавфсизликни таъминлашнинг ўзига ҳос хусусиятларини эътиборга олган ҳолда юқори даражадаги сейсмик фаоллик туфайли юзага келадиган рисклар кўламнинг тоғ ва тоғ олди ҳудудларида жойлашган темир йўл объектларига таъсири хавфларнинг ўзгариш динамикаси ёрдамида асосланган. Натижада сейсмик хавфли ҳодисаларнинг темир йўл объектлари ва ҳаракатланувчи таркибларга кўрсатадиган зарарларни ўрганиш имконини берган;

2. Сейсмик фаоллиги юқори бўлган темир йўл линиясида жойлашган объектларда зилзила туфайли зарар етказилиши кутилаётган иншоотлар хавфсизлигини таъминлаш имкониятларини ҳисобга олган ҳолда рискларни бошқариш сценарийларининг хавфсизлик таҳлили тузилмаси асосида сейсмик рисклар эҳтимолини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган. Натижада сейсмик хавфлар, объектларнинг заифликлари ҳамда кўриладиган зарарлар миқдорини назарий таҳлил қилиш имкони яратилган;

3. Тоғ ва тоғ олди ҳудудларида жойлашган темир йўл объектлар сонини ҳисобга олган ҳолда иншоотларда кузатиладиган тебранишлар билан боғлиқ сейсмик рисклар сценарийлари асосида сейсмик фаолликни эрта огоҳлантириш тизимларидан фойдаланиб объектларда рискларни юзага келиш жараёнини камайтириш сценарийларининг математик модели ишлаб

чиқилган. Натижада темир йўл иншотларида зилзиланинг юзага келиш сабаблари, ривожланиши, оқибатларини аниқлаш имконини берган;

4. “Экспериментал ва кузатиш тадқиқотлар” орқали сейсмик фаоллиги юқори бўлган темир йўл объектларида нотузилмавий элементларнинг зилзила интенсивлиги таъсирида юзага келадиган силжишлари оқибатида пайдо бўлиши мумкин бўлган хавфли оқибатларни юмшатишга қаратилган эрта огоҳлантириш тизими ишлаб чиқилган. Натижада, фавқулодда вазиятлар рисклари кўламининг қисқариши, эҳтимолли моддий йўқотишлар ва инсонлар ўлимининг олди олинишига эришилган;

5. Темир йўл линияси инфратузилмаси объектларида зилзилалар таъсирида юзага келадиган ноструктуравий сейсмик рискнинг назарий таҳлили ўтказилди, тоғ жинслари элементларининг қияликлардаги барқарорлиги ноструктуравий элементга таъсир қилувчи кучларнинг зилзила интенсивлигига боғлиқлиги, тоғ жинслари 6-7 балл интенсивликдаги зилзила пайтида силжий бошлаши аниқланди;

6. Тадқиқот натижалари “Ўзбекистон темир йўллари” АЖнинг “Ҳаракат хавфсизлиги ва меҳнат муҳофазаси бошқармасига” жорий этилган. Натижада, темир йўл объектларига таъсир этувчи зилзила туфайли юзага келадиган фавқулодда вазиятларда хавфларни камайтириш чора-тадбирларини ишлаб чиқиш, ҳаракат хавфсизлигини таъминлашга эришилган. Умумий иқтисодий самара 1,935 млрд. сўмни ташкил этади.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ
СТЕПЕНЕЙ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.15/30.12.2022.Т.73.07 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

НУРМАТОВ ХАСАНБОЙ МИРЗАХМЕДОВИЧ

**ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ АНГРЕН-
ПАП ПО СНИЖЕНИЮ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА И РАЗРАБОТКА
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ЕГО
ПОВЫШЕНИЮ**

**05.10.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная, промышленная,
ядерная и радиационная безопасность**

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

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2020.3.PhD/T1884

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

Научный руководитель:	Сулайманов Суннатулла Сулайманович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Муртазаев Кувандик Мустафаевич доктор технических наук (DSc), доцент Янгибоев Хуршидбек Нурмухаммад ўгли доктор философии по техническим наукам (PhD)
Ведущая организация:	Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Защита диссертации состоится 16 января 2026 г. в 14⁰⁰ часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.07 при Ташкентском государственном транспортном университете. Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер - 307). Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-04-39.

Автореферат диссертации разослан “24” декабря 2025 года
(реестр протокола рассылки № 15 от “24” декабря 2025 года..

Рахимов Р.В.
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

Рузметов Я.О.
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

Р.С. Разиков
Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению
к.т.н. доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире на транспортных коридорах с каждым годом повышается доверия к предъявляемые к сейсмостойкости сооружений, а также разработке систем мониторинга сейсмической опасности, возникающей на объектах, на основе применения мер раннего выявления землетрясений с целью обеспечения сейсмической безопасности. В развитых странах, как США, Россия, Япония, Китай, Швеция и др. в сфере железнодорожного транспорта “...ущерб инфраструктуре в результате наблюдения землетрясений составляет 20%, а движение поездов приостанавливается на 3-17 суток...”, важно значение приобретает использовать передовые инновационные технологии для прогнозирования сейсмических рисков инфраструктуры, создать национальную систему предупреждения сейсмической безопасности и определить, оценить масштабы последствий рисков на основе их сценариев, а также внедрить новые стандарты безопасности. В том числе, на железнодорожном транспорте особое внимание уделяется повышению сейсмического потенциала железнодорожных объектов, снижению технико-экономических затрат в процессе перевозок.

В мире проводятся научные исследования, направленные на минимизацию ущерба, вызванного высокой интенсивностью сейсмической активности, предотвращение рисков, ведение системы раннего предупреждения и совершенствование метода оценки эффективности. В частности, приоритетное значение приобретают научные исследования по изучению масштабов сейсмических рисков, возникающих в результате воздействия землетрясений на объектах, расположенных в горных и предгорных районах, оценке вероятности повреждения объектов на основе структуры анализа безопасности и разработке соответствующих сценариев. В то же время разработка математических моделей, направленных на снижение процесса возникновения рисков на объектах на основе сценариев сейсмических рисков, минимизация возможных потерь, а также создание систем раннего предупреждения, служащих смягчению последствий рисков, возникающих под воздействием вертикальных и горизонтальных смещений, и совершенствование методики оценки масштаба воздействия сейсмической активности является одной из актуальных научных задач.

В нашей республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по ускоренному развитию транспортной системы, в том числе по повышению потенциала по снижению сейсмических рисков, вызванных землетрясениями на объектах, расположенных в предгорных и горных районах, обеспечению безопасности движения грузовых и пассажирских поездов, в этом направлении достигнуты определенные результаты. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, в частности, определены приоритетные направления по “...систематизации мер по предупреждению и оперативному ликвидации чрезвычайных ситуаций,... повышению эффективности мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций,...

модернизации системы оповещения населения в чрезвычайных ситуациях”³ и в Стратегии “Узбекистан - 2030” “...внедрению национальной системы раннего оповещения о сильных землетрясениях в Республике на основе интеграции с глобальной системой международных сейсмических наблюдений”⁴. Для достижения этих целей одной из важных задач является выявление, оценка и разработка системы раннего предупреждения масштабов сейсмических рисков, возникающих под влиянием землетрясений на объектах, расположенных в горных и предгорных районах инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Законе Республики Узбекистан от 13 сентября 2021 года № ЗРУ-713 “Об обеспечении сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан”, Постановлении Президента Республики Узбекистан от 17 апреля 2024 года № ПП-161 “О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений и совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности” Указе Президента Республики Узбекистан от 30 мая 2022 года № УП-144 “О мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности Республики Узбекистан” а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в рамках пункта 10 программы “Высокоскоростные транспортные средства, создание интеллектуальных технологий управления ими” приоритетного направления науки и технологий республики.

