

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PHD.03/04.10.2023.T.66.06 RAQAMLI ILMIY KENGASH

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

YULDASHEV FAXRIDDIN SHAROFIDDIN O‘G‘LI

TRANSPORT VOSITALARI HARAkatIDAN HOSIL BO‘LGAN
VIBRATSIYA TO‘LQINLARI DARAJASINI BAHOLASH VA ULARDAN
HIMOYA QILISH USULLARI

01.02.04 – Deformatsiyalanuvchan qattiq jism mexanikasi

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PHD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI

UDK: 539.3; 699.842

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
Technical Sciences**

Yuldashev Faxriddin Sharofiddin o'g'li

Transport vositalari harakatidan hosil bo'lgan vibratsiya to'liqlari darajasini baholash va ulardan himoya qilish usullari.....5

Юлдашев Фахриддин Шарофиддин угли

Оценка уровня вибрационных волн создаваемые транспортными средствами и способы защиты от них.....21

Yuldashev Fakhriddin Sharofiddin ugli

Assessment of the level of vibration waves generated by the movement of transport vehicles and methods of protection against them41

E'lon qilingan ilmiy ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works45

**NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PHD.03/04.10.2023.T.66.06 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

YULDASHEV FAXRIDDIN SHAROFIDDIN O'G'LI

**TRANSPORT VOSITALARI HAKKATIDAN HOSIL BO'LGAN
VIBRATSIYA TO'LQINLARI DARAJASINI BAHOLASH VA ULARDAN
HIMOYA QILISH USULLARI**

01.02.04 – Deformatsiyalanuvchan qattiq jism mexanikasi

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Namangan–2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4808 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Namangan Davlat Texnika Universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb sahifasida (www.namdtu.uz) va "ZiyoNet" Axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Mirsaidov Mirziyod

O'zR FA akademigi, texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Safarov Ismoil Ibrohimovich

fizika-matematika fanlari doktori, professor

Karimov Abdusamat Ismonovich

texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot:

O'zR FA M.T.O'rozboev nomidagi Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti

Dissertatsiya himoyasi "Namangan Davlat Texnika Universiteti" huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/04.10.2023.T.66.06 raqamli ilmiy kengashning **2025 yil «28» avgust soat 14⁰⁰ dagi** majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 160115, Namangan shahri, Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel.(0569) 228-76-71, faks: (0569) 228-76-75, e-mail: info@namdtu.uz, Namangan Davlat Texnika Universiteti № 6 – binosi, 1-qavat, kichik majlislar zali).

Dissertatsiya bilan Namangan Davlat Texnika Universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (51-raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 160103, Namangan sh., I.Karimov ko'chasi, 12-uy. Tel.: (69) 234-14-85).

Dissertatsiya avtoreferati 2025- yil "14" avgust kuni tarqatildi.
(2025 yil "14" avgustdagi №2 raqamli reestr bayonnomasi)



P.J. Matkarimov

Ilmiy darajalar beruvchi

ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

A.Sh. Mirzaumidov

Ilmiy darajalar beruvchi

ilmiy kengash kotibi, t.f.d.(DSc), dotsent

A.A. Mamaxanov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash

huzuridagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., (DSc), professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Jahonda qurilish sanoatining barcha rivojlanish bosqichlarida inson hayoti uchun xavfsiz yashash muhitini yaratish ustuvor vazifa bo'lib kelgan. Texnika, transport va qurilish sohalarining jadal rivojlanishi inson salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan vibratsiya to'liqlarini yuzaga kelishiga sabab bo'ldi, va ulardan himoyalaniş muammosi eng muhim masalalardan hisoblanadi. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda vibratsiya xavfini kamaytirish masalasi samarador usullar va zamonaviy texnologiyalarni qo'llash orqali hal qilinmoqda. Shu jihatdan, transport vositalari harakatidan hosil bo'ladigan vibratsiyaning insonlarga salbiy ta'sirini chuqur tadqiq qilish va zamonaviy qurilish sanoatida vibratsiyaga bardoshli texnologiyalar va himoya vositalarini qo'llash jarayonlariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda transport vositalari harakatidan hosil bo'lgan vibratsiya ta'sirini kamaytirish, inson salomatligini muhofaza qilish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni yumshatishga qaratilgan zamonaviy qurilish materiallari, vibratsiyani yutuvchi qatlamlar va gruntida tebranishlar darajasini nazorat qilish texnologiya va usullarini yaratishga qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, transport vositalari harakati natijasida hosil bo'lgan vibratsiyaning grunt orqali tarqalish jarayonini o'rganish hamda bu tebranishlarni sanitariya me'yorlariga muvofiq darajalargacha pasaytirish, elastik to'liqlarning gruntga ko'rsatadigan dinamik ta'sirini baholash va nazorat qilish usullarini ishlab chiqish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda qurilish sohasini modernizatsiyalash, texnik va texnologik yangilash, ayniqsa avtomobil va temiryo'llarga yaqin joylashgan bino va inshootlarning zararli vibratsiya ta'siriga bardoshlilikini ta'minlashga qaratilgan keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Bu borada O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi "2022 – 2026 yillarda Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"¹gi PF-60-sonli Farmonida, jumladan "... aholi salomatligi va genofondiga ziyon yetkazadigan mavjud ekologik muammolarni bartaraf etish..." vazifalari belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirish, ya'ni zararli tebranishlarni sanitar me'yorlar darajasigacha kamaytirish uchun gruntida joylashtirilgan so'ndiruvchi konstruksiyalarning geometrik o'lchamlarini aniqlash va ularning samaradorligini baholash, tebranishlarni kamaytirishda transheyalarning chuqurligiga bog'liqligi, temir yo'l polotnosidan bino va inshootlargacha bo'lgan oraliqdagi tebranishlar darajasini pasaytirish uchun quriladigan konstruksiyani joylashtirishning eng maqbul masofasini aniqlash bo'yicha samarali yechimlarni ishlab chiqish, transport vositalari harakatidan hosil bo'ladigan vibratsiya to'liqlari darajasini baholash va ulardan himoya qilish usullarini yaratish dolzarb masalalardan hisoblanadi. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 30-iyuldagi PQ-4794-sonli "O'zbekiston Respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta'minlash

¹ [O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli "Yangi O'zbekistonning 2022–2026-yillarga mo'ljallangan rivojlanish strategiyasi to'g'risida" gi Farmon.](#)

tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori, 2022-yil 30-maydagi PF-144-sonli "O'zbekiston Respublikasining seysmik xavfsizligini ta'minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi farmoni, 2023-yil 16-maydagi PQ-158-sonli "O'zbekiston Respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta'minlash tizimini yanada takomillashtirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarori hamda 2024-yil 17-apreldagi PQ-161-sonli "Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarorlarida belgilangan ustuvor vazifalarni amalga oshirishda, shuningdek, "Geotexnika va gruntlar mexanikasi" sohasi bo'yicha mavjud me'yoriy-huquqiy hujjatlarda nazarda tutilgan vazifalarning bajarilishiga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada hissa qo'shadi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlantirishning IV. "Matematika, mexanika va informatika" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan. **Muammoning o'rganilganlik darajasi.**

