

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК – ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**БОЙТЕМИРОВ МУҲАМАДБОБИР БОЙЖЎРА ЎҒЛИ**

**ТЕМИР ЙЎЛ ТРАНСПОРТИ ҲАРАКАТИДАН ҲОСИЛ БЎЛГАН  
ТЕБРАНИШЛАРДАН БИНО ВА ИНШОТЛАРНИ ВИБРОСЕЙСМИК  
ҲИМОЯ ҚИЛИШ**

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

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

**Тошкент – 2021**

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

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

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

**Бойтемиров Муҳамadbобир Бойжўра ўғли**

Темир йўл транспорти ҳаракатидан ҳосил бўлган тебранишлардан  
бино ва иншоотларни виброейсмик ҳимоя қилиш..... 3

**Бойтемиров Муҳамadbобир Бойжура угли**

Виброейсмическая защита зданий и сооружений от колебаний,  
вызванных движением железнодорожного транспорта..... 22

**Boytemirov Mukhamadbobir Boydjura ugli**

Vibroseismic protection of buildings and structures from vibrations caused  
by railway traffic ..... 40

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

**Список опубликованных работ**

List of published works..... 44

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК – ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**БОЙТЕМИРОВ МУҲАМАДБОБИР БОЙЖЎРА ЎҒЛИ**

**ТЕМИР ЙЎЛ ТРАНСПОРТИ ҲАРАКАТИДАН ҲОСИЛ БЎЛГАН  
ТЕБРАНИШЛАРДАН БИНО ВА ИНШОТЛАРНИ ВИБРОСЕЙСМИК  
ҲИМОЯ ҚИЛИШ**

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

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

**Тошкент – 2021**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2020.4.PhD/T841 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Наманган муҳандислик – қурилиш институтида бажарилган.  
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси ([www.tashiiit.uz](http://www.tashiiit.uz)) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: **Юлдашев Шарафитдин Сайфитдинович**  
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Хасанов Аскар Забиевич**  
техника фанлари доктори, профессор  
**Нишонов Незматилла Асатиллаевич**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори

Етказчи ташкилот: **Фарғона политехника институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги DSc.18/30.12.2019.T.09.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «19» 11 соат 10<sup>00</sup> дақиқ мажлисида бўлиб ўтди (Манзил: 10067, Тошкент ш. Одилходжаев кўчаси, 1-уй. Тел./факс: (99871) 293-57-51, e-mail: [tashiiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiiit_rektorat@mail.ru)).

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университети ахборот – ресурс марказида танниши мумкин (0 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: Тошкент ш. Одилходжаев кўчаси, 1-уй. Тел./факс: (99871) 293-57-51.

Диссертация автореферати 2021 «9» 11 куни тарқатилди.  
(2021 йил «4» 10 дақиқ 4 рақамли реестр баённомаси).



**А.А.Рискулов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Р.М.Худайкулов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш аъзоси, т.ф.б.ф.д., доцент

**И.С.Садиков**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш комиссияси аъзоси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси))**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда темир йўл поезд таркиблари ҳаракатидан юзага келувчи тебранишларнинг биноларга таъсирини камайтириш мақсадида рельс ва шпал ҳамда балласт боғламаларидаги элементларнинг материал таркиблари ва шаклларининг янги турларини ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда. Бу борада, АҚШ, Англия, Канада, Германия, Ҳиндистон, Испания, Белгия ва бошқа ривожланган мамлакатларда темир йўл полотноси рельслари билан шпалларни боғловчи бирикмалар, шпаллар ва балласт қисмининг материали, шаклига ҳамда грунт турларининг тебранишлар тарқалишига таъсирини ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга тебранишлар даражасини камайтириш усулларини такомиллаштириш, бино ва иншоотларда ҳосил бўлувчи тебраниш даражасини камайтириш мақсадида транспорт иншооти билан ҳамоя қилинадиган бинолар орасига жойлаштириладиган қурилмалар кўндаланг кесимларининг геометрик шаклини танлаш, уларга келиб тушувчи тўлқинларни сўндириш қобилиятини аниқлаш усулларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда темир йўл поездлари ва автомобиль транспортлари ҳаракатидан ҳосил бўлган тебранишларни камайтириш усулларига қаратилган илмий-тадқиқот ишлари турли йўналишларда олиб борилмоқда. Жумладан эластик ярим фазога қўйилган штамп тебранишидан ҳосил бўлган тўлқинлар тарқалиши масаласининг математик модели аниқланган, аналитик ечимлари олинган. Мураккаблашган ҳоллар учун сонли усулларни қўллаш бўйича дастурий таъминот ишлаб чиқилган. Темир йўл транспорти ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларни грунтда, турли хил грунт моделларида ва икки қатламли грунтларда тарқалиши ҳамда темир йўл изи жойлашишининг ўзгаришини тебраниш тўлқинларига таъсирининг компьютер моделини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга ҳамоя қилиниши зарур бўлган бинолар олдида турли хил траншеялардан иборат тўлқин қайтарувчи экранларни қуриш ва уларни тўлдирувчи материаллар таркибини аниқлаш бўйича сонли ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Мустақиллик йилларида республикада темир йўл линияларини қуриш ва улардан ҳосил бўлувчи тўлқинлардан бино ва иншоотларни ҳамоялаш масалаларига қаратилган кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикасини 2017–2021 йилларда янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «атроф-табиий муҳит, аҳоли саломатлиги ва генофондига зиён етказадиган экологик муаммоларни олдини олиш»<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, яъни тебранишлар даражасини камайтириш учун грунтда жойлаштирилган сўндирувчи конструкцияларнинг геометрик ўлчамларини

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ 4947-сон “Ўзбекистон республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

аниқлаш ва уларнинг самарадорлигини баҳолаш, тебранишларни камайтиришнинг кўтармани баландлигига боғлиқлиги, темир йўл полотносидан бино ва иншоотларгача бўлган масофа орасида тебранишлар даражасини пасайтириш учун қуриладиган конструкцияни жойлаштиришнинг энг мақбул масофа ўлчамларини аниқлаш бўйича самарали ечимларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7-февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги фармони, 2020 йил 30 июлдаги ПҚ-4794-сон «Ўзбекистон Республикаси аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора тадбирлари тўғрисида» ги, 2017 йил 13 мартдаги ПҚ-2827-сон «Бухоро-Мискин темир йўл линиясини қуриш чора-тадбирлари тўғрисида» ва 2017 йил 10 июлдаги ПҚ-3121-сон «Тезюрар йўловчи ташиш поездлари ҳаракатини ташкил этган ҳолда «Қарши-Китоб» темир йўл линиясини электрлаштириш» инвестиция лойиҳасини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисидаги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур диссертация иши республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Математика, механика ва информатика» ва XIV. «Сейсмология, бинолар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиш» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Темир йўл транспорти воситаларидан ҳосил бўлган тебранишларни бино ва иншоотларга таъсирини ўрганиш бўйича хорижда М.А.Дашевский, О.А.Шутов, А.Б.Пономарев, И.Е.Цукерников, В.А.Смирнов, М.Monteiro, К.Georges, P.Harris, K.Mouzakis, E.Vogiatzis, В.А.Ильичев, О.Я.Шехтер, тебранишлар таъсирини камайтириш мақсадида рельслар билан шпалларнинг бирикиш усуллари, полотно ости балласт қисмининг тузилиши ва материаллари бўйича А.S.Hameed, А.P.Shashikala, G.Kouroussis, T.Auvinen, Bo Qiu, S.Marzal, J.Real, T.Jerson, M. Ögren, С.Каевунруен, А.Ременников, Huan Feng, G.R.Watts, J.J.Hajek, Ch.T.Blaney, D.K.Hein, C.Zamorano, T.Asensio, L.Montalbán, D.P.Connolly, O.Verlinden, Y.B.Yang, Н.Н.Hung, D.P.Connolly, P.Alves Costa, P.Galvin, P.K.Woodward, O.Laghrouche, темир йўл асосидаги грунт турига боғлиқ ҳолларда тебранишларни тарқалиши бўйича А.Ф.Колос, Д.В.Крюковский, В.В.Крылов ва бошқа олимлар томонидан тадқиқотлар ўтказилган.

Республикада грунтда тарқалувчи тебранишларни ўрганиш бўйича Т.Р.Рашидов, А.А.Ишанходжаев, Ғ.Х.Хожметов, К.С.Султанов, М.М.Мирсаидов, Б.Мардонов, Я.Н.Мубораков, Х.З.Расулов, А.З.Хасанов, Ш.С.Юлдашевлар томонидан илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган.

Бугунги кунда ушбу йўналишда олиб борилган кенг миқёсдаги тадқиқотларга қарамадан тебранишларни камайтиришда грунтда жойлаштирилган сўндирувчи конструкцияларнинг геометрик ўлчамларини аниқлаш ва уларнинг самарадорлигини баҳолаш, кўтарма ва траншеянинг жойлаштириш усуллари ўрганилмаган.

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

Диссертация тадқиқоти Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг MRU-FA-58/2017-«Сейсмик таъсирлардан химоялаш учун акустик барьерларнинг концепцияларини, математик моделларини ва сонли алгоритмларини ишлаб чиқиш» Россия давлати билан ҳамкорликда бажарилган ҳалқаро лойиҳаси ва Наманган муҳандислик-қурилиш институти «Материаллар қаршилиги ва механика» кафедраси илмий-тадқиқот ишларининг «Турар жой бинолари ва саноат иншоотларини зарарли вибрациялардан химоя қилиш» ҳамда «Ер ости ва ер усти иншоотларини грунтнинг физик-механик хоссаларини ҳисобга олган ҳолда зилзилабардошликка тадқиқ қилиш» мавзуси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** бино ва иншоотларни темир йўл поездлари ҳаракатидан ҳосил бўлган зарарли тебранишлардан химоялаш усуллари ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

темир йўл поездлари ҳаракатидан ҳосил бўлган тебранишларни грунтда ва конструкцияларда тарқалишини, уларнинг механик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда сонли ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш;

темир йўл полотносининг ер юзасига нисбатан жойлашиш баландлигини ҳисобга олиб, поездлар ҳаракатидан вужудга келадиган грунтдаги динамик жараёнларни тадқиқ қилиш;

темир йўл яқинида жойлашган бино қурилмаларидаги кўчишларни аниқлаш;

тебранишлар даражасини камайтириш учун грунтда жойлаштирилган демпфернинг геометрик ўлчамларини аниқлаш ва уларнинг функционал баҳолаш усуллари ишлаб чиқиш;

темир йўл полотносидан узоклашган сари тебранишлар амплитудасининг ўзгаришини аниқлаш бўйича табиий шароитда тажрибалар ўтказиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида темир йўл, бино ва иншоотлар, грунт ва уларда ҳосил бўлган тебраниш жараёнлари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** замин грунти, темир йўл полотноси, унинг яқинида жойлашган бинолар ва улардан тебранишларнинг тарқалиш жараёнлари ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, эластиклик назарияси, грунтлар механикаси, сонли усуллар, чекли элементлар усуллариининг фундаментал қонун ва қоидалари, тажриба ўтказиш усулларидан фойдаланилган.

### **Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

темир йўл поездлари ҳаракатидан заминда ҳосил бўладиган тебранишлар амплитудаси муҳитнинг механик хусусиятларига, грунтнинг қатламларига, темир йўл полотносининг жойлашишига боғлиқлиги аниқланган;

темир йўл полотноси ер сиртига нисбатан баланд жойлашганда, поезд ҳаракати натижасида вужудга келадиган эластик тўлқинларнинг йўл яқинида жойлашган грунтларда тарқалиш жараёнларини таҳлил қилишнинг сонли ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

темир йўл изи яқинида жойлашган бино ва иншоотларнинг ҳар бир нуқтасида поездлар ҳаракати натижасида ҳосил бўладиган тебранишларнинг тарқалишини таҳлил қилиш масаласи эластиклик назарияси масаласига келтирилиб, сонли ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

поездлар ҳаракати натижасида заминда ҳосил бўладиган эластик тўлқинларни бинога таъсирини камайтириш учун темир йўл билан бино оралиғидаги грунтга жойлаштирилган тўсиқларнинг материали ва геометрик ўлчамлари ўзгартирилиб, уларнинг мақбул кўндаланг кесимлари ва жойлаштириш масофалари аниқланган;

табiiй дала шароитида, темир йўл чизиғи яқинидаги грунтларда ҳосил бўладиган тебранишларнинг темир йўлдан узоқлашган сари сўниши, ҳамда, темир йўлга параллел қазилган траншеядан кейин жойлашган ер сатҳи тебраниш амплитудаларига траншеянинг таъсири виброметр UNI-T UT315A ўлчов асбоби ёрдамида тажриба ўтказиш усули орқали аниқланган.

### **Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

темир йўл полотносини ер сатҳидан уч метр кўтариб қуриш, поездлар ҳаракати натижасида темир йўл изи яқинидаги грунтларда ҳосил бўлган тебранишлар амплитудасини 4 – 8 мартагача камайтириши аниқланди;

темир йўл билан темир йўл изи яқинида жойлашган бино оралиғида траншея кўринишидаги тўлқин қайтарувчи қурилмани ҳосил қилиш бинодаги тебранишлар амплитудасини 70 фоизга камайтириши аниқланди.

темир йўл поездлари ҳаракатидан ҳосил бўлган грунтдаги ва темир йўл яқинида жойлашган бинонинг қаватларидаги тебранишлар даражасини аниқлаш учун ЭҲМ дастури ишлаб чиқилган;

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

темир йўл поездлари ҳаракати натижасида, актив сейсмик ҳимоя элементлари қўлланилган кам қаватли, ғиштли биноларнинг конструкцияларида ҳосил бўладиган вибрация даражасини аниқлашнинг ЭҲМ ёрдамида сонли ҳисоблаш усулининг дастурий таъминоти ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аниқ математик моделлаштирилганлиги, динамик



муаммоларни ҳал қилишда синаб кўрилган ишончли усуллардан фойдаланилганлиги, шунингдек диссертацияда масалани ечиш учун тузилган алгоритм ва дастурлар бир неча босқичли текширувдан ўтганлиги, олдидан аниқ ечимга эга бўлган тенгламаларни ечиб кўриб ва ўтказилган тажриба натижалари билан солиштирилганлиги ҳамда қониқарли натижаларга эришилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти темир йўл атрофидаги грунтда, бино ва иншоотлар конструкцияларида ҳосил бўладиган динамик жараёнларнинг ўрганиб, тебранишларни камайтиришда тўсиқларни қўллаш самарадорлигини назарий ва экспериментал тадқиқот натижалари билан асосланганлиги, темир йўл поездлари ҳаракатидан ҳосил бўлган тебранишларни сўндириш усуллари 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 темир йўл иншоотлари атрофидаги биноларгача бўлган масофалар камайтирилса, бу жойлардан унумли фойдаланиш имконияти ҳосил бўлиши билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Темир йўл транспорти ҳаракатидан ҳосил бўлган тебранишлардан бино ва иншоотларни вибротсейсмик ҳимоя қилиш бўйича олинган натижалар асосида:

грунтда траншея ҳосил қилиб биноларни тебранишлардан ҳимоялаш усули Қурилиш вазирлигига қаршли «GAMMA ПРОЕКТ» МЧЖ ва «Архитектура режалаштириш бюроси» ДУК корхоналарида лойиҳалаш ва қурилиш ишлари учун жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси қурилиш вазирлигининг 2021 йил 7 июндаги 09-06/6841 сонли маълумотномаси). Илмий натижанинг қурилиш объектига қўлланилиши орқали траншеянинг темир йўл полотносига нисбатан жойлашиш масофасига боғлиқ равишда вибрация даражасини 70 % гача камайтириш имконини берган;

тебранишларнинг камайтиришнинг комбинациялашган усули Қурилиш вазирлигига қаршли «Проект-Сервис» МЧЖ ҳамда «KELAJAK-S» корхоналарида лойиҳалаш ишлари учун жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси қурилиш вазирлигининг 2021 йил 7 июндаги 09-06/6841 сонли маълумотномаси). Илмий натижанинг қурилиш объектига қўлланилиши орқали темир йўл полотносининг жойлашиши ҳамда вибро тўсиқларнинг ўрнатилиши тебраниш тўлқинларини 5-10 баробар камайтириш имконини берган;

темир йўл поездлари ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларни грунтда ва бино конструкцияларида тарқалишини аниқлаш услуги ЎзР ФА Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида MRU-FA-58-2017 – «Сейсмик таъсирлардан ҳимоялаш учун акустик барьерларнинг

концепцияларини, математик моделларини ва сонли алгоритмларини ишлаб чиқиш» мавзусидаги халқаро грант лойиҳасини бажаришда фойдаланилган.