Степень изученности проблемы. Землетрясения относятся к числу опасных природных явлений, вызывающих чрезвычайные ситуации, и причины их возникновения, последствия влияния сейсмического риска на техносферную систему широко изучаются учеными всего мира.

Научные исследования по оценке сейсмостойкости железнодорожных объектов, управлению рисками строительной деятельности проводились такими крупными исследователями мира, как Такахиро Хагивару, Такаши Саито, Гони Ягода-Бирани, Тидеманн, Ганс-Юрген Генрих, В.И. Кейлис-Борок, Т.Л. Кронрод, Х.Г. Хоуснер, Г.М. Молчан, С.С. Тимофеева, С.В. Медведев, А.Ю. Чаускин, О.А. Сахаров, Г.А. Соболева, К.С. Сергин, В.И. Г.С. Ли, Коробкин, Т.В. Суконникова, Н.И.Фролова, Н.В. Шебалин, В.С. Воробьев, И.В. Горбунова, Г.А. Рушанская, А.В. Петрушин, Г.С. Шестоперов, П.П. Васильев, А.С. Гринин, Н.А. Махутов, Д.О. Резников, А.Н. Жилин, Т.А. Мамаева, В.А. Кузнецов., В.П. Шевелев, А.А. Гринко и другие.

³ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы”.

⁴ Указ Президента Республики Узбекистан от 11 сентября 2023 года № УП-158 “О Стратегии “Узбекистан – 2030”.

Научные работы известных ученых Узбекистана посвящены строительству сейсмостойких зданий и сооружений, специальной сейсмической защите железнодорожных мостов, разработке и совершенствованию технологии строительства в районах с высокой сейсмичностью. В частности, В.А. Исмаилов, Ш.И. Ёдгоров, А.С. Хусамиддинов, Э.М. Ядыгаров, Ш.Б. Авазов, К.Н. Абдуллабеков, Р.С. Ибрагимов, О.Р. Ибрагимов, К.С. Карапетова, Д.Н. Рустамович, С.А. Абдурахманов, Т.С. Валиев, С.М. Касимов, Л.Т. Плотникова, Н.Г. Мавлянова, Р.Ш. Инагамов, А.Р. Холдороров, Д.В. Иномов, Т.К. Аманкулов, Н.О. Оразимбетов, С.А. Шанин, В.И. Уломов, А.А. Абдукадиров, Т.У. Артиков, Р.П. Фадинова, А.Н. Султанходжаев, Г.Ю. Азизов, И. Рахманов, Г. Искандаров, З.С. Дадабаева, М.А. Ахмедов, С.С. Сулайманов, У.З. Шермухамедов, Ш.Х. Абдазимов и другие ученые достигли положительных результатов в этой области на основе своих исследований в разные годы.

В тоже время недостаточно внимания уделяется оценке потенциала железнодорожной линии Ангрэн-Пап, проходящей через предгорные и горные районы, оценке сейсмического риска, вызванного землетрясениями, повышению потенциала по снижению сейсмического риска и разработке инновационных технических решений.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация: Диссертационное исследование выполнено в рамках мероприятий “Разработка методологических основ оценки риска возникновения возможных чрезвычайных ситуаций и возможного ущерба от них” и “Повышение производственного потенциала предприятий и уровня защиты производственных ресурсов” включенных в Национальный план действий по реализации Стратегии достижения целей “Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015-2030 годы” в Республике Узбекистан на период 2019-2030 годы и включенных в план научно-исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета.

Цель исследования является повышение уровня безопасности в чрезвычайных ситуациях путем комплексной оценки потенциала железнодорожной линии Ангрэн–Пап по снижению сейсмического риска и разработки научно обоснованных организационно-технических решений, направленных на его повышение.

Задачи исследования:

Анализ источников возникновения сейсмических рисков устойчивости железнодорожной линии Ангрэн-Пап на основе показателей сейсмической активности территорий, где расположены объекты железнодорожного транспорта Узбекистана;

Оценка сейсмического риска, вызванного землетрясением на объектах инфраструктуры железнодорожной линии Ангрэн-Пап;

разработка математической модели сценариев снижения сейсмического риска (угрозы и ущерба) объектов железнодорожной инфраструктуры;

Разработка математической модели неструктурного сейсмического риска на объектах инфраструктуры железнодорожной линии Ангрэн-Пап;

проведение экспериментальных исследований по оценке потенциала железнодорожной линии Ангрэн-Пап по снижению сейсмического риска;

оценка социально-экономической эффективности инновационных технических решений по повышению потенциала железнодорожной линии Ангрэн-Пап по снижению сейсмического риска.

Объектом исследования является сложная система технической инфраструктуры железнодорожной линии Ангрэн-Пап, расположенной и эксплуатируемой в сейсмоопасных горных и предгорных районах.

Предметом исследования являются организационно-технические мероприятия, методы и технологии, оценки прогнозирования и снижения сейсмического риска в процессе эксплуатации железнодорожной линии Ангрэн-Пап.

Методы исследования. В процессе работы использовались методы теоретического прогностического анализа, математической статистики, теории графов и моделирования, экспертной оценки (анкетирования) и фотохронометража. Применение указанных методов позволило усовершенствовать подходы к оценке показателей, отрицательно влияющих на безопасность объектов и подвижного состава в чрезвычайных ситуациях, связанных с сейсмическим риском на железнодорожных линиях, проходящих через горные и предгорные сейсмоактивные районы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обосновано влияние масштабов рисков, возникающих вследствие высокой сейсмической активности, на железнодорожные объекты, расположенные в горных и предгорных районах, с учётом специфических особенностей обеспечения безопасности в источниках формирования сейсмических рисков объектов, размещённых на железнодорожной линии Ангрэн–Пап, на основе анализа динамики изменения опасностей;

разработан метод расчёта вероятности сейсмических рисков на основе структуры анализа безопасности сценариев управления рисками с учётом возможностей обеспечения безопасности сооружений, для которых ожидается причинение ущерба в результате землетрясений на объектах, расположенных на железнодорожной линии с высокой сейсмической активностью;

на основе “экспериментальных и наблюдательных” исследований разработана система раннего предупреждения, направленная на снижение опасных последствий, которые могут возникнуть в результате смещений неструктурных элементов на железнодорожных объектах с высокой сейсмической активностью под воздействием интенсивности землетрясений;

усовершенствована методика оценки масштаба воздействия сейсмической активности с целью обеспечения безопасности объектов железнодорожной инфраструктуры с учётом численности пассажиров в подвижном составе и возможного ущерба, который может быть причинён объектам.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

подтвержден низкий потенциал железнодорожной линии Ангрэн–Пап по снижению сейсмического риска на основе данных экспериментальных исследований;

предложена система раннего предупреждения (СРП), способная обрабатывать сигналы сейсмических волн и передавать данные с использованием современных технологий со скоростью, в несколько раз превышающей скорость распространения разрушающих (поперечных) сейсмических волн;

применение СРП позволяет предотвратить материальные потери, человеческие жертвы за счёт автоматического отключения инженерных систем до прибытия разрушительной волны землетрясения.