Dunyo olimlari vibratsiyaning gruntlar orqali tarqalishi va ularning inshootlar hamda inson salomatligiga salbiy ta'sirini kamaytirish masalalarini chuqur o'rganmoqdalar. Jumladan, R. Woods, E. Selebi, M. Kim, O. Yoshima, S. Fransua, J. Leang, S. Axmad, T.M. Al-Xusayni, Yu. Yan, X. Xung, B. Chjen, L. Szyanven, G.D. Bukevalas, A.G. Papadimitriu kabi olimlar vibratsiya to'liqlarining tarqalishi, ularni modellash va samarali himoya usullarini ishlab chiqish ustida faoliyat olib bormoqdalar. Rossiya olimlari ham vibratsiya ta'sirlarini baholash borasida muhim natijalarga erishganlar. O.A. Shutov va A.B. Ponomarevlar transport vibratsiyalarining poydevorlarga ta'sirini hisoblash modellarini ishlab chiqqan. V.A. Ilichev, O.Ya. Shexter, M.A. Dashevskiy, M.N. Golubsova va Yu. Bulanovlar metropoliten poyezdlari harakati natijasidagi grunt tebranishlarini chuqur tahlil qilganlar. O'zbekiston Respublikasida turli yillarda inshootlarning zilzilabardoshlik darajasini baholash, vibratsion ta'sirlarni tahlil qilish va ularni kamaytirish sohalaridagi ilmiy izlanishlar T.R. Rashidov, M.M. Mirsaidov, T.Sh. Shirinulov, G.X. Xojmetov, A.A. Ishanxodjayev, B. Mardonov, Ya.N. Muborakov, Sh.S. Yuldashev, P.J. Matkarimov, A.Z. Xasanov, A.F. Kolos, Z.Ye. Mirsalixov kabi yetuk olimlar tomonidan olib borilgan. Ushbu tadqiqotlar doirasida seysmodinamikaning nazariy asoslari ishlab chiqilib, yerosti tonnellarida tebranish ta'sirlarini baholash, metropoliten poyezdi harakati natijasidagi grunt vibratsiyalarini tahlil qilish, gruntlarning fizik-mexanik xossalari va konstruktiv elementlar bilan o'zaro ta'siri, shuningdek, yuqori tezlikdagi poyezdlar harakatidan kelib chiqadigan vibratsiyalarni o'rganish bo'yicha muhim ilmiy natijalarga erishilgan. Shunga qaramasdan, hozirgi kunda turli gruntlarda va manbaga yaqin joylashgan binolarda vibratsiyalarning tarqalishi hamda grunda ushbu vibratsiyalarni so'ndirish masalalari yetarlicha o'rganilmagan. Xususan, gruntlarning fizik-mexanik xossalari, namlik darajasi, zichligi va reologik holati vibratsiya to'liqlarining intensivligi va tarqalish yo'nalishiga qanday ta'sir ko'rsatishi, shuningdek, ularni samarali so'ndirish uchun optimal konstruktiv yechimlar tanlash masalalari hozirgi kungacha to'liq yoritilmagan. Shu sababli,

ushbu yo‘nalishda chuqurlashtirilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar olib borish zaruriyati dolzarb bo‘lib qolmoqda.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga bog‘liqligi. Mazkur dissertatsiya ishi Namangan davlat texnika universiteti «Mexanika» kafedrasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq ravishda «Vibratsiyaning zararli ta’siridan turar joy va sanoat binolarini himoya qilish va yer usti hamda yer osti inshootlarining zilzilabardoshligini materiallarning fizik-mexanik xususiyatlarini hisobga olgan holda baholash» mavzusi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi transport vositalari harakatidan hosil bo‘ladigan vibratsiya to‘lqinlari darajasini gruntning reologik xususiyatlari va dinamik yukning turiga bog‘liq ravishda baholashdan hamda ulardan turli xil transheyalar yordamida himoya qilish usullarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

transport vositalaridan turli reologik xususiyatlarga ega bo‘lgan gruntli asoslarda tarqaladigan vibratsiya darajasini chekli o‘lchamga ega bo‘lgan gruntli asosning matematik modelini ishlab chiqish va asosdagi tebranish darajasini baholash;

transport vositalaridan tarqaladigan vibratsiyalar darajasini aniqlash bo‘yicha ishlab chiqilgan matematik modelni suv bilan to‘yingan gruntli asoslarda sodir bo‘ladigan tebranish jarayonini baholash uchun takomillashtirish;

ishlab chiqilgan modellar asosida vibratsiya to‘lqinlaridan gruntli asosda hosil bo‘ladigan tebranish darajasini gruntlarning turli xil modellari bo‘yicha baholash;

transport vositalari hosil qiladigan asoslardagi vibratsiya to‘lqinlarini kamaytirish uchun quriladigan konstruksiya turlarini tavsiya qilish va ularning samaradorligini baholash.

Tadqiqotning obyekti. Transport vositalari– ko‘p qatorli avtomagistral, temir yo‘llar, gruntli asos, vibrohimoya ekrani va himoyalananadigan inshootlar kiradi.

Tadqiqot predmeti transport vositalari harakati natijasida gruntlarda yuzaga keladigan dinamik jarayonlar va inshootlar geometriyasining o‘zgarishi natijasida ko‘chish amplitudalari, grunt yuzasidagi tebranishlar parametrlarini (ya’ni: ko‘chishini, tezligini, tezlanishlarini) tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida elastiklik, qovushoq elastiklik va plastiklik nazariyalarining tutash muhitda to‘lqin tarqalish jarayonini tahlil qilish usullari, variatsion prinsip hamda chekli elementlar usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

transport vositalaridan turli reologik xususiyatlarga ega bo‘lgan gruntli asoslarda tarqaladigan vibratsiya darajasini chekli fazoda baholash bo‘yicha uch o‘lchovli matematik model ilk bor ishlab chiqilib, uni suv bilan to‘yingan gruntli asoslarda sodir bo‘ladigan tebranish jarayonini baholash uchun takomillashtirilgan;

vibratsiya to‘lqinlarining gruntli asoslarda tarqalish qonuniyatlarini aniqlash uchun gruntning HS Small modeli asosida dinamik deformatsiyaga bog‘liq parametrlarini hisobga olib, elastik yarim fazoda to‘lqin tarqalishi haqidagi masala sonli usulda yechish asosida tarqalayotgan vibratsiyaning glinali gruntlarga nisbatan qattiq qumli gruntlar kuchli so‘ndirish xususiyatga ega ekanligi isbotlangan;

poyezd grunt asosda harakatlanganda temiryo'lga parallel qilib qazilgan transheya gruntdagi tebranish parametrlarini keskin kamaytiruvchi vosita ekanligini elastik yarim fazoda to'lqin tarqalishi haqidagi masalani sonli yechish asosida isbotlanib, transheyaning temiryo'l polotnosiga nisbatan joylashuvining eng samarali optimal masofasi va chuqurligi aniqlangan;

poyezd harakati natijasida temir yo'l yaqinida joylashgan bino qavatlarida hosil bo'ladigan tebranishlar darajasiga bino bilan temir yo'l orasida joylashtirilgan transheyaning ta'sirini aniqlash uchun ilk bor bir jinsli bo'lmagan elastik yarim fazoda to'lqin tarqalish masalasini to'siqni hisobga olgan holda yechib, bu transheyalar binoning barcha qavatlarida sodir bo'ladigan vibratsiya amplitudasini keskin darajada kamaytirishi isbotlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

turli reologik xususiyatlarga ega bo'lgan gruntli asoslarda transport vositalaridan tarqaladigan vibratsiya darajasini chekli o'lchamga ega bo'lgan va chegaralariga maxsus shartlar qo'yilgan gruntli asosning matematik modeli va algoritmi ishlab chiqilgan;

transport vositalaridan tarqaladigan vibratsiyalar darajasini baholash uchun ishlab chiqilgan matematik model, suv bilan to'yingan gruntli asoslardagi tebranish jarayonini baholash uchun takomillashtirilgan;

temir yo'ldan tarqaladigan to'lqinning binolarga ta'sirini kamaytirishda transheyalarni loyihalash uchun ishlab chiqilgan hisoblash usuli asosida yaratilgan EHM dasturlariga O'zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligining mualliflik guvohnomalari olingan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi ishlab chiqilgan modellarning adekvatligi, masalani differensial va variatsion qo'yilishlarining ekvivalentligi hamda PLAXIS 3D dasturiy majmuasi yordamida olingan natijalarning to'g'riligi test masalasini yechish orqali tasdiqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati turli fizik-mexanik xossalarga ega gruntli asoslarda transport vositalaridan tarqaladigan vibratsiya to'lqinlarining uch o'lchamli matematik modellar orqali baholanishi, bu modellarni suv bilan to'yingan holatlar uchun takomillashtirish, chekli elementlar usuli yordamida yechish, shuningdek, tebranish parametrlarining grunt zichligi, namlik darajasi, deformatsiyalanish xossalari va harakat yo'nalishiga nisbatan o'zgarishini aniqlash orqali tebranish jarayonlarining nazariy qonuniyatlari ilmiy asosda aniqlab berilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati transport vositalari harakati natijasida gruntli asoslar va binolarda yuzaga keladigan tebranishlarni samarali kamaytirish uchun transheya va himoya ekranlari kabi muhofaza vositalarining konstruktiv xususiyatlari, joylashtirish masofasi va chuqurligi asosida optimal loyihaviy tavsiyalar ishlab chiqilganligi, natijada real inshootlar tebranishdan himoya qilinishi va ularning vibratsiyaga ustuvorligini ta'minlash imkonini beruvchi texnologik yechimlar taklif qilinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Transport vositalarining harakati natijasida gruntida hosil bo'lgan vibratsiyani kamaytirish bo'yicha ishlab chiqilgan takliflar asosida:

Ishlab chiqilgan vibratsiyadan himoya qilish usullari transport inshootlari atrofidagi bino va inshootlarni loyihalashda «QISHLOQQURILISHLOYIHA» MCHJ, “Namangan shahar qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi”, “Perspective Project Group” MCHJ larda loyihalash jarayoniga joriy qilingan (Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024-yil 25-iyundagi 08-06/6439-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, transport vositalari harakati ta'sirida qurilayotgan bino va inshootlarda yuzaga keladigan vibratsiyalarning salbiy oqibatlarini kamaytirish hamda amaliy xavfsizlikni oshirish imkoniyatiga erishilgan.