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

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 15 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, жумладан 4 таси Республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр қилинган. Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлигидан 3 та дастурий маҳсулот учун гувоҳномалар олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, урта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 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.

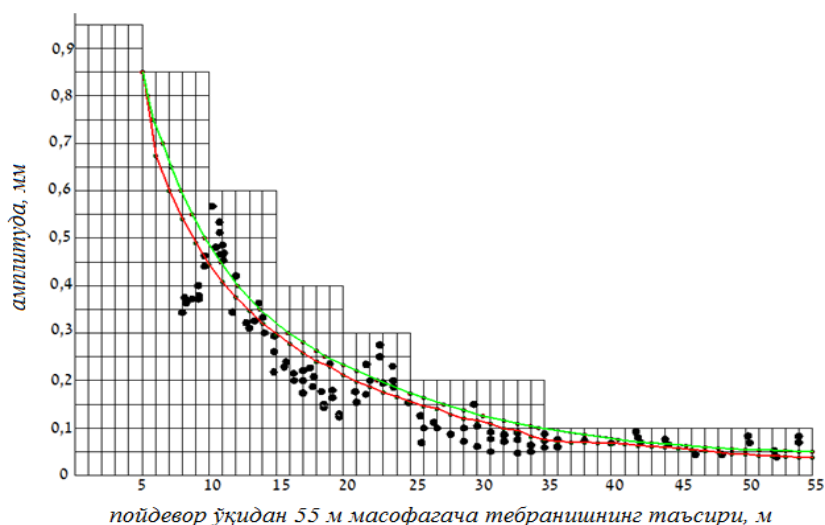
Диссертациянинг биринчи боби **“Темир йўл транспорт воситалари ҳаракатидан тарқалаётган тебранишларни грунтда ва биноларда тарқалиш жараёнини ўрганишнинг ҳозирги кундаги ҳолати”** деб номланган бўлиб, унда транспорт воситалари ҳаракатидан тарқалаётган тебранишларни баҳолашга доир тадқиқотлар таҳлили келтирилган. Бу таҳлиллар асосида шу нарса маълум бўлдики, темир йўл поездаи ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг бино ва иншоотларга таъсири ва уларни камайтириш муаммолари етарлича ўрганилмаган.

Темир йўл атрофидаги грунтларда поездлар ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг тарқалиши ҳақидаги масалани математик қўйилиши ва ҳисоблаш услуби кўрсатилган.

Ҳар қандай алгоритм ва дастурнинг ишончлилигини текшириш керак. Шу мақсадда Д.Д.Баркан тамонидан ечилган эластик ярим фазога қўйилган штамп тебранишидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг тарқалиши ҳақидаги масалани аналитик ечими ва тажриба натижалари билан муаллиф томонидан ишлаб чиқилган дастурлар орқали олинган сонли усул натижалари солиштирилган.

1 – расмда кўк рангли чизик билан асимптотик ечимни, нуқталар билан тажриба таҳлиллари кўрсатилган. Қизил чизик сонли усулда олинган

натижани ифодалайди. Таҳлиллар шуни кўрсатадики сонли ечим натижалари, асимптотик ечимларга нисбатан тажриба натижаларига яқинроқ.



**1-расм. Эластик ярим фазога қўйилган штамп тебранишидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг тарқалиши графиги**

Диссертациянинг “Темир йўл транспорти ҳаракатидан ҳосил бўлган тебраниш тўлқинларининг грунтда ва бинолар конструкцияларида тарқалиши” деб номланган иккинчи бобида темир йўл транспорти ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларни грунтда, турли хил грунт моделларида ва икки қатламли грунтларда тарқалиши, ҳамда темир йўл изи жойлашишининг ўзгаришини тебраниш тўлқинларига таъсири ўрганилган ва натижалар келтирилган.

Тебраниш тўлқинларини грунтда тарқалиши масаласини рақамли моделини яратилди. Поездлар ҳаракатланишидан тебранишларнинг грунтда тарқалиши ҳақидаги масаланинг ҳисоб схемасини танлашда қуйидаги маълумотларга таянилди. Бунинг учун масалани эластиклик назариясининг текис масаласига келтирилган. Тажриба натижаларига кўра грунтнинг тебраниши гармоник қонуниятга бўйсинади деб фараз қилинади ва тебраниш амплитудаси жуда кичик бўлганлигидан масалани чизиқли деб қараймиз. Ярим текисликни эркин чегарасига қўйилган гармоник юклар жуфти таъсиридаги материалнинг физик-механик характеристикаларини ҳисобга олган ҳолда грунтдаги кўчишлар аниқланади.

Масалани ечиш учун чекли элементлар усули қўлланилди. Темир йўл полотносининг ўқига нисбатан симметриясини ҳисобга олиб, ярим текисликдан чекли тўғри тўртбурчак шаклидаги соҳа ажратиб оламиз. Текширилаётган соҳа узунлиги 40 м, чуқурлиги 17 м ва 1360 та элементга бўлинган модель қилиб олинган.

Маълумки тақрибий ечиш усуллари фақат чекли соҳа учун қўллаш мумкин. Шунинг учун ажратилган *ABCD* тўғри тўртбурчак чегараларида шундай чегаравий шартлар қўйиш керакки, бу шартлар унинг чексизлигини ҳисобга олсин. Бунда *BC* ва *CD* чегараларда (2-расм) тўлқинларнинг чексизликка интилишини таъминловчи қуйидаги шартлар қўйилган

$$BC \text{ да } \begin{cases} \sigma = a \cdot \rho \cdot V_P \cdot v \\ \tau = b \cdot \rho \cdot V_S \cdot u \end{cases}, \quad CD \text{ да } \begin{cases} \sigma = a \cdot \rho \cdot V_P \cdot u \\ \tau = b \cdot \rho \cdot V_S \cdot v \end{cases}.$$

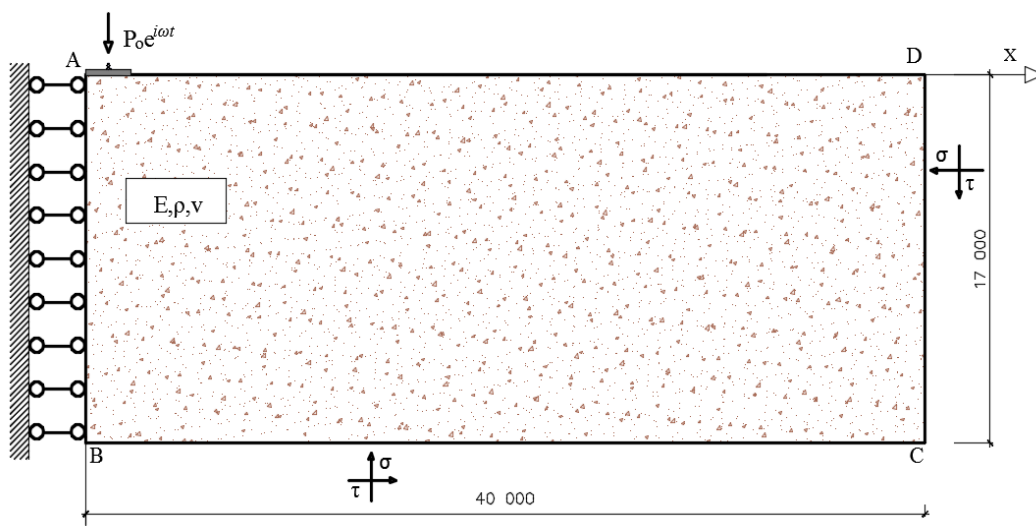
Бунда  $\sigma$  ва  $\tau$  – нормал ва уринма кучланишлар;  $u$  ва  $v$  – чегаравий нуқталар тезликларини ўқлардаги проекциялари;  $V_P$  ва  $V_S$  –  $P$  ва  $S$  тўлқинларнинг тезликлари;  $a$  ва  $b$  – ўлчамсиз параметрлар;  $\rho$  – материалнинг зичлиги.

Берилган  $ABCD$  соҳани чекли элементларга бўлингандан кейин ҳаракат тенгламасини куйидагича ёзамиз:

$$M \ddot{u}(t) + C \dot{u}(t) + K u(t) = P(t) - \Gamma u \quad (1)$$

Бунда:  $M$ ,  $C$ , ва  $K$  – мос равишда системанинг масса, демпфир ва бикрлик матрицалари;  $u(t)$ ,  $P(t)$  – тугуннинг кўчиши ва таъсир этувчи кучларнинг векторлари;  $\Gamma$  – чегаравий шартларини ҳисобга олувчи диагональ матрица.

Масалани ечиш соҳасининг чекли динамик модели 2-расмда келтирилган.



2-расм. Масалани ечишнинг ҳисобий схемаси

Фараз қилайлик, ташқи таъсир этувчи куч частотаси  $\omega$  бўлган гармоник функция кўринишида берилган

$$P(t) = P_0 e^{i\omega t}. \quad (2)$$

Системанинг реакцияси турғун жараён учун куйидагича бўлади

$$\begin{aligned} \ddot{u}(t) &= \ddot{u} \cdot e^{i\omega t} \\ \dot{u}(t) &= i\omega \dot{u} \cdot e^{i\omega t} \\ u(t) &= -\omega^2 u \cdot e^{i\omega t} \end{aligned} \quad (3)$$

Энди (2) ва (3) ни (1) ҳаракат тенгламасига қўйсақ, вақтга боғлиқ бўлмаган комплекс алгебраик тенгламалар системасига эга бўламиз.

$$K \cdot u = P_0 \quad (4)$$

Бунда  $u$  – тебраниш амплитудасининг вектори;  $P_0$  – таъсир этувчи кучнинг амплитудаси вектори.

Гаусс усули билан (4) тенгламани ечиб, системанинг доимий комплекс амплитуда вектори аниқланади

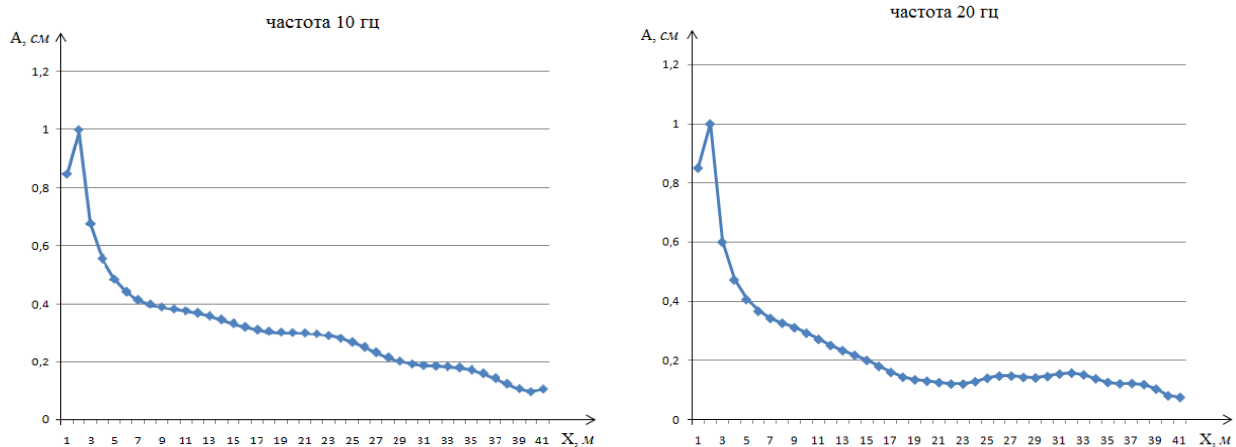
$$u = u_1, u_2, u_3, \dots, u_N, \quad (5)$$

бунда  $N$  – соҳанинг эркинлик даражаси. Реал кўчишлар қуйидаги формула орқали аниқланади

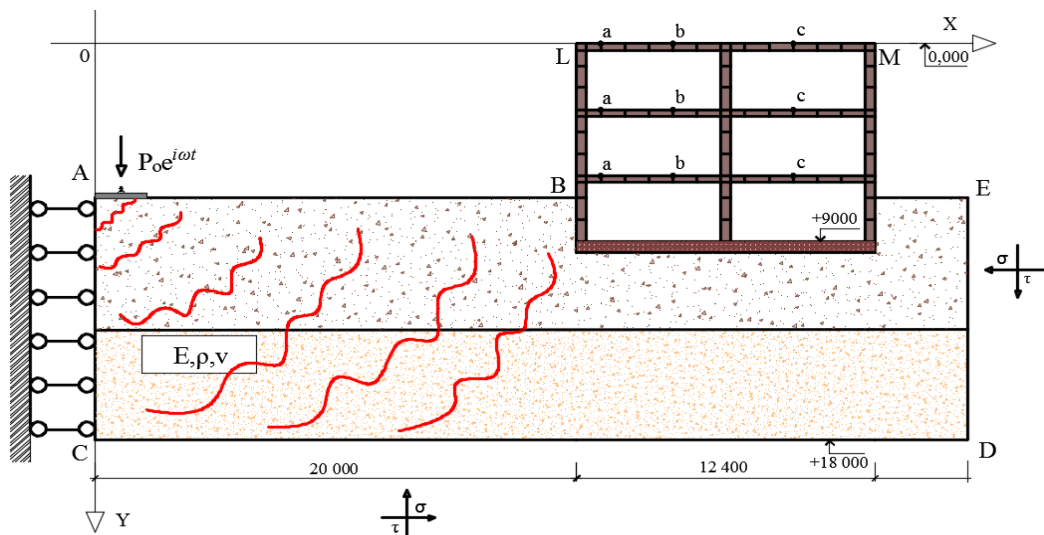
$$u(t) = \operatorname{Re} u \cos \omega t + \operatorname{Im} u \sin \omega t. \quad (6)$$

3-расмда тўғри тўртбурчак эркин сатҳининг тебраниш амплитудалари ўрамаси келтирилган.

Грунт сиртидаги тебранишлар амплитуда ўрамаси полотно ёки йўл ўқидан узоқлашган сари сўнувчан ва номонотон ҳарактерга эга.