Достоверность результатов исследования. Методы оценки сейсмического риска, оказывающего негативно воздействие на безопасность объектов железнодорожных линий, расположенных в горных и предгорных сейсмически активных районах, обеспечивают высокую степень достоверности получаемых результатов. Это достигается за счет применения комплекса теоретико-прогностических подходов, методов математической статистики, теории графов и моделирования, а также экспертной оценки (анкетирования) и фотохронометража.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что на основе показателей сейсмической активности горных и предгорных территорий разработана математическая модель прогнозирования источников возникновения сейсмических рисков и устойчивости железнодорожных сооружений на линии Ангрэн–Пап. Создана математическая модель сейсмического риска на основе теории математических множеств, включающая показатели вероятной угрозы землетрясений, уязвимости сооружений и наносимого ущерба. Разработана физико-математическая модель зависимости влияния сейсмического риска неструктурных элементов (горных пород,) от значения интенсивности землетрясения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что использование системы раннего оповещения, позволяющей принимать сигнал о сейсмических волнах, вызванных землетрясениями, за несколько минут до сильных разрушающих сейсмических колебаний на основе современных технологий, предостерегает материальные потери и человеческие жертвы за счет автоматического отключения (внезапная остановка поездов, включение запрещающего сигнала светофора, отключение электроэнергии), позволяет резко повысить потенциал по снижению сейсмических рисков, экономическая эффективность составляет 1,935 млрд. сумов.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов проведенных научно-исследовательских работ по оценке потенциала железнодорожной линии Ангрэн-Пап, снижению сейсмического риска и разработке организационно-технических решений по его повышению:

система раннего предупреждения по смягчению последствий сейсмических рисков, внедрена в Управление охраны труда и промышленной

безопасности АО „Узбекистон темир йуллари“ (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан от 12 мая 2025 года № 4/Е663). В результате достигнуто сокращение масштабов рисков чрезвычайных ситуаций, предотвратить возможные материальные потери и человеческие жертвы;

метод прогнозирования вероятности сейсмических рисков, возникающих на железнодорожных объектах, расположенных в горных и предгорных районах, математическая модель сценариев управления рисками, а также метод определения закономерностей смещения неструктурных элементов железнодорожных объектов под воздействием землетрясений внедрены в Управление охраны труда и промышленной безопасности АО „Узбекистон темир йуллари“ (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан от 12 мая 2025 года № 4/Е663). В результате обеспечена возможность прогнозирования рисков и, с учётом их масштабов, проведения подготовительных мероприятий по снижению последствий, а также разработки технических мер, направленных на предотвращение смещения неструктурных элементов под воздействием землетрясений.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования прошли апробацию на 8 научно-практических конференциях, в том числе на 1 зарубежной, 4 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 19 научных работ, из них 5 статей опубликованы в зарубежных журналах (1 в базе данных “Scopus”), 5 статей опубликованы в журналах ВАК Республики Узбекистан, 8 статей опубликованы в сборниках научно-практических конференций, 1 получено свидетельство на базу данных для ЭВМ от Агентства по интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 97 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во Введении обоснованы актуальность и востребованность, цели и задачи исследования, описаны объект и предмет, их соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов. При этом представлена информация о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных научных работах, структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **“Состояние изученности темы, цели и задачи исследования”** подробно изложены данные, касающиеся значения железнодорожного транспорта в экономике страны и сейсмической активности территорий расположения объектов

железнодорожной инфраструктуры, сейсмического риска в мире и в Узбекистане: источники возникновения, повреждающие факторы, последствия, прогнозирование и защита объектов железнодорожного транспорта, результаты анализа сейсмостойкости существующих объектов на железнодорожной линии Ангрэн-Пап.

Большая часть железных дорог в нашей республике проходит через горные, предгорные и степные районы. В этих районах высока вероятность частых наводнений, оползней, снежных оползней, что, в свою очередь, представляет собой естественную и техногенную угрозу железной дороге, резко увеличивая возникающие риски и приводя к значительному ущербу. Такие ситуации приводят к серьезным потерям объектов железнодорожной инфраструктуры (железнодорожные станции, подстанции, переезды, мосты, путепроводы, галереи, виадуки, водопроводы и т. д.) в чрезвычайных ситуациях.

Территория Республики Узбекистан характеризуется расположением в зоне высокой сейсмической активности. Ранее в этих районах были зарегистрированы землетрясения интенсивностью 7,3-9 баллов (Андижан, 1902 г.), а также относительно сильные землетрясения, такие как Кортюгское землетрясение (1907 г.), Пскамское землетрясение (1937 г.), Бурчмуллинское землетрясение (1959 г.), Ташкентское землетрясение (1966 г.), Газлийское землетрясение (1976 г. и 1984 г.), Таваксайское землетрясение (1977 г.), Папское землетрясение (1984 г.) и Камашинское землетрясение (1999 г. и 2000 г.). Также отмечается, что строительство на территории города увеличивает риск возникновения землетрясений: в частности, за последние 20-30 лет наблюдается значительный рост числа землетрясений в городских районах (в г. Самарканде от 7 до 8 баллов, в г. Навои 6, 8-9 баллов, в г. Ташкенте 7-9 баллов).

Пространственное возникновение предвестников землетрясений регистрируется широкомасштабном (тысячи км), среднем и малом (сотни км) и локальном (на расстоянии нескольких десятков и одного км), а с точки зрения времени - долговременными (3-10 лет), средними (до 3 лет), краткосрочными (около 1,5 месяцев) и быстрыми (до 3 дней) типами. Если будут получены результаты прогнозирования даже со средней скоростью до 3 лет, то у правительства будет достаточно времени, чтобы подготовиться к сильным землетрясениям в регионе и получить возможность снизить уровень возможного ущерба среди населения.

По результатам многолетних исследований для территории Узбекистана выделяются три категории сейсмогенных зон, где значения максимальной амплитуды в будущем: $M \leq 7,5$ и $I \leq 9$ баллов; $M \leq 6,5$ и $I \leq 8$; Показана вероятность регистрации землетрясений с $M \leq 5,5$ и $I \leq 7$ баллов, соответствующих установленным сеймотектоническим закономерностям. Приведена вероятность повреждения существующих объектов железнодорожной линии Ангрэн-Пап по интенсивности землетрясения и всесторонне проанализированы данные, на основе которых сформулирована цель и определены задачи исследования.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **“Теоретические исследования по оценке потенциала железнодорожной линии Ангрэн-Пап для снижения сейсмического риска”** приведены виды возможного ущерба железнодорожному транспорту и степень повреждения сооружений под воздействием землетрясения. По данным карты сейсмического районирования Узбекистана, уровень сейсмической опасности территории прохождения железнодорожной линии Ангрэн-Пап составляет 8-9 баллов по шкале MSK-64, максимальное ускорение колебаний земной поверхности имеет значение $a_{\max}=50-600 \text{ см/сек}^2$,

Ожидаемый ущерб от будущих землетрясений прогнозируется на основе данных об ущербе, наблюдавшемся в результате ранее произошедших сильных локальных событий, а также на основании мировой статистики уязвимости элементов, находящихся под угрозой. Количество сооружений, повреждённых в различной степени вследствие землетрясений, прогнозируется по следующей формуле.

$$P_j = \sum_{i=1}^n K_{ij} B_{ij},$$

где K_{ij} - количество сооружений i - го типа; B_{ij} - вероятность j -й степени повреждения сооружения i -го типа; n - количество рассматриваемых типов сооружений.