“Temir-yo‘ldan tarqaladigan to‘lqinlarning binolarga ta'sirini kamaytirish transheyalarini loyihalash” va “Ikki izli temir-yo‘llardan bino va inshootlarga vibratsiya to‘lqinlarini ta'siri” bo'yicha tuzilgan EHM dasturlari “KELAJAK –S” xususiy korxonasida amaliyotga joriy qilingan (Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024-yil 25-iyundagi 08-06/6439-sonli ma'lumotnomasi). Natijada ilmiy tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan EHM uchun mo'ljallangan dasturdan loyihalash ishlarida foydalanish, transport inshootlari atrofidagi bino va inshootlarning zararli tebranishlardan himoyalash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya natijalari 3 ta xalqaro va 4 ta Respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarda muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 17 ta ilmiy ish nashr etilgan. Ularning 12 tasi ilmiy maqola bo'lib, shulardan 1 tasi xalqaro va 5 tasi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan falsafa doktorlik (PhD) dissertatsiyasining asosiy ilmiy natijalarini nashr etish uchun tavsiya etilgan Respublika jurnallarida chop etilgan. Shuningdek, 3 ta EHM uchun dastur Respublika intellektual mulk agentligi ro'yxatidan o'tkazilganligi haqida guvohnomalar olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, uchta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat bo'lib, dissertatsiyaning hajmi **104** betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

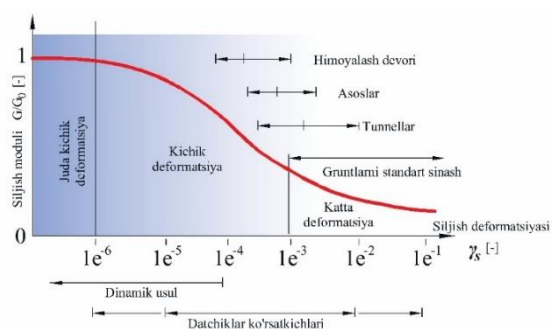
Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurligini asoslangan, maqsad va vazifalarni, tadqiqot obyekti va mavzusi tavsiflangan. Muammoning o'rganilganlik darajasi va tadqiqot usuli, tadqiqot natijalarining ilmiy yangiligi va ularning ishonchliligi, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati tavsiflangan, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha tadqiqot natijalarini joriy etish to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Vibratsiya to‘lqinlarining gruntli asosda tarqalishining nazariy asoslari**” deb nomlangan birinchi bobining birinchi paragrafda gruntlarda vibratsiya va seysmik to‘lqinlarning tarqalishi hamda ulardan himoya qilish usullariga bag‘ishlangan ishlar bo'yicha muammoning zamonaviy holati tahlil qilingan. Ikkinchi paragrafda turli manbalardan gruntli asoslarda tarqaluvchi

vibratsiya to‘lqinlarini baholash uchun variatsion prinsip asosida matematik modeli Ostrogradskiy-Gamiltonning klassik mexanika prinsipiga asoslanib ishlab chiqilgan va chekli elementlar usuliga asoslangan masalani yechishning asosi ishlab chiqilgan. Uchinchi paragrafda vibratsiya to‘lqinlarining gruntli asoslarda tarqalishining baholash masalasini yechish usuli va algoritmi keltirilgan. To‘rtinchi paragrafda esa ishlab chiqilgan algoritmlar va hisoblash dasturining ishonchliligini tekshirish uchun Nyumark usuli yordamida chiziqli integro-differensial tenglamalar yechilgan va natijalar ma’lum yechimlar bilan taqqoslash orqali baholangan.

Dissertatsiyaning **“Transportlar tarqatadigan vibratsiya to‘lqinlarini gruntli asosning reologik xususiyatlarining hisobga olib baholash”** deb nomlangan ikkinchi bobi to‘rtta paragrafdan iborat. Birinchi paragrafda to‘lqinlarning gruntli asoslarda tarqalish jarayonlarini to‘g‘ri tasvirlash uchun birinchi navbatda grunt modelini tanlashga e’tibor berish zarur. Statik hisoblashlar uchun qo‘llaniladigan grunt modeli har doim ham dinamik jarayonni baholash uchun mos kelmaydi. Dinamik jarayonlarda gruntning xarakteristik parametrlari molekulyar kuchlarning o‘zgarishi hisobiga o‘zgaradi. Bu ba’zan olingan sonli natijalarning ishonchsizligiga olib kelishi mumkin. Amaliy hisoblashlarda qo‘llaniladigan ba’zi grunt modellarini ko‘rib chiqilgan.

HS small modeli gruntning kichik deformatsiyalardagi tiklanuvchan plastik modifikatsiyasi hisoblanib, gruntning kichik deformatsiyalarda qattiqlikni kamayishini hisobga oladi. Kichik deformatsiyalarda ba’zi gruntlar mexanik deformatsiya vaqtida tiklanish qobiliyatining kamayishini namoyon etadi va gruntning deformatsiyaga bo‘lgan tiklanish diagrammasi mutlaqo chiziqli bo‘lmaydi. Gruntning bu xususiyati *HS small* modelining dinamik jarayonda qo‘shimcha material parametrlari G_0^r va $\gamma_{0.7}$ orqali hisobga olinadi. Parametr G_0^r kichik deformatsiyalardagi siljish modulini anglatadi, $\gamma_{0.7}$ esa boshlang‘ich siljish modulining qiymati 70% gacha kamayganda siljish deformatsiyasini ifodalaydi. Dinamik jarayonlarda qo‘llanilganda, *HS small* modeli materialdagi gisterezisli toliqishini hisobga olish imkonini beradi. Ikkinchi paragrafda Transport vositalari ta’sirida gruntli asoslarda hosil bo‘ladigan vibratsiya to‘lqinlarini baholashda gruntlarning turli fizik-mexanik xususiyatlarini e’tiborga olgan holda gruntli asoslarda transport vositalari hosil qilgan vibratsiya to‘lqinlarini baholashning asoslari ishlab chiqilgan. Masalani yechishda ChEUni asfalt-beton qoplangan,

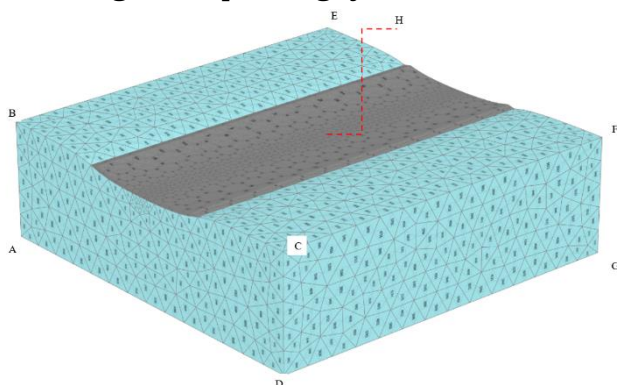


1-rasm. Gruntning ko‘chish modulining tiklanish qobiliyatini (G/G_0) ko‘chish deformatsiyasining logarifmiga bog‘liqlik grafigi

avtomobil harakatlanadigan yo‘l qurilgan yarim fazoga to‘g‘ridan to‘g‘ri qo‘llash mumkin emas. Masalani yechishda chekli fazoda joylashgan gruntli asosda bo‘ladigan dinamik jarayonni baholash uchun, fazodan to‘g‘ri parallelepiped shaklidagi chekli bo‘lak ajratib olamiz, ya’ni: vibratsiya to‘lqinlari manbadan 40-50 metr masofada so‘nib ketishini hisobga olgan holda, masalani yarim fazoning bizni qiziqtiruvchi cheklangan sohasida ko‘rib chiqamiz. Yarim fazodan

ajratib olinadi o'Ichami cheklangan parallelepipedning chegaralariga yarim fazoning tashlab yuborilgan qismi ta'sirini almashtirish uchun to'liq energiyasini qaytarmasdan o'tkazib yuboruvchi chegaraviy shartlar qo'yiladi. Aniq masalalarni yechishda asfalt-beton qoplamali grunt asosi modeli sifatida kengligi 100 m, uzunligi 100 m va chuqurligi 20 m o'Ichamlarga ega bo'lgan soha olingan. Grunt tarqaladigan vibratsiya to'liqlarini baholashda yer yuzasidan 20 metr chuqurlikkacha bo'lgan gruntning namlik darajasi ham hisobga olingan (1 - rasm).