**3-расм. Ҳаракатланувчи юк частотаси 10 ва 20 гц да грунт тугунларини “Y” ўқи бўйича кўчишларининг амплитуда модули**

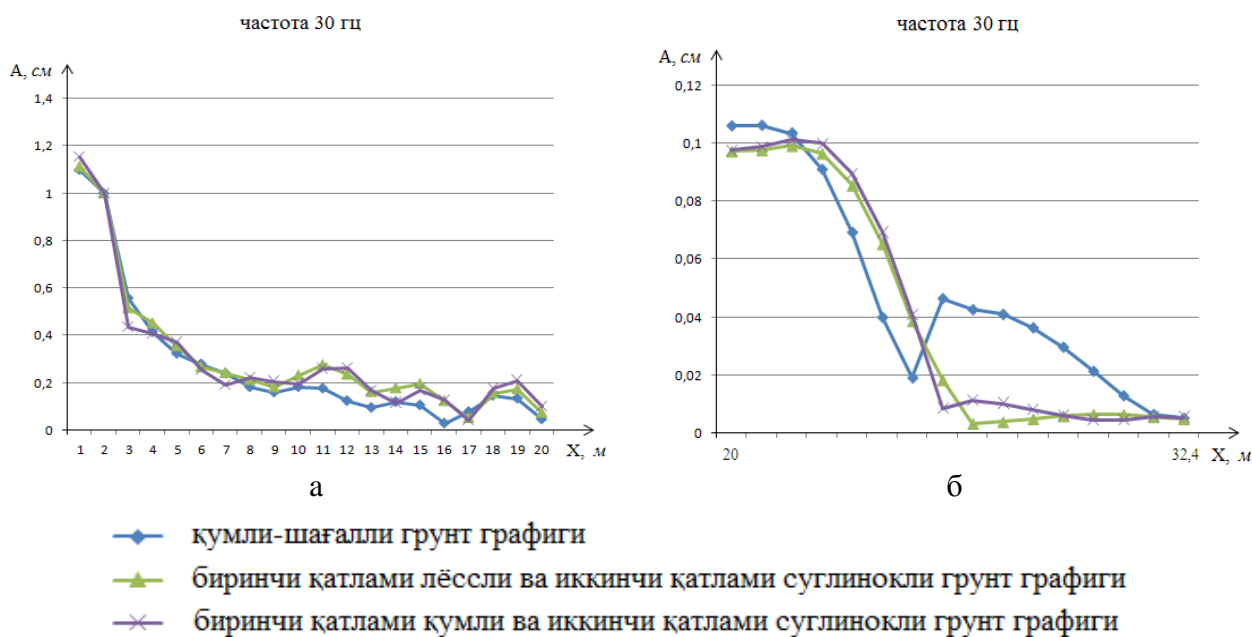


**4-расм. Масалани ечишнинг ҳисобий схемаси**

Темир йўл полотносидан маълум бир узоқликда икки қаватли бино лойиҳаланди ва сонли усулда модели ҳосил қилинди. Масалани ечиб тебраниш тўлқинлари таъсирида бино конструкцияларидаги тугунларнинг кўчишлари аниқланди. Масалани ечиш соҳасининг чекли динамик модели 4 – расмда келтирилган.

Бизга геология ва грунтлар механикаси каби фанлардан маълумки грунт чуқурликка қараб бир неча қатламларидан иборат бўлади. Тадқиқотда модел қилинган соҳа чуқурлиги 20 м атрофида бўлгани сабабли грунт қатлами аксарият ҳолларда, бу каби чуқурликларда бир ва икки қатламли бўлиши кузатилган, шунга асосланиб диссертацияда бир ва икки қатламли грунтларда тебранишларни тарқалиши таҳлил қилинган. Тадқиқот ишида Ўзбекистонда кўп учрайдиган грунт турлари ўрганилган.

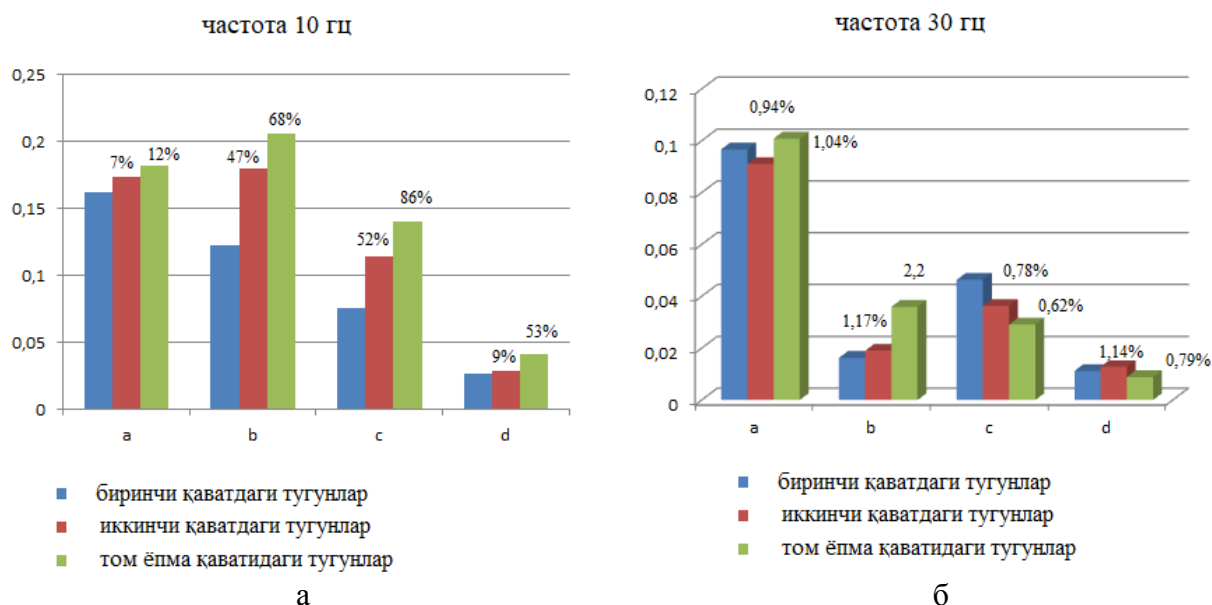
Қуйидаги 5-расмда бирлик юк частотаси 30 гц, темир йўл атрофидаги грунт икки қатламли ва бир қатламли бўлганда, грунт сатҳидаги ва бино қаватларидаги кўчишлар келтирилган.



**5 – расм. Тугунларни “У” ўқи бўйича кўчишларининг амплитуда модули: а – грунт сиртида, б – бино конструкцияларида**

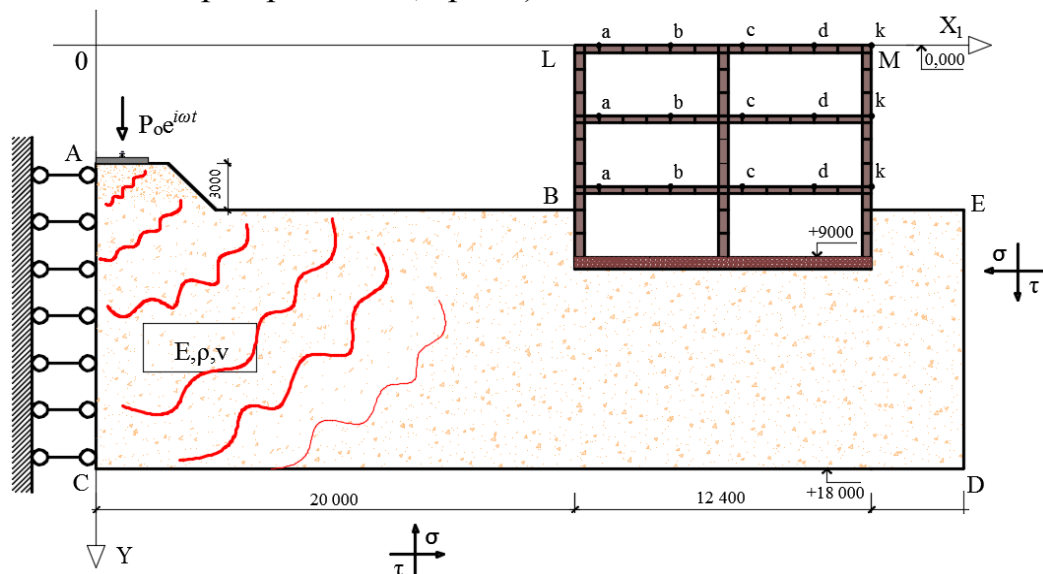
5-расмдан кўриниб турибдики, грунт қатламини икки қатламли деб олинганда тебраниш тўлқинлари, эътибор қаратса бўладиган даражада ўзгармади. Жараён суглинок, кум, лёсс, глина ва супесь каби грунтлар учун таҳлил қилинди. Ўрганишлар натижаларига кўра грунт икки қатламли бўлганда тебранишлар бир қатламли грунт тебранишларига нисбатан тезроқ сўниши кузатилди.

Частота 20 гц да иккинчи қаватдаги  $a$  тугундаги кўчиш биринчи қаватдаги ҳудди шу жойдаги тугунга нисбатан 10% ортди, учинчи қаватда 27% ортиши аниқланди.  $b$  тугунда иккинчи қаватда кўчиш 2,3 марта камайди, том ёпма қаватида эса 4% га камайиши кузатилди.  $c$  тугунда иккинчи қаватда кўчиш 34% га, том ёпма қаватида 82% камайган.  $d$  тугунда ҳам кўчишлар камайди биринчи қаватга нисбатан иккинчи қаватда 58% га, том ёпма қаватида 20% камайиши кузатилди.



**6 – расм. Бино қаватларидаги кўчишларнинг ўзгариши:  
а – 10 гц; б – 30 гц**

Тебраниш тўлқинларини юқоридаги ҳолатларда тарқалиши ўрганилгандан сўнг, уларни камайтириш чора тадбирлари ишлаб чиқилди. Бу тебраниш тўлқинларини камайтирадиган ҳолат табиий ҳом ашёлар ёрдамида бўлса иқтисодий томонлари ҳам қулай бўлади. Шундан келиб чиқиб тебранишни камайтириш учун темир йўл полотносини текисликдан баландга жойлаштира с қандай самара бериши ўрганилди. Темир йўл полотносини текисликдан 1, 2 ҳамда 3 м баландликларда жойлашганлигини ифодаловчи ҳисоблаш моделлари яратилди (7-расм).



**7-расм. Темир йўл полотноси ер сиртидан 3 м баландликда жойлашганда масалани ечишнинг ҳисобий схемаси**

Натижалар темир йўл полотноси текисликда жойлашган ҳолга нисбатан солиштирилди ва полотно жойлашиш рельефи текисликдан ортиб бориши билан бунга пропорционал равишда тебраниш тўлқинлари даражаси камайгани кузатилди.

Темир йўл полотноси текис сиртда ва текисликдан 2 м ҳамда 3 м  
баландликка кўтарилганда грунтдаги, бино қаватларининг белгиланган  
тугунлардаги кўчишларнинг қийматлари

№	Текшири- лаётган тугунлар	Темир йўл полотноси ер сиртида жойлаштирилганда	Темир йўл полотноси ер сиртидан 2 м баландликда жойлаштирилганда	Темир йўл полотноси ер сиртидан 3 м баландликда жойлаштирилганда
1	2	3	4	5
Биногача бўлган грунтдаги тугунларни кўчишлари	1	0,92922	0,96321	0,83078
	2	1	1	1
	3	0,54608	0,62372	0,64953
	4	0,40634	0,48294	0,04521
	5	0,33884	0,23181	0,06768
	6	0,29544	0,24073	0,27273
	7	0,28687	0,17981	0,20209
	8	0,32559	0,18323	0,15831
	9	0,38171	0,23294	0,12698
	10	0,41494	0,27121	0,1039
	11	0,40347	0,28546	0,0866
	12	0,34849	0,27154	0,07336
	13	0,27472	0,23036	0,06292
	14	0,22714	0,16767	0,05438
	15	0,23094	0,10264	0,04715
	16	0,24669	0,05794	0,04082
	17	0,22922	0,03094	0,03514
	18	0,16453	0,03275	0,03002
	19	0,07084	0,04609	0,02543
	20	0,0898	0,06039	0,02153
1-қават, частота 20 гц да	<i>a</i>	0,17126	0,07057	0,01959
	<i>b</i>	0,02154	0,03692	0,01184
	<i>c</i>	0,11169	0,05521	0,00583
	<i>d</i>	0,03397	0,02465	0,00291
	<i>k</i>	0,01044	0,00153	0,00152
2-қават, частота 20 гц да	<i>a</i>	0,18061	0,06715	0,01735
	<i>b</i>	0,04138	0,0358	0,00979
	<i>c</i>	0,07741	0,05465	0,00618
	<i>d</i>	0,01693	0,02036	0,00373
	<i>k</i>	0,00792	0,00259	0,00161
том ёпма қаватида, частота 20 гц да	<i>a</i>	0,19068	0,06639	0,01689
	<i>b</i>	0,08796	0,03715	0,01025
	<i>c</i>	0,02568	0,05449	0,00576
	<i>d</i>	0,00244	0,0245	0,0024
	<i>k</i>	0,00773	0,00224	0,00159

1–жадвалдаги натижаларга эътибор берилса темир йўл ости 3 м кўтарилганда графикларни анализ қилишлар натижасида шуни айтиш



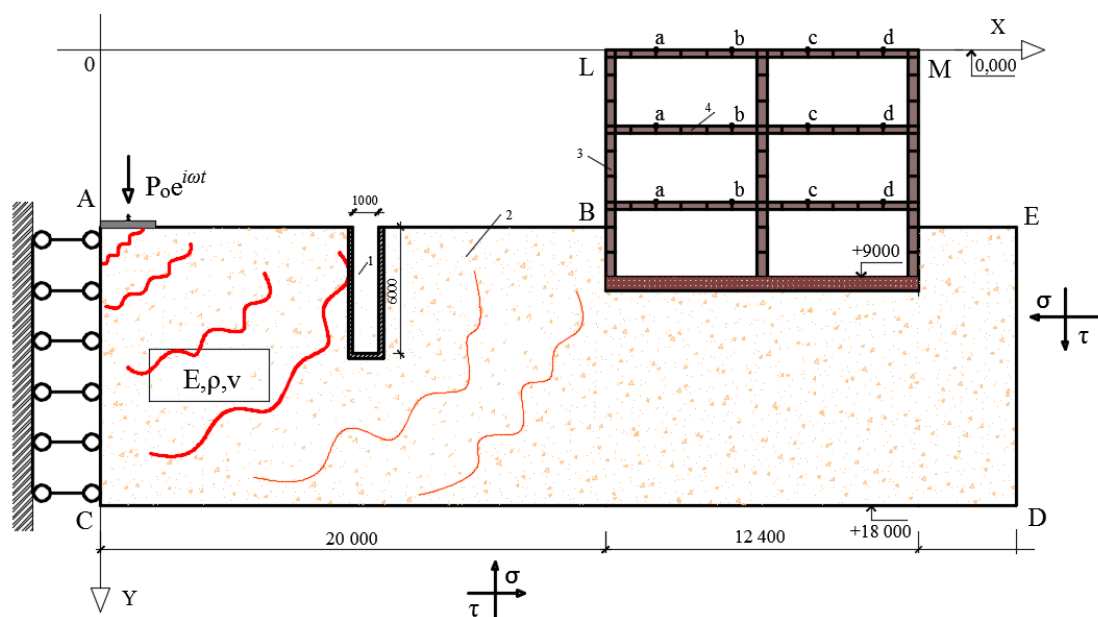
мумкинки, кўчишнинг қиймати пасайиб яна кўтарилди ва яна камайганини кўриш мумкин. Ўртача 7–8 м гача кўчиш ҳарактери ўзгариб турди ва қолган қисмда бир хилда камайиб бориши кузатилди. Темир йўл полотносидан 9 м масофада текисликда жойлашган ва 3 м баландликда жойлашганини солиштирадиган бўлсак 3, 10 м да 4, 15 м да 4,9, 16 м да 6, 17 м да 6,5 ва 20 м да эса 4,2 мартага камайиши аниқланди.

Бинонинг биринчи қаватидаги масала шартида белгиланган тугунларни текширамиз. Кўчишларнинг қиймати  $a$  тугунда 8,7,  $b$  да 1,8,  $c$  да 19,  $d$  да 11,6 ва  $k$  тугунда 6,8 мартага камайди.

Юқоридаги олинган натижалардан шуни хулоса қилишимиз мумкинки, темир йўл полотноси остини табиий усулда кўтариш билан тебраниш тўлқинларини даражасини бир неча марта камайтириш имконини ҳосил қилиш мумкин бўлади. Темир йўл полотносини остидаги балластни 2 м кўтарилса, тебраниш қийматлари камида 2–3 марта камайди. Агар кўтарма баландлиги 3 м олинса 4–8 марта камайди, демак масофани ҳозирги ҳолдан шунча марта қисқартирилса фойдаланиш мумкин бўлмаган жуда катта ерлардан унумли фойдаланиш имконига эга бўлинади.

