

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.90.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

КАРАБАЕВА МУНИРА УСМАНОВНА

**МЕТРОПОЛИТЕННИНГ АЙЛАНА КЕСИМЛИ ТОННЕЛЛАРИДА
ПОЕЗД ҲАРАКАТИДАН ҲОСИЛ БЎЛГАН ТЎЛҚИНЛАРНИНГ БИР
ЖИНСЛИ БЎЛМАГАН ЭЛАСТИК МУҲИТДА ТАРҚАЛИШИ**

**05.09.02 – Асослар, пойдеворлар ва ер ости иншоотлари. Кўприklar ва транспорт
тоннеллари. Йўллар, метрополитенлар**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Наманган – 2022

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

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

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

Карабаева Мунира Усмановна

Метрополитеннинг айлана кесимли тоннелларида поезд ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг бир жинсли бўлмаган эластик муҳитда тарқалиши..... 3

Карабаева Мунира Усмановна

Распространение волн, возникающих при движении поездов метрополитена в тоннелях кругового сечения в неоднородной упругой среде..... 21

Karabayeva Munira Usmanovna

Distribution of waves produced by train movement in circular tunnels of the metropolitan in a non-hygeous elastic environment..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.90.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

КАРАБАЕВА МУНИРА УСМАНОВНА

**МЕТРОПОЛИТЕННИНГ АЙЛАНА КЕСИМЛИ ТОННЕЛЛАРИДА
ПОЕЗД ҲАРАКАТИДАН ҲОСИЛ БЎЛГАН ТЎЛҚИНЛАРНИНГ БИР
ЖИНСЛИ БЎЛМАГАН ЭЛАСТИК МУҲИТДА ТАРҚАЛИШИ**

**05.09.02 – Асослар, пойдеворлар ва ер ости иншоотлари.
Кўприклар ва транспорт тоннеллари. Йўллар, метрополитенлар**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/T2006 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Наманган муҳандислик – қурилиш институтида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.nammqi_info@edu.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Юлдашев Шарафитдин Сайфитдинович техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Джаббаров Саидбурхон Тулаганович техника фанлари доктори, профессор Тошхўжаев Алишер Улхўжаевич техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
Етакчи ташкилот:	Фаргона политехника институти

Диссертация ҳимояси Наманган муҳандислик-қурилиш институти ҳузуридаги PhD.30.09.2019.T.90.01 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгашнинг 2022 йил «5» 03 соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 160103, Наманган. Ислом Каримов кўчаси, 12-уй. Тел.: (+99869) 234-15-23, факс: (99869) 234-15-23, e-mail: www.nammqi_info@edu.uz.

Диссертация билан Наманган муҳандислик-қурилиш институти Ахборот–ресурс марказида танишиш мумкин/8782 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 160103, Наманган. Ислом Каримов кўчаси, 12-уй. Тел.: (+99869) 234-15-23.

Диссертация автореферати 2022 «17» 02 куни тарқатилди.
(2022 йил «18» 246 даги 1 рақамли реестр баённомаси).



Н.Ғ.Байбобоев
Илмий даража берувчи илмий кенгаш
раиси, т.ф.д., профессор
В.М.Турдалиев
Илмий даража берувчи илмий кенгаш
котиби, т.ф.д., профессор
А.А.Ишанходжаев
Илмий даража берувчи илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда замонавий шаҳарларни лойиҳалашда барча турдаги юк ташиш воситалари бўлган транспорт коммуникациялари: автомобиль, трамвай йўлларини, турли чуқурликда жойлашган метрополитен системаларини ва бошқа воситаларни ривожлантириш муҳим аҳамият касб этмоқда. Сўнгги 10 йилда дунёда 37 та метрополитен станцияси ва линиялари қурилиши режалаштирилганлиги уларда поездлар ҳаракатидан ҳосил бўладиган тебранишларни грунт сатҳида тарқалишини ўрганишни тақозо этади. Транспорт воситаларининг тури ва қуввати шаҳарнинг рельефи ва географияси, ривожланиш тарихи, аҳоли сони, ҳудуднинг иқтисодий-ижтимоий ривожланишига сезиларли даражада таъсир кўрсатади. Ҳозирда юк ташиш воситаларининг оғирлик ва тезликлари ортиб бораётганлиги натижасида уларнинг ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрацияларни инсонлар, бино ва иншоотларга салбий таъсирини ўрганиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Жаҳонда сўнгги йилларда унча чуқурликда бўлмаган метрополитен тоннелларини лойиҳалаш ҳамда фойдаланишга топшириш натижасида метрополитен поездлари ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрациялардан бино-иншоотлар ва аҳолини ҳимоя қилишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада дунёнинг ривожланган мамлакатлари, жумладан, АҚШ, Англия, Россия, Германия, Ҳиндистон, Хитой ва бошқа мамлакатларда бино ва иншоотларни техноген таъсирлардан, биринчи навбатда транспорт воситаларидан ҳосил бўладиган вибрациялардан ҳимоялаш ва тебраниш даражасини камайтиришда самарали усулларни такомиллаштириш, инсонларга, бино ва иншоотларга таъсир қилувчи вибрация даражасини камайтириш технологиясини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамызда метрополитен тоннелларида ҳосил бўладиган вибрациялардан ҳимоялаш ва тебраниш даражасини камайтириш имконини берадиган самарали усулларни ишлаб чиқиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга ошириб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йиллар учун Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «атроф-табiiй муҳит, аҳоли саломатлиги ва генофондига зиён етказадиган экологик муаммоларни олдини олиш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан ер ости метрополитен поездлари ҳаракатланганда ҳосил бўладиган тебранишларни камайтириш бўйича самарали ечимларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2016 йил 29 ноябрдаги ПҚ-2664-сон «Тошкент метрополитени Сергели йўналиши қурилиши» лойиҳасини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида қарори, 2016 йил

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ 4947-сон «Ўзбекистон республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

21 октябрдаги ПҚ-2638-сон «Тошкент метрополитенини янада ривожлантириш ва фаолияти самарадорлигини оширишга доир чора-тадбирлар тўғриси»ги қарори, 2017 йил 9 августдаги ПҚ-3190-сон «Ўзбекистон Республикаси ҳудуди ҳамда аҳолининг сейсмик хавфсизлиги, қурилиш зилзилабардошлиги ва сейсмология соҳасида илмий тадқиқотлар ўтказишни такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисидаги» Қарори, Вазирлар Маҳкамасининг 2007 йил 3 апрелдаги 71-сон «Фавқулодда ҳолатларини прогноз қилиш ва олдини олиш бўйича Давлат дастури» тўғрисидаги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Математика, механика, иншоотлар сейсmodинамикаси ва информатика» ва XIV. «Сейсмология, бинолар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиш» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Транспорт ҳаракати натижасида ҳосил бўладиган вибрацияларнинг ҳосил бўлиши, грунтда тарқалиши, бино ва иншоот конструкцияларида ҳосил бўладиган кўчишлар характерини амалий тадқиқотлар асосида ўрганиш бўйича хорижда В.И.Пожуев, В.А.Ильичев, Ю.А.Буланов, С.К.Лапин, В.С.Никифоровский, Е.И.Шемякин, М.А.Дашевский, Б.Г.Михайленко, А.И.Кистанов, В.Н.Туров, Г.И.Фролов, Н.В.Бычков, В.И. Пруссов, Ю.Н.Работнов, О.Я.Шехтер, И.Я.Дорман, В.С.Соловьев, С.Ю. Хазанов, В.А.Лиманов, И.Е.Трояновский, Ю.М.Ескин, С.В.Поляков, Г.Г.Коншин, М.Н.Голубцова, Д.Д.Баркан, В.С.Поляков, Н.Д.Красников (Россия), J.Lysmer, L.Kyhlemeyer (АҚШ), D.E.Beskos, R.Clayton, B.Engquist, J.E.Monsees, J.L.Merritt, W.A.Haupt, K.M. Lee (Япония), T.May, B.A.Bolt, R.D.Woods (Англия), S.Ahmad, T.M.Al-Hussaini (Хиндистон) каби олимларнинг илмий тадқиқот ишларида муаммонинг турли жиҳатлари ёритилган ва ижобий натижаларга эришилган. Темир йўл полотносида поезд ҳаракатидан ҳосил бўладиган тебранишларни тарқалишини грунт турларига боғлиқ ҳолда А.Ф.Колос, Д.В.Крюковский, В.В.Крылов (Россия) ва бошқа олимлар томонидан амалий тадқиқотлар ўтказилган.

Республикамизда турли хил манбалардан тебранишларни грунтда тарқалишини ўрганиш бўйича Т.Р.Рашидов, А.А.Ишанходжаев, Ғ.Х.Хожметов, К.С.Султанов, М.Мирсаидов, Т.Ш.Ширинкулов, Б.Мардонов, С.Т.Джаббаров, Я.Н.Муборақов, Ш.С.Юлдашев, М.Х.Миролимовлар томонидан илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган.

Бугунги кунда ушбу йўналишда олиб борилган кенг миқёсдаги тадқиқотларга қарамасдан, тебранишларни қатламли грунтларда тарқалиши, тебранишларни камайтиришда виброҳимоя тўсиқларнинг геометрик ўлчамларини аниқлаш ва уларнинг самарадорлигини баҳолаш ва траншеянинг жойлаштириш усуллари ўрганилмаган.

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

Диссертация тадқиқоти Наманган муҳандислик–қурилиш институти илмий ишлари режасининг Ф-4-23 «Эластиклик назариясининг динамик масаласи уч ўлчамли бўлак-бўлак жинслардан иборат бўлган узлуксиз ярим фазода ҳаракатланувчи юкдан ҳосил бўладиган тўлқинларнинг тарқалишини тадқиқ қилиш» (2012-2016 йй.) ҳамда Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг MRU-FA-58/2017 рақамли «Акустические барьеры для защиты от сейсмических воздействий: разработка концепции, математических моделей и численных алгоритмов» (2017-2019 йй.) мавзулардаги фундаментал лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади метрополитен поездлари ҳаракатидан ер сатҳида ҳосил бўладиган вибрацияларни камайтиришга қаратилган усулларни ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

бир жинсли бўлмаган муҳитда жойлашган айлана кесимли метрополитен тоннелларида ҳосил бўладиган вибрациянинг тарқалиш даражасига грунтнинг механик-физик хоссалари, тоннелнинг жойлашиш параметрлари таъсирини ҳисоблашнинг математик моделини чекли элементлар усули ёрдамида ишлаб чиқиш;

тоннелдан ихтиёрий узокликда жойлашган грунт нуқталарида ҳосил бўладиган вибрация даражасини аниқ ва тез баҳолай олиш имкониятини яратиш;

параллел тоннелларда поезд ҳаракатланганда ҳосил бўладиган вибрацияни тарқалишини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш;

чексиз соҳадан ажратиб олинган чекли соҳада чекли элементлар усули билан ечиш учун қўйиладиган ўтказувчи чегаравий шартлар коэффицентлари соҳа материалига боғлиқ эканлигини ҳисоблаш методини ишлаб чиқиш;

метрополитен поездлари ҳаракатидан ер сатҳида ҳосил бўладиган вибрацияларни камайтиришга қаратилган вибротўсиқлардан бири бўлган траншеянинг самарадорлигини ўрганиш бўйича назарий тадқиқотлар олиб бориш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида айлана кесимли метрополитен тоннели ва уни ўраб турган грунт массиви олинган.

Тадқиқотнинг предмети метрпоездларнинг динамик юки таъсирида ҳосил бўладиган вибрацияларни структураси бир жинсли бўлмаган грунт муҳитида тарқалиш жараёни ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида деформацияланувчан каттиқ жисм механикаси, грунтлар ва қурилиш механикаси, чекли элементлар усули орқали эса математик моделлаштириш, математик физика ва чизикли алгебра усулларида кенг фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

бир жинсли бўлмаган муҳитда жойлашган айлана кесимли

метрополитен тоннелларида ҳосил бўладиган вибрациянинг тарқалиш даражасига грунтнинг механик-физик хоссалари, тоннелнинг жойлашиш параметрлари таъсирини ҳисоблашнинг математик моделини чекли элементлар усули ёрдамида ишлаб чиқилган;

масалани чексиз соҳадан ажратиб олинган чекли соҳада чекли элементлар усули билан ечиш учун қўйиладиган ўтказувчи чегаравий шартлар коэффициентлари соҳа материалига боғлиқ эканлигини ҳисоблаш методи ишлаб чиқилган;

тоннелдан ихтиёрий узоқликда жойлашган грунт нуқталарида ҳосил бўладиган вибрация даражасини аниқ ва тез баҳолай олиш имконини берувчи дастур яратилган;

метрополитен тоннелларидан тарқалувчи вибрация даражасини пасайтириш учун траншеянинг самарадорлиги унинг геометрик параметрлари, яъни чуқурлиги, кенлиги ҳамда ён деворлари турли бурчак остида бўлган очик траншеялар (45° ва 60°) ён деворлари вертикал бўлган, яъни 90° бўлган вибротўсиқларга нисбатан самарадорлиги юқори эканлиги аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

параллел тоннелларда поездлар бир вақтда ҳаракатланган ҳол билан якка тоннелда поезд ҳаракатланган ҳоллардаги ер сатҳида ҳосил бўлган вибрация даражалари солиштирилганда тоннел тепасида параллел тоннел бўлган ҳол учун ер сатҳи нуқталари амплитудалари 1,5-5 баробар катталиги аниқланган;

очик траншея кўринишидаги тўлқин қайтарувчи қурилмани қўлланилганда метрополитен тоннелларида поезд ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрацияни сўниши траншеясиз ҳолатга нисбатан 20-50 фоиз самаралироқ эканлиги аниқланган;

темир йўл ва автомобиль транспортлари ҳаракатидан, бинолар конструкцияларида ҳосил бўладиган вибрация даражасини аниқлашнинг ЭХМ ёрдамида сонли ҳисоблаш усулининг дастурий таъминоти ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги масаланинг математик нуқтаи назардан қатъий қўйилганлиги, қўплаб тадқиқотлар орқали динамик масалаларни ечишда аниқ натижалар бериши исботланган ҳисоблаш методларидан фойдаланилганлиги, тест масалаларнинг натижалари аналитик ечим қийматлари билан мос тушиши диссертацияда ишлаб чиқилган усул орқали маълум масалани ечиб, Д.Д.Баркан тамонидан ўтказилган тажриба натижалари билан солиштирилганлиги ва ижобий натижаларга эришилганлиги диссертация натижалари билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти метрополитен линиялари атрофидаги грунтда, бино ва иншоотлар конструкцияларида ҳосил бўладиган динамик жараёнларнинг ўрганиб, тебранишларни камайтиришда виброҳимоя тўсиқларни қўллаш самарадорлигини назарий тадқиқот натижалари билан

асосланганлиги, метрополитен поездлари ҳаракатидан ҳосил бўлган тебранишларни сўндириш усулларини такомиллаштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини амалий аҳамияти ишлаб чиқилган сонли ҳисоблаш усуллари ва дастурлари турли хил физик ва геометрик параметрларини ҳисобга олган ҳолда иншоотларни динамик ҳисоблашда ишлатилиши мумкинлиги ҳамда аҳоли турмуш даражасини сифат кўрсаткичи сақланиб қолинишига эришилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Метрополитеннинг айлана кесимли тоннелларида поезд ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг бир жинсли бўлмаган эластик муҳитда тарқалиши бўйича олинган илмий натижалар асосида:

айлана кесимли тоннелларда поезд ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрация даражасини аниқлаш ва грунт қатламларини ҳисобга олиш имконини берадиган, такомиллаштирилган ҳисоблаш методикаси «Кўқон минтақавий темир йўл узели» АЖда қурилиш объектини лойиҳалаш жараёнига жорий этилган (Транспорт вазирлигининг 2021 йил 17 июлдаги 4/4669-5682-сон маълумотномаси). Натижада, ён деворлари турли бурчак остида бўлган очик траншеялар (45° ва 60°) ён деворлари вертикал, яъни 90° бўлган вибротўсиқларга нисбатан 29%-67% самарадорлиги юқори бўлишига эришилган;

метрополитен тоннелларида поезд ҳаракатидан ҳосил бўладиган тебранишларни грунтда тарқалишини аниқлаш методикаси Тошкент «Боштранслоиҳа» АЖ корхонасида «Тошкент метрополитени Сергели йўналиши» қурилиш объектини лойиҳалаш жараёнига жорий этилган (Транспорт вазирлигининг 2021 йил 17 июлдаги 4/4669-5682-сон маълумотномаси). Натижада, тўғри тўртбурчак кесимли тоннелларда поездлар ҳаракатидан ҳосил бўлган вибрация даражаси тебраниш частотасига боғлиқ равишда айлана кесимли тоннелларга нисбатан 30% дан 110% гача кам бўлишига эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан 8 таси Республика ва 1 таси хорижий журналларда нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, уч боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