Вероятность повреждения зданий и сооружений железнодорожной линии Ангрэн-Пап при различной интенсивности землетрясения по шкале MSK-64: при 8 баллах 0-й уровень составляет 4%, 1-й уровень - 36%, 2-й уровень - 50%, 3-й уровень - 10%. При 9 баллах 1-й уровень составляет 4%, 2-й уровень - 36%, 3-й уровень - 50%, 4-й уровень - 10%.

Описаны результаты теоретических исследований по оценке сейсмического риска, вызванного землетрясениями на объектах инфраструктуры железнодорожной линии, разработке математической модели методов повышения потенциала важных объектов железнодорожной инфраструктуры по снижению сейсмического риска, анализу сейсмического риска, вызванного землетрясениями.

Основными понятиями для риска являются угроза, уязвимость и ущерб. Общий порядок анализа рисков для объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава (поезда) предусматривает последовательный анализ угроз (hazard), влияющих (имеющих влияние) на изучаемый (рассматриваемый) объект, уязвимости (vulnerability) объекта по отношению к выявленным угрозам, ущерба от рисков, которые проявляются (возникают) в таких ситуациях, когда объект является уязвимым, и включает их последовательное проведение. Общий порядок анализа рисков можно объединить с помощью математической теории множеств следующим образом:

$$A_R = A_H \cup A_V \cup A_U,$$

где A_R - множество рисков; A_H - множество угроз; A_V - множество уязвимостей; A_U - множество повреждений.

Проведение анализа рисков объектов железнодорожной инфраструктуры осуществляется путем разработки структурной схемы железнодорожной системы, основанной на теории графов (рис. 1).

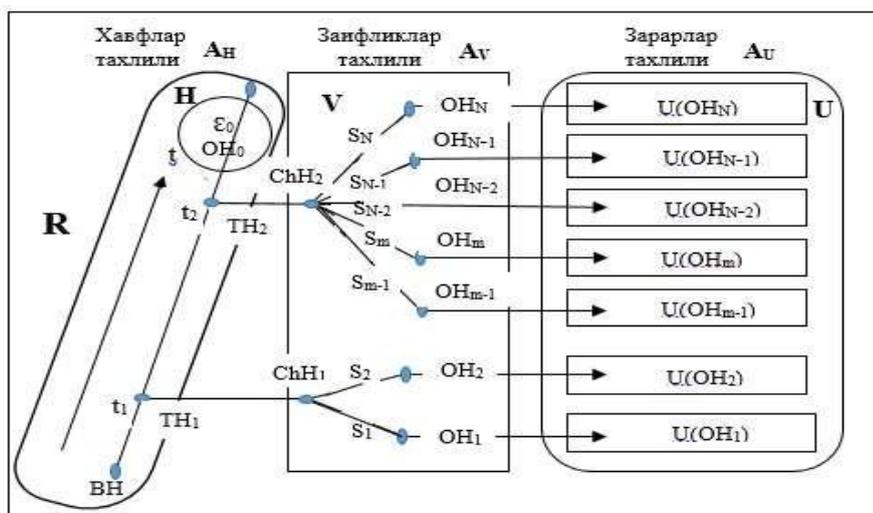


Рис. 1. Структура анализа рисков и безопасности объекта железнодорожного транспорта (дорожного полотна, моста, подстанции, сети электроснабжения, станций и др.): R - риск, H - угроза, V - уязвимость, U - ущерб

Уязвимость объекта характеризуется набором сценариев случайных событий (нарушений) и причинно-следственных связей между этими событиями, то есть построением сценарного графа системы. В этом случае параметры уязвимости объекта представляют собой условные вероятности возникновения различных конечных состояний объекта в случае возникновения аварии, развивающейся в системе после раздражающего события (внешнего или внутреннего) различной формы и интенсивности. Анализ уязвимостей включает в себя изучение событий и причинно-следственных связей между событиями, произошедшими после начального события, до достижения конечных состояний объекта. Другими словами, анализ уязвимости объекта заключается в проведении качественного и количественного изучения структуры сценариев развития аварии.

Проведён теоретический анализ высокого уровня сейсмического риска (угроз и ущерба) на железнодорожных объектах, расположенных в горной местности. Изучена зависимость продолжительности ремонтных работ от количества, типа, конструкции и степени повреждения сооружений. Рассмотрены особенности вынужденных механических колебаний железнодорожных объектов и горных пород во время землетрясений, изменения условий устойчивости (стабильности) элементов, участвующих в колебательном процессе (горных пород и скал), а также возникновение сил инерции неподвижных масс горных пород под действием внутренних и внешних сил трения на поверхностях склонов. Отмечено нарушение баланса общих сил, обеспечивающих устойчивость горных пород, и их смещение на поверхности склонов во время землетрясений интенсивностью 6–7 баллов.

В горных районах наблюдаются процессы, вызывающие необходимость введения ограничений на скорость движения транспортных средств и массу

подвижного состава. Провалы, осыпи и выпадение камней, а также песок, гравий и крупные обломки пород, скатывающиеся со склонов, перекрывают железнодорожные пути и затрудняют их нормальную эксплуатацию. Изучены закономерности зависимости данного процесса от интенсивности землетрясений.

Причинами неструктурных рисков являются опрокидывание, обрушение и разрушение. Положение горных пород, расположенных на склонах, остаётся устойчивым, если вектор силы тяжести, опущенный вертикально из центра масс, проходит через контур, образованный площадью опоры (рис. 2), и величина силы трения скольжения является достаточной. Во время землетрясений железнодорожные объекты, включая их неструктурные элементы и прилегающие горные породы, начинают испытывать механические колебания.

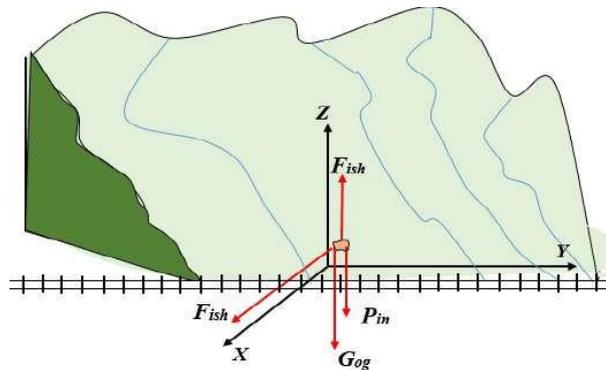


Рис. 2. Схема внутренних и внешних сил, действующих на массы горных пород, неподвижных на поверхности склонов

Условия устойчивости элементов, участвующих в колебательном процессе (горные породы, скалы), изменяются, так как на поверхностях склонов под действием сил внутреннего и внешнего трения возникают силы инерции неподвижных масс горных пород, изменяется равновесие общих сил, обеспечивающих устойчивость горных пород. В этом случае устойчивость элемента горных пород характеризуется следующими уравнениями:

$$\begin{aligned}
 F_{mpx} + G_{nox} + P_{onx} &= 0 & M_{mpx} + M_{nox} + M_{onx} &= 0 \\
 F_{mry} + G_{noy} + P_{ony} &= 0 & M_{mry} + M_{noy} + M_{ony} &= 0 \\
 F_{mpz} + G_{noz} + P_{onz} &= 0 & M_{mpz} + M_{noz} + M_{onz} &= 0
 \end{aligned}
 \quad (1) \qquad (2)$$