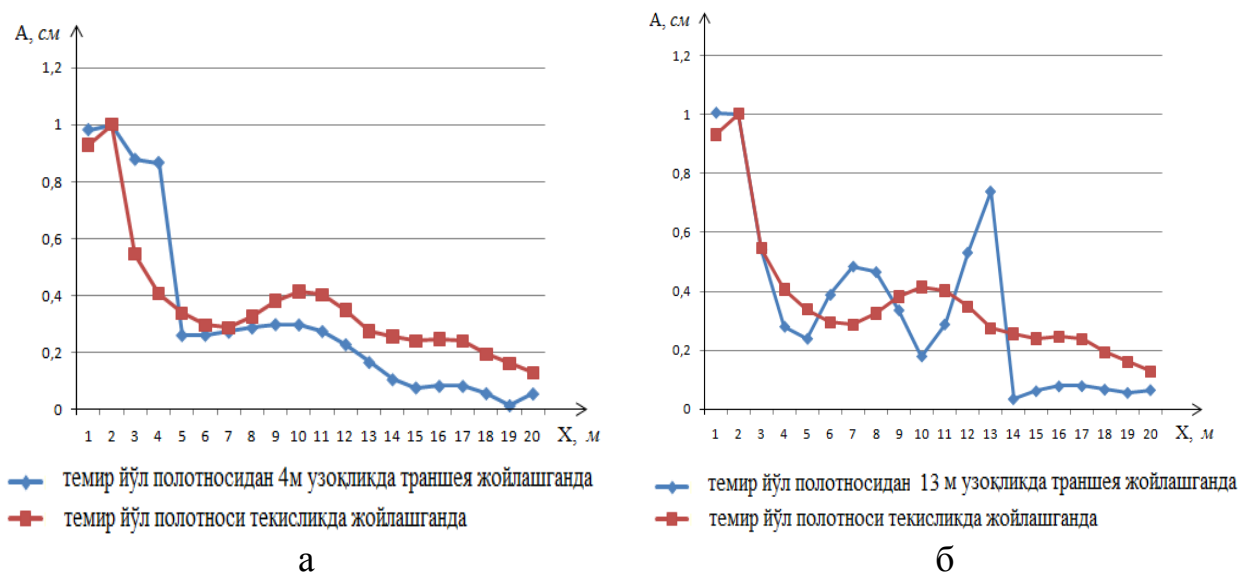
Диссертациянинг учинчи боби “Темир йўл поездлари ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг биноларга таъсирини тўсиқлар ёрдамида камайтириш самарадорлигини тадқиқ қилиш ва эксперимент тадқиқотлар” деб номланган бўлиб, темир йўл ва бино орасига траншея ҳосил қилиб унинг самарадорлиги таҳлил қилинган. Даставвал ўрганиладиган моделда траншеянинг эни 1 м ва чуқурлиги 6 м қилиб олинган, икки ён томонини бетон тўсиқ билан маҳкамланади (8-расм).

Мазкур тадқиқот ишлари темир йўл полотноси яқинида жойлашган бинолардаги тебранишлар меъёр даражасидан ортиб кетмаслиги учун бинодан маълум бир масофага тўсиқ ҳосил қилиб унинг самарадорлигини аниқлашдан иборатдир.



8-расм. Масалани ечишнинг ҳисобий схемаси

Шу соҳа бўйича бажарилган тадқиқот ишлари таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, тўсиқ сифатида темир–бетон конструкцияларидан, турли хил материаллардан фойдаланилганда уларнинг тебранишларини сўндириш қобилияти юқори бўлмаганлигини аниқланган. Тадқиқотда тўсиқ сифатида маҳаллий ҳом ашёлардан (қурилиш чиқиндилари, кум, пенопласт) каби материалларда ҳам ҳисоб ишлари бажарилди, лекин тебраниш даражаси сезиларли камаймагани кузатилди. Тебранишларни сўндириш учун фойдаланилган очиқ траншеялар ижобий натижалар берди. Тадқиқотда тўсиқни жойлашиш ўрни ҳам ўрганилган. Тадқиқот натижаларига кўра ҳаракатланувчи юк частотаси  $\omega = 10 - 20$  *гц* да, траншеяни 4 м масофада лойиҳалангани 7 м, 10 м ҳамда 13 м даги траншеяларга нисбатан самарали бўлди (9-расм) яъни кўчишларнинг миқдори кичик бўлиши аниқланди.

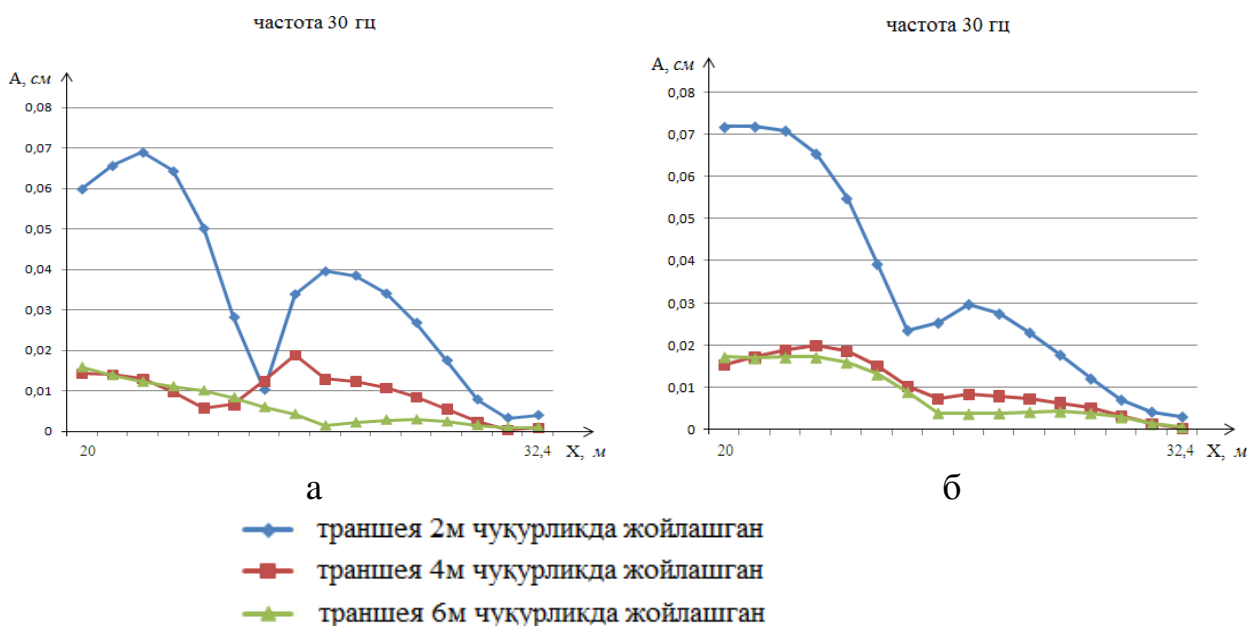


**9-расм. Очиқ траншея ва траншеясиз ҳолларда грунтдаги кўчишларнинг амплитуда модули: а. траншея 4 м; б. траншея 13 м**

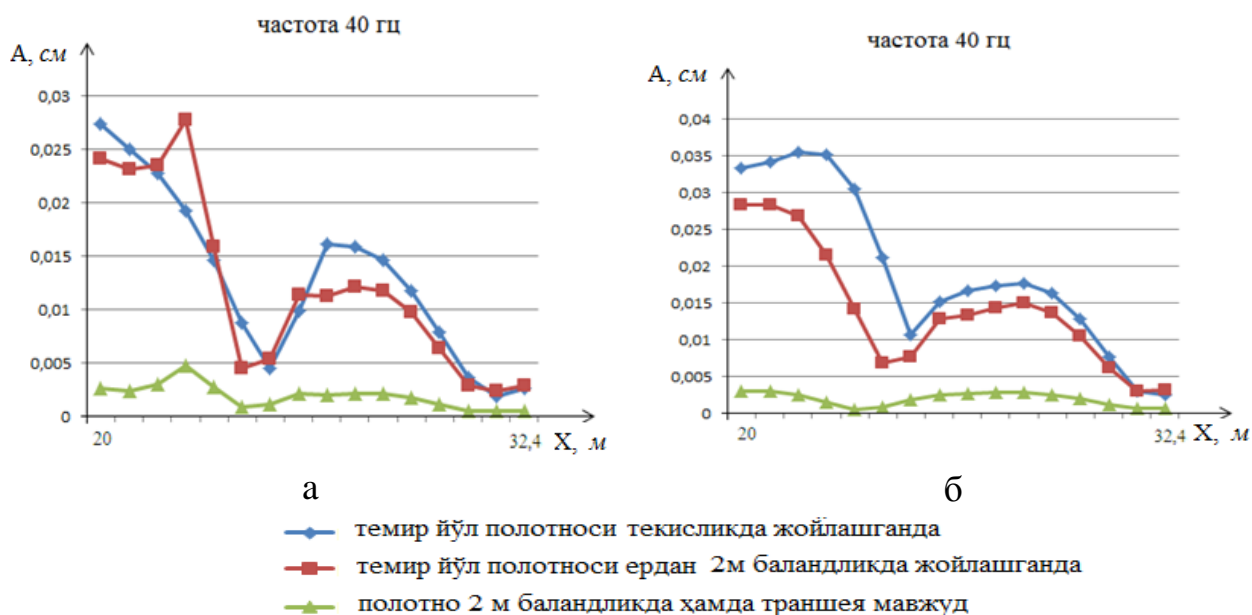
Кейинги босқичда лойиҳаланиётган траншеяни чуқурлиги боғлиқ ҳолда тебранишларни сўниши ўрганилди.

Траншея жойлашиш ўрнининг самарали варианты темир йўл полотносидан 10 м узокликда бўлгани сабабли шу масофадаги траншеяни чуқурлигининг тебранишларни сўндириш кўрсаткичига таъсири ўрганилди. Траншеянинг чуқурлигини 2 м дан бошлаб 6 м гача лойиҳалаб, ҳисоб ишлари бажарилган. Масалада траншеяни чуқурлигини 2 м, 4 м ва 6 м танлаб олиб сонли ҳисоблаш моделини яратамиз ва ҳисоб ишлари натижаларини ўрганиб чиқамиз. Биринчи частота 30 *гц* да биногача бўлган грунт сатҳидаги тугунларни траншеялар жойлаштирилгандан кейинги ўзгаришларини кўриб чиқамиз. Траншея чуқурлиги ортиши билан тебраниш тўлқинлари даражаси камайди. Тадқиқот давомида темир йўл полотносини 2 м баландликда ва

траншеяни 10 м узокликда жойлаштирилганда ижобий натижалар олинди (10-расм).



**10 – расм. Бинонинг қаватларидаги тугунларнинг “Y” ўқи бўйича кўчишларининг амплитуда модули**

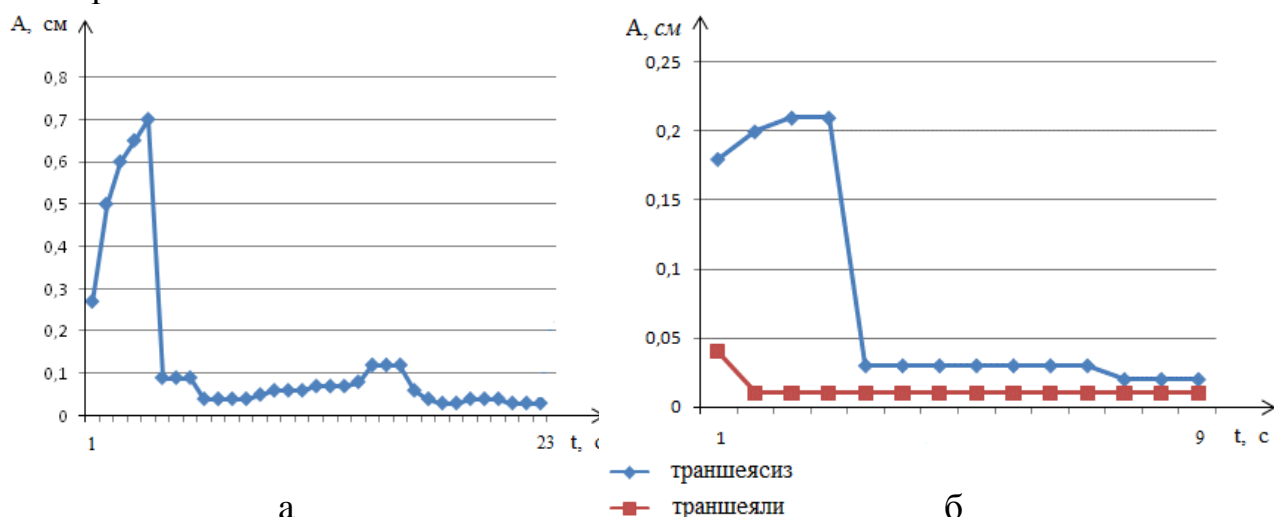


**11 – расм. Бинонинг қаватларидаги тугунларнинг “Y” ўқи бўйича кўчишларининг амплитуда модули**

11-расмда 3 хил ҳолат учун кўчиш амплитудасининг бино узунлиги бўйича ўзгариши берилган, графикдан кўриниб турибдики, траншея ҳосил қилингандан сўнг бинонинг қаватларидаги тугунларнинг кўчиш миқдори бир неча марта камайган. Темир йўл полотносининг жойлашиши ҳамда вибро

тўсиқларнинг ўрнатилиши тебраниш тўлқинларини камайтиришда катта самарадорликка эга эканлиги аниқланди.

Бу бўлим давомида тадқиқотларни *Виброметр UNI-T UT315A* ўлчов асбоби ёрдамида эксперимент тадқиқот ишлари бажарилган бўлиб, ўлчов ишлари Қўқон минтақаси темир йўл узелининг Наманган вилоятидаги темир йўл иншоотлари яқинида олиб борилган. Ўлчов ишларида йўловчи ва юк ташувчи поездлар ҳаракатланган вақтда грунтдаги кўчишлар аниқланди (12-расм). Қуйидаги графикларда йўловчи ташиш поезда ҳаракатидан ҳосил бўлган тебранишлар таъсирида грунт сиртидаги кўчиш қийматлари келтирилган.



**12 – расм. Кўчишларнинг вақт бўйича ўзгариши: а. темир йўл изидан 8 м масофада; б. темир йўл изидан 26 м масофада 3 м чуқурликда траншея бўлган ҳол ва траншеясиз ҳолдаги**

Тадқиқот давомида тўлқинларнинг тезлик ва тезланишларини ҳарактерлари ҳам ўрганилди. 20 м масофадаги тебранишларни, диссертацияда келтирилган тебранишларнинг инсонларга таъсири тўғрисидаги маълумот билан солиштирсак унинг қийматлари салбий таъсир кўрсатувчан гуруҳига мос келади. Ўтказилган тадқиқотлар натижаларидан айтиш мумкинки, поездларнинг узунлиги ва тезлик кўрсаткичлари катта бўлса, натижалар бундан ҳам юқори бўлади. Бу албатта инсон саломатлигига салбий таъсирини кўрсатади.

Ҳисоблаш натижалари кўрсатдики, темир йўл иншоотлари атрофида қурилган биноларга тебранишларнинг доимий таъсири натижасида, меъёрий ҳужжатларда келтирилган мукамал таъмирлашгача бўлган муддат 7 йилга тушиб қолди. 5 қаватли турар жой биносини текширайдиган бўлсак, қурилиш ҳажми  $17640 \text{ м}^3$  ни, смета нархи 4,2 млрд. сўм,  $1 \text{ м}^3$  ни таъмирлаш нархи 238095,238 сўмни ташкил қилади. Темир йўл полотноси ҳамда бино оралиғига траншея ҳосил қилинганда, бу кўрсаткични ҳисоблашлар асосида 12 йилгача узайтириш имконини беради. Биргина шу бинонинг ўзида капитал таъмирлаш вақтини узайтириш орқали йилига 600 млн. сўмга тенг бўлади.

## Хулоса

1. Масаланинг математик қўйилиши, яъни дифференциал ва вариацион қўйилиши амалга оширилди. Уларни эквивалентлигини исботлаш орқали масалани ечиш учун вариацион усуллардан бири бўлган чекли элементлар усулини қўллаш мумкинлиги исботланди.