Grunt materiallarida sodir bo'ladigan fizik jarayonlarni tasvirlash uchun gruntning chiziqli kengayishini ifodalovchi munosabatlardan foydalanamiz.



Grunt materiallarida sodir bo'ladigan fizik jarayonlarni tasvirlash uchun gruntning chiziqli kengayishini ifodalovchi munosabatlardan foydalanamiz.

Shu munosabatlarni e'tiborga olib, chekli elementlar tartibidan foydalanib, shakllantirilgan variatsion prinsiplarga asoslangan matematik model takomillashtirilib,

2-rasm. Uch o'Ichovli cheklangan sistemaning, chekli elementlarga bo'linishi grunt asosidagi transport vositalari hosil qiladigan vibratsiya to'liqlarini baholash uchun quyidagi ko'p sonli ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglamalar tizimi keltirib chiqariladi:

$$[M]\{\ddot{u}(t)\} + [C]\{\dot{u}(t)\} + [K]\{u(t)\} = \{F(t)\} \quad (4)$$

Bu yerda $[K], [M]$ – sistemaning (2-rasm) bikrlilik va massa matritsalarini, $\{u(t)\}, \{\dot{u}(t)\}, \{\ddot{u}(t)\}$ – tugun nuqtalaridagi ko'chish, tezlik va tezlanishlar vektorlari, $[C]$ – dempfer matritsasi, bu yerda grunt ichidagi ichki ishqalanishlar va (1), (2), (3) chegara shartlari hisobga olinadi, $\{F(t)\}$ – vibratsiya manbalari ta'sirida hosil bo'ladigan yuklanishlar vektori.

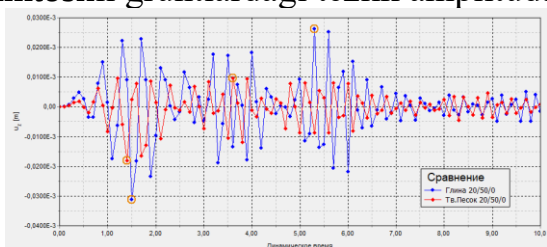
Yuqori tartibdagi (4) tenglamalar sistemasini yechish uchun Nyumarkning sonli integrallash usuli qo'llaniladi, avtomobillar harakatidan hosil bo'lgan gruntli asosda tarqaladigan vibratsiya to'liqlarining u – ko'chishlarini va v – tezliklarini topish talab qilinadi.

Ushbu masalani yechishda kesib olingan parallelepiped (2-rasm) hajmi 14356 ta tugun bilan 8701 ta noto'g'ri tetraedr shaklidagi chekli elementlarga bo'lingan va (6) tenglamalar tizimining tartibi 43068 ni tashkil qiladi.

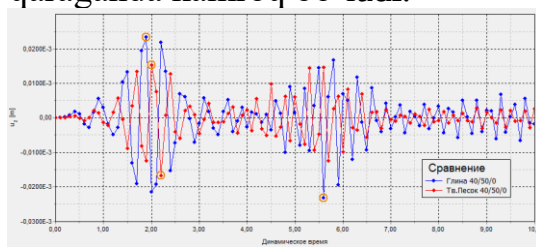
Transport vositasining gruntli asoslarda hosil qiladigan vibratsiya to'liqlarini baholash bo'yicha olingan natijalar uchun fazoning quyidagi koordinatalarida: y – transport tizimining harakatlanishi yo'nalishi; x – yo'nalishi bo'yicha gruntli asosning turli nuqtalarida tebranish amplitudalarini kuzatuv nuqtalari; z – yo'nalishi bo'yicha esa tebranish parametrlarining vertikal amplitudlari ko'rsatiladi.

Tebranish amplitudalarining kuzatuv nuqtalari (x) o'qi bo'yicha 10 m, 20 m, 30 m va 40 m masofalarda joylashgan bo'lib, shu nuqtalardagi tebranish parametrlarining qiymatlarini vaqt bo'yicha o'zgarishlari natija sifatida olingan.

3 va 4 –rasmlarda transport harakati davomida har xil gruntli (ya'ni glinali va qattiq qumtoshli gruntli) asosning (x) o'qi bo'yicha turli nuqtalarida vaqt bo'yicha vertikal ko'chish va tezlik amplitudalarini o'zgarishlari keltirilgan. Bu rasmlarda: 10/50/0» degani $x=10$ m, $y=50$ m va $z=0$ m dagi natijani bildiradi; havo rangli natija glinali grunt uchun, qizil rangligi esa qattiq qumtoshli grunt uchun olingan. Bu natijalarning tahlili ko'rsatadiki, transport harakati davomida asosda hosil bo'ladigan vertikal tebranishning ko'chish amplitudalarining so'nishi, glinali gruntlarda qattiq qumtoshli gruntlardagiga nisbatan ancha kichik bo'lishini kuzatishimiz mumkin; transport harakati davomida asosda hosil bo'ladigan vertikal tebranishlari tezlik amplitudalarining so'nishi ham, glinali gruntlarda qattiq qumtoshli gruntlardagi tezlik amplitudasiga qaraganda kamroq bo'ladi.

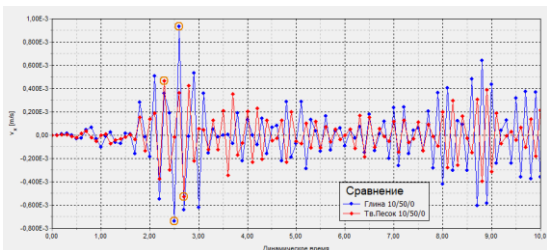


a) nuqta 20/50/0

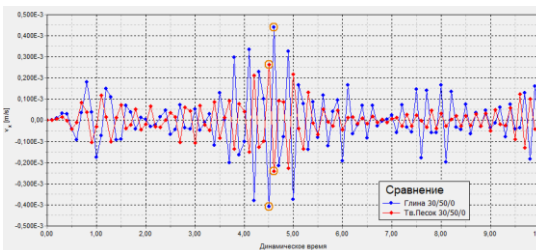


b) nuqta 40/50/0

3-rasm. Asos turli xil gruntlardan iborat bo'lganda transport vositasi hosil qilgan vertikal ko'chish amplitudalarining asosni turli nuqtalarida vaqt bo'yicha o'zgarishlari



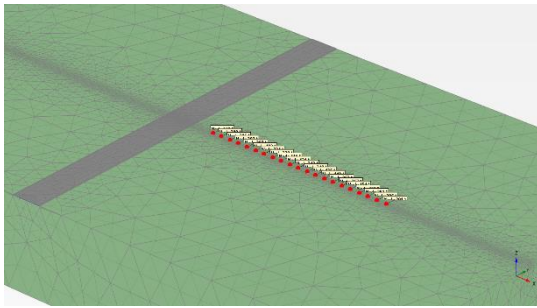
a) nuqta 10/50/0



b) nuqta 30/50/0

4-rasm. Asos turli xil gruntlarda iborat bo'lganda transport vositasi hosil qilgan vertikal tezlik amplitudalarining asosni turli nuqtalarida vaqt bo'yicha o'zgarishlari

Demak bu olingan natijalardan shunday xulosa qilishimiz mumkin: vibratsiya to'liqlari hosil qilgan gruntli asoslardagi tebranish parametrlarini qattiq qumtoshli gruntlar, glinali gruntlarga qaraganda yaxshi so'ndirishi aniqlandi. Bu esa o'z navbatida qattiq qumtoshli gruntlarda ichki ishqalanishning qiymatini yuqoriligi bilan tushuntiriladi. Bu bobning uchinchi paragrafida Transport vositalari ta'sirida gruntli asoslarda hosil bo'ladigan vibratsiya to'liqlarini grunt suvlarini hisobga olgan holda baholashda Yuk tashuvchi katta vaznli tezyurar poyezdlar ko'pincha gruntida katta vibratsiya hosil qilib, atrof-muhit va ish sharoitlariga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Bu masalani yechishda yuqorida takomillashtirilgan matematik model asosida chekli elementlar tartibi yordamida hosil qilingan ko'p sonli ikkinchi tartibli differensial tenglamalar sistemasi keltirib chiqariladi va bu tenglamalar Nyumark usuli yordamida yechiladi.