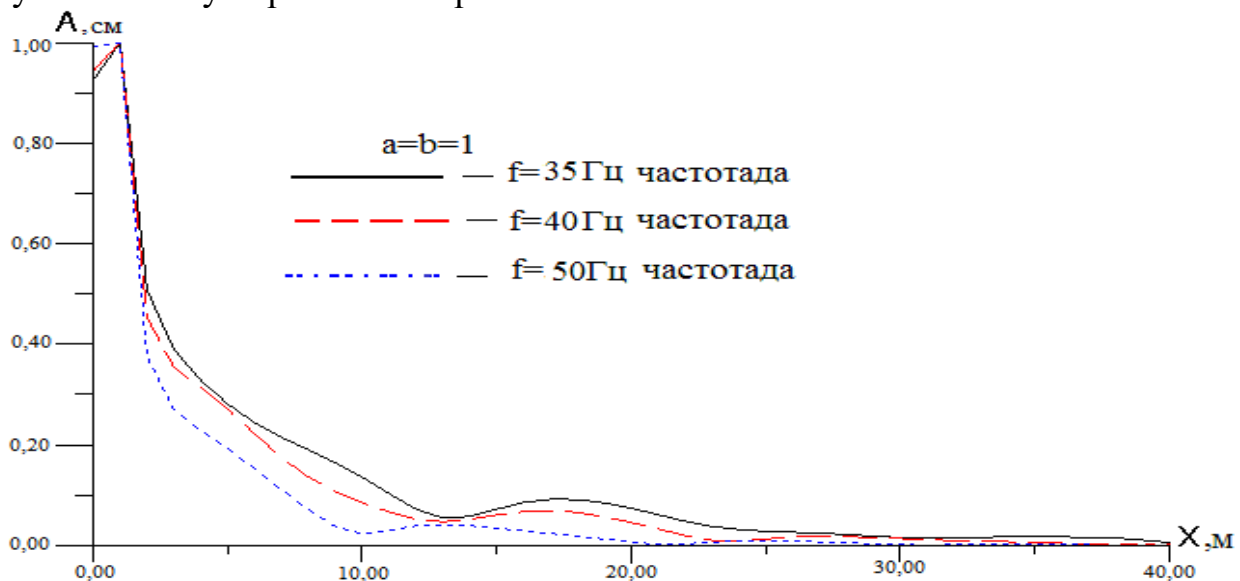
Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилганлиги, ишнинг апробация натижалари, эълон қилинган ишлар ҳамда диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Метрополитен темир йўл поездаи ҳаракатидан ҳосил бўладиган тўлқинларнинг грунтда тарқалиши масаласи ва ўтказувчи чегаравий шартлар коэффицентларини аниқлаш**» деб номланган биринчи бобида тадқиқот мақсади ва вазифалари, ҳаракатланувчи юклар таъсирида ҳосил бўладиган вибрацияларни грунтда тарқалиш жараёнига доир, яъни транспорт воситалари ҳаракати натижасида ҳосил бўладиган вибрацияларнинг тарқалиши, уларнинг бино-иншоот ва инсонларга таъсири бўйича маҳаллий ва хорижда олиб борилаётган тадқиқотлар таҳлили келтирилган.

Тадқиқ этилаётган масаланинг математик қўйилиши, масалани дифференциал ва вариацион қўйилишларининг эквивалентлиги, масалани ечиш алгоритми ва дастури ҳақида сўз юритилган.

Ўтказувчи чегаравий шартлар коэффицентлари муҳитнинг физик-механик хусусиятларига боғлиқ эканлиги исботланган.

Тадқиқотлар a ва b коэффицентлар частотага ва тебраниш тарқалаётган муҳитнинг физик-механик хусусиятларига боғлиқлигини кўрсатади. Мисол учун бу коэффицентларнинг $a=b=0.5$, $a=b=0.7$ ва $a=b=1$ икки қиймати танланди. Қуйидаги расмларда кўрсатилган графикларда ажратиб олинган соҳанинг эркин юзасида характерли нукталарнинг кўчишининг ўзгариши келтирилган.



1-расм. Коэффицент қийматлари $a=b=1$ бўлганда вертикал тўлқинларни абсолют қийматларини эркин чегара нукталарида ўзгариши

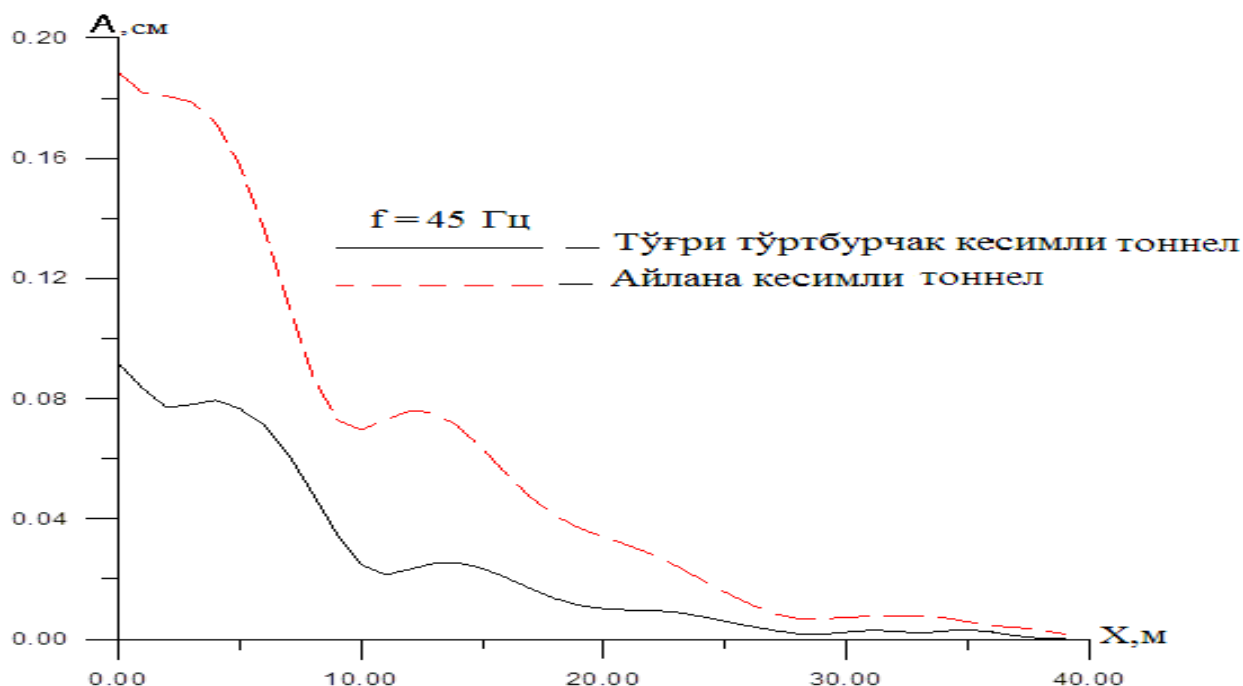
Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, юқори частоталарда чегарадаги қийматлар амплитудалари орасидаги пропорционаллик сақланади, паст частоталарда бу тенденция кузатилмайди, бу эса a ва b қийматларни ўрганиш учун қўшимча тадқиқотлар олиб бориш зарурлигини кўрсатади.

«Метрополитен поездлари ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрацияларнинг тарқалишини тадқиқ этиш» деб номланган иккинчи бобида бир йўлли тоннелларда поезд ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрацияларни грунтда тарқалиши ўрганилган. Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, тебраниш амплитудаси тоннел симметрия ўқидан грунт эркин юзасида унинг узунлиги бўйлаб барча частоталарда монотон бўлмаган ҳолда сўнади.

Айлана ва тўғри тўртбурчак кесимли метрополитен тоннелларида поезд ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрацияларни грунтда тарқалиши тадқиқ этилди ва олинган сонли натижалар таҳлил этилди.

Метрополитен тоннелларида поезд ҳаракатидан грунтнинг эркин юзаси бўйлаб тебраниш амплитудаларининг ўзгариши ўрганилди. Бу жараён тоннелнинг жойлашиш чуқурлиги, тоннелнинг кўндаланг кесим шакли, грунтнинг қатламларига ва улардаги грунтнинг физик-механик хусусиятларига боғлиқлиги кўриб чиқилди. Назарий тадқиқотда олинган сонли натижалар таҳлил этилди.

Айлана кесимли тоннелларда поездлар ҳаракатидан ҳосил бўлган вибрациянинг грунтда тарқалиши ҳақидаги масалани чекли элементлар усули билан ечиш дастури тузилди. Олинган натижалар тўғри тўртбурчак шаклидаги тоннел бўлган ҳол билан солиштирилди.



2-расм. Ярим текисликнинг эркин чегарасида тебраниш амплитудасининг ўзгариши

Айлана кесимли тоннелларда поездлар ҳаракатидан ҳосил бўлган вибрация даражаси тебраниш частотасига боғлиқ равишда тўғи тўртбурчак бўлган ҳолга нисбатан 30% дан 110% гача катта бўлиши аниқланди.

Бир йўлли тоннелларда поезд ҳаракатидан ҳосил бўлган вибрация даражасининг тоннел жойлашиш чуқурлигига боғлиқлиги ўрганилган. Тоннел жойлашиш чуқурлиги ортиб бориши билан ер устидаги тупроқнинг тебраниш амплитудалари камайиши аниқланган. Таъсир қилувчи кучнинг резонансга яқин частоталарида бу қонуниятнинг бироз бузилиши кузатилган.

Метрополитен тоннеллари жойлашган грунт қатламлардан иборат бўлган ҳол учун вибрациянинг тарқалиш даражаси ўрганилган. Қатламларнинг физик-механик хусусиятлари ер устидаги грунт нуқталарининг тебраниш даражасига узвий боғлиқлиги аниқланган. Қатламли грунт эркин сатҳи тебраниш амплитудалари бир жинслига нисбатан катта бўлиши исботланган. Шу билан бирга қатламли грунт юзасидаги нуқталарнинг амплитудалар ўрамаси бир жислига нисбатан анча монотон эканлиги ва тезроқ сўниши кузатилган.

Параллел тоннелларда поездлар бир вақтда ҳаракатланган ҳол билан якка тоннелда поезд ҳаракатланган ҳоллардаги ер сатҳида ҳосил бўлган вибрация даражалари солиштирилганда тоннел тепасида параллел тоннел бўлган ҳол учун ер сатҳи нуқталари амплитудалари 1,5-5 баробар катталиги, тоннел симметрия ўқидан узоқлашган сари бу фарқ камайиб бориши аниқланди.

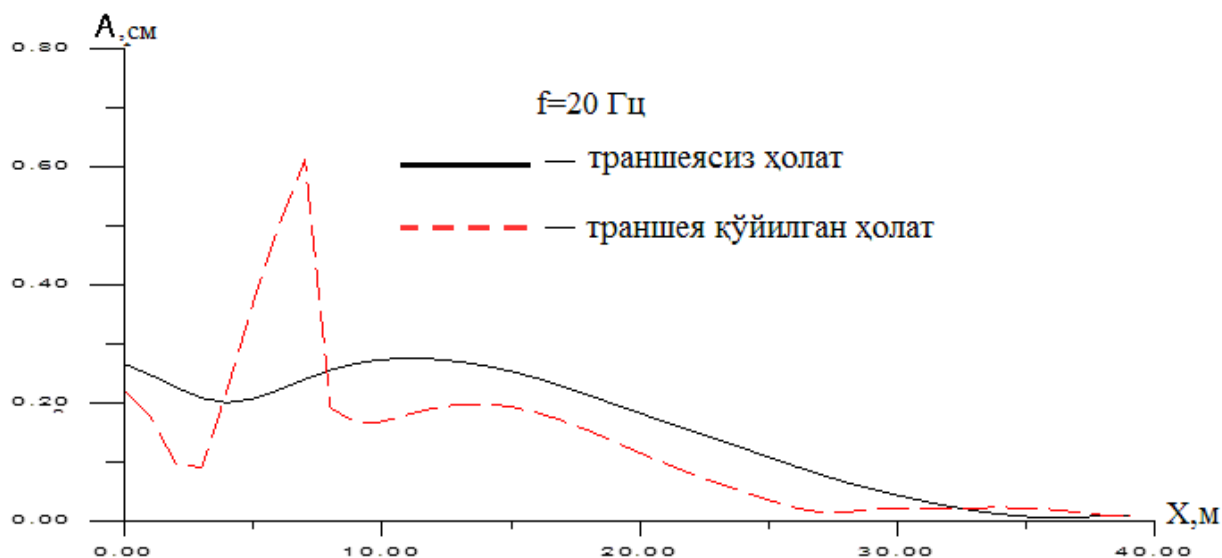
«Грунтда жойлаштирилган турли виброҳимоя системаларнинг самарадорлигини таҳлили» деб номланган диссертациянинг учинчи бобида ҳаракатланувчи юklar таъсирида грунт сатҳида ҳосил бўладиган вибрацияларни камайтириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида сўз юритилган.

Метрополитеннинг симметрия ўқи ва траншея оралиғидаги масофани метрополитенда поезд ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрацияларни грунтда тарқалишига таъсири дастурдан олинган сонли натижаларни таҳлил этиш орқали ўрганилди.

Куйида берилган графикларда траншея бўлмаган ва уч хил масофада қўйилган траншеяларнинг вибрацияни сўндириш кўрсаткичлари ўрганилган. Қийматларни таққослаш мақсадида графикда узлуксиз чизик орқали траншеясиз ҳолат, пунктир чизик орқали эса траншея қўйилган ҳолатдаги грунт юзасида амплитуда модулини ўзгариши кўрсатилган. Графикларни таҳлил этганда шуни кузатиш мумкинки, траншея қайси масофага қўйилишидан қатъий назар, траншеядан олдин тўлқинларни вибротўсиқ ҳисобига аксланиши рўй беришини кўриш мумкин.

Траншея 8 м масофага қўйилганда бу қийматлар нисбати қуйидагини ташкил этди:

$f=20$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада – 39%, 20 м – 37%, 30 м – 51%, 40 м – 28% камайишини кўриш мумкин.

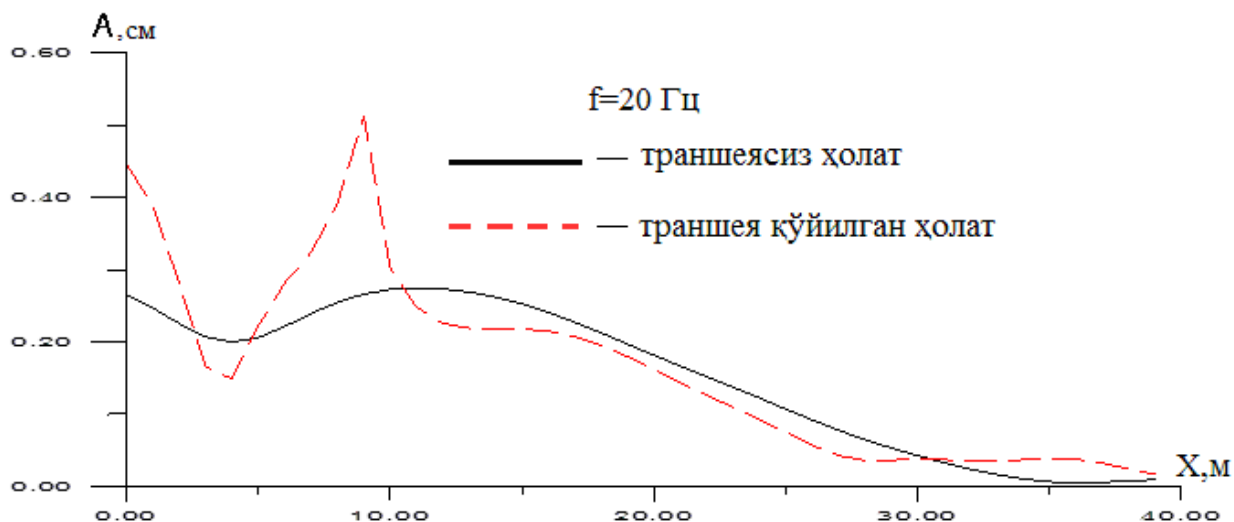


3-расм. Тоннел симметрия ўқидан 8 м масофада қўйилган траншея ва траншея қўйилмаган ҳолатда грунт эркин чегарасида амплитуда модулининг ўзгариш графиги

$f=30$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада – 28%, 20 м – 43%, 30 м – 35%, 40 м – 16%;

$f=40$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада – 23%, 20 м – 10%, 30 м – 34%, 40 м – 28%;

$f=50$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада – 44%, 20 м – 15%, 30 м – 40 м масофада 5% камайишини кузатиш мумкин.