2. Темир йўл атрофида грунтларнинг кўчишларини аниқлаш бўйича олиб борилган тадқиқотларнинг аксарияти тажрибалар ўтказиш йўли билан бажарилган ва назарий тадқиқотлар орқали уларга баҳо бериш зарурлиги аниқланди.

3. Масалани ечиш учун ишлаб чиқилган алгоритм ва ЭХМ дастури орқали олинган сонли натижаларнинг ишончилигини исботлаш мақсадида, тузилган дастурлар ёрдамида олдиндан аналитик ечими ва тажриба натижалари маълум бўлган масалани ечиб, натижаларни солиштирилди ва сонли натижаларнинг устма - уст тушишига эришилди.

4. Темир йўл полотносининг ер сиртига нисбатан юқорида жойлашганлиги поездлар ҳаракати натижасида ҳосил бўлган тебранишлар амплитудасига таъсири катта бўлди. Темир йўл полотносининг баландлиги ортиши билан тебраниш даражасининг камайиши аниқланди.

5. Темир йўл поездлари ҳаракати натижасида грунтда ҳосил бўлган тебранишлар даражасини траншеялар ёрдамида камайтириш ва бу траншеяларнинг темир йўл полотносидан турли хил масофада жойлаштириш ҳамда ер устида жойлашган бинони ҳисобга олиш имкониятини берувчи алгоритм ва ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилди.

6. Тебранишларни камайтириш учун қуриладиган траншеяларнинг темир йўл полотносига нисбатан жойлашиш масофаси катта аҳамиятга эга.

7. Темир йўл яқинига турли ишоотлар қуришни лойиҳалашда маҳаллий грунт хусусиятларини ва географик ҳолатини ҳисобга олган ҳолда сейсмо-вибро ҳимоя воситаларини жойлаштириш учун қўшимча ҳисоб ишларини олиб бориш зарур.

8. Траншеяларни темир йўл полотносига нисбатан жойлашиш масофасига боғлиқ равишда вибрация даражасини 70 % гача камайтириш қобилияти борлиги аниқланди.

9. Траншеянинг самарадорлиги унинг чуқурлигига боғлиқ эканлиги аниқланди. Масалан, 6 м чуқурликка эга бўлган траншея 2 м га нисбатан олти баробар самаралироқ эканлиги исботланди.

10. Темир йўл полотносининг грунт сатҳига нисбатан баландлигининг поездлар ҳаракатидан ҳосил бўлиб, грунтда тарқалаётган тебранишлар даражасига катта таъсири борлиги аниқланди.

11. Ер сатҳидан 2 м баландликда жойлашган полотнодан тарқалаётган тебранишлар даражаси полотно текис юзада жойлашган ҳолга нисбатан

ўртача 2 мартага кам бўлади, 3 м баландликда жойлашганда эса ўртача 4–8 мартага камади.

12. Табиий шароитда ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатдики, поезд ҳаракатидан ҳосил бўлган тебраниш тўлқинларининг даражаси поезднинг тезлигига боғлиқ. Поезд тезлигининг ортиши тебраниш даражасини ҳам ортишига сабаб бўлади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**БОЙТЕМИРОВ МУХАМАДБОБИР БОЙЖУРА УГЛИ**

**ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ  
КОЛЕБАНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ДВИЖЕНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**05.09.02 – Основания, фундаменты и подземные сооружения. Мосты и  
транспортные тоннели. Дороги, метрополитены**

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

**Ташкент – 2021**



Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.4.PhD/T841.

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно - строительном институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещён на веб-странице Учёного совета ( [www.tshiiit.uz](http://www.tshiiit.uz) ) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ( [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net) ).

Научный руководитель: **Юлдашев Шарифитдин Сайфитдинович**  
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Хасанов Аскар Забиевич**  
доктор технических наук, профессор

**Нишонов Незматилла Асатиллаевич**  
доктор философии (PhD) по техническим наукам

Ведущая организация: **Ферганский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «19» 11 2021 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.18/30.12.2019.T.09.01 при Ташкентском государственном транспортном университете (Адрес:100067, г. Ташкент, ул. Одияходжаева, д.1. Тел. факс: (99871) 293-57-51, e-mail: [tshiiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tshiiit_rektorat@mail.ru)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета ( регистрационный номер 040 ). Адрес:100067, г. Ташкент, ул. Одияходжаева, д.1. Тел. факс: (99871) 293-57-51, e-mail: [tshiiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tshiiit_rektorat@mail.ru).

Автореферат диссертации разослан «9» 11 2021 года  
(реестр протокола рассылки № 4 «4» 10 2021 года)



**А.А.Рискулов**  
Председатель Научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**Р.М.Худайкулов**  
Ученый секретарь Научного совета по  
присуждению ученых степеней, д. философии (PhD) по т.н., доцент

**И.С.Садиков**  
Председатель Научного семинара при Научном совете  
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор



## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Во всем мире большое внимание уделяется разработке новых составов материалов, типов и форм элементов в рельсах, шпалах и балластных соединениях, чтобы уменьшить воздействие вибрации на здания, вызванной движением поездов. В связи с этим в США, Великобритании, Канаде, Германии, Индии, Испании, Бельгии и других развитых странах приобретают важное значение разработки методов расчета распространения колебаний в зависимости от типа грунтов, от соединяющих элементов рельсов и шпал, от материалов балласта и шпал. При этом важно совершенствовать методы снижения уровня вибрации, развивать новые технологии поперечных сечений устройств, размещаемых между транспортным сооружением и защищаемыми зданиями, с целью снижения уровня вибрации в зданиях и сооружениях.

Во всем мире ведутся исследования способов снижения вибрации, вызываемой движением железнодорожных поездов и автомобильным транспортом. В этом направлении разработаны программное обеспечение на основе аналитических и численных решений, задачи распространения волн, генерируемых от вибраций штампа, расположенного на упругом полупространстве. Особое внимание уделяется разработке компьютерной модели распространения волн, генерируемых железнодорожным движением при различных моделях грунта и на двухслойных грунтах, а также влиянию изменения положения железнодорожного пути на колебательные процессы. В то же время необходимо разработать метод численных расчетов для устройства защитных экранов, состоящих из различных траншей перед зданиями, и определить состав материалов, которые их заполняют.

В годы независимости в республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по строительству железнодорожных линий и по защите зданий и сооружений от возникающих от них вибраций. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017–2021 годы, в частности, определены задачи «предотвращения экологических проблем, наносящих вред окружающей среде, здоровью населения и генофонду». Для реализации данных задач важное значение имеют определение геометрических параметров гасящих конструкций для снижения уровня вибраций, устраиваемых в грунте, и оценка их эффективности, разработка эффективных решений по выявлению зависимости снижения вибраций от высоты полотна, разработка наиболее эффективных решений по определению оптимального расстояния устройства конструкции между железнодорожным полотном и зданиями и сооружениями.

Настоящее диссертационное исследование в определённой степени способствует реализации задач, определённых в Указе Президента Республики Узбекистан №УП- 4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года, в Постановлениях Президента Республики Узбекистан , ПП-2827 «О мерах по строительству

железнодорожной линии «Бухара–Мискин» от 13 марта 2017 года, ПП-3121 О мерах по осуществлению инвестиционного проекта «Электризация железной дороги линии «Карши–Китоб», организуя движения скоростных пассажирских поездов», № ПП-4794 «О мерах по коренному совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» от 30 июля 2020 года и других нормативных документах, связанных с данной деятельностью.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике.** Данная диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в Республике Узбекистан IV. «Математика, механика, сейсмодинамика сооружений и информатика» и XIV. «Сейсмология, сейсмобезопасность зданий и сооружений и строительство».

**Степень изученности проблемы.** По изучению влияния вибраций, образующихся от железнодорожных средств, на сооружения и здания за рубежом были проведены исследования такими учёными, как М.А.Дашевский, О.А.Шутов, А.Б.Пономарев, И.Е.Цукерников, В.А.Смирнов, M. Monteiro, P.Harris, K.Mouzakis, E. Vogiatzis, В.А. Ильичёв, О.Я. Шехтер, по материалу и строению балластного слоя под полотном, методу соединения шпал с рельсами в целях снижения влияния вибраций – A.S.Hameed, A.P.Shashikala, G. Kourousis, T. Auvinen, Bo Qiu, S. Marzal, D. P. Connolly, J.Real, T.Jerson, M.O’gren, C.Каевунруен, А.Ременников, Huan Feng, G.R.Watts, J.J.Hajek, Ch.T.Blaney, D.K.Hein, C.Zamorano, T.Asensio, L.Montalban, O.Verlinden, Y.B.Yang, H.H.Hung, P.Alves Costa, P.Galvin, P.K.Woodward, O.Laghrouche, по распространению вибраций в связи с видом грунта железной дороги – А.Колосом, Д.В.Крюковским, В.В.Крыловым.

В нашей республике проведены научно-исследовательские работы по изучению вибраций, распространяющихся в грунте, Т.Р.Рашидовым, А.А.Ишанходжаевым, Г.Х.Хожметовым, К.С.Султановым, М.М.Мирсаидовым, Б.Мардоновым, Я.Н.Мубораковым, Х.З.Расуловым, А.З.Хасановым, Ш.С.Юлдашевым.

На сегодняшний день, несмотря на проведённые широкомасштабные исследования в этом направлении, не изучены методы определения геометрических параметров и оценки эффективности устройств гасящих конструкций в грунте, устройство насыпей и траншей.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ учреждения высшего образования, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз MRU-FA-58/2017. «Акустические барьеры для защиты от сейсмических воздействий: разработка концепции, математических моделей и численных алгоритмов», международного проекта, выполненного совместно с Российской Федерацией, и тем научно-исследовательских работ кафедры «Соппротивление материалов и механика»

Наманганского инженерно-строительного института «Защита от ущербных вибраций жилых зданий и промышленных сооружений», а также «Обеспечение сейсмостойкости подземных и наземных сооружений, учитывая физико-механические свойства грунта».

**Цель исследования** состоит в разработке методов защиты зданий и сооружений от вредных вибраций, образующихся от движения железнодорожных поездов.

**Задачи исследования:**

разработать метод численного расчета, учитывающий распределение колебаний, создаваемых движением поездов по грунту и конструкциям, исходя механических свойств;

исследовать динамические процессы в грунте, вызванные движением поездов, с учетом высоты железнодорожной линии относительно земли;

выявить смещения в строительных конструкциях, расположенных вблизи железной дороги;

определить геометрические размеры демпфера, устанавливаемого на земле, для снижения уровня вибрации и разработать методы их функциональной оценки;

провести натурные эксперименты по определению изменений амплитуды колебаний по мере удаления от железнодорожной линии.

**Объектом исследования** являлись железные дороги, здания и сооружения, почвы и возникающие в них вибрационные процессы.

**Предметом исследования** являются грунт основания, железнодорожное полотно, здания, расположенные вблизи них, и процессы распространения колебаний от них.

**Методы исследования.** В ходе исследования были использованы системный анализ, теория эластичности(упругости), механика грунтов, численные методы, фундаментальные законы и правила методов конечных элементов, экспериментальные методы.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определена зависимость амплитуды колебаний в грунтах от движения железнодорожных поездов, от механических свойств среды, слоёв грунта, расположения железнодорожного полотна;

разработан метод численного расчета для анализа процесса распространения эластических волн, возникающих в грунтах при движении поездов, когда железнодорожная ветка находится высоко над землей;

разработан метод численного расчёта распространения колебаний в каждой точке здания и сооружения, расположенных в непосредственной близости к железнодорожной линии, приводя задачу к проблеме теории упругости;

изменены материал и геометрические размеры экранов, возводимых между железной дорогой и зданиями и сооружениями, для снижения уровня вибраций грунта, определены их оптимальные сечения и расстояния установки;

путём проведения экспериментальных исследований в полевых условиях с помощью виброметра UNI-T UT315A определены убывание амплитуд колебаний в грунтах по мере удаления от железнодорожной дороги, а также влияние траншеи, вырытой параллельно железной дороге, на колебания поверхности грунта за траншеей.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

строительство железной дороги, при ее возвышении относительно поверхности земли на три метра дает уменьшение амплитуды колебаний грунта, возникающих в результате движения поездов, до 4 – 8 раз;

размещение волн отражающего экрана в виде траншеи между железной дорогой и зданием, расположенным близко к железнодорожной линии, способствует давлению уменьшению амплитуды колебаний в здании на 70 %;

разработана программа для ЭВМ численного метода определения степени вибрации в грунтах и на этажах зданий, расположенных вблизи железных дорог, возникающей от движения железнодорожных поездов;

разработано программное обеспечение ЭВМ определения уровня вибрации, создаваемой в конструкциях зданий от движения железнодорожного и автомобильного транспорта;

разработано программное обеспечение ЭВМ определения уровня вибрации, создаваемой в конструкциях малоэтажных кирпичных зданий, с применением элементов активной сейсмозащиты.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обусловлена точным математическим моделированием, использованием проверенных надежных методов решения динамических задач, а также тем, что алгоритмы и программы, сформулированные в диссертации для решения поставленной задачи, прошли многоступенчатую проверку решением уравнений заранее определенным способом, сравнением с результатами проведенного эксперимента и достижением удовлетворительных результатов.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обусловлена обоснованием результатов теоретических и экспериментальных исследований эффективности применения ограждающих конструкций при уменьшении вибраций путем изучения динамических процессов, протекающих в грунте вокруг железнодорожного пути, в конструкциях зданий и сооружений, совершенствованием методов гашения колебаний, создаваемых движением железнодорожных поездов.

Практическая значимость результатов исследования обусловлена тем, что разработанные численные методы расчета и программы могут быть использованы при динамическом расчете конструкций с учетом их различных физических и геометрических параметров, а при уменьшении расстояний до зданий, окружающих железнодорожные сооружения, создается возможность более эффективного использования этих площадей.

**Внедрение результатов исследования.** На основании результатов, полученных по вибросейсмической защите зданий и сооружений от вибраций, возникающих от движения железнодорожного транспорта:

способ защиты зданий от вибрации путем формирования траншей в грунте внедрен для проектно-строительных работ на подведомственных Министерству строительства предприятиях ООО “ГАММА ПРОЕКТ” и ГУП “Архитектурно-планировочное бюро” (Справка Минстроя Республики Узбекистан от 7 июня 2021 года № 09-06/6841). Применение научного результата на объекте строительства позволило снизить уровень вибрации траншеи до 70% в зависимости от расстояния ее расположения относительно железнодорожного полотна;

комбинированный метод снижения вибраций внедрен для проектных работ на подведомственных Министерству строительства предприятиях ООО “Проект-Сервис” и “KELAJAK-S” (Справка Минстроя Республики Узбекистан от 7 июня 2021 года № 09-06/6841). Размещение железнодорожного полотна и установка виброизоляции путем применения научного результата к строительному объекту позволили снизить вибрационные волны в 5–10 раз;

методы определения распространения вибраций, учитывая распространение возникших от движений железнодорожных поездов волн в грунте и в конструкциях зданий, были использованы при выполнении международного проекта на основе гранта MRU-FA-58-2017 «Разработка концепций, математических моделей и численных алгоритмов акустических барьеров для защиты от сейсмических воздействий» в Институте механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования обсуждены на 3-х международных и 3-х республиканских научно-исследовательских конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD), в том числе 4 – в республиканских и 3 – в зарубежных журналах. От Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан получены сертификаты на 3 программы.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 120 страниц.