5 - rasm. Gruntli asos yuzasida transport harakati yoʻnalishi (y) ga perpendikulyar boʻlgan (x) oʻkidagi kuzatuv nuqtalarini joylashishi

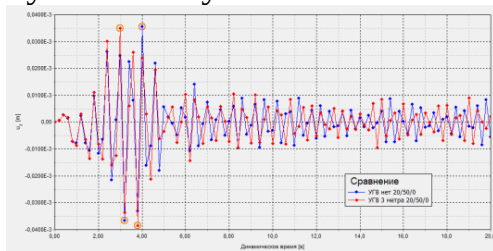
Koʻrib chiqilayotgan masalada yuk tashuvchi transport vositasi harakati natijasida yuzaga keladigan grunt asosdagi vibratsiya darajasini aniqlash zarur. Toʻlqinlarning elastik yarim fazoda tarqalishini koʻrib chiqish masalasi, yuk avtomobilining oʻlchamlari cheklangan boʻlganligi sababli, elastiklik nazariyasining hajmiy masalasi sifatida hal qilinadi. Aniq masalalarni yechishda sistema egallagan soha 31503 ta tugun bilan 19534 ta chekli elementlarga boʻlingan va differensial tenglamalar sistemasining tartibi 94509 ni

tashkil qilgan boʻlib, masalani yechishda grunt quruq va namlanganlik holatlari hisobga olingan, chekli elementlar sifatida notoʻgʻri tetraedrlar tanlangan. Olingan natijalar transport harakat qilgan yoʻnalishga perpendikulyar boʻlgan yoʻnalishning 10 m, 20 m, 30 m va h.k. masofada joylashgan kuzatuv nuqtalardagi (6-rasm, 7-rasm) koʻchish va tezlik amplitudalarini vaqt boʻyicha oʻzgarishlari olingan. Olingan natijalardan koʻrinadiki transport vositasi kuzatuv oʻqiga yaqinlashganda grunt nuqtalarining tebranish amplitudasi eng katta qiymatga ega boʻlib, harakatlanuvchi yuk oʻtib ketishi bilan bu amplituda kamayib, soʻnib boradi. Bu natijani namlangan va namlanmagan gruntlar uchun solishtirib, tahlil qiladigan boʻlsak, koʻrishimiz mumkinki, gruntning namlanishi tebranish amplitudasini biroz oshirib, tebranish chastotasini biroz kamayishiga olib keladi. Buni sababini quyidagicha tushuntirish mumkin, grunt namlanganda uning elastiklik moduli kamayadi, zichligi salgina oshadi. Buni shunday tushuntirish mumkinki, tebranish sodir boʻlayotgan manbadan uzoqlashganimiz sari, gruntli asosning soʻndirish xossasi, ichki ishqalanish toʻlqin amplitudasini sekin asta kamaytirib boradi. Bu olingan natijalardan xulosa qiladigan boʻlsak, aytishimiz mumkinki 3 m chuqurda joylashgan yer osti suvlari, bunday gruntlardagi yoʻlda harakatlanuvchi transport vositasi hosil qilgan tebranish toʻlqinlarining tarqalishiga anchagina taʼsir koʻrsatadi.

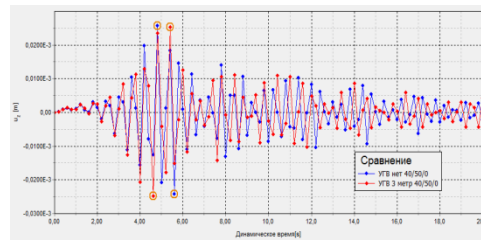
Masalan: vibratsiya manbasidan 10 metr masofadagi kuzatish nuqtasida grunt suvlari mavjud boʻlgan holda vibratsiyaning koʻchish amplitudasi ular mavjud boʻlmagan holatga nisbatan maʼlum miqdorga oshgani qayd etilgan. Olingan natijalar koʻrsatdiki, mazkur nuqtalarda vibratsiya toʻlqini hosil qilgan tezlik amplitudalari ham grunt suvlari mavjud boʻlgan holatda anchagina oʻzgaradi. Bu oʻzgarishlarni asosiy sababi namlangan gruntning deformatsiya modulini oʻzgarishi (kamayishi) va gʻovaklarni suv bilan toʻlishi natijasida gruntning tebranish amplitudasi oshishi bilan tushuntirish mumkin.

Lekin tebranish amplitudasi ham chastotasi ham uncha katta boʻlmagan qiymatlarga oshadi. Demak, transport harakati davomida hosil boʻlgan vibratsiya toʻlqinining gruntli asosda paydo qiladigan tebranish amplitudasi, masofa transport harakat yoʻnalishidan uzoqlashgani sari namlangan gruntli asoslarda, namlanmagan gruntlarga nisbatan kattaroq boʻlishi aniqlandi. Buning sababini namlangan

gruntlarda deformatsiya modulini kamayishi, zichlikning oshishi va so'ndirish xususiyatini kamayishi bilan tushuntirish mumkin.

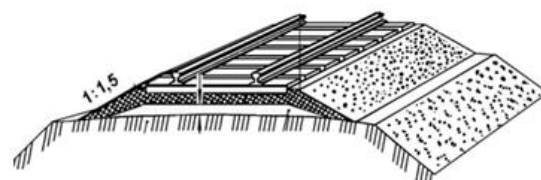


6 - rasm. Namlangan va namlanmagan gruntli asosda harakatlanuvchi transport vositasi «x» o'qi bo'yicha 20 m masofada hosil qilgan tebranish amplitudasining vaqt bo'yicha o'zgarishi



7- rasm. Namlangan va namlanmagan gruntli asosda harakatlanuvchi transport vositasi «x» o'qi bo'yicha 40 m masofada hosil qilgan tebranish amplitudasining vaqt bo'yicha o'zgarishi

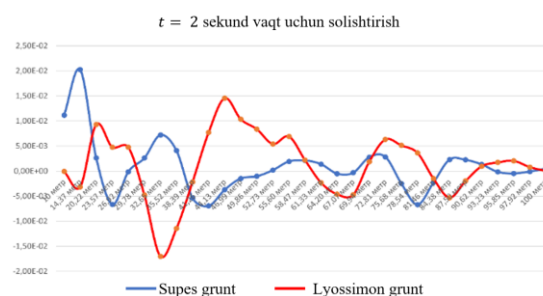
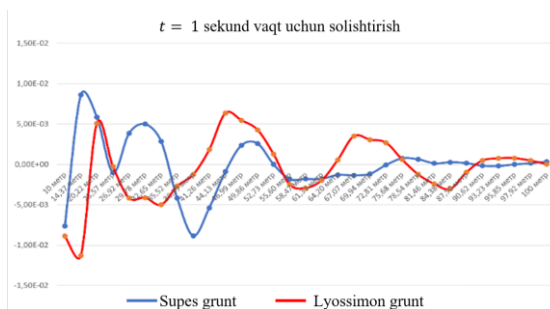
To'rtinchi paragrafda temiryo'l poyezdlari harakati natijasida turli grunt asoslarida yuzaga keladigan vibratsiya to'lqinlari hosil qilgan tebranish parametrlarini baholash keltirilgan. Ushbu bo'limda temiryo'l poyezdlari harakati natijasida turli grunt asoslarida yuzaga keladigan vibratsiya to'lqinlari hosil qilgan tebranish parametrlarini baholash masalasini yuqorida ishlatilgan matematik model va hisoblash usuli yordamida uch o'lchovli dinamik masala deb qarab baholanadi. Bu masalalarni yechishda asosning grunti ikki xil bo'lgan hollarini ko'rib chiqamiz. Birinchi holda asos gruntining turi supes, ikkinchi holda lyossimon-suglinka qilib tanlab olinadi. Asos chekli modelining o'lchovlari: eni 200 m, uzunligi 100 m, chuqurligi esa 50 m qilib tanlab olingan. Temir yo'l-asos hisob modeli mavjud normalarga asoslangan holda 8 – rasmda ko'rsatilgandek olingan.