Анализ формул (1) и (2) показывает, что для $F_{mpx} < P_{inx}$ неструктурная порода переворачивается вдоль оси X, для $F_{mry} < P_{iny}$ вдоль оси Y, если для $M_{nox} > M_{onx}$ неструктурная порода устойчива, для $M_{nox} < M_{onx}$ она опрокидывается, для $M_{noy} > M_{ony}$ неструктурная порода устойчива, для $M_{noy} < M_{ony}$ она поворачивается вперед или назад. Неструктурный элемент увеличивает вероятность опрокидывания при смещении центра масс относительно геометрического центра опорного поля. Величина силы инерции напрямую зависит от массы породы и величины ускорения землетрясения, которое наносит сейсмические удары по неструктурной породе. Ускорение сейсмических ударов по массе неструктурного элемента можно рассчитать по следующей эмпирической формуле:

$$\ln \bar{a} = -0,21 + 0,34 \cdot I \pm 0,33, \text{ см/с}^2; \quad (3)$$

$$\ln \bar{a} = 0,167 + 0,3 \cdot I \pm 0,43, \text{ см/с}^2. \quad (4)$$

где, \bar{a} – среднее ускорение колебаний земной поверхности, см/с²;
I - интенсивность сейсмических колебаний, в баллах МСК-64.

Значение интенсивности, в свою очередь, зависит от силы землетрясения; расстояние между эпицентром землетрясения и расположением района горных пород, залегающих на неконструктивных скалах, по составу почвы, уровню грунтовых вод, глубине залегания источника землетрясения

Запишем формулы (3) и (4) в виде

$$\bar{a} = 10^{(-0,21+0,34 \cdot I \pm 0,33)}; \quad (5)$$

$$\bar{a} = 10^{(0,167+0,3 \cdot I \pm 0,43)}. \quad (6)$$

Используя эти формулы (5) и (6), можно рассчитать силы инерции устойчивых горных пород, вызванные силами трения, не связанными с уклоном, возникающими в результате землетрясений, используя следующие формулы:

$$P_{in} = m \cdot 10^{(-0,21+0,34 \cdot I \pm 0,33)}; \quad (7)$$

$$P_{in} = m \cdot 10^{(0,167+0,3 \cdot I \pm 0,43)}. \quad (8)$$

При интенсивности землетрясения от 3 до 7 баллов (МСК-64) и массе неструктурных пород 200-8000 кг, углах откосов 0-40 градусов (частота сейсмических колебаний 2-6 Гц), изучена закономерность зависимости сил G_m , F_{mpr} и P_{in} от ускорения сейсмических колебаний. В расчетах по формулам учитывались коэффициент внутреннего трения, влажность, фракционный состав горных пород.

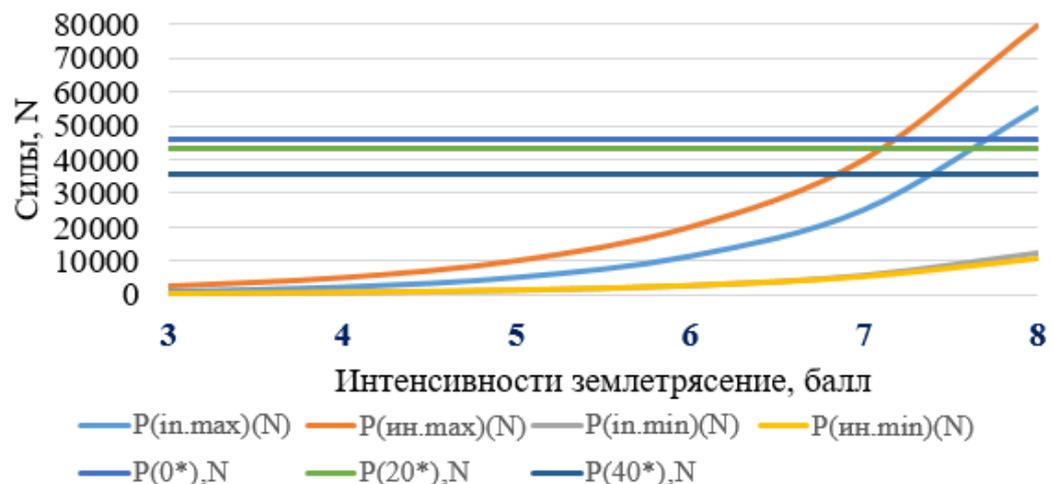


Рис. 3. Зависимость сил, действующих на элементы горных пород, от интенсивности землетрясения

Для анализа устойчивости элементов горных пород на склонах на основе расчетных данных, полученных с помощью формул (7) и (8), был построен график зависимости сил, действующих на неструктурный элемент, от величины интенсивности землетрясения (рис. 3).

В третьей главе диссертации, озаглавленной **“Программа и методы экспериментальных исследований по оценке потенциала объектов железнодорожной инфраструктуры по снижению сейсмического риска”** представлена информация о программе изучения вероятности разрушения объектов под воздействием землетрясений, об объекте экспериментальных исследований, а также о методах обработки их результатов.

Значительная часть основных пассажирских и грузовых маршрутов железных дорог Узбекистана проходит через районы с высокой сейсмической активностью, где объекты железнодорожной инфраструктуры (подстанции, разъезды, станции, мосты, виадуки, акведуки и другие) естественным образом расположены в зонах повышенного риска. Отмечены последствия, возникающие в результате воздействия вторичных экономических факторов при землетрясениях, а также высокая вероятность нанесения значительного ущерба. Степень повреждения транспортных сооружений во время землетрясений зависит от уровня их физического износа под воздействием атмосферы, гидросферы, литосферы и техногенных факторов, а также от степени соблюдения специальных требований по строительству и контролю транспортных объектов в сейсмических районах.

Разработана программа экспериментальных исследований по оценке потенциала объектов железнодорожной инфраструктуры по снижению сейсмического риска, включающая наблюдения, фотохронометраж, выявление неструктурных зон сейсмического риска, а также изучение потенциала сейсмического риска работников, занятых на данной линии. Сооружения железнодорожной линии Ангрэн-Пап, введенные в эксплуатацию за последние 10 лет, многочисленны и разнообразны по своим функциям, они состоят из комплекса мостов, виадуков, аквадуков и тоннелей, представляют собой техническую систему с последовательно соединенными уникальными и сложными элементами.

Эти железнодорожные сооружения являются ценными и уникальными объектами, однако их недостаточный сейсмический потенциал и высокая уязвимость приводят к увеличению масштабов возможного ущерба и вероятности чрезвычайных ситуаций. Космические снимки, полученные при изучении вероятности повреждения данной железнодорожной линии в результате землетрясений, показывают, что она расположена на высоте 800–1200 метров над уровнем моря. Для анализа объектов исследования, относящихся к железнодорожной инфраструктуре, были изучены территории с высоким уровнем сейсмического риска и проведён фотохронометраж. При обработке результатов экспериментальных исследований, наблюдений, фотохронометража и анкетирования использовались методы теоретико-прогностического анализа, математической статистики, теории графов и моделирования, а также методы экспертной оценки (анкетирование) и фото и видеохронометража.