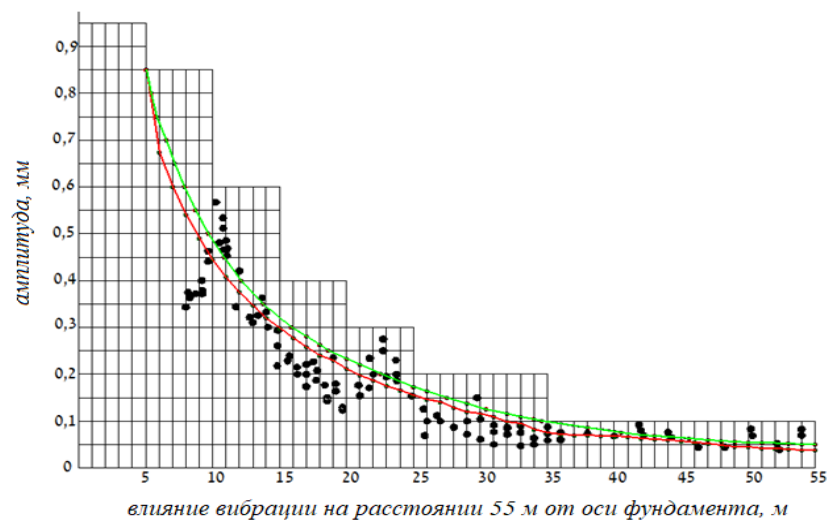
## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении изложены актуальность и востребованность проведенного исследования, указаны цели и задачи, объект и предмет исследования, соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, раскрыты научная новизна и практическая значимость исследования, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, результатах апробации работы, опубликованных работах и структуре диссертации.

Первая глава диссертации озаглавлена как **”Современное состояние изучения процесса распространения вибраций, распространяющихся в грунте и зданиях при движении железнодорожных транспортных средств”**. В ней представлен анализ исследований по оценке вибраций, распространяющихся от движения транспортных средств. На основании этих анализов выяснено, что влияние волн, создаваемых движением железнодорожного поезда на здания и сооружения, а также проблемы их снижения, изучены недостаточно.

Рассмотрены математическая постановка и методика расчета вопроса о распространении волн, создаваемых движением поездов, в грунтах вокруг железной дороги.

В целях проверки надежности любого алгоритма и программы были сопоставлены результаты аналитического решения задачи о распространении волн, образованных вибрацией помещенного в упругое полупространство штампа, выполненного Д.Д.Барканом, и результаты экспериментов с результатами численных методов, полученными с помощью программ, разработанных диссертантом.



**Рис. 1. График распространения вибраций от колебания штампа, приложенного в упругое полупространство**

На рис. 1 синей линией показано асимптотическое решение, а точками – экспериментальный анализ. Красной линией представлен результат, полученный численным способом. Анализ показывает, что результаты

численного решения по сравнению с асимптотическими ближе к результатам эксперимента.

Во второй главе диссертации “**Распространение вибрационных волн, создаваемых движением железнодорожного транспорта, в грунте и конструкциях зданий**” изучено распространение волн, создаваемых движением железнодорожного транспорта, в грунте, в различных моделях грунта и в двухслойных грунтах, а также влияние изменения местоположения железнодорожного пути на вибрационные волны и представлены результаты.

Создана цифровая модель вопроса распространения вибрационных волн в грунте. При выборе расчетной схемы вопроса о распространении вибраций в грунте от движения поездов опирались на следующие данные. Для этого задача приводится к плоской задаче теории упругости. По результатам эксперимента предполагается, что колебания грунта подчиняются гармоническому закону, а поскольку амплитуда колебаний очень мала, то рассмотрим вопрос как линейный. Определено перемещение в грунте с учетом физико-механических характеристик материала под действием пары гармонических нагрузок, приложенных к свободной границе полуплоскости.

Для решения задачи использовался метод конечных элементов. Учитывая симметрию железнодорожного полотна относительно оси, из полуплоскости выделим ограниченную область, прямоугольной формы. Исследуемый участок был взят в качестве модели, длина которой составляла 40 м, глубина – 17 м и делилась на 1360 элементов.

Определим перемещения на уровнях этажей и колоннах от пары гармонических нагрузок действующих на свободной границе полуплоскости, с учётом физико-механических характеристик материала. В задаче бесконечную полуплоскость заменяем конечной областью. Для границ (рис.2) *BC* и *CD* поставлены условия.

$$\text{Для } BC \quad \begin{cases} \sigma = a \cdot \rho \cdot V_P \cdot v \\ \tau = b \cdot \rho \cdot V_S \cdot u \end{cases}, \quad \text{для } CD \quad \begin{cases} \sigma = a \cdot \rho \cdot V_P \cdot u \\ \tau = b \cdot \rho \cdot V_S \cdot v \end{cases}$$

Здесь  $\sigma$  и  $\tau$  – нормальные и касательные напряжения;  $u$  и  $v$  – проекции скоростей граничных точек;  $V_P$  и  $V_S$  – скорости  $P$  и  $S$  волн;  $a$  и  $b$  – безразмерные параметры;  $\rho$  – плотность материала.

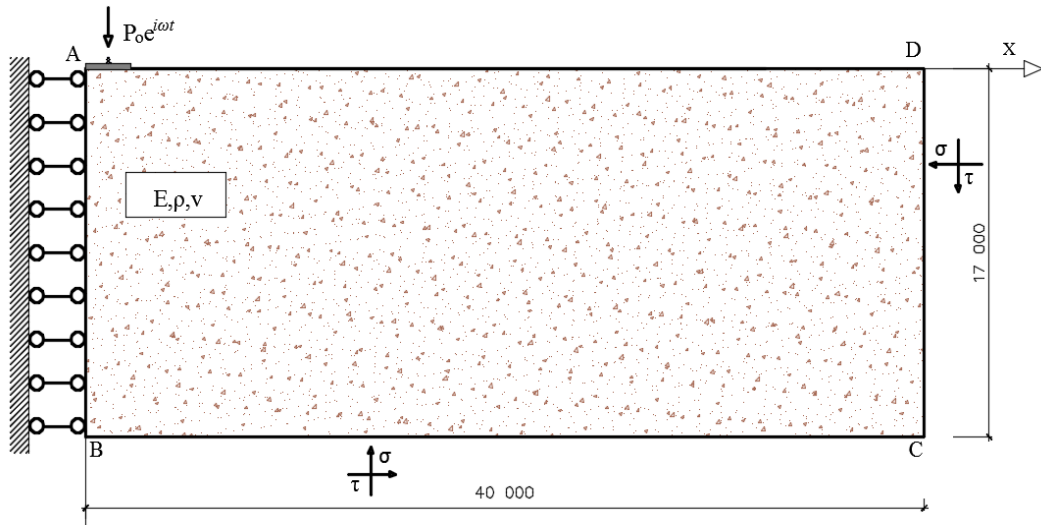
Для решения задачи воспользуемся конечными элементами.

Уравнение движения запишем в виде

$$M \ddot{u}(t) + C \dot{u}(t) + K u(t) = P(t) - \Gamma u. \quad (1)$$

Здесь  $M$ ,  $C$  и  $K$  – матрицы масс, демпфирования и жесткости системы;  $u(t)$ ,  $P(t)$  – перемещения узлов и векторы действующих сил;  $\Gamma$  – диагональная матрица, учитывающая граничные условия.

Конечная динамическая модель в области решения задачи приведена на рис. 2.



**Рис. 2. Расчетная схема решения задачи**

При гармонической нагрузке с круговой частотой  $\omega$

$$P(t) = P_0 e^{i\omega t}. \quad (2)$$

Реакция системы для равновесного процесса имеет следующей вид:

$$\begin{aligned} u t &= u \cdot e^{i\omega t} \\ u t &= i\omega u \cdot e^{i\omega t} . \\ u t &= -\omega^2 u \cdot e^{i\omega t} \end{aligned} \quad (3)$$

После подстановки (2) и (3) в (1) уравнение движения системы становится независимым от времени и принимает форму системы комплексных алгебраических уравнений

$$K \cdot u = P_0 . \quad (4)$$

Здесь  $u$  – вектор амплитуды колебаний;  $P_0$  – вектор амплитуды внешней нагрузки.

После решения уравнения (4) методом исключения Гаусса определяется комплексный вектор постоянных амплитуд системы.

$$u = u_1, u_2, u_3, \dots, u_N , \quad (5)$$

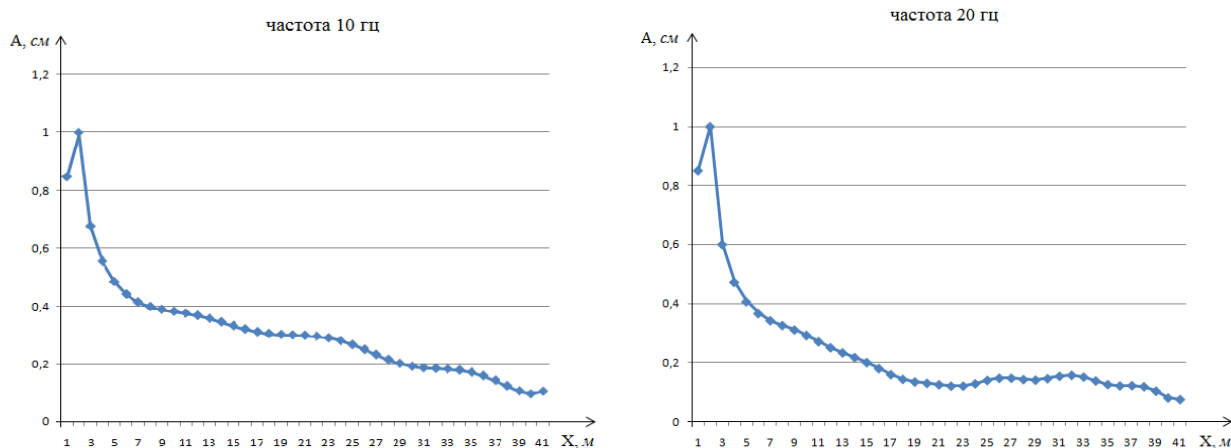
где  $N$  – число степеней свободы дискретизированной области. Действительный вектор колебания определяется по формуле

$$u(t) = Re u \cos \omega t + Im u \sin \omega t. \quad (6)$$

На рис.3 показана огибающая амплитуда колебаний свободной границы прямоугольной области.

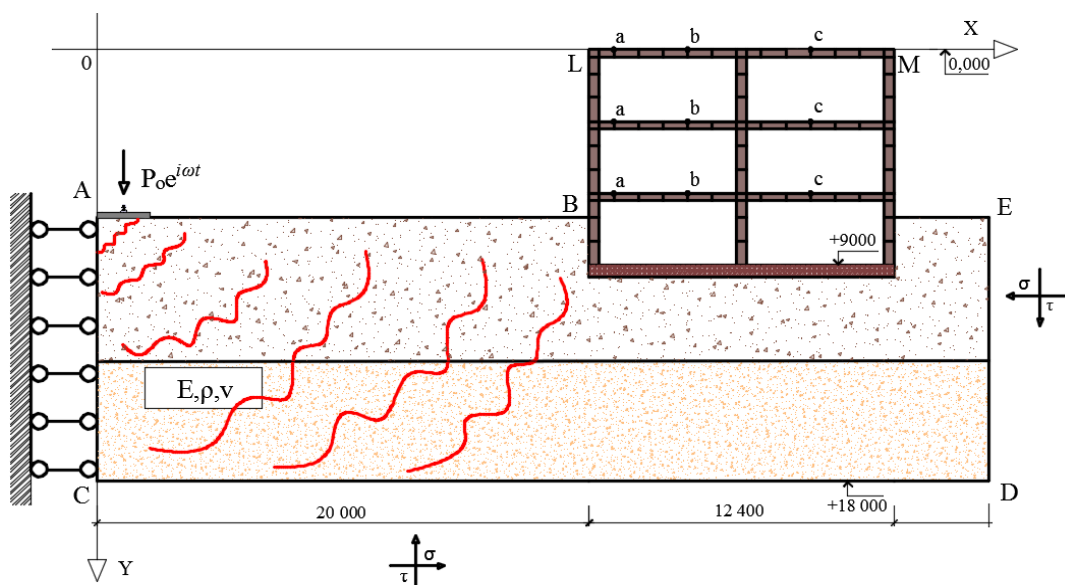
Огибающая амплитуда колебаний поверхности грунта по мере удаления от оси полотна становится затухающей и имеет немонотонный характер.





**Рис. 3. Модуль амплитуд перемещения узлов грунта по оси “Y” при частоте подвижной нагрузки 10 и 20 гц**

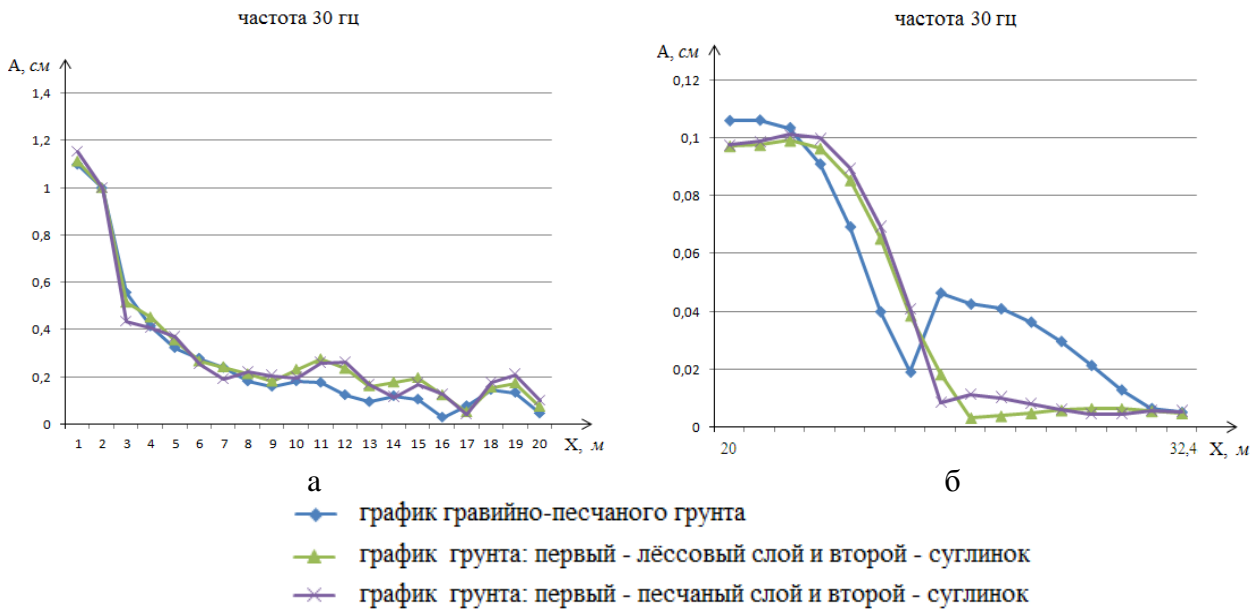
На определенном удалении от железнодорожного полотна было спроектировано двухэтажное здание и численным способом сформирована его модель. При разработке задачи выявлены перемещения узлов в строительных конструкциях под воздействием вибрационных волн. Конечная динамическая модель решения задачи приведена на рис. 4.