8-rasm. Temiryo'l poyezd yo'li asosining sxemasi

Olingan natijalarda poyezd harakatining turli vaqtlarida har xil gruntlardan (supes, suglinka, loysimon) tashkil topgan asos sirtining (x -o'qi bo'yicha) turli nuqtalarida (10 m dan 100 m gacha bo'lgan masofada) tebranishlardagi ko'chish va tezlik amplitudalarining o'zgarishlari ko'rsatilgan.

9 – rasmda poyezdning turli vaqtlardagi harakati davomida (1 va 2 sekund harakati davomida) supes va loysimon gruntli asos sirtlarda vibratsiya to'lqinlari hosil qilgan tebranishning ko'chish amplitudalarini poyezd yo'liga perpendikulyar bo'lgan asosning (x -o'qi bo'yicha) turli nuqtalaridagi o'zgarishlari keltirilgan.

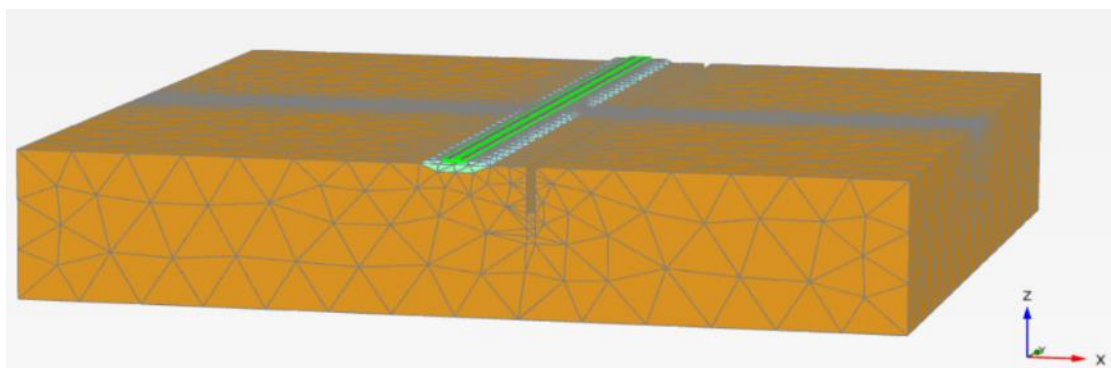


9 - rasm. Turli xil gruntli asoslarda harakat boshlangandan keyin ma'lum vaqtlardan keyin vertikal ko'chish amplitudalarining x o'qi bo'yicha o'zgarish natijalari

Olingan natijalardan ko‘rinadiki, agar asosning grunti supesdan tashkil topgan bo‘lsa, boshlang‘ich vaqtda tebranish amplitudasi katta bo‘lishiga qaramasdan, supesli gruntda vibratsiyaning ko‘chish amplitudasini masofa bo‘yicha so‘nishi, loysimon gruntdagiga qaraganda ancha yuqori bo‘lishini ko‘rish mumkin.

Poyezd harakati davomida hosil bo‘lgan vibratsiya to‘lqinlari gruntli asosning turli masofada joylashgan nuqtalarida eng katta so‘nish darajasi supes gruntli asoslarda hosil bo‘lishi aniqlandi. Olingan natijalarning tahlilidan ko‘rish mumkinki, poyezd harakati davomida hosil bo‘lgan vibratsiya to‘lqinini asosning turli nuqtalarida hosil bo‘ladigan tebranish amplitudalari so‘nishi birinchi navbatda gruntning fizik mexanik parametrlariga bog‘lik ekanligi aniqlandi. Shu bilan birga harakatlanuvchi yuk ta’siri hosil bo‘lgan vibratsiya to‘lqinlarining asosning turli masofalaridagi nuqtalarida hosil qilgan tebranish va tezlik so‘nishi supesli asosda, lyossimon suglinkalik gruntli asosga qaraganda masofa bo‘yicha tezroq so‘nishi sodir bo‘lishi aniqlandi. Demak, supesli gruntning dissipativ (so‘ndirish) xususiyati boshqa gruntlarning so‘ndirish xususiyatiga qaraganda yuqori ekanligi aniqlandi. Bu o‘z navbatida loyiha ishlarini bajarish jarayonida temir yo‘l qurilish joyidagi gruntning real fizik-mexanik xarakteristikalarini e’tiborga olib loyiha ishlarini bajarishni taqozo etadi.

Dissertatsiyaning **“Vibroto‘lqin tebranishlaridan himoyalash tizimlarining samaradorligini baholash”** deb nomlangan uchinchi bobda transport vositalari harakati natijasida gruntli asoslarda paydo bo‘ladigan vibratsiya tebranishlari nazariy jihatdan baholanib, asosda hosil bo‘ladigan vibratsiyalardan himoyalash tizimlari taklif qilingan va ularning samarador parametrlari aniqlangan. Shu bobning birinchi paragrafida **“Asosda joylashtiriladigan to‘siq parametrlarini optimallashtirish”** gruntli asosdagi vibratsiya tufayli yuzaga keladigan maksimal ko‘chish amplitudalari, tezliklar va tezlanishlar tahlil qilingan va transheyanning geometrik o‘lchamlariga qarab uning samaradorligini aniqlash ishlari amalga oshirilgan. Shu maqsadda temir yo‘l poyezdlari harakatidan hosil bo‘ladigan vibratsiyaning tarqalish jarayonini tekshirish uchun masala elastiklik nazariyasining yarim fazodagi to‘lqin tarqalish masalasiga keltirilib qaraladi,



10 - rasm. Asosdan ajratib olingan chekli model va uni chekli elementlarga bo‘lish.

Mazkur masalani yechish Plaxis 3D dasturiy kompleksi yordamida amalga oshirilgan. Buning uchun gruntli yarim fazodan o‘lchamlari: kengligi 100 m, uzunligi 100 m va chuqurligi 20 m ni tashkil qiladigan uch o‘lchamli chekli

deformatsiyalanuvchi qattiq jism bo‘lagi ajratib olinadi. Tadqiqot olib borishda chekli asos modeli (10-rasm) 79443 ta tugunli 45071 ta chekli elementlarga bo‘lingan. Chekli elementlarning shakli noto‘g‘ri tetraedrlar sifatida tanlandi. Hosil qilingan chiziqli oddiy differensial tenglamalar sistemasining tartibi 238329 ni tashkil qilgan. Shu bobning ikkinchi paragrafida **“Vibrohimoya to‘sig‘ining joylashuvini optimallashtirish”** transheyani temiryo‘lga nisbatan joylashuvini optimallashtirish masalasi ko‘rib chiqilgan, kuzatuv nuqtalari 25 metrdan 50 metrgacha bo‘lgan masofada joylashgan. Transheya temiryo‘lgacha 5 metrdan 15 metrgacha bo‘lgan masofada joylashgan variantlar ko‘rib chiqiladi. Ma’lumotlarni olish nuqtasi temiryo‘ldan 25 metr masofada joylashgan. Transheya mavjud bo‘lmagan va mavjud bo‘lgan holatlardagi tebranish parametrlari (ko‘chish, tezlik va tezlanish) tahlil qilinadi. Grunt suvlari mavjud emas. Poyezdning tezligi 100 km/soat (27,78 m/s), poyezdning og‘irligi 60 tonna. Boshlang‘ich va chegara shartlari avvalgi paragraflardagi kabi qabul qilingan.