4-расм. Тоннел симметрия ўқидан 10 м масофада қўйилган траншея ва траншея қўйилмаган ҳолатда грунт эркин чегарасида амплитуда модулининг ўзгариш графиги

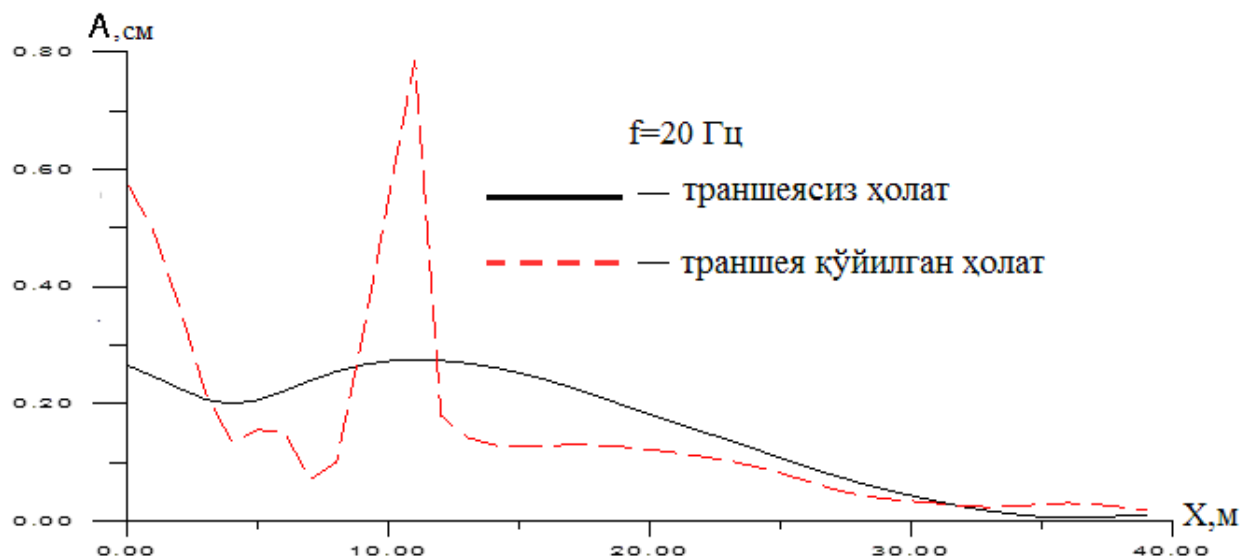
Траншея 10 м масофага қўйилганда бу қийматлар нисбати қуйидагини ташкил этди:

$f=20$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада траншеяда тўлқиннинг аксланиш ҳисобига қиймат 11% га

ортади, 20 м – 11%, 30 м -11% га камайди, 40 м масофада аксинча бу қийматлар нисбати 10% ортишини кузатиш мумкин.

$f=40$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада траншеяда тўлқиннинг аксланиш ҳисобига қиймат 55% га ортади, 20 м – 28%, 30 м – 57%, 40 м – 32% камайди.

$f=50$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада траншеяда тўлқиннинг аксланиш ҳисобига қиймат 9% га ортади, 20 м – 31%, 30 м – 15%, 40 м – 15% пасайишини кузатиш мумкин.



5-расм. Тоннел симметрия ўқидан 12 м масофада қўйилган траншея ва траншея қўйилмаган халатда грунт эркин чегарасида амплитуда модулининг ўзгариш графиги

Траншея 12 м масофага қўйилганда бу қийматлар нисбати қуйидагини ташкил этди:

$f=20$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада траншеяда тўлқиннинг аксланиш ҳисобига қиймат 2 баробар ортади, 20 м – 33%, 30 м – 21%, 40 м масофада бу қийматлар нисбати 10% ортишини кузатиш мумкин.

$f=30$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м ва 20 м масофада қийматлар деярли бир хил бўлади, 30 м – 10%, 40 м – 40%;

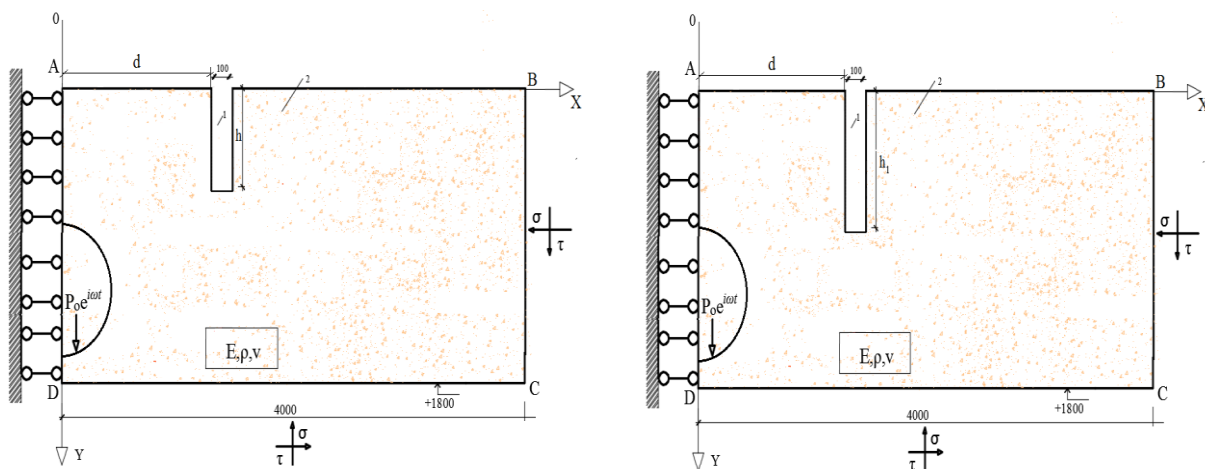
$f=40$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада – 17%, 20 м – 53%, 30 м – 79%, 40 м – 35% камайди.

$f=50$ Гц кинематик юк частотасида метрополитеннинг симметрия ўқидан 10 м масофада – 39%, 20 м – 40%, 30 м – 26%, 40 м – 22% камайди.

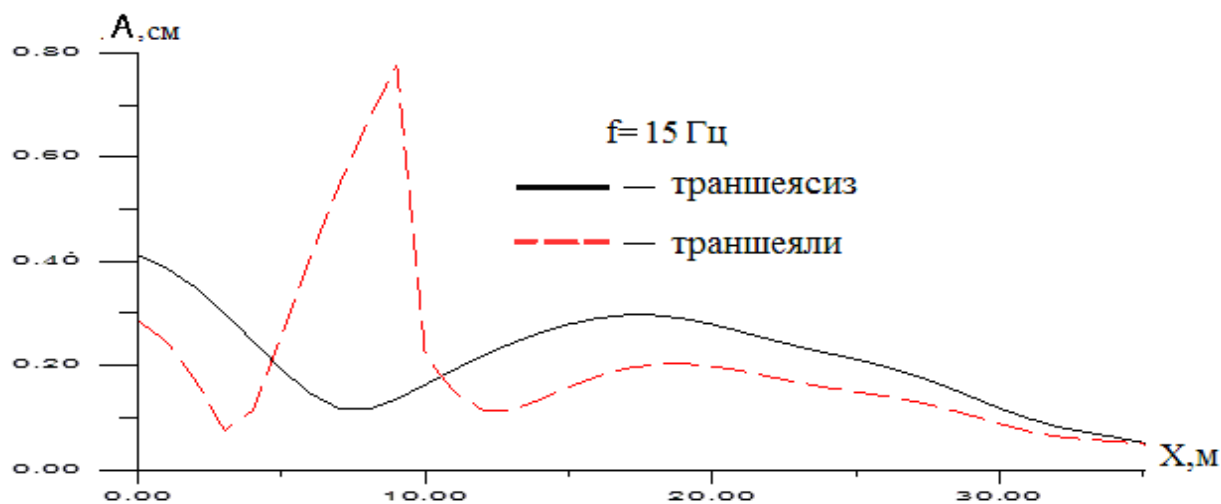
Юқоридаги таҳлиллар шуни кўрсатадики, траншеянинг жойлашиш ўрни, яъни манбаадан траншеягача бўлган масофа ҳам вибрацияни сўндириш кўрсаткичига ўз таъсирини кўрсатар экан. Унча чуқурликда бўлмаган метрополитен тоннелларида поезд ҳаракати натижасида ҳосил бўладиган вибрацияларни камайтиришда траншея катта устиворликка эга. Бироқ узок вақт давомида ўзининг устивор геометрик шаклини сақлай олмаслиги унинг камчилиги ҳисобланади.

Траншеянинг чуқурлиги вибрацияни тарқалишига таъсири ҳам кўриб чиқилди. Бу тадқиқотда траншеянинг 3 хил чуқурлик масофаси: 6 м, 8 м ва 10 м бўлган ҳолатда вибрацияни камайтириш самарадорлиги кўриб чиқилди. Бу масала ҳам чекли элементлар усулида ечилган бўлиб, математик қўйилиши ва ечилиш алгоритми юқорида қайд этилган тартибда амалга оширилган. Бу тадқиқотда ҳар учала ҳолда ҳам траншеянинг кенглиги 1 м деб қабул қилинган (6 - расм).

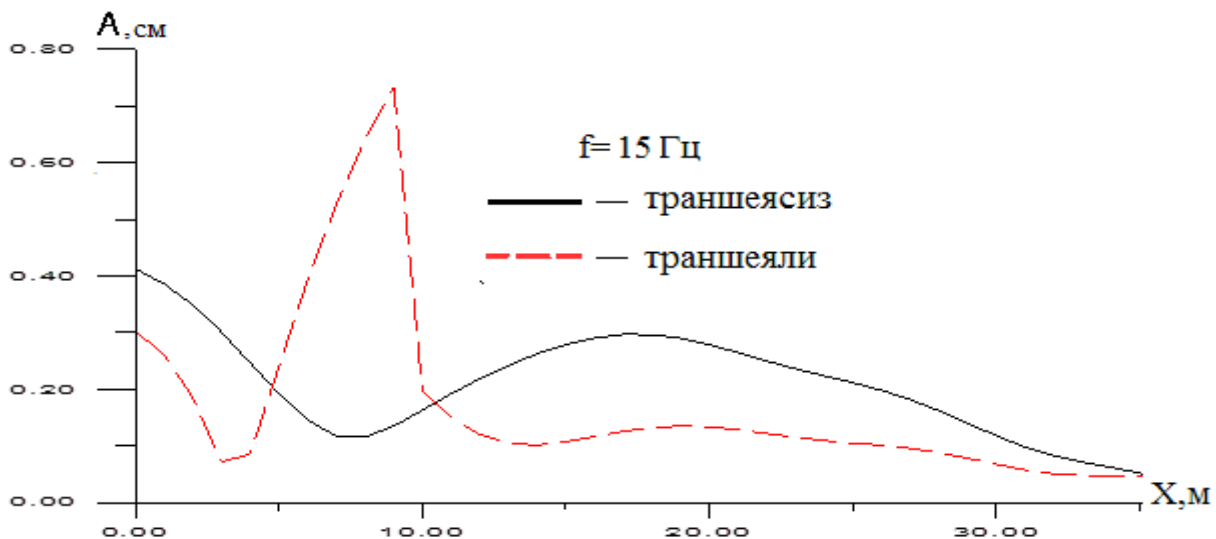
Траншеяларни ҳисобга олган ҳолда дастурдан олинган натижалар куйидаги графикларда ўз аксини топган. Графикда узлуксиз чизиқ орқали траншеясиз ҳолат, пунктир чизиқ орқали эса турли чуқурликларда қўйилган траншеялар орқали тебраниш амплитудаси модулини грунтнинг эркин юзасида ўзгариши кўрсатилган.



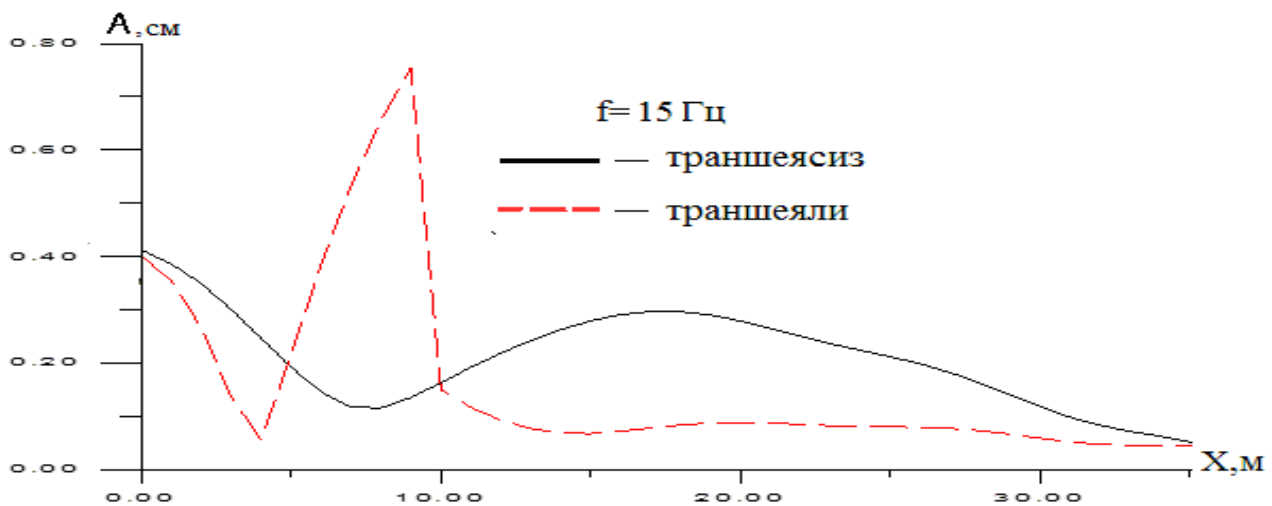
6-расм. Масалани ҳисоблаш схемаси



7-расм. $f=15$ Гц кинематик юк частотасида траншея чуқурлиги $h=6$ м бўлганда тебраниш амплитуда модулини грунт эркин юзасида ўзгариш графиги



8-расм. $f=15$ Гц кинематик юк частотасида траншея чуқурлиги $h=8$ м бўлганда тебраниш амплитуда модулини грунт эркин юзасида ўзгариш графиги

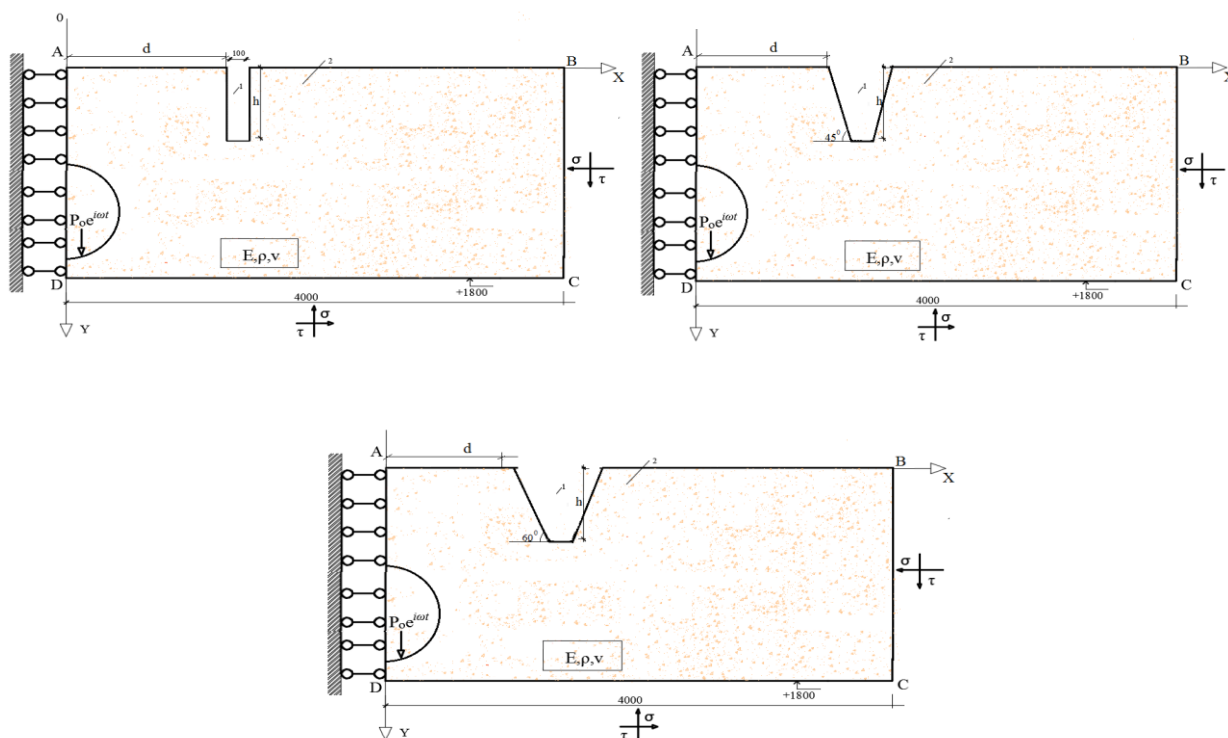


9-расм. $f=15$ Гц кинематик юк частотасида траншея чуқурлиги $h=10$ м бўлганда тебраниш амплитуда модулини грунт эркин юзасида ўзгариш графиги

Кейинги тадқиқотда амалиётга яқин лойиҳалар таклиф этилиб, уларнинг самарадорлиги ўрганилган.