**Рис. 4. Расчетная схема решения задачи**

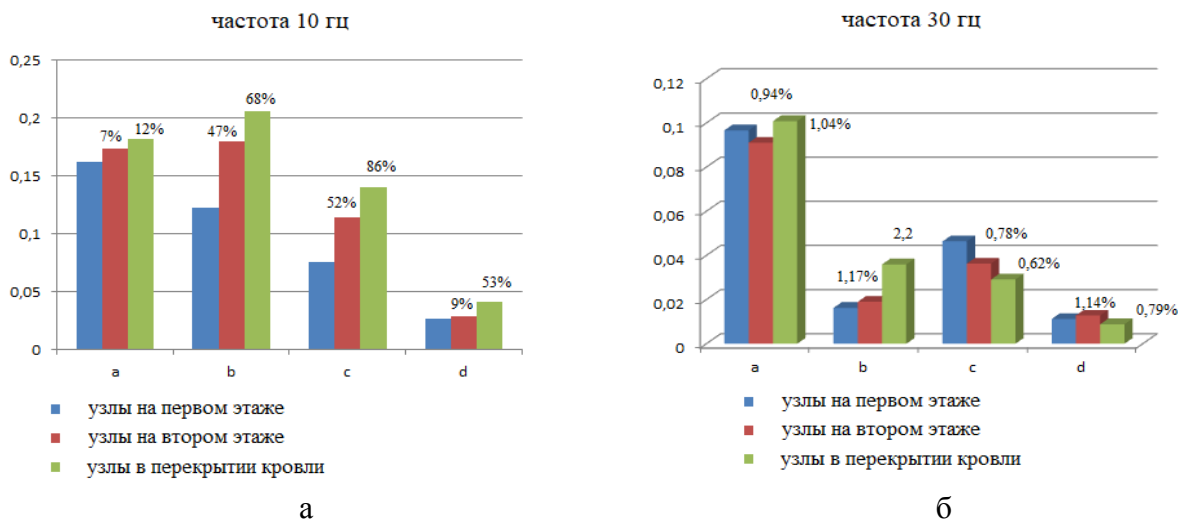
Из таких наук, как геология и механика грунтов нам известно, что грунт состоит из нескольких слоев в зависимости от глубины. В связи с тем, что моделируемая в исследовании глубина пространства составляет около 20 м, было замечено, что слой грунта на таких глубинах в большинстве случаев бывает одно-и двухслойным, на основании чего в диссертации был проведен анализ распределения вибраций в однослойном и двухслойном грунтах. В ходе исследовательской работы был проведен анализ наиболее распространенных в Узбекистане видов грунтов.

На показанных далее формах приведены перемещения поверхности грунта вблизи здания и на этажах здания при единичной частоте нагрузки 30 гц, когда грунт вокруг железной дороги двухслойный и однослойный.



**Рис. 5. Модуль амплитуд перемещения узлов по оси “У”:**  
**а – на поверхности грунта; б – в конструкциях здания**

Как видно из рис. 5, когда слой грунта взят как двухслойный, вибрационные волны существенно не изменились. Процесс был проанализирован для таких грунтов, как суглинок, песок, лёсс, глина и супесь. Анализ результатов показал, что когда грунт двухслойный, вибрация затухает быстрее, чем при однослойном грунте.



**Рис. 6. Изменение перемещений на этажах здания: а – 10 гц; б – 30 гц**

Обнаружено (рис. 6), что при частоте 20 гц смещение в узле *a* на втором этаже увеличилось на 10% по сравнению с узлом в том же месте на первом этаже, а на третьем этаже было обнаружено увеличение на 27%. Наблюдается, что в узле *b* смещение на втором этаже уменьшилось в 2,3 раза, а на мансардном этаже – на 4%. В узле *c* смещение на втором этаже уменьшилось на 34%, а на мансардном – на 82%. В узле *d* на втором этаже смещение уменьшилось на 58% по сравнению с первым этажом и на мансардном этаже наблюдается уменьшение на 20%.



	9	0,38171	0,23294	0,12698
	10	0,41494	0,27121	0,1039
	11	0,40347	0,28546	0,0866
	12	0,34849	0,27154	0,07336
	13	0,27472	0,23036	0,06292
	14	0,22714	0,16767	0,05438
	15	0,23094	0,10264	0,04715
	16	0,24669	0,05794	0,04082
	17	0,22922	0,03094	0,03514
	18	0,16453	0,03275	0,03002
	19	0,07084	0,04609	0,02543
	20	0,0898	0,06039	0,02153
1 –й этаж, частота 20 гц	a	0,17126	0,07057	0,01959
	b	0,02154	0,03692	0,01184
	c	0,11169	0,05521	0,00583
	d	0,03397	0,02465	0,00291
	k	0,01044	0,00153	0,00152
2 й этаж, частота 20 гц	a	0,18061	0,06715	0,01735
	b	0,04138	0,0358	0,00979
	c	0,07741	0,05465	0,00618
	d	0,01693	0,02036	0,00373
	k	0,00792	0,00259	0,00161
На кровельном покрытии частотой 20 гц	a	0,19068	0,06639	0,01689
	b	0,08796	0,03715	0,01025
	c	0,02568	0,05449	0,00576
	d	0,00244	0,0245	0,0024
	k	0,00773	0,00224	0,00159

В третьей главе диссертации, озаглавленной как “Исследование и экспериментальные исследования эффективности уменьшения воздействия волн, создаваемых движением железнодорожных поездов, на здания с помощью барьеров”, анализируется эффективность траншеи вырытой между железной дорогой и зданием. В первоначальной модели траншея, ширина которой достигает 1 м, а глубина – 6 м, закреплена с двух сторон бетонным барьером (рис. 8).

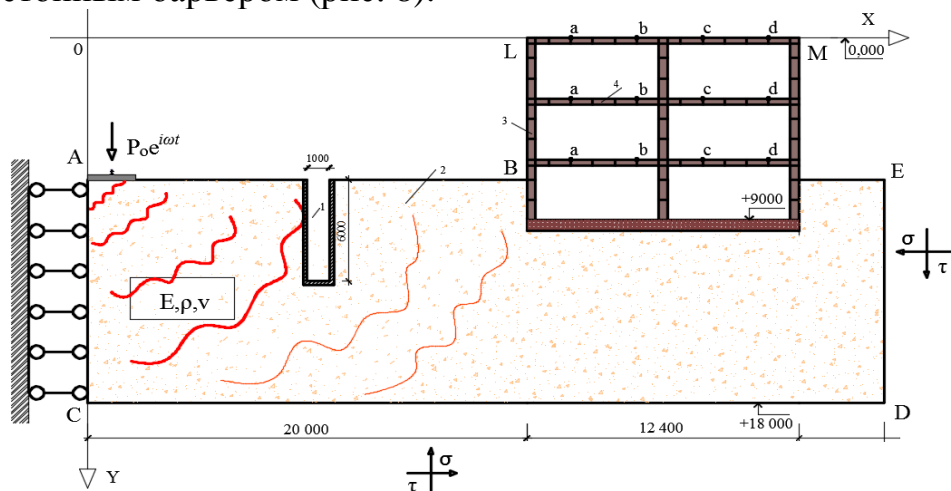
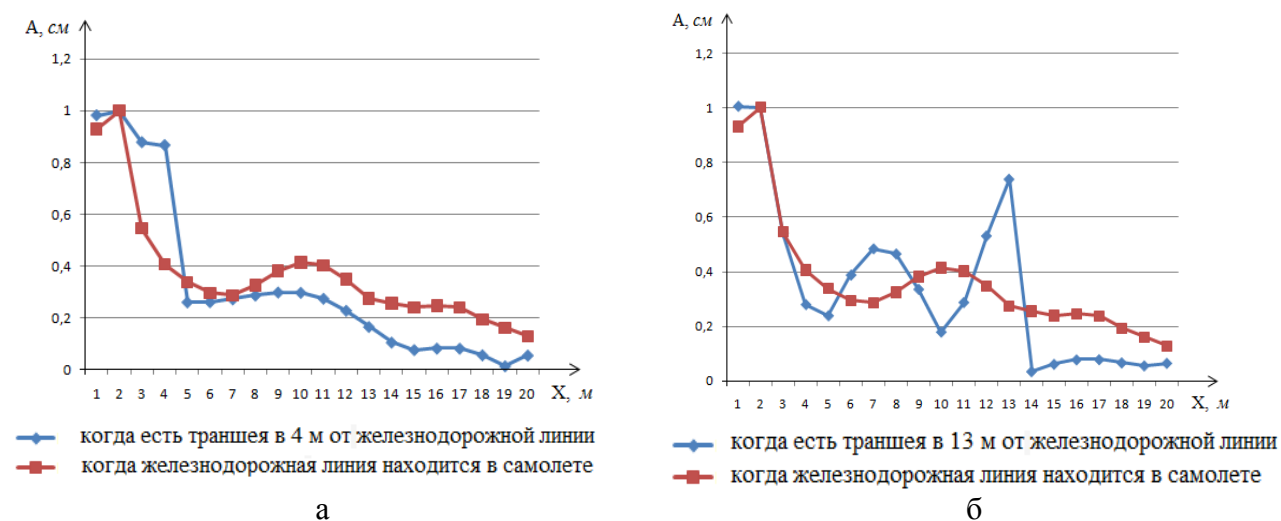


Рис. 8. Расчетная схема решения задачи

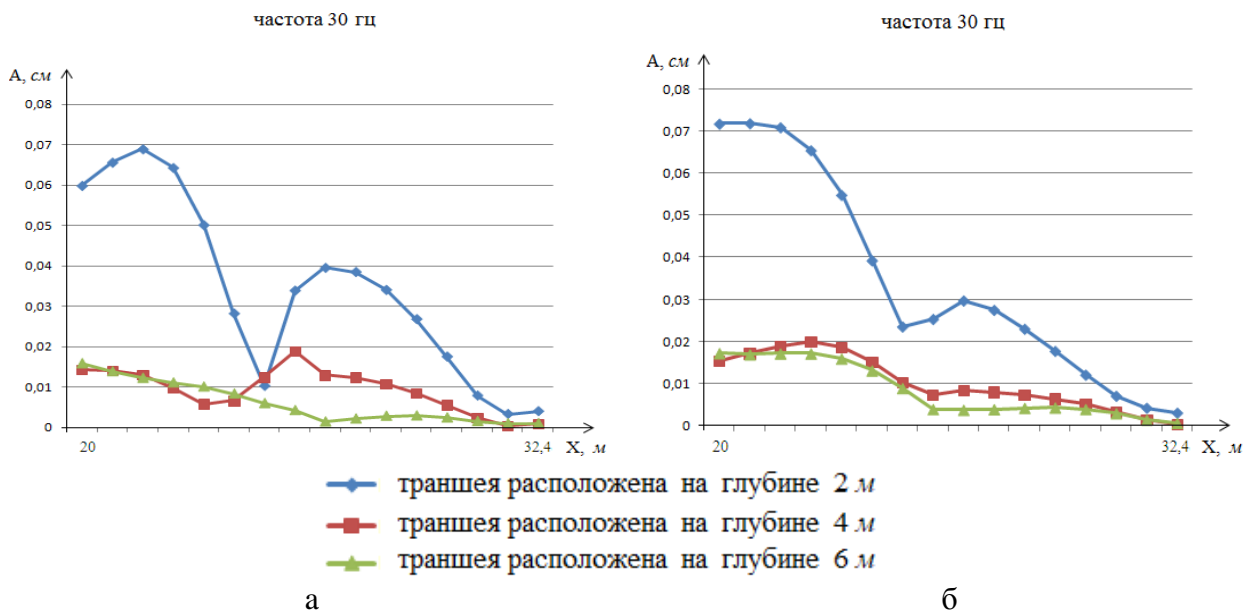
Данная исследовательская работа заключается в определении эффективности путем создания барьера на определенном расстоянии от здания, чтобы вибрация в зданиях, расположенных вблизи железнодорожного полотна, не превышала допустимые нормы.



**Рис. 9. Модуль амплитуд перемещения грунтовых узлов при открытой траншее в 4 м и 13 м и без траншеи в грунте перед зданием**

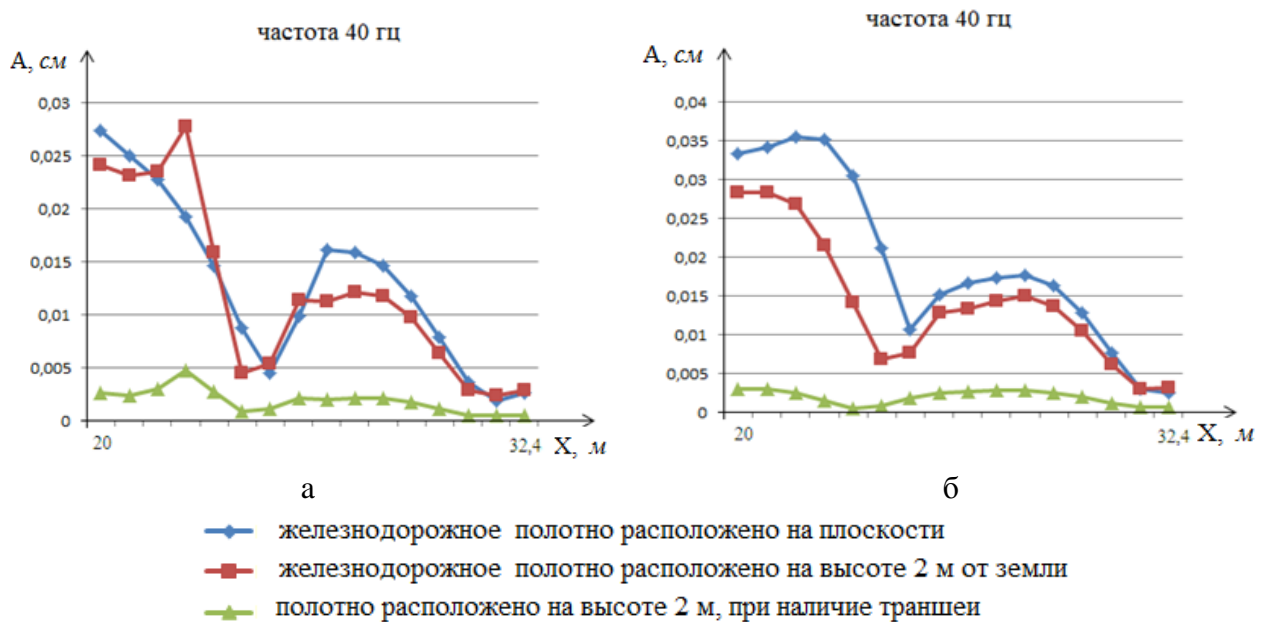
Результаты анализа исследовательских работ в этой же области свидетельствуют о том, что использование в качестве барьера железобетонных конструкций и конструкций из других материалов не способно эффективно гасить вибрации. В исследовании также были произведены расчеты для материалов из местного сырья (строительные отходы, песок, пенопласт) в качестве барьера, но значительного снижения уровня вибрации не отмечено. Открытые траншеи, которые в диссертационном исследовании использовались для гашения вибраций, дали положительные результаты. В исследовании также анализировалось расположение барьера. По результатам исследования было установлено, что при частоте движущейся нагрузки  $\omega=10 \div 20$  гц траншея, проектируемая на расстоянии 4 м, эффективнее по сравнению с траншеями, удаленными на 7 м, 10 м и 13 м. т.е. (рис. 9) смещения были незначительными.

На следующем этапе диссертантом рассмотрен анализ глубины проектируемой траншеи. Так как эффективным вариантом траншеи является расстояние 10 м от рельса, то на этом расстоянии проведен анализ глубины. Было сформировано несколько моделей и путем их сравнения были определены оптимальные варианты. Выполнены расчеты по проектированию траншеи глубиной от 2 до 6 м. В задаче диссертантом предусмотрено создание в цифровой программе модели, выбор глубин в 2 м, 4 м и 6 м и анализ результатов расчетов. Вначале диссертантом были рассмотрены изменения узлов поверхности грунта перед зданием при частоте 30 гц после установки траншей.



**Рис. 10. Модуль амплитуд перемещения узлов на этажах здания по оси “У”.**

С увеличением глубины траншеи уровень вибрационных волн снижался (рис. 10). Далее в процессе исследования диссертант железнодорожное полотно было установили на высоте 2 м при наличии траншеи на расстоянии 10 м, что дало положительные результаты.