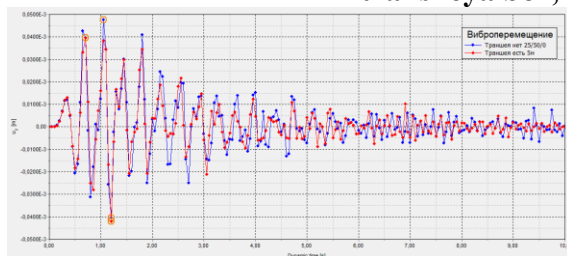
Aniq masalalarni yechishda tadqiqot hududi 100m x 100m x 20m o‘lchamli parallelepiped shaklida kesib olingan deformatsiyalanuvchi qattiq jism bo‘lib, 117007 ta tugunli va 71906 ta noto‘g‘ri tetraedr shaklidagi chekli elementlarga bo‘lingan. Tuzilgan differensial tenglamalar sistemasining tartibi 351021 tani tashkil qilgan. Dinamik o‘zgarishlarni tahlil qilish uchun ikkita nuqta tanlangan: birinchisi transheya bor tomonida $x=25m$, $y=50m$, $z=0m$ koordinatalarida, ikkinchisi esa transheyasiz tomonda $x= - 25m$, $y=50m$, $z=0m$ koordinatalarida. Transheyani chuqurligi 6 metr deb olingan holat qaralgan. Quyida turli masofalarda, ya’ni temiryo‘ldan 5 metrdan 15 metrgacha joylashgan transheya holatida, temiryo‘ldan 25 metr masofadagi kuzatuv nuqtasi uchun olingan ko‘chish, tezlik va tezlanish natijalarining eng katta qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

1- jadval

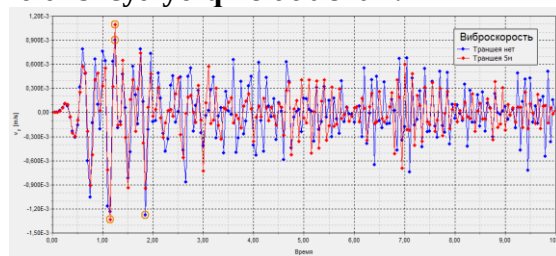
Ko‘chish	Transheya yo‘q		Transheya 5 metr		%	Transheya 10 metr		%	Transheya 15 metr		%
	-25/50/0		25/50/0			25/50/0			25/50/0		
	Vaqt (s)	u_z [m]	Vaqt (s)	u_z [m]		Vaqt (s)	u_z [m]		Vaqt (s)	u_z [m]	
	1,05	0,0000475 446	1,2	0,0000420 634		11,53	1,050		0,0000380 052	20,06	
Tezlik	Vaqt (s)	v_z [m/s]	Vaqt (s)	v_z [m/s]	%	Vaqt (s)	v_z [m/s]	%	Vaqt (s)	v_z [m/s]	%
	1,85	0,0012746 455	1,15	0,0013347 548	- 4,7 1	1,150	0,0010357 978	18, 7	1,150	0,0010568 729	17, 08
Tezlani	Vaqt (s)	a_z [m/s]	Vaqt (s)	a_z [m/s]	%	Vaqt (s)	a_z [m/s]	%	Vaqt (s)	a_z [m/s]	%
	7	0,0891594 750	6,9	0,0632484 961	29, 06	9,950	0,0472148 924	47, 04	7,800	0,0597564 219	32, 98

Turli masofalarda, ya’ni temiryo‘ldan 5 metrdan 15 metrgacha joylashgan transheya holatida, temiryo‘ldan 25 metr masofadagi kuzatuv nuqtasi uchun olingan ko‘chish, tezlik va tezlanishlarni vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafiklari 11 - rasmda keltirilgan.

Kizil-transheya bor, ko'k-transheya yo'q holat uchun:



a) Vibro-ko'chish



b) Vibro-tezlik

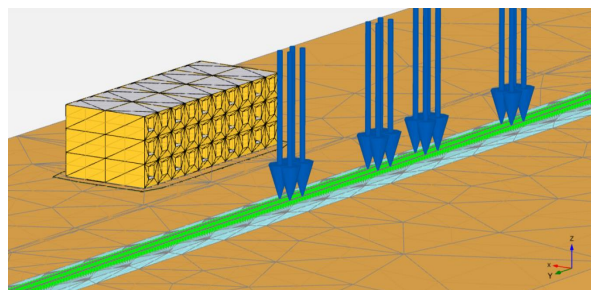
11 - rasm. Temir yo'l polotnosidan 5 metr masofada transheya joylashtirilgan holda tebranishlarni solishtirish grafiklari

Poyezd harakati natijasida hosil bo'ladigan vibratsiya tebranishlarining parametrlarini gruntli asosda kamaytirish uchun transheya temiryo'ldan 5-10 metr oralig'ida joylashganda ko'chish, tezlik va tezlanishlarning eng katta amplitudalarini maksimal darajada kamaytirish mumkinligi ko'rsatildi.

Uchinchi paragrafda **“Vibratsiya ta'sirida hosil bo'ladigan ko'p qavatli uylardagi tebranishlar amplitudasini baholash va ularni kamaytirish”** temiryo'ldan 20 metr masofada joylashgan uch qavatli ma'muriy binoga vibratsiya ta'siridan hosil bo'ladigan tebranish amplitudasini kamaytirish maqsadida turli chuqurliklarga ega bo'lgan transheyalarning ta'siri tekshirilgan.

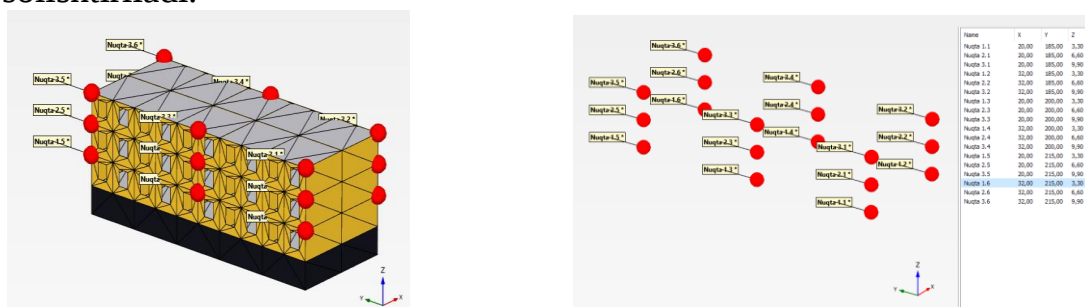
Gruntli asosda transheyaning mavjud va mavjud emasligi natijasida binoga vibratsiya qanday ta'sir qilishini baholash uchun binoda 18 ta nuqta tanlandi. Transheyaning chuqurligini 1 metrdan 6 metrgacha o'zgartirib, bu transheyaning binodan 5 metr masofada joylashtirildi. Keyingi hisob-kitob ishlarimizda shu qabul qilingan konstruktiv yechimlar asosida transport vositasi tarqatadigan vibratsiya to'lqinlari binoning turli nuqtalarida hosil qiladigan tebranish parametrlari (ko'chish, tezlik va tezlanish) baholandi. Hisob ishlarini bajarishda oldingi boblarda ishlab chiqilgan matematik model, hisoblash usullari va algoritmlaridan foydalanib ushbu masala, ya'ni transport vositasi hosil qiladigan vibratsiya to'lqinlarining gruntli asosda tarqalishi va bu to'lqin ta'siri natijasida yaqin atrofda joylashgan binoning tebranish parametrlarini baholash va bu tebranishlarni kamaytirish masalasi qarab chiqiladi. Transport vositasi hosil qilgan vibratsiya to'lqinini gruntli asosda tarqalishi natijasida hosil bo'lgan tebranish parametrlarini baholash va bu tebranish parametrlarini kamaytirish uchun gruntli asosda ma'lum chuqurlikda qazilgan transheya qo'llaniladi. Hisob natijalari yordamida binodagi olingan tebranish parametrlari ikki holat uchun, ya'ni transheyasiz va asosda transheya o'rnatilgan holatlar uchun olinib, ular o'zaro solishtiriladi. Shu natijalar asosida vibratsiya to'lqinlari hosil qilgan tebranish parametrlari baholanib, transheyaning samaradorligi aniqlandi.

12-rasmda fazodagi gruntli asosda joylashgan uch qavatli bino, binodan 5 metr masofada joylashgan transheya va transheyadan 14 metr masofada o'tgan temir yo'lda harakatlanuvchi poyezd harakati davomida hosil bo'ladigan harakatlanuvchi kuch sxematik ravishda ko'rsatilgan, barcha hisob ishlari shu model asosida bajarilgan.



12 - rasm. Chekli gruntli asosda joylashgan bino, transheya va temir yoʻlda harakatlanuvchi yuk sxemasi

Temir yoʻl yaqinida joylashgan binolarda katta amplitudali tebranishlar yashovchilar uchun sezilarli noqulaylik tugʻdiradi. Shu sababli, yoʻl va bino orasiga turli chuqurlikdagi (1 m dan 5 m gacha) transheyalarni joylashtirish orqali vibratsiya toʻlqinlarining kamayishini baholash maqsadida hisob-kitob ishlari olib borildi. Tekshiruv davomida bino qavatlarining turli nuqtalarida tebranish parametrlari transheya mavjud va mavjud boʻlmagan holatlarda kuzatilib, ularning samaradorligi oʻzaro solishtiriladi.