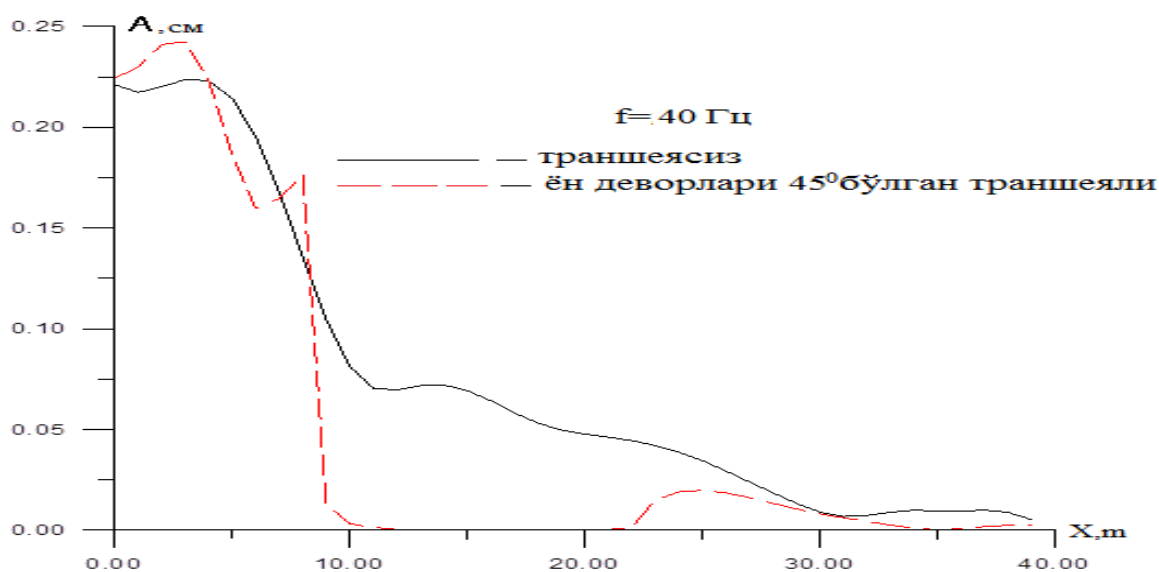
Виброҳимоя сифатида қўлланиладиган очиқ траншеяларнинг анъанавий кўриниши барча адабиётларда тўғри тўртбурчак шаклида, яъни ён деворлари 90° бурчак остида бўлган кўриниши таклиф этилган. Бу траншеяларнинг асосий камчилиги узок вақт қўлланилганда устиворлигини, яъни ён деворлари ўз ҳолатини сақлай олмаслигидир. Бундан ташқари бундай тўсиқларни ҳосил қилиш ҳам анча қийинчилик туғдиради. Шу сабабли ушбу тадқиқотда траншеянинг ноанъанавий турлари ўрганилди ва уларнинг грунт юзасида тарқаётган вибрацияни камайтириш бўйича самарадорлиги ўрганилди. Бу тадқиқотда анъанавий ён деворлари 90° бўлган траншея кўрсаткичлари, ён деворлари 45° ва 60° бўлган вибротўсиқлар натижалари билан солиштирилди. Бу учта масалада траншея метрополитен симметрия ўқидан 8 метр масофада жойлашган, унинг чуқурлиги 7 метрни

ташқил этади. Бу масалаларга ҳам аввалги тадқиқотда бажарилгани каби ҳисоблаш схемасини тузиб оламиз.

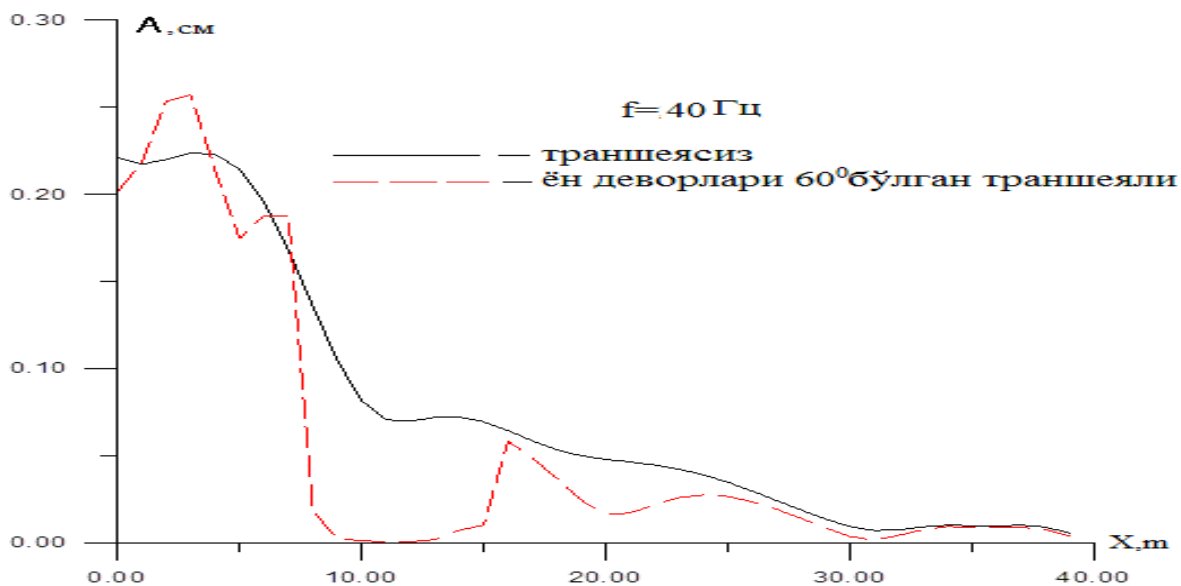


10-расм. Ён деворлари турли бурчак остида бўлган траншеяларнинг ҳисоблаш схемалари

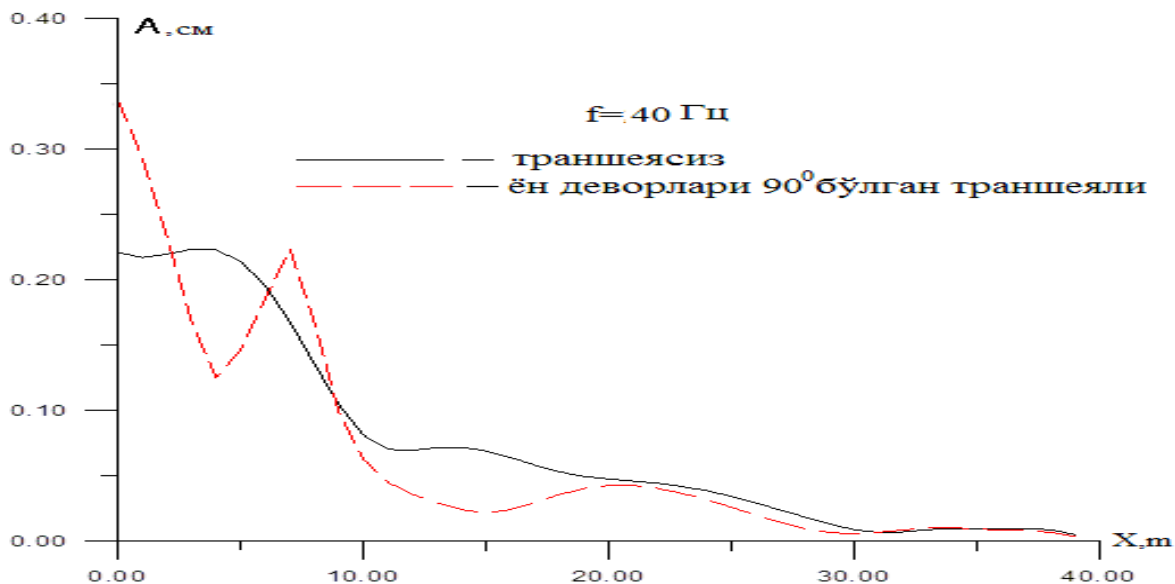
Графикда узлуксиз чизиқ орқали траншея қўлланилмаган ҳолатда олинган натижалар графиги кўрсатилган бўлса, пунктир чизиқ орқали эса траншеялар қўлланилганда дастурдан олинган натижалар графиги келтирилган.



11-расм. $f=40$ Гц частотада ён деворлари 45° траншея орқали грунт юзасида тебраниш амплитудаларини ўзгариши



12-расм. $f=40$ Гц частотада ён деворлари 60° траншея орқали грунт юзасида тебраниш амплитудаларини ўзгариши



13-расм. $f=40$ Гц частотада ён деворлари 90° траншея орқали грунт юзасида тебраниш амплитудаларини ўзгариши

Дастурдан олинган сонли натижалар асосида траншеяларнинг самарадорлиги таҳлил этилди.

Инсон капитали давлатнинг энг катта бойлигидир. Инсоннинг меҳнат қобилиятига салбий таъсир кўрсатувчи омиллардан бири бу – вибрациядир. Инсонларни вибрация ва шовқинга бўлган муносабати вибрациянинг фаоллиги, миқдори ва частотасига боғлиқ бўлади. Поездларнинг узунлиги ва тезлик кўрсаткичлари катта бўлса, бу натижалар бундан ҳам юқори бўлади. Агар вибрация даражаси юқори бўлса, инсон ўзини ноқулай ҳис қилиши табиий ҳолдир.

Бинологларни ер ости ва усти темир йўл иншоотлари атрофида лойиҳаланганда ҳисоблашлар натижалари кўрсатадики, тебранишларнинг доимий таъсирлари натижасида мукамал таъмирлашгача бўлган меъёрий

хужжатларда келтирилган муддат 7 йилга тушиб қолди. Виброхимоя тадбирларини қўллаш натижасида биноларнинг мукамал таъмирлаш муддатининг узоқлашиши аниқланган. 3 қаватли мактаб биносининг қурилиш ҳажми 7776 м³ ни, смета нархи 1 836 965 850 сўм, 1 м³ ни таъмирлаш нархи 236235,32 сўмни ташкил қилади. Виброхимоя тадбирларидан бири бўлган очик траншеядан фойдаланилса, бу кўрсаткични ҳисоблашлар асосида 13 йилгача узайтириш имконини беради. Биргина шу бинонинг ўзида виброхимоянинг иқтисодий самараси капитал таъмирлаш муддатини узайтириш ҳисобига йилига 262 млн. сўмдан, 6 йилда 1,572 млрд сўмни ташкил қилади. Бу қийматдан диссертацияда келтирилганди жадвалдаги 100 м узунликдаги траншеяни ҳосил қилиш учун аниқланган суммани айириб юборсак, 1 млрд сўм тежамкорликка эришиш мумкин.

ХУЛОСАЛАР

1. Метрополитеннинг айлана кесимли тоннелларида поездлар ҳаракати натижасида ҳосил бўлган вибрация тўлқинларининг атрофдаги бир жинсли бўлмаган муҳитда тарқалиш жараёнини тоннеллар ва муҳитнинг турли хил физик-механик хусусиятлари, геометрик ўлчамларини ҳисобга олган ҳолда ўрганиш ҳамда бу зарарли тўлқинлар даражасини турли хил кўндаланг кесимли траншеялар ёрдамида пасайтириш усуллари ишлаб чиқилди.

2. Математик нуқтаи назардан масаланинг дифференциал ва вариацион қўйилиши амалга оширилган. Масалани дифференциал ва вариацион қўйилиши эквивалент эканлиги исботланган. Натижада масалани ечиш учун вариацион усуллардан бири бўлган чекли элементлар усулини қўллаш мумкинлиги исботланди.

3. Масалани чексиз соҳадан ажратиб олинган чекли соҳада чекли элементлар усули билан ечиш учун қўйиладиган ўтказувчи чегаравий шартлар коэффицентлари соҳа материалига боғлиқ эканлиги исботланган.

4. Айлана кесимли тоннелларда поездлар ҳаракатидан ҳосил бўлган вибрациянинг грунтда тарқалиши ҳақидаги масалани ЧЭУ билан ечиш дастури тузилди. Олинган натижалар тўғри тўртбурчак шаклидаги тоннел бўлган ҳол билан солиштирилди. Айлана кесимли тоннелларда поездлар ҳаракатидан ҳосил бўлган вибрация даражаси тебраниш частотасига боғлиқ равишда тўғри тўртбурчак бўлган ҳолга нисбатан 30% дан 110% гача катта бўлиши аниқланди.

5. Бир йўлли тоннелларда поезд ҳаракатидан ҳосил бўлган вибрация даражасининг тоннел жойлашиш чуқурлигига боғлиқлиги ўрганилган. Тоннел жойлашиш чуқурлиги ортиб бориши билан ер устидаги тупроқнинг тебраниш амплитудалари камайиши аниқланган. Таъсир қилувчи кучнинг резонансга яқин частоталарида бу қонуниятнинг биров бузилиши кузатилган.

6. Метрополитен тоннеллари жойлашган грунт қатламлардан иборат бўлган ҳол учун вибрациянинг тарқалиш даражаси ўрганилган. Қатламларнинг физик-механик хусусиятлари ер устидаги грунт нуқталарининг тебраниш даражасига узвий боғлиқлиги аниқланган.

Қатламли грунт эркин сатҳи тебраниш амплитудалари бир жинслига нисбатан катта бўлиши исботланган. Шу билан бирга қатламли грунт юзасидаги нуқталарнинг амплитудалар ўрамаси бир жинслигига нисбатан анча монотон эканлиги ва тезроқ сўниши кузатилган.

7. Параллел тоннелларда поездлар бир вақтда ҳаракатланган ҳол билан якка тоннелда поезд ҳаракатланган ҳоллардаги ер сатҳида ҳосил бўлган вибрация даражалари солиштирилганда тоннел тепасида параллел тоннел бўлган ҳол учун ер сатҳи нуқталари амплитудалари 1,5-5 баробар катталиги, тоннел симметрия ўқидан узоқлашган сари бу фарқ камайиб бориши аниқланди.

8. Метрополитен тоннелларида поезд ҳаракатидан ҳосил бўладиган вибрацияларни камайтириш бўйича назарий тадқиқотлар олиб борилди. Чекли элементлар усулидан фойдаланилган ҳолда масаланинг ҳисоб схемаси, масалани ечиш алгоритми ва дастури тузилди. Очиқ траншеялар қўлланилганда вибрацияни сўниши траншеясиз ҳолатга нисбатан 20-50% самаралироқ эканлиги аниқланди. Очиқ траншеянинг самарадорлиги унинг геометрик параметрларига боғлиқлиги ўрганилди ва қуйидаги хулосаларга келинди:

вибрацияларни камайтиришда очиқ траншеяни қўллаш яхши самара беради;

тадқиқот ишлари шуни кўрсатдики, очиқ траншея ичи тўлдирилган траншеяга нисбатан самарадорлиги юқори;

траншеянинг чуқурлиги ортиши билан унинг вибрацияни сўндириш кўрсаткичи ҳам ортиб боради;

вибротўсиқнинг кенглигини ортиши унинг самарадорлигини ортишига хизмат қилмайди. Шу сабабли ҳар бир объектнинг хусусий ҳолатидан келиб чиқиб, оптимал, техник-иқтисодий асосланган траншеянинг геометрик параметрларини танлаш лозим;

очиқ траншея билан метрополитен симметрия ўқи орасидаги масофани ортиши натижасида унинг самарадорлиги камаяди;

ён деворлари турли бурчак остида бўлган очиқ траншеялар (45° ва 60°) ён деворлари вертикал бўлган, яъни 90° бўлган вибротўсиқларга нисбатан самарадорлиги юқори эканлиги аниқланди.