Большая часть основных пассажирских и грузовых маршрутов железных дорог Узбекистана расположена в районах с интенсивностью землетрясений 8–9 баллов по шкале MSK-64 и высокой сейсмической активностью.

Максимальное ускорение колебаний земной поверхности составляет $a_{\max}=50-600 \text{ см/сек}^2$. Выявлены участки железнодорожной инфраструктуры с высокой вероятностью сейсмических угроз. Для оценки факторов, отрицательно влияющих на безопасность подвижного состава в чрезвычайных ситуациях на объектах сейсмического риска железнодорожных линий, проходящих через горные и предгорные сейсмоактивные районы, были применены методы теоретико-прогностического анализа, обработки результатов экспериментальных исследований, математической статистики, теории графов и моделирования, а также методы экспертной оценки (анкетирование) и фото- и видеохронометража.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной “**Организационно-технические решения по повышению потенциала железнодорожной линии Ангрэн-Пап для снижения сейсмического риска**” представлен анализ результатов экспериментальных исследований по оценке сейсмического риска объектов железнодорожной инфраструктуры в соответствии с задачами исследования по изучению достоверности результатов теоретических исследований, технические решения, разработанные для отдельных объектов, данные по оценке социально-экономической эффективности технических решений по повышению потенциала железнодорожной линии для снижения сейсмического риска.

На основании наблюдений, проведенных на железнодорожной линии Ангрэн-Пап, а также результатов анкетирования, проведенного с персоналом, было установлено, что сейсмический потенциал этой линии находится на низком уровне. В связи с недостаточным потенциалом железнодорожной линии по снижению сейсмического риска существует вероятность нанесения значительного ущерба грузовым и пассажирским подвижным составам, движущимся по железной дороге в момент землетрясения в этом районе. Для снижения сейсмического риска на железнодорожной линии Ангрэн–Пап рекомендована к внедрению система раннего предупреждения (СРП), основанная на современных технологиях, способная обрабатывать сигналы сейсмических волн и передавать данные со скоростью, превышающей скорость распространения разрушительных сейсмических волн (рис. 4).

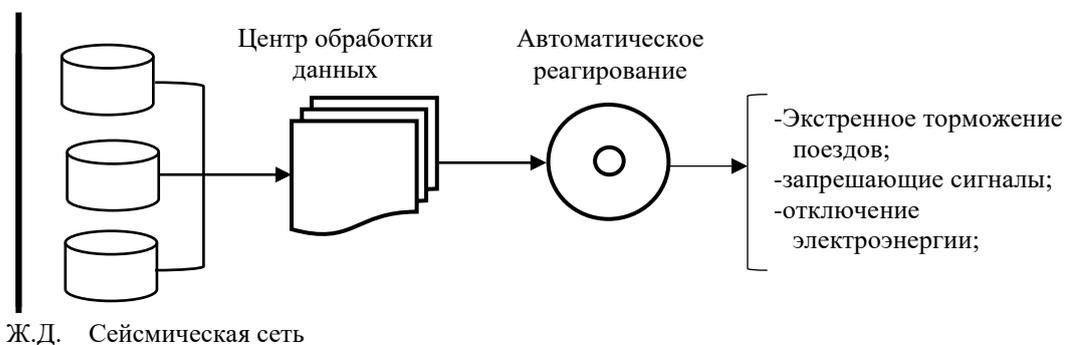


Рис. 4. Схема системы раннего предупреждения о землетрясениях

Поскольку передаваемый сигнал, связанный с сейсмическими волнами, вызванными землетрясениями, может быть принят за несколько минут до сильных сейсмических колебаний, автоматическое отключение (внезапная

остановка поездов, включение запрещающего сигнала светофора, отключение электроэнергии) может снизить материальные потери и человеческие жертвы, а также предотвратить экологические катастрофы (рис. 5).

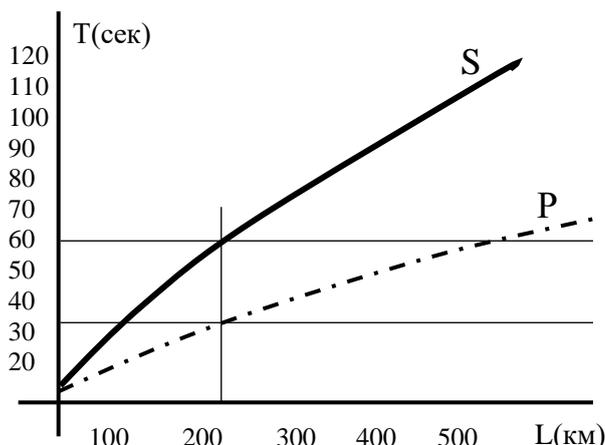


Рис. 5. Время прибытия сейсмических волн

Согласно результатам научных исследований, предупреждение за 3 секунды до землетрясения может сократить количество аварий и жертв на 14%, за 10 секунд - на 39%, за 20 секунд - на 63%.

Уровень сейсмического риска, используемый для расчета физического и экономического ущерба, соответствует возникновению сейсмических воздействий в течение 50 лет с вероятностью 90%. Данный уровень вероятности является общепринятым стандартом оценки при проектировании и строительстве традиционного сейсмического риска.

Экономический ущерб, причиненный землетрясениями в результате стихийных бедствий, повышение устойчивости железнодорожного движения, определение материального и финансового ущерба были определены на основе сценария чрезвычайных ситуаций.

Внедрение предложенной системы раннего предупреждения для обеспечения безопасности на железной дороге, расположенной в сейсмически активных районах, в том числе на железнодорожной линии Ангрэн-Пап, проходящей через горную местность, позволит значительно повысить потенциал этой линии по снижению сейсмических рисков.

Подтверждено, что большинство работников не осведомлены о том, что железнодорожная линия Ангрэн-Пап проходит через сейсмически активную зону, отдельные участки технологических коридоров не обеспечивают движение специализированных машин, в результате землетрясений не были выявлены участки, где железнодорожные пути будут заблокированными камнями, оползнями и снежными лавинами. Некоторые работники частично осведомлены о вторичных последствиях землетрясений; аварийно-восстановительные работы занимают от 6 до 10 дней.

Установлено, что не изучена вероятность задержки доставки грузов к месту назначения; обязанности сотрудников, действующих в чрезвычайных ситуациях при землетрясениях, не распределены и не закреплены за конкретными лицами. На объектах железнодорожной линии не разработаны и

не проводятся планы мероприятий, распределения обязанностей и учебные занятия по подготовке к землетрясениям. На железных дорогах, проходящих через сейсмически активные районы, была рекомендована система раннего предупреждения (СРП), которая оповещает о приближении разрушительной (поперечной) волны землетрясения, предназначена для использования на железной дороге, работает в быстром, автоматическом, высокочувствительном и автономном режиме и интегрируется с сейсмическими системами.

Экономическая эффективность, обеспечиваемая предотвращением риска при внедрении СРП от опасности землетрясений, составляет 1,935 млрд сумов. Социальная эффективность СРП резко снижает вероятность возникновения аварий и несчастных случаев, вызванных землетрясениями, и предотвращает потери жизни и здоровья людей.