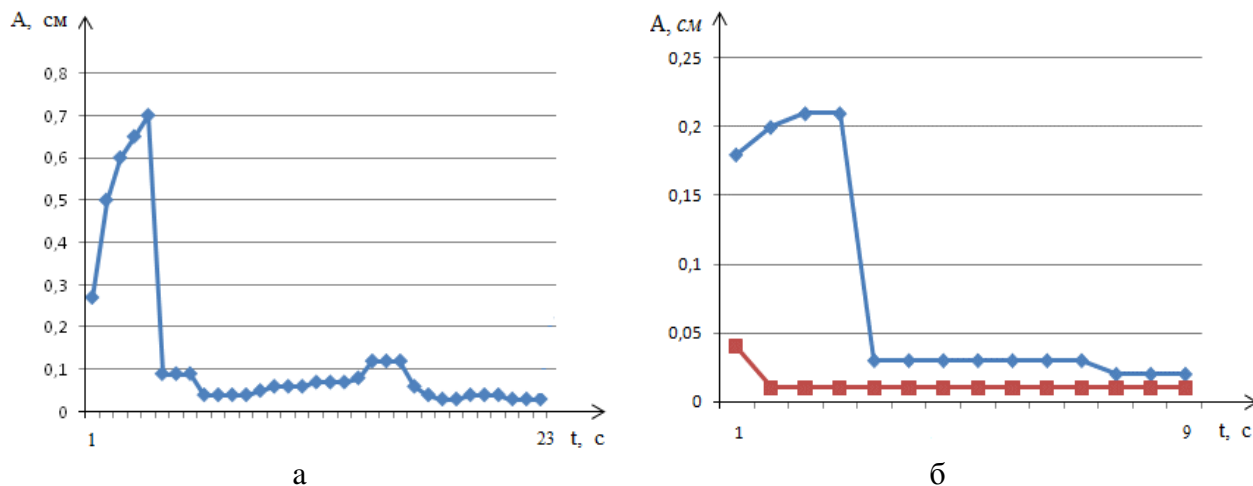
**Рис. 11. Модуль амплитуд перемещения узлов на этажах здания по оси “У”.**

На рис .11 приведены изменение амплитуды перемещения по длине здания для 3 разных случаев, как видно из рис. 11, размер перемещения узлов на этажах здания после установки траншеи снизился в несколько раз. Расположение железнодорожного полотна и установка виброизоляции имеют большую эффективность для снижения вибрационных волн.

Далее в данном разделе выполнены экспериментальные исследования с помощью измерительного прибора Виброметр UNI-T UT315A,



измерительные работы были проведены вблизи железнодорожных сооружений в Наманганской области Кокандского регионального железнодорожного узла. При измерении выявлены перемещения грунта и зданий во время движения пассажирских и грузовых поездов. На графиках рис. 12 приведены значения смещения в грунте колебаний, создаваемых движением пассажирского поезда.



**Рис. 12. Изменение перемещений по времени: а) на расстоянии 8 м от железной дороги; б) на расстоянии 26 м и при глубины 3 м от железной дороги в случае наличия и отсутствия траншей**

В ходе диссертационного исследования изучались также характер скоростей и ускорений волн, влияние вызванных ими вибраций на расстоянии 20 м и их отрицательное воздействие на людей. По результатам проведенных исследований диссертант делает следующий вывод: чем больше длина и скорость поездов, тем выше показатель негативного воздействия вибрации на людей, что, безусловно, отражается на здоровье человека.

Согласно результатам расчетов, здания, возведенные вокруг железнодорожных сооружений, вследствие постоянного воздействия вибраций раньше отведенного им срока по государственным стандартам нуждаются в капитальном ремонте. Указанный, например, в нормативных документах срок до такого ремонта сократился до 7 лет. Если рассматривать 5-этажный жилой дом, то ориентировочная стоимость объема строительства  $17\,640\text{ м}^3$  составит 4,2 млрд сумов, а стоимость ремонта  $1\text{ м}^3$  – 238 095 238 сумов. При создании траншеи между железнодорожной линией и зданием срок до ремонта на основе расчетов может быть увеличен до 12 лет. За счет продления срока до безупречного ремонта только одного этого здания экономит 600 млн. сум

## Заключение

1. Выполнена математическая постановка задачи, точнее дифференциальная и вариационная постановка. Доказав их эквивалентность, диссертантом, что метод конечных элементов, который является одним из вариационных, может быть использован для решения проблемы.

2. Большая часть исследований по определению смещения грунта вокруг железной дороги проводилась экспериментально, стала очевидна необходимость оценки их путем теоретических исследований.

3 С целью подтверждения достоверности численных результатов программы ЭВМ и алгоритма, разработанного для решения проблемы, решив с помощью составленных программ задачу с известным заранее аналитическим решением и результатами эксперимента, сравнивались результаты и достигалось совпадение численных результатов.

4. Расположение железнодорожного полотна выше уровня земли существенно влияет на амплитуду колебаний, возникающих при движении поездов. Установлено, что с увеличением высоты железнодорожного пути снижается уровень вибрации.

5. Разработаны алгоритм и программа, дающие возможность рассчитать снижение уровня вибраций, возникающих в грунте в результате движения поездов, с помощью траншей и размещение этих траншей на разном удалении от железнодорожного полотна с учетом расположения здания на поверхности земли.

6. Большое значение имеет расстояние между железнодорожным полотном и траншеями, установленными для снижения вибраций.

7. При проектировании строительства различных сооружений вблизи железной дороги необходимо провести дополнительные расчеты по установке сейсмо и виброзащитных устройств с учетом местных особенностей грунта и географического положения.

8. Рассчитано, что траншеи могут до 70% снижать уровень вибрации в зависимости от удаленности их от железнодорожного полотна.

9. Установлено, что эффективность траншеи зависит от ее глубины. Например, траншея глубиной 6 м оказалась в три раза эффективнее 4-метровой, и в шесть раз – 2-метровой.

10. Показано, что высота железнодорожного полотна относительно поверхности грунта оказывает существенное влияние на уровень распространяющихся в грунте вибраций, образованных движением поездов.

11. Уровень вибраций, распространяющихся от полотна на высоте 2 м над уровнем земли, в среднем в 2 раза меньше, чем от полотна на ровной поверхности, а при расположении на высоте 3 м снижается в среднем в 4 – 8 раз.

12. Экспериментами, проведенными в естественных условиях, показано, что уровень вибрационных волн, создаваемых движением поезда, зависит от скорости поезда. Увеличение скорости поезда вызывает повышение уровня вибрации.



**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC  
DEGREES DSc.18/30.12.2019.T.09.01 AT THE TASHKENT STATE  
TRANSPORT UNIVERSITY  
NAMANGAN ENGINEERING CONSTRUCTION INSTITUTE**

**BOYTEMIROV MUKHAMADBOBIR BOYDJURA UGLI**

**VIBROSEISMIC PROTECTION OF BUILDINGS AND  
STRUCTURES FROM VIBRATIONS CAUSED BY RAILWAY  
TRAFFIC**

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

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

**Tashkent – 2021**

The subject 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 № B2018.2.PhD/T828.

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.tayi.uz](http://www.tayi.uz) and on the Information and educational portal "ZiyoNet" [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net).

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

**Official opponents:** Khasanov Askar Zabiyeovich  
doctor of technical sciences, professor

Nishonov Nematilla Assatillayevich  
doctor of philosophy

**Leading organization:** Fergana polytechnic institute

The defense of the dissertation will take place on "15" 11 2021 at 10<sup>00</sup> o'clock at the Scientific Council meeting dsc.18/30.12.2019.τ.09.01 at Tashkent State Transport University (Address: 10067, Tashkent, Odilkhodjayev street 1. Phone/fax: (99871) 293-57-51, e-mail: [tashit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashit_rektorat@mail.ru)).

The dissertation could be reviewed at the Information-resource Center of Tashkent State Transport University (registration number 020). Address: 10067, Tashkent, Odilkhodjayev street 1. Phone/fax: (99871) 293-57-51.

Abstract of the dissertation sent out on 7 " 11 2021 year  
(Mailing Protocol № 4 on "4" 10 2021 year).



**A.A.Riskulov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**R.M.Khudayqulov**  
Scientific secretary of scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, docent

**I.S.Sadikov**  
Chairman of the academic 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 to protect buildings and structures from harmful vibrations caused by railway traffic.

**The tasks of research:**

development of a numerical calculation method that takes into account the distribution of vibrations caused by railway traffic on the ground and structures, taking into account the mechanical properties;

to study the dynamic processes in the ground caused by railway traffic, taking into account the elevation of the railway line relative to the ground;

to determine displacements in building structures located near the railway;

to determine the geometric dimensions of the damper installed on the ground to reduce the level of vibration and develop methods for their functional assessment;

to carry out full-scale experiments to determine changes in the amplitude of oscillations with distance from the railway line.

**The objects of research** are railways, buildings and structures, soil and vibration processes generated in them.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

it has been determined that the amplitude of vibrations generated on the ground caused by railway traffic depends on the mechanical properties of the environment, soil layers, the location of the railway line;

a numerical calculation method has been developed for analyzing the process of propagation of elastic waves arising in ground during the movement of trains when the railway line is high above the ground;

a numerical method has been developed for calculating the propagation of vibrations at each point of a building and structure located in close proximity to a railway line, leading the problem to the problem of the theory of elasticity;

the material and geometric dimensions of the barriers erected between the railway and buildings and structures to reduce the level of ground vibrations have been changed, their optimal sections and installation distances have been determined;

by carrying out experimental studies in the field, using a UNI-T UT315A vibrometer, the decrease in the vibration amplitudes in the soil, with distance from the railway, as well as the effect of a trench dug parallel to the railway, on the vibration of the soil surface behind the trench, have been determined.

**The practical results of the study** are as follows:

the construction of the railway, raising relative to the surface of the earth by three meters, gives a decrease in the amplitude of ground vibrations arising from the movement of trains up to 4 - 8 times.

placing a wave reflecting screen in the form of a trench between the railway and the building, located close to the railway line, reduces the amplitude of vibrations in the building by 70 percent.

a computer program has been developed to determine the level of vibrations in the ground generated by the movement of railway trains and in the floors of the building located near the railway;

computer software has been developed for determining the level of vibration generated in the structures of buildings from the movement of railway and road transport;

computer software has been developed for determining the level of vibration generated in the structures of low-rise brick buildings with the use of elements of active seismic protection.

**Scientific and practical significance of research results.** The scientific significance of the results of the study is explained by the fact that the study of dynamic processes in the ground around the railway, buildings and structures, the effectiveness of the use of barriers in reducing vibration is based on theoretical and experimental research.

The practical significance of the results of the study is explained by the fact that the developed numerical calculation methods and programs can be used in the dynamic calculation of structures, taking into account various physical and geometric parameters.

#### **Approbation of research results**

The results of this research were discussed at 3 international and 3 national scientific conferences.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusion, list of references and appendices. The volume of the dissertation contains 120 pages.

## ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

#### LIST OF PUBLISHED WORKS

##### I бўлим; I часть; I part.

1. Юлдашев Ш.С., Бойтемиров М.Б., Карабаева М.У. Исследование коэффициентов условий излучений на границах зависимости от частоты распространяемой упругой волны при решении динамической теории упругости методом конечных элементов // «Механика муаммолари» Ўзбекистон журнали. – Тошкент, 2018. – №2. – Б. 68–71.( 05.00.00; № 6).
2. Юлдашев Ш.С., Бойтемиров М.Б. Темир йўл поездлари ва автомобиллар ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлкинларнинг биноларга таъсирини тўсиқлар ёрдамида камайтириш самарадорлигини тадқиқ қилиш // НамМТИ илмий – техника журнали. – Наманган, 2019. – №4. – Б. 169–173.(05.00.00; № 33).
3. Рашидов Т.Р., Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У., Бойтемиров М.Б. Состояние вопроса защиты населения, промышленных и гражданских зданий от транспортных вибраций // «Механика муаммолари» Ўзбекистон журнали. – Тошкент, 2019. – №1. – Б. 8–11.(05.00.00; № 6).
4. Юлдашев Ш.С., Бойтемиров М.Б. Темир йўл поездларидан ҳосил бўлган вибрацияни камайтиришнинг бир усули ҳақида // ФарПИ илмий – техника журнали. – Фарғона, 2020. – Т. 24.– Спец. вып. №2. – Б. 166–170.(05.00.00; № 20).
5. Yuldashev Sh.S., Boytemirov M.B. To Decrease the Negative Effect of Railway Trains Waves to Buildings // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. –Vol. 7. Issue 8. August 2020. (05.00.00; № 8).

##### II бўлим; II часть; II part.

6. Юлдашев Ш.С., Набиев М.Я., Бойтемиров М.Б. Нестационарная динамическая задача теории упругости о распространении вибраций, возникающих при движении железнодорожных поездов // Современные проблемы механики грунтов и сложных реологических систем. Материалы международной научно - технической конференции. – Самарканд, 2013. – С.274–277.
7. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У., Бойтемиров М.Б. Ҳалқа кесимли метрополитен тоннелларидан тарқаладиган вибрация даражасини аниқлаш учун дастур // Интеллектуал мулк агентлиги. – Тошкент, 31.10.2018. – № DGU 05747.
8. Юлдашев Ш.С., Бойтемиров М.Б., Акбаров А.И. Влияние высоты расположения железнодорожного полотна на уровень колебания грунта, возникающего при движении поездов // Международный научный журнал. – Казань, 2018. – №10. – С. 55–57.

9. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У., Бойтемиров М.Б. Изменение горизонтальных перемещений грунта по глубине при движении поездов метрополитена // Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган, 2018. – Б. 56–59.
10. Юлдашев Ш.С., Карабаева М.У., Бойтемиров М.Б. Темир йўл поездлари ва юк автомобиллари ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг ғиштли ва панели биноларда тарқалиши // Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган, 2019. – Б. 85–87.
11. Юлдашев Ш.С., Жўраев Б.Ғ., Бойтемиров М.Б. Актив сейсмик химоя элементлари қўлланилган кам қаватли ғиштли бинонинг конструкцияларида ҳосил бўладиган тебранишлар даражасини аниқлаш // Интеллектуал мулк агентлиги. – Тошкент, 17.10.2019. – № DGU 07040.
12. Юлдашев Ш.С., Бойтемиров М.Б. Темир йўл ва автомобил транспортлари ҳаракатидан, бинолар конструкцияларида ҳосил бўладиган вибрация даражасини аниқлаш // Интеллектуал мулк агентлиги. – Тошкент, 04.09.2020. – № DGU 08929.
13. Юлдашев Ш.С., Бойтемиров М.Б. Влияние уровня расположения железнодорожного полотна на уровень распространения волн от движения поездов // International Scientific Journal. Theoretical & Applied Science. – Philadelphia, USA 2020. – P. 140–143.
14. Boytemirov M.B., Isaboyev Sh.M. To analyze which location the barrier applied to reduce the vibration waves generated from railway trains will be more effective if they are designed // EPRA International Journal of Research and Development (IJRD). – Vol. 5. Issue 10. Octabr 2020.
15. Юлдашев Ш.С., Тиллабоев Ё.К., Бойтемиров М.Б. Темир йўл полотноси жойлашиш баландлиги ўзгаришининг поездлар ҳаракатидан ҳосил бўлган тўлқинларнинг тарқалишига таъсири // НамМҚИ Механика ва технология илмий журнали. – Наманган, 2020. – №1. – Б. 19–24.
6. Mirsaidov M., Boytemirov M., Yuldashev F. Estimation of the vibration waves level at different distances // XXIV International Scientific Conference on Advanced In Civil Engineering. CONSTRUCTION THE FORMATION OF LIVING ENVIRONMENT (FORM-2021) – held on April 22-24, 2021 in Moscow, Russia. No:21-151. <https://www.springer.com/gp/book/9783030799823>
17. Boytemirov M.B., Xoldarov S. Dependence of the level of vibrations generated on the ground by the movement of railway trains on the position of the road surface // 3<sup>rd</sup> Global Congress on Contemporary Science and Advancements // www.econferenceglobe.com. // Hosted From New York USA- 2021 – Pp. 67–71.
18. Юлдашев Ш.С., Бойтемиров М.Б., Ваҳобов Б.Ж. Темир йўл поездлари ҳаракатидан грунтда ҳосил бўлган тебранишларни тадқиқ қилишининг реал шароитдаги тажриба усули // Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами – Наманган, 2021.– 215–216 б.

«ТДТУ Хабарномаси» илмий-техник журнали таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус тилларидаги матнларининг мослиги  
текширилди

Бичими 60x841/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № \_\_\_\_.

«IMPRESS MEDIA» МЧЖ босмахонасида чоп этилди.  
Манзил: Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй.