9. Виброҳимоя тадбирларидан бири бўлган очиқ траншеядан фойдаланилса, ҳисоблашлар бинонинг таъмирлаш муддати 13 йилга узайтириш имконини беради. Биргина шу бинонинг ўзида виброҳимоянинг иқтисодий самараси капитал таъмирлаш муддатини узайтириш ҳисобига 1 млрд сўмни тежаш натижасида иқтисодий самара бериши ҳисоб-китобларга кўра аниқланди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ОРГАНИЗОВАННЫЙ НА ОСНОВЕ
НАУЧНОГО СОВЕТА PhD.03/30.12.2019.Т.90.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ**

НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

КАРАБАЕВА МУНИРА УСМАНОВНА

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОЕЗДОВ
МЕТРОПОЛИТЕНА В ТОННЕЛЯХ КРУГОВОГО СЕЧЕНИЯ В НЕОДНОРОДНОЙ
УПРУГОЙ СРЕДЕ**

**05.09.02 – Оснавания, фунтдаменты и подземные сооружения. Мосты и
транспортные тоннели. Дороги, метрополитены**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Наманган – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.4.PhD/Т2006.

Докторская диссертация выполнена в Наманганском инженерно – строительном институте. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу: e-mail: www.nammqi_info@edu.uz и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: **Юлдашев Шарафитдин Сайфитдинович**
Доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Джаббаров Саидбурхон Тулаганович**
Доктор технических наук, профессор
Тошхўжаев Алишер Улхўжаевич
Доктор философии по техническим наукам (PhD)

Ведущая организация: **Ферганский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «5» 03 2022 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Разового Научного совета PhD.03/30.12.2019.Т.90.01 2020 при Наманганском инженерно-строительном институте (Адрес: 160103, г. Наманган, ул. Ислама Каримова, 12. Тел.: (+99869) 234-15-23, факс: (99869) 234-15-23, e-mail: www.nammqi_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-строительного института (регистрационный номер 18782 Адрес: 160103, г. Наманган, ул. Ислама Каримова, 12. Тел.: (+99869) 234-15-23.

Автореферат диссертации разослан «17» 02 2022 года.
(Протокол рассылки № 1 «18» 342 2022 года).



Н.Г.Байбобоев
Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

В.М.Турдалиев
Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

А.А.Ишанходжаев
Председатель научного семинара при совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всём мире при проектировании современных городов невозможно не учитывать развитие всех видов грузовых транспортных коммуникаций: автомобилей, трамваев, системы метрополитена, расположенные на разной глубине и других средств. Последующие 10 лет по всему миру запланировано строительство 37 станций и линий метрополитена. Тип и мощность транспортных средств существенно влияют на рельеф и географию города, историю развития, количество населения, на социально-экономическое развитие территории. В настоящее время, с увеличением веса и скорости грузов перевозочных средств, уделяется большое внимание исследованию негативного воздействия на людей, здания и сооружения вибраций, возникающих от их движения.

В последние годы в мире вопрос защиты населения, зданий и сооружений от вибраций, вызываемых движением поездов метрополитена, в результате проектирования и ввода в эксплуатацию неглубоких тоннелей метрополитена, перерос в актуальную проблему. Для решения этой проблемы в США, Великобритании, России, Германии, Индии, Китае и других развитых странах появилось целое направление науки, направленное на защиту зданий и сооружений от техногенных воздействий, в первую очередь от вибраций, создаваемых транспортными средствами. В частности, необходимо усовершенствовать эффективных методов снижения уровня колебаний, разработано технологий снижения уровня вибрации, воздействующей на людей, здания и сооружения.

В нашей республике предпринимается комплексные меры и достигаются определенных результатов по защите от вибрации возникающих в тоннелях метрополитена и разрабатываются методы по снижению уровни вибрации. В стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах намечены задачи «предотвращение экологических проблем, наносящих урон состоянию окружающей среды, здоровью и генофонду населения». Реализация данных задач, то есть разработка эффективных решений по снижению вибраций, вызываемых движением поездов метрополитенов под землей имеет важное значение.

Исследования настоящей диссертации в определённой степени способствуют реализации задач, намеченных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП №2664 «О мерах по реализации проекта “Строительство Сергелийской линии Ташкентского метрополитена” от 29 ноября 2016 года, ПП №2638 «О мерах по дальнейшему развитию и повышению эффективности деятельности Ташкентского метрополитена» от 21 октября 2016 года, ПП №3190 «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории республики Узбекистан» от 9 августа 2017 года, Постановлении Кабинета Министров за №71 «Государственная программа по прогнозированию и

предупреждению чрезвычайных ситуаций» от 3 апреля 2007 года, а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование проведено в соответствии с приоритетными направлениями IV. «Математика, механика, сейсמודинамика сооружений и информатика» и XIV. «Сейсмология, сейсмобезопасность зданий и сооружений и строительство», развития науки и технологий республики.

Степень изученности проблемы. Изучению влияния вибраций, создаваемых железнодорожным транспортом на здания и сооружения были проведены исследования такими зарубежными учёными, как В.И.Пожуев, В.А.Ильичев, Ю.А.Буланов, С.К.Лапин, В.С.Никифоровский, Е.И.Шемякин, М.А.Дашевский, Б.Г.Михайленко, А.И.Кистанов, В.Н.Туров, Г.И.Фролов, Н.В.Бычков, В.И. Прусов, Ю.Н.Работнов, О.Я.Шехтер, И.Я.Дорман, В.С.Соловьёв, С.Ю. Хазанов, В.А.Лиманов, И.Е.Трояновский, С.В.Поляков Ю.М.Ескин, В.С.Поляков, Г.Г.Коншин, М.Н.Голубцова, Д.Д.Баркан, С.В.Поляков, Н.Д.Красников (Россия), J.Lysmer, L.Kyhlemeyer (США), D.E.Beskos, R.Clayton, B.Engquist, J.E.Monsees, J.L.Merritt, W.A.Haupt, K.M. Lee (Япония), T.May, V.A.Bolt, R.D.Woods (Англия), S.Ahmad, T.M.Al-Hussaini (Индия) на основании практических исследований по изучению образования вибраций, вызванных движением транспорта, их распространению в грунте, характеру смещений в конструкциях зданий и сооружений, освещены различные аспекты проблемы и достигнуты положительные результаты. Распространение вибраций, образованных от движений поездов на железнодорожном полотне, в зависимости от типа грунта были изучены на основе практических исследований А.Ф. Колосом, Д.В. Крюковским, В.В. Крыловым (Россия) и другими учёными.

В нашей республике Т.Р. Рашидовым, А.А. Ишанходжаевым, Г.Х. Хожметовым, К.С. Султановым, М. Мирсаидовым, Т.Ш. Ширинкуловым, Б.Мардоновым, С.Т.Джаббаровым, Я.Н. Мубораковым, Ш.С. Юлдашевым, М.Х. Миролимовым были проведены научно-исследовательские работы по изучению распространения вибраций в грунте от различных источников.

На сегодняшний день, несмотря на масштабные исследования в этой области, не изучены распространение вибраций в слоистых грунтах, определение геометрических параметров виброзащитных барьеров для снижения вибраций и оценки их эффективности, а также способы размещения траншей.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образования учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов на темы «Исследование распространения вибраций, образующихся от движущегося груза в неограниченном полупространстве, которое состоит из трёхмерных слоёных пород, динамическая задача теории эластичности» научно-исследовательских работ Наманганского инженерно-

строительного института (2012-2016 гг.) и «Акустические барьеры для защиты от сейсмических воздействий: разработка концепции, математических моделей и численных алгоритмов» MRU-FA-58/2017 плана научно-исследовательских работ института Механики и сейсмостойкости сооружений (2017-2019 гг.).

Цель исследования состоит из разработки методов, направленных на снижение вибраций, образующихся на поверхности земли при движения поездов метрополитена.

Задачи исследования:

разработка математической модели расчета влияния физико-механических свойств грунта, параметров расположения тоннеля на уровень распространения вибраций, образующихся в тоннелях метрополитена кругового сечения, расположенных в неоднородной среде при помощи метода конечных элементов;

получить возможность точно и быстро оценить уровень вибрации, возникающей в точках земли, расположенных на произвольном расстоянии от тоннеля;

разработка метода расчета распространения колебаний, возникающих при движении поезда по параллельным тоннелям;

разработка метода расчета зависимости коэффициентов проводимости граничных условий, устанавливаемые для решения методом конечных элементов в конечной области, отделенной от бесконечной области, от материала области;

проведение теоретических исследований эффективности траншеи, являющейся одной из вибробарьеров, направленных на снижение колебаний, образующихся на поверхности при движении поездов метрополитена;

Объектом исследования приняты тоннель метрополитена кругового сечения и окружающий его грунтовый массив.

Предметом исследования является процесс распространения вибраций, возникающих под действием динамической нагрузки поездов метро в среде грунта с неоднородной структурой.

Методы исследования. В исследовании использовались методы механики деформируемого твердого тела, механики грунтов и строительной механики, методы математической физики и линейной алгебры. Осуществлялось математическое моделирование с использованием метода конечных элементов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

с помощью метода конечных элементов разработана математическая модель расчёта влияния механико-физических свойств грунта, параметров расположения тоннеля на степень распространения вибрации, от тоннелей круглого сечения расположенных в неоднородной среде;

разработан метод расчета коэффициентов проводящих граничных условий, в зависимости от материала конечной области выделенной из бесконечной области, методом конечных элементов;

разработана программа, позволяющая точно и быстро оценить уровень вибрации, возникающей в точках грунта на произвольных расстояниях от тоннеля;

разработан метод расчета распространения колебаний, возникающих при движении поезда по параллельным тоннелям;

выявлено, что эффективность траншеи для снижения уровня вибрации, распространяющейся от тоннелей метрополитена, при геометрических параметрах, то есть при глубине, ширине и устройстве боковых стен открытых траншей под различными углами (45° и 60°) оказалась выше, чем у вибробарьеров с вертикальными боковыми стенками, под углом 90° .

Практические результаты исследования:

произведено сравнение уровня вибраций на поверхности грунта от движения поездов в одиночных тоннелях со случаем движения поездов в параллельных тоннелях. При этом выявлено, что амплитуды колебаний в точках на поверхности, когда движение происходит от движения поездов в параллельных тоннелях, расположенных один над другим, в 1,5-5 раз больше;

определено, что затухание колебаний, от движений поездов метрополитена при использовании открытых траншей, используемых для отражения волн, на 20-50 процентов эффективнее без траншейного состояния;

разработано программное обеспечение численного метода расчёта с помощью ЭВМ уровня вибраций, возникающих в конструкциях зданий от движения железнодорожного и автомобильного транспорта.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов диссертации подтверждает стройная математическая формулировка задачи, использование вычислительных методов, которые доказали в ходе многих исследований свою способность давать точные результаты при решении динамических задач, совпадение результатов тестовых задач со значениями аналитических решений и сопоставление результатов конкретной задачи, решенной по методике, разработанной в диссертации с результатом эксперимента, проведенного Д.Д.Барканом и получение удовлетворительного результата.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования определяется изучением динамических процессов, происходящих в грунтах, зданиях и сооружениях, расположенных вблизи линий метрополитена, обоснованием результатов теоретических исследований эффективности применения виброзащитных преград, для снижения уровня вибрации, совершенствованием методов гашения колебаний от движения поездов метрополитена.

Практическая значимость результатов исследования определяется приемлемостью разработанных численных методов расчёта и программ, к динамическому расчёту сооружений, с учётом их различных физических и геометрических параметров, а также достижением сохранности качественных показателей жизненного уровня населения.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов, по распространению вибрации в неоднородной упругой среде, от движения поезда в тоннели метрополитена с кольцевым сечением:

при проектировании строительного объекта ОАО «Кокандский региональный железнодорожный узел» внедрена усовершенствованная расчётная методика, позволяющая определять уровень вибрации, создаваемой движением поездов в тоннелях с кольцевым сечением, и учитывать слои грунта (справка Министерства транспорта 4/4669-5682 от 17.07.2021г.). В результате достигнуто, что открытые траншеи с боковыми стенками под различными углами (45° и 60°) на 29-67% эффективнее, чем вибробарьеры с вертикальными боковыми стенками, то есть под углом 90° ;

методика определения распространения в грунте колебаний, создаваемых движением поездов в тоннелях метрополитена была внедрена в процессе проектирования строительного объекта «Сергелийской линии Ташкентское метро» в Ташкентском АО «Боштранслойиха» (справка Министерства транспорта 4/4669-5682 от 17 июля 2021). В результате достигнуто, что уровень вибрации, создаваемой движением поездов в тоннелях с прямоугольным сечением, в зависимости от частоты вибрации, на 30–110% ниже, чем в тоннелях с круглым сечением.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены на 4 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации всего опубликовано 16 научных работ, в том числе, 9 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации, 8 в республиканских и 1 в международных научных журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, перечня использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Вводная часть основана на актуальности и востребованности исследования, описывает цели и задачи, объекты и предметы исследования, указано на ее соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники, раскрывает научную новизну и практическую значимость исследования, внедрение результатов исследования в практику, результаты апробации, опубликованные сведения о структуре работы и диссертации.

Первая глава диссертации озаглавлена «**Задача распространения колебания в грунтах возникающих от движения поезда метрополитена и определение коэффициентов проводящих граничных условий**», в ней представлены цели и задачи исследования. анализ проводимых исследований.

В первой главе представлены цели и задачи исследования, анализ отечественных и зарубежных исследований распространения вибраций в грунте под действием движущихся нагрузок, т.е. распространения вибраций, вызванных движением транспортных средств, их воздействия на здания и на людей.

Обсуждается математическая постановка исследуемой задачи, эквивалентность дифференциальной и вариационной постановок задачи, алгоритм и программа решения задачи.

Доказано, что коэффициенты проводящих граничных условий зависят от физико-механических свойств среды. Для некоторых материалов определены значения коэффициентов.

Исследования показывают, что коэффициенты a и b зависят от частоты и физико-механических свойств среды, в которой распространяется вибрация. Например, были выбраны два значения этих коэффициентов: $a=b=0.5$, $a=b=0.7$ и $a=b=1$. Графики, представленные на следующих рисунках, показывают изменение смещения характерных точек на свободной поверхности выделенного участка.

Анализ полученных результатов показывает, что на высоких частотах сохраняется пропорциональность между амплитудами граничных значений, на низких частотах эта тенденция не наблюдается, что свидетельствует о необходимости дальнейших исследований по изучению значений a и b .

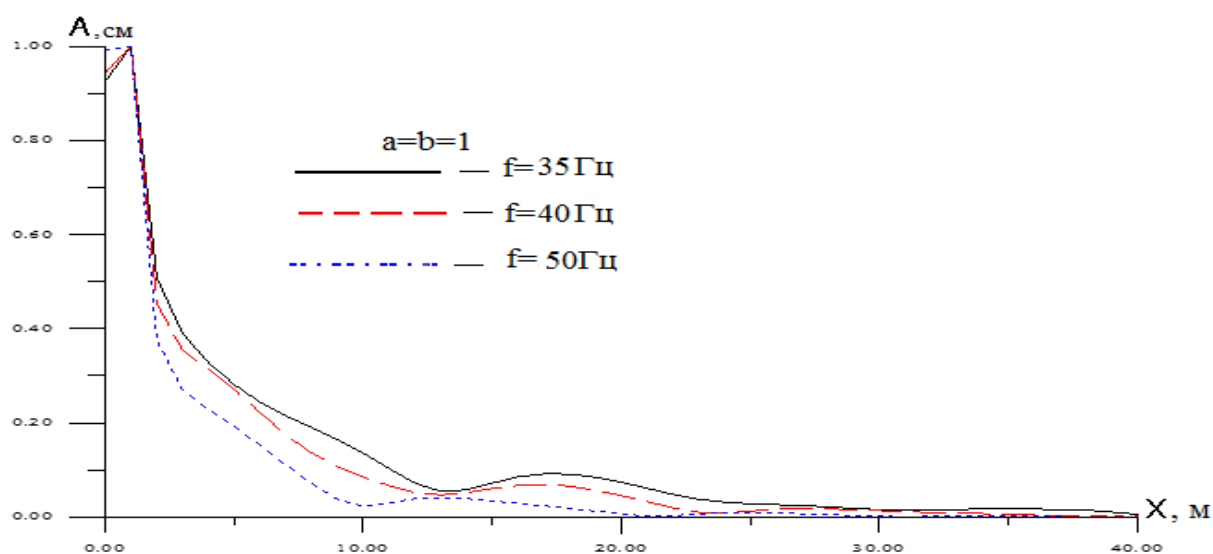


Рис. 1. Изменение абсолютных значений вертикальных волн в точках свободной границы при значениях коэффициента $a = b = 1$

Во второй главе, озаглавленной «Исследование распространения вибраций, возникающих движением поездов метрополитенов», исследуется распространение в грунте вибраций, создаваемых движением поездов в тоннелях с односторонним движением. Анализ полученных результатов показывает, что амплитуда колебаний исчезает без монотонности на всех частотах по свободной поверхности грунта от оси симметрии тоннеля по его длине.