ВЫВОД

На основе результатов исследований, проведённых в рамках диссертации на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему “Оценка потенциала железнодорожной линии Ангрэн–Пап по снижению сейсмических рисков и разработка организационно-технических решений по его повышению”, представлены следующие выводы:

1. Обосновано влияние масштабов рисков, возникающих вследствие высокой сейсмической активности, на железнодорожные объекты, расположенные в горных и предгорных районах железнодорожной линии Ангрэн–Пап, с учётом специфических особенностей обеспечения безопасности в источниках формирования сейсмических рисков, на основе анализа динамики изменения опасностей. В результате получена возможность изучения ущерба, наносимого сейсмоопасными явлениями железнодорожным объектам и подвижному составу;

2. Разработан метод расчёта вероятности сейсмических рисков на основе структурированной схемы анализа безопасности сценариев управления рисками с учётом возможностей обеспечения безопасности сооружений, для которых ожидается повреждение вследствие землетрясений на объектах, расположенных на железнодорожной линии с высокой сейсмической активностью. В результате создана возможность теоретического анализа сейсмических опасностей, уязвимостей объектов и величины возможного ущерба;

3. С учётом количества железнодорожных объектов, расположенных в горных и предгорных районах, на основе сценариев сейсмических рисков, связанных с колебаниями, наблюдаемыми в сооружениях, разработана математическая модель сценариев снижения процессов возникновения рисков на объектах с использованием систем раннего оповещения о сейсмической активности. В результате обеспечена возможность выявления причин возникновения, развития и последствий землетрясений на железнодорожных сооружениях;

4. На основе экспериментальных и наблюдательных исследований разработана система раннего оповещения, направленная на смягчение возможных опасных последствий, возникающих в результате смещений неструктурных элементов железнодорожных объектов с высокой сейсмической активностью под воздействием интенсивности землетрясений. В результате достигнуто сокращение масштабов рисков чрезвычайных ситуаций, предотвращение вероятных материальных потерь и человеческих жертв;

5. Проведён теоретический анализ неструктурного сейсмического риска, возникающего на объектах инфраструктуры железнодорожной линии под воздействием землетрясений; установлена зависимость устойчивости элементов горных пород на склонах от сил, воздействующих на неструктурные элементы, в зависимости от интенсивности землетрясений, а также определено, что горные породы начинают смещаться при землетрясениях интенсивностью 6–7 баллов;

6. Результаты исследований внедрены в деятельность Управления безопасности движения и охраны труда АО “Ўзбекистон темир йўллари”. В результате обеспечена разработка мероприятий по снижению рисков при чрезвычайных ситуациях, возникающих вследствие воздействия землетрясений на железнодорожные объекты, а также повышение уровня безопасности движения. Общий экономический эффект составил 1,935 млрд сумов.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF THE
SCIENTIFIC COUNCIL NUMBER DSc.15/31.08.2022.T.73.07 OF THE
SCIENTIFIC DEGREE GRANTING AT
TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

NURMATOV KHASANBOY MIRZAXMEDOVICH

**ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF THE ANGREN-PAP RAILWAY
LINE TO REDUCE SEISMIC RISK AND DEVELOPMENT OF
ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SOLUTIONS TO INCREASE IT**

05.10.02 – Safety in emergency situations. Fire, industrial, nuclear and radiation safety

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

Tashkent – 2025

The theme of the dissertation of Doctor Philosophy (PhD) on technical Sciences was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.3.PhD/T1884.

The dissertation has been carried out at Tashkent state transport university. The abstract of dissertation was posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the Scientific Council website (www.tdtu.uz) and on the Information and Educational Portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	Sulaymanov Sunnatilla Sulaymonovich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Murtazaev Kuvandik Mustafaevich doctor of technical sciences, associate professor Yangiboev Khurshidbek Nurmuhhammad ugli Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)
Leading organization:	National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"

The defence will be take place 16 January 2026 year at 14⁰⁰ oclock at the meeting of the one time Scientific Council DSc.15/31.08.2022.T.73.07 at the Tashkent State Transport University. Address: 100167, Uzbekistan, Tashkent city, Mirabad district, Temiryulchilar street,1. Phone: (99871) 299-00-01; fax: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz.

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre at the Tashkent State Transport University (Registered under the number - 307). Address: 100167, Uzbekistan, Tashkent city, Temiryulchilar street,1. Phone: (99871) 299-04-39.

The abstract of the dissertation was distributed on 24 December 2025 year.
(Protocol at the registered № 15 on 24 December 2025 year).

R.V. Rahimov
Chairman of the Scientific Council for awarding
Academic Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

Ya.O. Ruzmetov
Academic Secretary of the Scientific Council
for awarding Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

R.S. Razikov
Chairman of the Scientific Seminar under the
Scientific Council on awarding scientific degrees
candidate of technical sciences, associate professor

INTRODUCTION (Abstract of PhD thesis)

The aim of the research work: increasing the level of safety in emergencies by comprehensively assessing the potential of the Angren-Pap railway line for reducing seismic risk and developing scientifically based organizational and technical solutions aimed at increasing it.

Tasks of the research:

Analysis of seismic risk sources, damaging factors, consequences, and stability of the Angren-Pap railway line based on seismic activity indicators of the territories where Uzbekistan's railway transport facilities are located;

Assessment of the seismic risk caused by the earthquake at the infrastructure facilities of the Angren-Pap railway line;

development of a mathematical model of scenarios for reducing the seismic risk (threat and damage) of railway infrastructure facilities;

Development of a mathematical model of non-structural seismic risk at infrastructure facilities of the Angren-Pap railway line;

conducting experimental studies to assess the potential of the Angren-Pap railway line for reducing seismic risk;

assessment of the socio-economic effectiveness of innovative technical solutions to increase the potential of the Angren-Pap railway line in reducing seismic risk.

The object of the research work is a complex system of technical infrastructure of the Angren-Pap railway line, located and operating in seismically hazardous mountainous and foothill areas.

The subject of the research is the organizational and technical measures, methods and technologies, assessment of forecasting and reduction of seismic risk during the operation of the Angren-Pap railway line.

The scientific novelty of the research work is as follows:

The influence of the scale of risks arising from high seismic activity on railway facilities located in mountainous and foothill regions has been substantiated, taking into account the specific features of ensuring safety in the sources of formation of seismic risks of facilities located on the Angren-Pop railway line, based on the analysis of the dynamics of hazard changes;

a method for calculating the probability of seismic hazards has been developed based on the safety analysis structure of risk management scenarios, taking into account the possibilities of ensuring the safety of structures for which damage is expected as a result of earthquakes at facilities located on the railway line with high seismic activity;

Based on “experimental and observational” studies, an early warning system aimed at reducing the dangerous consequences that may arise as a result of the displacement of non-structural elements at seismically active railway facilities under the influence of earthquake intensity has been developed;

the methodology for assessing the scale of seismic activity impact has been improved to ensure the safety of railway infrastructure facilities, taking into account the number of passengers in the rolling stock and possible damage to the facilities.

The structure and scope of the research work. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 97 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Nurmatov H.M., Umarova M.N. Assessment of Possible Road Injuries Caused by an Earthquake // Academia Open ISSN 2714-7444. Vol 10 No 1 June (2025), DOI: 10.21070/acopen.10.2025.10461. 6-10 pages, (08.00.00; ОАК Раёсатининг 2024 йил 28 августдаги 360-сон қарори).

2. Sulaymanov S.S., Abdazimov Sh.X., Nurmatov H.M. The problems of railway and railway facility in flooding affected areas // Tashkent state technical university named after Islam Karimov. Technical science and innovation. Tashkent. №4/2020 year. 220-230 pages. (05.00.00; № 16).