Было изучено распределение вибраций, возникающих при движении поездов в тоннелях метрополитена с круглым и прямоугольным сечением и проанализированы полученные численные результаты.

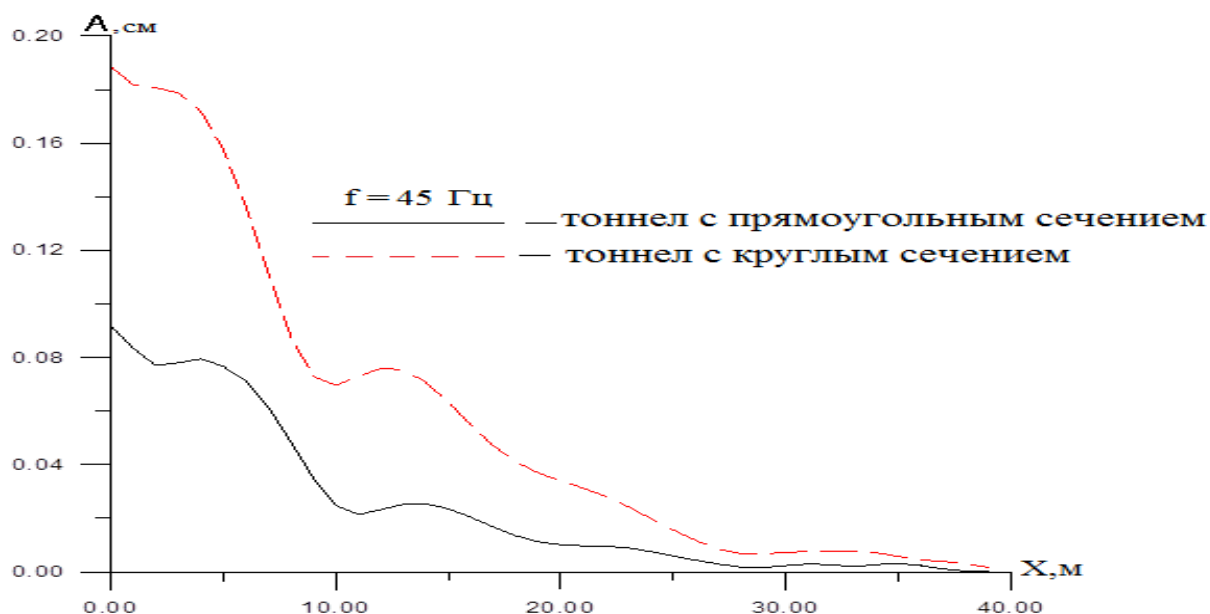


Рис. 2. Изменение амплитуды колебаний на свободной границе полуплоскости

Изучены изменения амплитуд колебаний по свободной поверхности грунта от движения поездов в тоннелях метрополитена. Этот процесс рассматривался с учётом глубины расположения тоннеля, формы поперечного сечения тоннеля, слоев грунта и физико-механических свойств грунта в них. Проанализированы численные результаты, полученные при теоретических исследованиях.

Была разработана программа с использованием МКЭ для решения задачи распространения колебаний в грунте, возникающих при движении поездов в тоннелях с кольцевым сечением. Полученные результаты сравнивались с результатами тоннеля с прямоугольным сечением. Было обнаружено, что уровень вибрации, создаваемой движением поездов в тоннелях кольцевым сечением, в зависимости от частоты колебаний, на 30–110% больше, чем в тоннелях с прямоугольным сечением.

Было изучено, что уровень вибрации, создаваемой движением поездов в односторонних тоннелях, зависит от глубины расположения тоннелей. Было обнаружено, что амплитуды колебаний грунта над землей уменьшались с увеличением глубины расположения тоннеля. На частотах, близких к резонансу силы воздействия, наблюдалось небольшое нарушение этого закона.

Изучена степень распространения вибраций для случая, когда тоннели метрополитена расположены в слоистом грунте. Выявлено, что физико-механические свойства слоев напрямую связаны с уровнем вибрации точек на поверхности грунта. Доказано, что амплитуды колебаний свободной поверхности слоистого грунта велики по сравнению с однородной. В то же время было замечено, что амплитуда точек на поверхности слоистого грунта более монотонна, чем у однородного слоя, и быстрее затухает.

При сравнении уровня вибрации, возникающей на поверхности земли, при движении поездов по параллельным тоннелям и поезда движутся по одному тоннелю, было обнаружено, что амплитуды точек на поверхности земли над тоннелем были в 1,5-5 раз больше при наличии параллельного тоннеля, и что эта разница уменьшается по мере удаления тоннеля от оси симметрии..

В третьей главе диссертации «**Анализ эффективности различных систем виброзащиты, размещаемых в грунте**» рассматриваются меры по снижению вибрации на уровне земли под действием движущихся нагрузок.

Путем анализа численных результатов программы, было изучено влияние расстояния между осью симметрии метрополитена и траншеи на распространение колебаний, создаваемых движением поездов в метрополитене.

На нижеуказанных графиках изучаются показатели подавления вибрации без траншеи и с траншеей, расположенных на трех разных расстояниях. Для сравнения значений на графике сплошной линией показано изменение модуля амплитуды на поверхности грунта в бестраншейном состоянии и пунктирной линией- при наличии траншеи. При анализе графиков можно заметить, что независимо от расстояния, на котором находится траншея, волны перед траншеей отражаются виброзащитой.

При размещении траншеи на расстоянии 8 м соотношение этих величин было следующим:

При кинематической частоте нагрузки $f = 20$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена видно снижение - 39%, 20 м - 37%, 30 м - 51%, 40 м - 28. %.

При кинематической частоте нагрузки $f = 30$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена - 28%, 20 м - 43%, 30 м - 35%, 40 м -16%;

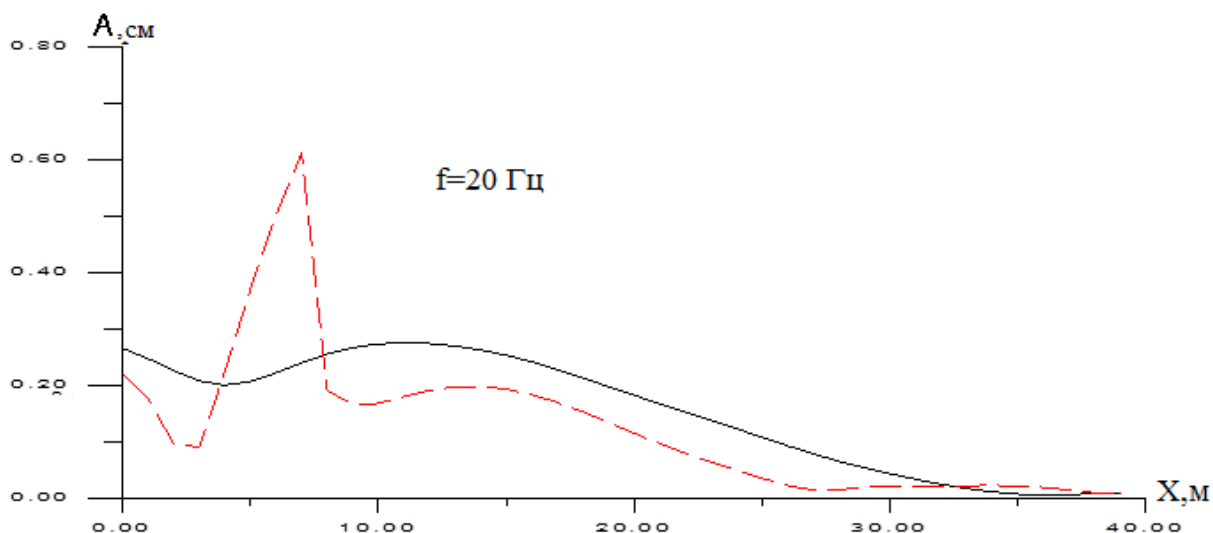


Рис. 3. График изменения модуля амплитуды на свободной границе грунта при наличии траншеи на расстоянии 8 м от оси симметрии тоннеля и в бестраншейном состоянии.

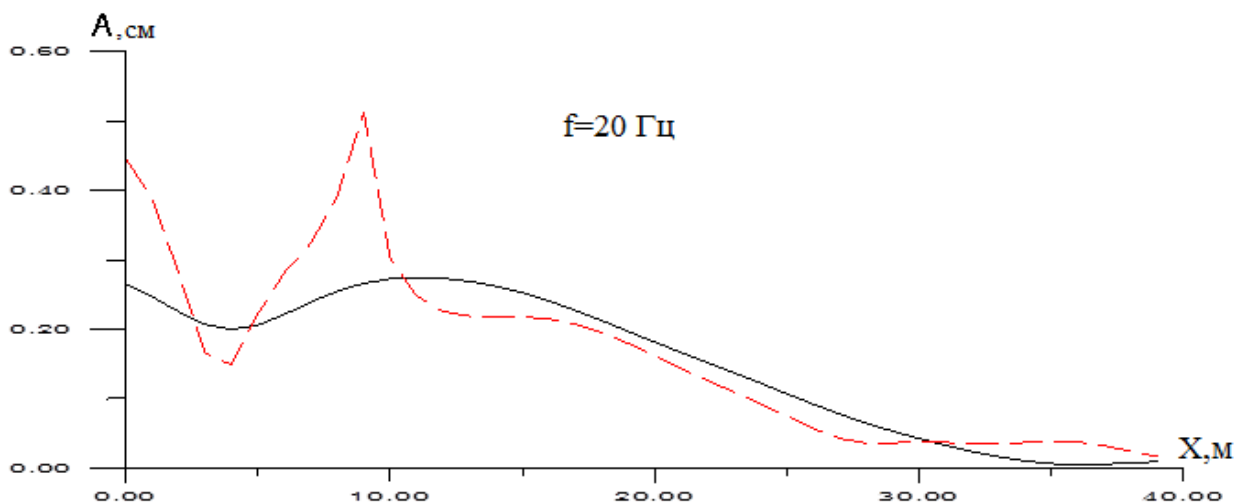


Рис. 4. График изменения модуля амплитуды на свободной границе грунта при наличии траншеи на расстоянии 10 м от оси симметрии тоннеля и в бестраншейном состоянии

При кинематической частоте нагрузки $f = 40$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена - 23%, 20 м -10%, 30 м -34%, 40 м - 28%;

При частоте кинематической нагрузки $f = 50$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена наблюдается снижение на 44%, 20 м -15%, на расстоянии 30м-40м -5%.

При размещении траншеи на расстоянии 10 м соотношение этих величин было следующим:

При частоте кинематической нагрузки $f = 20$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена значение увеличивается на 11% за счет отражения волны в траншее, а при 20 м уменьшается на 11%, при 30 м - на 11%, на расстоянии 40 м, наоборот, можно наблюдать увеличение соотношения этих величин на 10%.

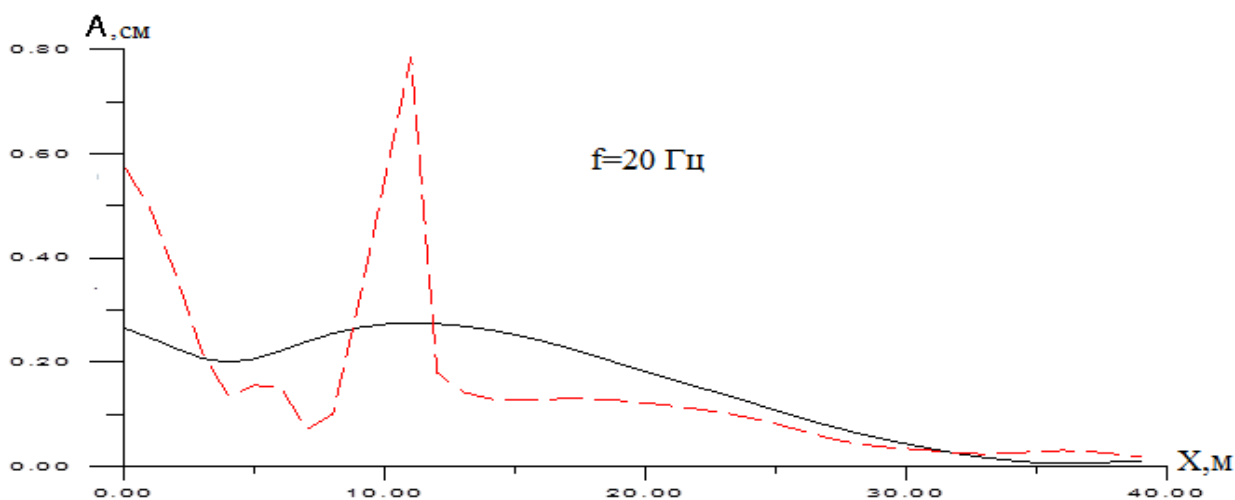


Рис. 5. График изменения модуля амплитуды на свободной границе грунта при наличии траншеи на расстоянии 12 м от оси симметрии тоннеля и в бестраншейном состоянии

При частоте кинематической нагрузки $f = 40$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена значение увеличивается на 55% за счет отражения волны в траншее, при 20 м уменьшается на 28%, при 30 м – на 57%, при 40 м – на 32%.

При частоте кинематической нагрузки $f = 50$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена значение увеличивается на 9% за счет отражения волны в траншее, а при 20 м -на 31%, при 30 м – на 15%, при 40 м - на 15% может наблюдаться снижение.

При размещении траншеи на расстоянии 12 м соотношение этих величин было следующим:

При частоте кинематической нагрузки $f = 20$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена значение удваивается за счет отражения волны в траншее, на расстоянии 20 м можно наблюдать увеличение соотношение этих величин на 33%, при 30 м – на 21%, при 40 м- на 10%.

При частоте кинематической нагрузки $f = 30$ Гц на расстоянии 10 м и 20 м от оси симметрии метрополитена значения практически одинаковы, 30 м - 10%, 40 м - 40%;

При частоте кинематической нагрузки $f = 40$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена значения уменьшается на 17%, при 20 м – на 53%, при 30 м – на 79%, при 40 м – на 35%.

При частоте кинематической нагрузки $f = 50$ Гц на расстоянии 10 м от оси симметрии метрополитена значения снижается на 39%, при 20 м – на 40%, при 30 м –на 26%, при 40 м – на 22%.

Приведенный выше анализ показывает, что расположение траншеи, то есть расстояние от источника до траншеи, также влияет на показатель подавления вибрации. Траншея имеет большое преимущество для снижения вибраций, создаваемых движением поездов в неглубоких тоннелях метрополитена. Однако его недостатком является неспособность сохранять устойчивую геометрическую форму в течение длительного периода времени.

Также было рассмотрено влияние глубины траншеи на распространение вибрации. В этом исследовании была рассмотрена эффективность снижения вибрации при глубине траншеи: 6 м, 8 м и 10 м. Эта задача также решается методом конечных элементов, а математическая формулировка (постановка) и алгоритм решения выполняются в вышеуказанном порядке. В данном исследовании во всех трех примерах ширина траншеи принималась равной 1 м (Рис. 6).

Результаты, полученные из программы с учетом траншей, отражены на следующих графиках. На графике приведены изменения модуль амплитуды колебаний (вибраций) на свободной поверхности грунта в бестраншейном состоянии показан сплошной линией, а с траншеями, проложенными на разной глубине, пунктирной линией.

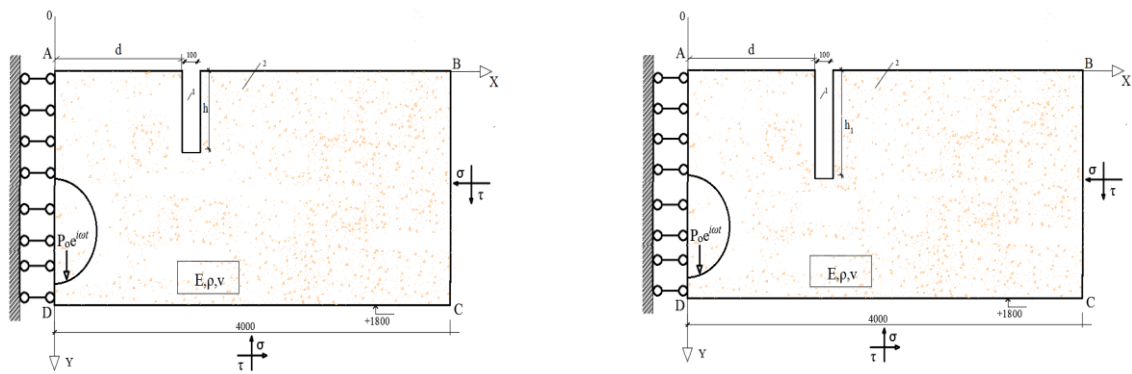


Рис. 6. Схема расчета задачи

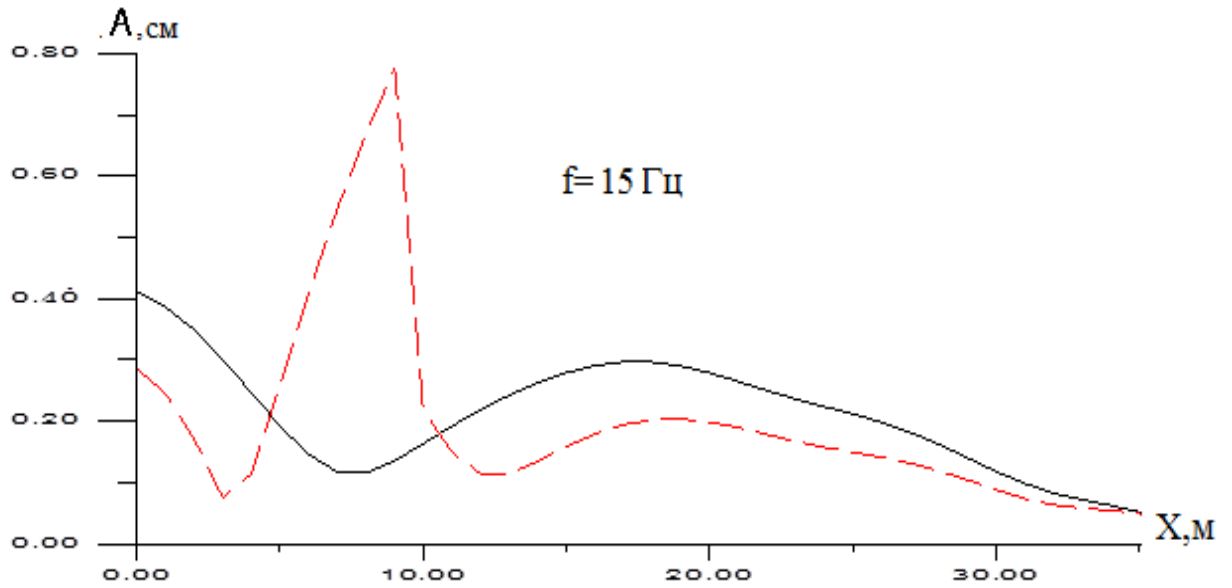


Рис. 7. График изменения модуля амплитуды колебаний на свободной поверхности грунта при частоте кинематической нагрузки $f = 15$ Гц на глубине траншеи $h = 6$ м

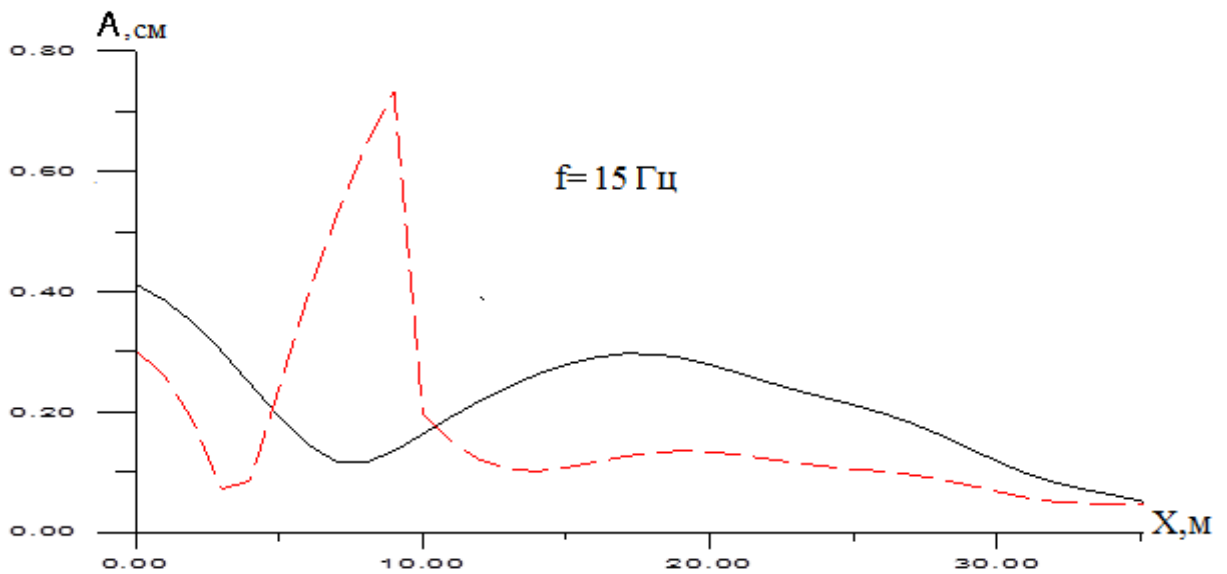


Рис. 8. График изменения модуля амплитуды колебаний на свободной поверхности грунта при частоте кинематической нагрузки $f = 15$ Гц на глубине траншеи $h = 8$ м

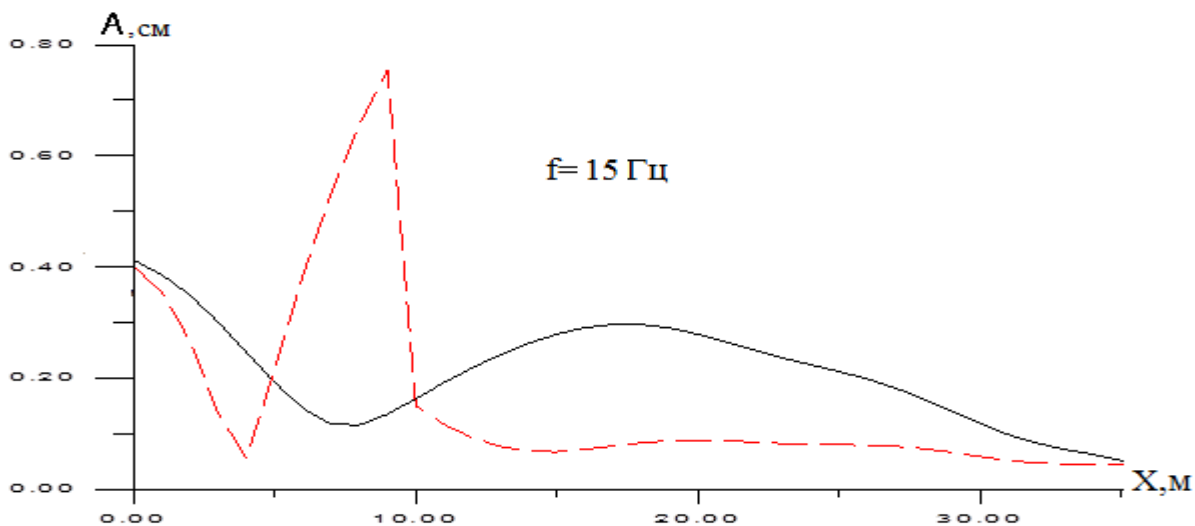
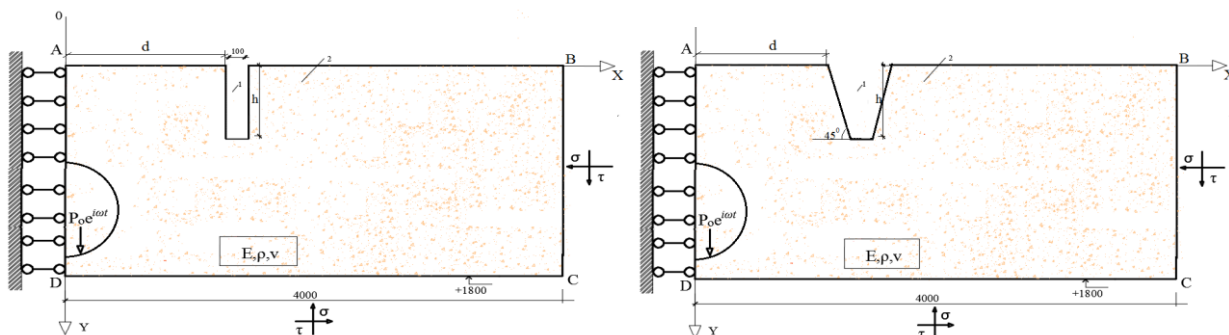


Рис. 9. График изменения модуля амплитуды колебаний на свободной поверхности грунта при частоте кинематической нагрузки $f = 15$ Гц при глубине траншеи $h = 10$ м

В следующем исследовании были предложены проекты, близкие к практике, и изучена их эффективность.

В литературных источниках традиционный тип открытых траншей, используемых в качестве виброзащиты, предполагает вид прямого прямоугольника, то есть боковые стенки расположены под углом 90° . Основным недостатком этих траншей является их устойчивость при длительном использовании, то есть боковые стены не могут сохранить свою форму. Создавать такие преграды тоже намного сложнее. Поэтому в данном исследовании изучались нетрадиционные виды траншей и их эффективность в снижении вибраций, распространяющихся по поверхности почвы. В данном исследовании результаты траншей с боковыми стенками под углом 90° сравнивались с результатами виброзащиты с боковыми стенками под углом 45° и 60° . Во всех трех случаях траншея расположена в 8 метрах от оси симметрии метрополитена и имеет глубину 7 метров. Для этих задач мы также составим схему вычислений, как это было сделано в предыдущем исследовании.



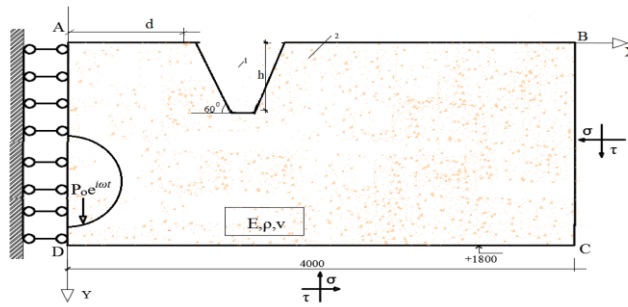


Рис. 10. Расчетные схемы траншей с боковыми стенками под разными углами

На графике непрерывной линией показан график результатов, полученных в бестраншейном состоянии, а пунктирной линией - график результатов, полученных с использованием программы при использовании траншей.

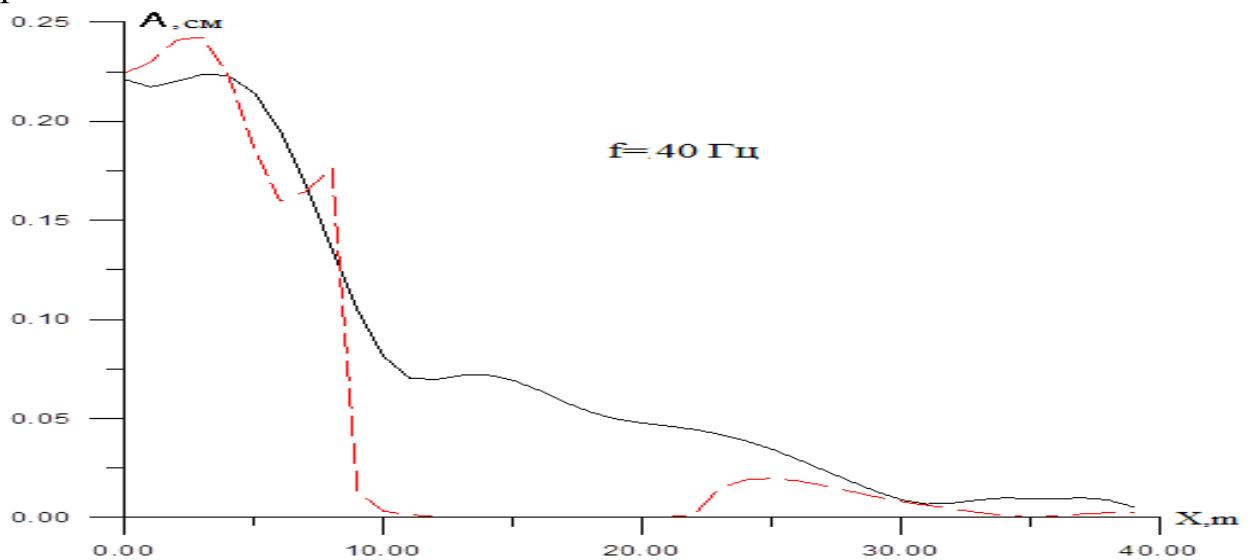


Рис. 11. Изменение амплитуд колебаний на поверхности грунта при траншее с боковыми стенками под углом 45° на частоте $f = 40$ Гц

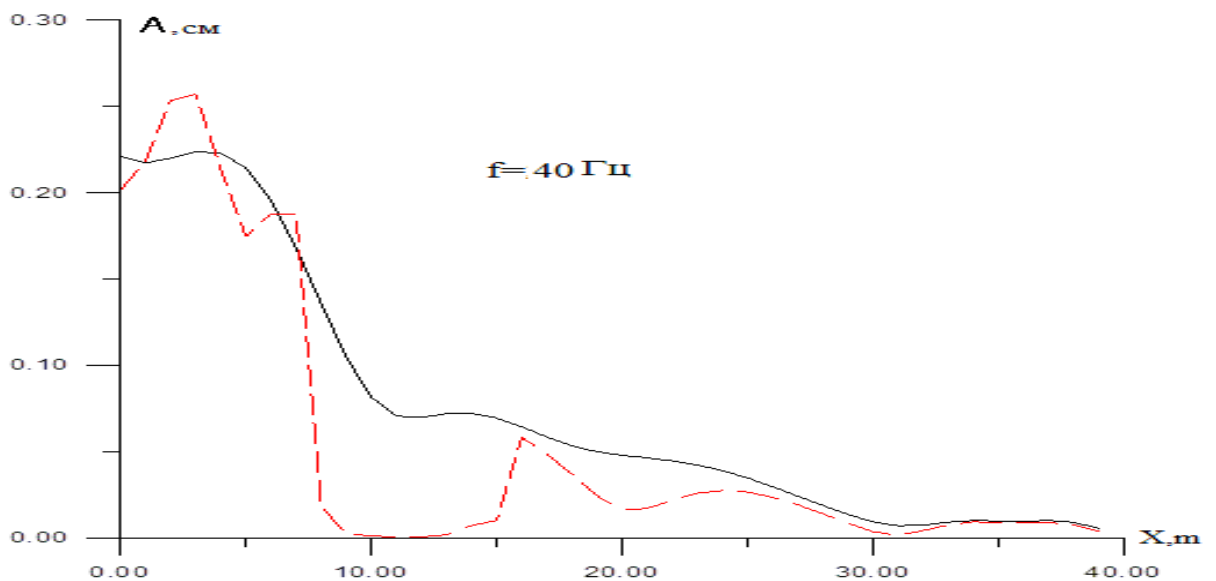


Рис. 12. Изменение амплитуд колебаний на поверхности грунта при траншее с боковыми стенками под углом 60° на частоте $f = 40$ Гц

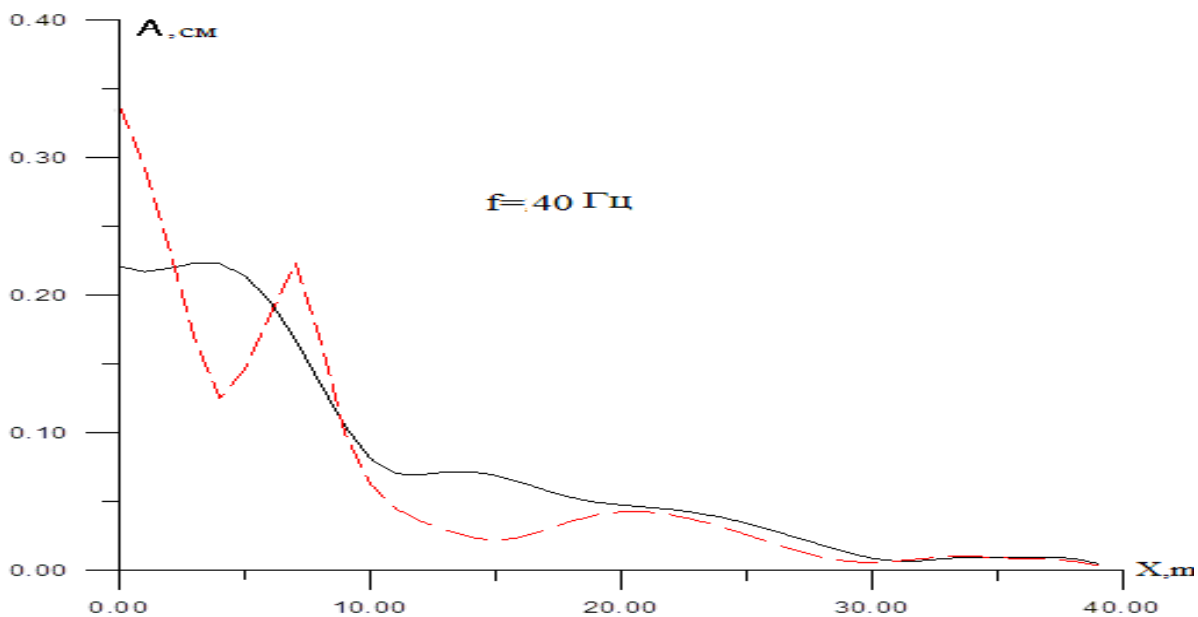


Рис. 13. Изменение амплитуд колебаний на поверхности грунта при траншее с боковыми стенками под углом 90° на частоте $f = 40$ Гц

На основании численных результатов, полученных в рамках программы, была проанализирована эффективность траншей.