3. Sulaymanov S.S., Nurmatov H.M., Botirova M.M. Assessment of Seismic risk level related to landslides of mountain rocks on railways passing through mountainous areas // Excellencia: International multi-disciplinary journal of education. ISSN (E): 2994-9521, 2024. 178-183 pages. (05.00.00; № 9).

4. Sulaymanov S.S., Nurmatov X.M., Zuxridinov X.K. Autonomous automatic monitoring system for predicting emergency situations in railway facilities located in foothills and mountainous areas (for example, Angren-Pop railway line facilities) // The scientific journal vehicles and roads, №1, 2024. 152-158 pages. <http://transportjournals.uz/>. (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 июльдаги 283/7.1-сон қарори).

5. Нурматов Х.М., Медешев Б.Е., Ботирова М.М. Землетрясения и меры по ослаблению их воздействия // Journal of Transport ISSN: 2181-2438 Volume:1|Issue:2|2024. 13-15 стр. (05.00.00; № 17).

6. Shahobidinov V.E., Nurmatov H.M. Temir yo‘l transportidagi avariya holatlarida uchuvchisiz uchish apparatlarining zamonaviy texnologiyasidan foydalanishning ahamiyati // “Transportda resurs tejankor texnologiyalari” mavzusidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi xalqaro ilmiy-texnik anjumani (20-21 dekabr 2023-yil). 117-121 betlar. (05.00.00; ОАК Rayosatining 2022 yil 30 noyabrdagi 688-son qarori).

7. Сулайманов С.С., Нурматов Х.М. Тоғли ҳудуддан ўтган темир йўл объектларида сеймик риск даражасини баҳолаш // “Транспортда ресурс тежамкор технологиялари” мавзусидаги хорижий олимлар иштирокидаги халқаро илмий-техник анжумани (20-21 декабр 2023-йил). 161-165 бетлар. (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2022 йил 30 ноябрдаги 688-сон қарори).

8. Сулайманов С.С., Нурматов Х.М. Зилзила содир бўлганда Ангрэн- Поп темир йўл линияси инфратузилмаси объектларида юзага келадиган сеймик рискни башоратлаш ва уни камайтиришга оид салоҳиятни ошириш // “Ёнғин-портлаш хавфсизлиги” илмий-амалий электрон журнал. ISSN 2181- 9327 № 2 (7), 2021. 69-74 бетлар. (05.00.00; № 8).

9. Сулайманов С.С., Зухриддинов Х.К., Нурматов Х.М., Медешов Б.Э. Анализ масштаба рисков возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера на объектах инфраструктуры железнодорожного

транспорта Узбекистана // Железнодорожный транспорт: актуальные задачи и инновации, 2023 №4. 112-119 стр. (05.00.00; ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 ноябрдаги 288/14-сон қарори).

10. Сулайманов С.С., Нурматов Ҳ.М. Сейсмик ҳудудлардаги йўллар таркибининг хусусиятлари ва уларни хавфсиз равишда эксплуатация қилиш // Мирзо Улуғбек номидаги Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти, меъморчилик ва қурилиш муаммолари (илмий-техник журнал), 2024 й. № 1. 186-188 бетлар. (05.00.00; № 14).

11. Сулайманов С.С., Нурматов Ҳ.М., Зухриддинов Х.К. Ангрэн-Поп темир йўл линиясида сейсмик рискдан эрта огоҳлантириш тизимини жорий этиш масалалари // ТДТУ, Научный журнал транспортных средств и дорог, 2024 №2. 116-121 бетлар. (05.00.00; № 11).

II bo‘lim (II часть; II part)

12. Sulaymanov S.S., Chetkova N.B., Nurmatov H.M. Strengthening the Capacity of Infrastructure Facilities of the Angren-pap Railway Line to Reduce the Seismic Risk // International Scientific and Practical Conference “Railway Transport and Technologies” AIP Conf. Proc. 2624, 030056 (2023), 030056-(1-7 pages) <https://doi.org/10.1063/5.0141972> Published by AIP Publishing (05.00.00; ОАК рўйхатининг 3-бети Scopus).

13. Сулайманов С.С., Нурматов Ҳ.М. Проблемы оценки потенциала по снижению сейсмического риска железнодорожной линии Ангрэн-Пап // Государственное учреждение образования “Университет гражданской защиты министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь”. Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы, сборник материалов XIV международной научно-практической конференции курсантов (студентов), слушателей и адъюнктов (аспирантов, соискателей) 8-9 апреля 2020 года в двух томах, том 2, Минск, УГЗ, 2020. 58-59 стр.

14. Нурматов Ҳ.М. Темир йўл объектларининг зилзиладан кейинги ҳолатини баҳорат қилиш // “Барқарор транспорт тизимлари – барқарор иқтисодиёт учун” халқаро илмий-техник анжуман материаллари (2022-йил 13-14 май). 433-437 бетлар.

15. Сулайманов С.С., Нурматов Ҳ.М. Ангрэн-Поп темир йўл линияси объектларининг муҳандис, ишчи-ҳодимлари орасида ўтказилган сейсмик рискка оид сўроқ-анкета натижалари // “Ёш илмий тадқиқотчи” I халқаро илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами” (1-2 апрель 2022 й). 936-941 бетлар.

16. Абдазимов Ш.Х., Нурматов Ҳ.М. Сел оқимлари таъсирида юзага келадиган фавқулодда вазиятларда темир йўл ва унинг иншоотлари хавфсизлигини таъминлаш муаммолари // “Ҳаёт фаолияти хавфсизлигини таъминлашда инновацион ёндашув, илмий ишланмалар ва замонавий технологиялар” мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами, 2021-йил. 243-247 бетлар.

17. Сулайманов С.С., Нурматов Ҳ.М. Зилзила оқибатида Ангрэн-Поп

темир йўл линиясига етказиладиган зарар, йўқотишлар турлари ва унга қарши кураш чораларининг зарурий босқичлари // “Транспортда ресурс тежамкор технологиялар” (2021 йил 18-19 декабр) хорижий олимлари иштирокидаги республика илмий – техника анжумани мақолалари тўплами. 64-67 бетлар.

18. Абдазимов Ш.Х., Нурматов Ҳ.М., Юлдашева Н.П. Образование селей, оползней и влияние их на объекты железных дорог // “Фавқулодда вазиятларни олдини олиш ва бартараф этишнинг долзарб муаммолари” мавзусидаги I республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами (2020 йил 22 декабрь). 263-266 бетлар

19. Тоғли ҳудудлардан ўтган темир йўлларига тоғ жинслари кулаши билан боғлиқ сейсмик риск даражасини баҳолаш. ЭҲМ дастури ва маълумотлар базаси DGU 45296, 11.12.2024

Авореферат «ТДУ ахборотномаси» илмий-амалий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва матнларнинг мослиги текширилди (05.01.2026 йил).

Қоғоз бичими 60×84/16. Ризограф босма усули Times New Roman гарнитураси. Шартли босма табағи: 2,8 б.т. Адади: 50 нусха.

Буюртма № 43-39/2026

Нашрга рухсат этилди: 05.01.2026 й.

Тошкент давлат транспорт университети босмахонасида чоп этилган.
Манзил: 100167, Тошкент шаҳар, Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй.