Человеческий капитал - это величайшее богатство государства. Одним из факторов, негативно влияющих на работоспособность человека, является вибрация. Реакция людей на вибрацию и шум зависит от активности, количества и частоты вибрации. Эти результаты увеличиваются при увеличении длины и скорости поездов. Если уровень вибрации высокий, естественно, что человек чувствует себя некомфортно.

Результаты расчетов при проектировании зданий вокруг подземных и наземных железнодорожных сооружений показывают, что в результате постоянного воздействия вибраций срок, указанный в нормативных документах до капитального ремонта, сократился до 7 лет. Как результат применения мер виброзащиты наблюдается увеличение срока до капитального ремонта зданий. Строительный объем 3-х этажного здания школы составляет **7776** м³, сметная стоимость - **1 836 965 850** сумов, стоимость ремонта 1 м³ - **236235,32** сума. Если используется открытая траншея, что является одной из мер виброзащиты, этот показатель, на основании расчетов, может быть увеличен до 13 лет. Только на этом одном здании экономический эффект от виброзащиты составляет 262 млн сумов в год за счет продления периода между капитальными ремонтами, что составляет 1,572 млрд. сумов за 6 лет. Если вычесть из этого значения сумму, определенную в графике диссертации для установки траншеи длиной 100 м, мы можем сэкономить 1 млрд сумов.

ВЫВОДЫ

1. Изучено распространение вибрационных волн, создаваемых движением поездов в тоннелях метрополитена кругового сечения в

окружающей неоднородной среде, с учетом различных физико-механических свойств тоннелей и окружающей среды, геометрических измерений и разработаны методы снижения уровня этих вредных волн с использованием траншей с различным поперечным сечением.

2. Проведена дифференциально-вариационная постановка задачи с математической точки зрения. Доказана эквивалентность дифференциальной и вариационной постановки задачи. В результате доказана возможность использовать для решения задачи метод конечных элементов, который является одним из вариационных методов.

3. Доказано, что коэффициенты проводящих граничных условий, задаваемых для решения задачи методом конечных элементов в конечной области, отделенной от бесконечной области, зависят от материала области.

4. Разработана программа для решения МКЭ (методом конечных элементов) задачи распространения колебаний в грунте, вызванных движением поездов в тоннелях кругового сечения. Полученные результаты сравнивались с результатами тоннеля прямоугольного сечения. Выявлено, что уровень вибрации, создаваемой движением поездов в тоннелях круглого сечения, в зависимости от частоты вибрации, был на 30–110% выше, чем у тоннелей прямоугольного сечения.

5. Исследована зависимость уровня вибрации, возникающей при движении поездов в тоннелях с односторонним движением, от глубины заложения тоннелей. Обнаружено, что амплитуда колебаний почвы над землей уменьшались при увеличении глубины прохождения тоннеля. На частотах, близких к резонансу силы воздействия, наблюдалось небольшое нарушение этой закономерности.

6. Изучалась степень распространения вибрации для слоев грунта, в которых расположены тоннели метрополитена. Было обнаружено, что физико-механические свойства слоев тесно связаны с уровнем вибрации точек на поверхности грунта. Доказано, что амплитуда колебаний свободной поверхности слоистого грунта больше по сравнению с однородным. При этом было замечено, что амплитуда точек на поверхности слоистого грунта более монотонна, чем у однородного, и быстрее затухает.

7. При сравнении уровня вибрации, возникающей на поверхности земли, при движении поездов по параллельным тоннелям и поезда движутся по одному тоннелю, было обнаружено, что амплитуды точек на поверхности земли над тоннелем были в 1,5-5 раз больше при наличии параллельного тоннеля, и что эта разница уменьшается по мере удаления тоннеля от оси симметрии.

8. Проводились теоретические исследования по снижению вибраций, возникающих при движении поездов в тоннелях метрополитена. Были созданы расчетная схема задачи, алгоритм и программа решения задачи с использованием метода конечных элементов. Было выявлено, что при использовании открытых траншей подавление вибрации было на 20–50% более эффективным, чем в случаях, когда траншеи не использовались.

Изучена зависимость эффективности открытой траншеи от ее геометрических параметров и сделаны следующие выводы:

использование открытой траншеи эффективно снижает вибрации;

исследования показали, что открытые траншеи более эффективны, чем заполненные траншеи;

с увеличением глубины траншеи увеличивается и ее показатель гашения вибрации;

увеличение ширины виброзащиты не способствует повышению ее эффективности. Поэтому, отталкиваясь от конкретного состояния каждого объекта, необходимо подбирать оптимальные, технически и экономически обоснованные геометрические параметры траншеи;

в результате увеличения расстояния между открытой траншеей и осью симметрии метрополитена - эффективность снижается;

выявлено, что открытые траншеи с боковыми стенками под разными углами (45° и 60°) оказались эффективнее вибробарьеров с вертикальными, то есть 90° , боковыми стенками.

9. При использовании открытой траншеи, которая является одной из мер виброзащиты, расчеты показывают вероятность продлить срок ремонта здания до 13 лет. Предполагается, что экономическая эффективность виброзащиты только на этом одном здании позволит сэкономить 1 млрд. сумов за счет срока продления капитального ремонта.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL TO AWARDING OF THE
SCIENTIFIC DEGREES PhD.03/30.12.2019.T.90.01 AT THE NAMANGAN
CONSTRUCTION ENGINEERING INSTITUTE**

NAMANGAN ENGINEERING CONSTRUCTION INSTITUTE

KARABAYEVA MUNIRA USMANOVNA

**DISTRIBUTION OF WAVES PRODUCED BY TRAIN MOVEMENT IN
CIRCULAR TUNNELS OF THE METROPOLITAN IN A NON-HYGEIOUS
ELASTIC ENVIRONMENT**

**05.09.02 – Basements, foundations and underground structures. Bridges and transport
tunnels. Roads, subways**

ABSTRACT

dissertation of doctoral of philosophy (PhD) on technical sciences

Namangan – 2022

The subject of of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation on technical sciences is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № B2020.4.PhD/T2006.

The dissertation has been carried out at the Namangan Engineering Construction Institute

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.nammqi_info@edu.uz and on the Information and educational portal "Ziyone" www.ziyonet.uz.

Scientific supervisor: **Yuldashev Sharafiddin Sayfitdinovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Djabbarov Saidburxon Tulaganovich**
doctor of technical sciences, professor

Toshkhujaev Alisher Ulkhojayevich
PhD of technical sciences

Leading organization: **Fergana Polytechnic Institute**

The defense of the dissertation will take place on "5" 03 2022 at 16⁰⁰ o'clock at the one-time Scientific Council meeting PhD 03/30.12.09 2019 T.90.01 at the Namangan Engineering Construction Institute (at the address: 12, Islam Karimov street, Namangan, 160103. Tel. (+99869) 234-15-23; Fax: (+99869) 234-15-23, e-mail: nammqi_info@edu.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information-resource Center of the Namangan Engineering Construction Institute (registration number 13780) Address: 12, Islam Karimov street, Namangan, 160103. Tel. (+99869) 234-15-23.

Abstract of the dissertation sent out on "17" 02 2022 year

(Mailing Protocol № 1 on "18" Jan 2022 year).



N.G.Bayboboev
Chairman of the scientific council for awarding of scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

V.M. Turdaliev
Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, of doctor of technical sciences, professor

A.A.Ishandhojayev
Chairman of the scientific seminar under the scientific council, awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the study is to develop methods aimed at reducing surface vibrations generated by the movement of metro trains.

The object of research is a circular metropolitan tunnel and the surrounding soil massif.

The scientific novelty of the research is as follows:

mechanical and physical properties of the soil to the level of vibration propagation in circular metropolitan tunnels located in a heterogeneous environment, a mathematical model for calculating the effect of tunnel location parameters was developed using the finite element method;

to develop a method for calculating that the coefficients of conductive boundary conditions set for solving a problem by the method of finite elements in a finite field separated from an infinite field depend on the material of the field;

a program has been developed that allows to accurately and quickly estimate the level of vibration generated at ground points at arbitrary distances from the tunnel;

developed a method for calculating the propagation of vibrations generated when a train moves in parallel tunnels;

to reduce the level of vibration propagating from metropolitan tunnels, the efficiency of the trench was found to be higher than its geometric parameters, i.e., different angles.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained on the propagation of waves generated by train movement in a non-homogeneous elastic medium in the circular tunnels of the metro:

An improved calculation method has been introduced in the design process of the construction site at JSC “Kokand Regional Railway Hub”, which allows to determine the level of vibration generated by the movement of trains in circular tunnels and take into account the ground layers (Ministry of Transport No. 4/4669-5682 reference). As a result, open trenches with side walls at different angles (45° and 60°) achieved a 29% -67% higher efficiency than vibro-barriers with side walls vertical, i.e. 90° ;

The methodology for determining the propagation of vibrations generated by train traffic in metro tunnels on the ground was introduced in the design process of the construction site “Sergeli direction of the Tashkent metro” at JSC “Boshtransloyiha” (Reference of the Ministry of Transport dated July 17, 2021 № 4/4669-5682). As a result, the level of vibration generated by the movement of trains in straight rectangular tunnels is 30% to 110% lower than in circular tunnels, depending on the frequency of vibration.

The structure and volume of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation was 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Юлдашев Ш.С., Саидов С.М., Карабаева М.У. Распространение вибрации в грунтах с учетом реологических свойств // Журнал Проблемы механики. – Ташкент, 2016. – №1. – С. 21–23. (05.00.00; №6).

2. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У., Алимов Х.Л. Уменьшение уровня вибрации в грунтах с помощью виброзащитных экранов типа щелей // Журнал Проблемы механики – Ташкент, 2016. – №3. – С.123–125. (05.00.00; №6).

3. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У. Распространение вибраций от движения поездов метрополитена и виброзащитные системы // Журнал Проблемы механики. –Ташкент, 2017. – №2-3. – С. 79–82. (05.00.00; №6).

4. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У. Защита зданий от вибраций, возникающих при движении железнодорожного транспорта, с помощью экранов // Журнал Проблемы механики. – Ташкент, 2017. –№2-3. – С. 161–163. (05.00.00; №6).

5. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У., Бойтемиров М.Б. Исследование коэффициентов условий излучений на границах в зависимости от частоты распространяемой упругой волны при решении динамических теории упругости методом конечных элементов // Журнал Проблемы механики. – Ташкент, 2018. – №3. – С. 68–71. (05.00.00; №6).

6. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У. Уменьшение вибрации, вызванной подземным движением поездов метро, с использованием открытых траншей // НамМТИ илимий техник журнали – Наманган, 2019. – №4. – Б. 165–168. (05.00.00; №33).

7. Рашидов Т.Р., Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У., Бойтемиров М.Б. Состояние вопроса защиты населения, промышленных и гражданских зданий от транспортных вибраций // Журнал Проблемы механики. – Ташкент, 2019. – №1. – С. 8–11. (05.00.00; №6).

8. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У. Метрополитен поездлари ҳаракатидан вужудга келадиган вибрацияларни камайтиришга қаратилган траншеялар самарадорлиги // ФарПИ илимий техника журнали. – Фарғона, 2020. – №2. – Б. 114–117. (05.00.00; №20).

9. Карабаева М.У. Propagation of vibrations in soils from subway tunnels taking into account open tranches constructed to reduce vibration level // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 8, Issue 9, September, 2021. – p. 18291–18295. (05.00.00; №8).

II бўлим (II часть; II part)

10. Юлдашев Ш.С., Саидов С.М., Карабаева М.У. Распространении

вибрации от прохождения железнодорожных поездов // Таълим–тарбия самарадорлигини оширишда ахборот ва таълим технологияларнинг роли ва аҳамияти. Республика илмий-амалий конференция. – Наманган: НамМПИ, 2016. – Б. 181-183.

11. Саидов С.М., Карабаева М.У., Саидов Р.М. Распространении вибрации от прохождения железнодорожных поездов когда полотно расположено выше поверхности окружающей местности // Архитектура ва курилиш соҳаларида инновацион технологияларни қўллаш истиқболлари. Халқаро илмий-амалий конференция. – Самарканд: СамДАҚИ, 2016. – Б. 160-161.

12. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У. Защита здания от вибрации метрополитена мелкого заложения // Аҳоли ҳудудларини фавқуллода вазиятлардан муҳофаза қилиш соҳасида фан ва технологиялар ютуқлари. Республика илмий–амалий конференция. – Ташкент: ФВВ, 2017. – Б. 162–165.

13. Саидов С.М., Карабаева М.У., Саидов Р.М. Влияния глубины заложения железнодорожного полотна на уровень колебаний поверхности грунта возникающих при движения поездов по оврагу // Теория и практика современной науки. Международной научно – практической конференции. – Москва, 2017. – С. 71 – 73.

14. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У. Инженерное решение экологических проблем вибрации зданий от движения железнодорожного транспорта // Фарғона водийси ҳудудларидаги маҳаллий хом–ашёлардан фойдаланиш асосида импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг долзарб масалалари. Халқаро конференцияси. – Наманган: НамМПИ, 2018. – Б. 21–24.

15. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У., Бойтемиров М.Б. Темир йўл поездлари ва юк автомобиллари ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг ғиштли ва панелли биноларда тарқалиши // Замонавий архитектура, бинолар ва иншоотларнинг мустаҳкамлиги, ишончилиги ва сейсмик хавфсизлик муаммолари. Республика илмий-амалий конференцияси. – Наманган: НамМҚИ, 2019. – Б. 85 – 87.

16. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У. Колебание поверхности грунта при движении поездов метро в параллельных тоннелях // International Scientific Journal ISJ Theoretical & Applied Science Philadelphia, USA issue 05, volume 85 published May 30, 2020. – С. 117 – 121.

Автореферат Наманган муҳандислик-қурилиш институти «Механика ва технология» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги мослиги текширилди (14.02.2022 й.)

Босишга рухсат этилди 14.02.2022 й.
Бичими 60x84/16. «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи 2.5. Адади 60 нусха.
Буюртма №22

«Fazilat orgtex servis» х/к босмахонасида чоп этилди.
Наманган шаҳар, Навоий кўчаси 72-уй.