13-rasm. Binodagi turli kuzatuv nuqtalari va ularning koordinatalari

1 – jadval

Bino qavatlarida hosil boʻladigan tebranish parametrlarining maksimal qiymatlari.
Koʻchishlar parametrlarini solishtirish,
transheya chuqurligi 5 metr:

Kuzatuv nuqtalari	Transheya yo‘q	Transheya bor	%
	u_z [m]	u_z [m]	
1 qavat			
Nuqta 1.4 (32/200/3.3)	0,00001882943	0,00001274409	32,32
2 qavat			
Nuqta 2.4 (32/200/6,6)	0,00001888314	0,00001277190	32,36
3 qavat			
Nuqta 3.4 (32/200/9.9)	0,00001886362	0,00001280083	32,14

Tezliklarni solishtirish,
transheya chuqurligi 5 metr:

Kuzatuv nuqtalari	Transheya yo‘q	Transheya bor	%
	v_z [m/s]	v_z [m/s]	
1 qavat			
Nuqta 1.4 (32/200/3.3)	0,00048213798	0,00028536140	40,81

2 qavat			
Nuqta 2.4 (32/200/6,6)	0,00047922523	0,00028631685	40,25
3 qavat			
Nuqta 3.4 (32/200/9.9)	0,00047636029	0,00028401835	40,38

Poyezd harakati davomida binoning turli nuqtalarida hosil bo'ladigan tebranishning eng katta (maksimum) amplitudalari poyezd yo'li va bino oralig'iga o'rnatilgan transheya va transheyasiz holatlar uchun transheyaning har xil chuqurlikda (ya'ni 1m, 2m, 3m, 4m, va 5 m chuqurliklarda) o'rnatilgan holatlari uchun baholanib, olingan natijalar o'zaro solishtirildi. Misol tariqasida bu yerda faqat 4-jadvalda transheyaning 3m, 4m va 5m bo'lgan holatlar uchun olingan bino nuqtalaridagi ko'chish hamda tezlik qiymatlari va ularning transheyasiz holatda olingan natijalar bilan solishtirilgan qiymatlari keltirildi.

UMUMIY XULOSALAR

1. Transport vositalari tarqatadigan vibratsiya to'lqinlarining turli gruntli asoslarda hosil qilgan tebranish parametrlarini baholash uchun asosning chekli sohasiga maxsus chegaraviy shartlar qo'yib, uch o'lchovli matematik model ishlab chiqilgan.

2. Transport vositalaridan tarqaladigan vibratsiya to'linlarining asoslarda hosil qiladigan tebranish parametrlarini baholash uchun ishlab chiqilgan matematik model suv bilan to'yingan gruntli asoslardagi dinamik jarayonini baholash uchun takomillashtirilgan.

3. Ishlab chiqilgan modellar yordamida gruntli asoslardagi vibratsiya to'lqinlarini tarqalish masalasi chekli elementlar usuli yordamida ko'p sonli ikkinchi tartibli kompleks koeffitsiyentli oddiy differensial tenglamalarga keltirilib, bu tenglamalar Nyumark usuli yordamida yechilgan.

4. Ishlab chiqilgan modellarning adekvatligi, masalani differensial va variatsion qo'yilishlarining bir xilligi va hisoblash usullarining ishonchliligi esa olingan natijalarning boshqa mualliflarning natijalari bilan solishtirish orqali isbotlangan.

5. Turli fizik mexanik xossalarga ega bo'lgan gruntli asoslarda harakatlanuvchi yuk ta'sirida gruntli asoslarda tarqaluvchi vibratsiya to'lqinlarining tarqalishi tekshirildi va quyidagilar aniqlandi:

– harakatlanuvchi transport vositasi hosil qilgan vibratsiya to'lqinlarining ko'chish va tezlik amplitudalari glinali grunt asosda qattiq qumtoshli gruntga nisbatan ancha yuqori ko'rsatkichlarga ega bo'lishi aniqlandi. Bu natija glina gruntning kamroq zichligi va yuqori plastikligi tufayli to'lqinlarning keng tarqalishiga yordam berishi bilan izohlanadi.

– vibratsiya to'lqinlari hosil qilgan gruntli asoslardagi tebranish parametrlarini qattiq qumtoshli gruntlar, glinali gruntlarga qaraganda yaxshi so'ndirishi aniqlandi. Bu esa o'z navbatida qattiq qumtoshli gruntlarda ichki ishqalanishning parametrini yuqoriligi bilan tushuntiriladi.

6. Transport harakati davomida hosil bo'lgan vibratsiya to'ldiruvchi gruntli asosda paydo qiladigan tebranish amplitudasi transport harakat yo'nalishidan uzoqlashgani sari namlangan gruntli asoslarda, namlanmagan gruntlarga nisbatan tebranish amplitudasini kattaroq bo'lishi aniqlandi. Bu esa namlangan gruntlarda deformatsiya modulini kamayishi, zichlikning oshishi va so'ndirish xususiyatini kamayishi bilan tushuntiriladi.

7. Turli fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan gruntli asoslarda harakatlanuvchi poyezddan tarqaluvchi vibratsiya to'ldiruvchilarning tarqalishi tekshirilib, quyidagilar aniqlandi:

- gruntli asosda to'ldiruvchi tebranishi natijasida hosil bo'lgan vertikal ko'chish va tezlik amplitudalari poyezd yo'nalishiga tik bo'lgan chiziqli bo'yicha masofa qanchalik uzoq bo'lsa bu kattaliklarning amplitudalari tez so'ndirib kichiklashib borishi aniqlandi;

- supes gruntli asosning so'ndirish darajasi lyossimon sug'ituvchi gruntli asosga qaraganda ancha yuqori ekanligi aniqlandi.

8. Transport vositalari harakati natijasida tarqaladigan vibratsiya to'ldiruvchilari ta'sirida gruntli asosda va binolarda hosil bo'ladigan tebranish parametrlarini transport harakat yo'li va asos (bino) orasiga joylashtirilgan transheyalar yordamida kamaytirish mumkinligi ko'rsatildi:

- transheyaning temiryo'l polotnosidan uzoqroqda joylashtirilishi, transheya ortidagi nuqtalarda transheyaning samaradorlikliroq bo'lishini va himoya qilinayotgan inshootlarga yaqinroq va temir yo'ldan uzoqroq joylashtirish kerakligi aniqlandi;

- transport vositasi harakatlanishi natijasida gruntli asos sirtining turli nuqtalardagi vibratsiya hosil qiladigan tebranish parametrlarining turli masofalarda so'ndirish uchun transheyaning chuqurligi 6 metr atrofida bo'lishi yetarli ekanligi aniqlandi;

- poyezd harakati natijasida hosil bo'ladigan vibratsiya tebranishlarining parametrlarini gruntli asosda kamaytirish uchun transheya temiryo'ldan 5-10 metr oralig'ida joylashganda ko'chish, tezlik va tezlanishlarning eng katta amplitudalarini maksimal darajada kamaytirish mumkinligi ko'rsatildi.

9. Gruntli asoslar va bino konstruksiyalari o'rtasidagi birlilik tafovutlari sharoitida transport vibratsiyalarining amplitudasini himoya transheyalari sezilarli darajada kamaytiradi. Transheya chuqurligining ortishi bilan binoning barcha qavatlarida siljish, tezlik va tezlanish qiymatlari sezilarli darajada pasayadi.

10. Bajarilgan dissertatsiya ishi yuzasidan Respublika bosh loyiha instituti "QISHLOQQURILISHLOIHA" DM, Namangan shahar qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi bo'limi, "Kelajak - S" X/K va "Perspective Project Group" MChJlar tomonidan loyiha ishlarini bajarishda ilmiy-tadqiqot ishi natijalarining amaliyotga qo'llanilganligi to'g'risida dalolatnomalar olindi (O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2024-yil 25-iyundagi № 08-06/6439 ma'lumotnomasi).

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/04.10.2023.T.66.06 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАМАНГАНСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ЮЛДАШЕВ ФАХРИДДИН ШАРАФИТДИН УГЛИ

**ОЦЕНКА УРОВНЯ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЛН СОЗДАВАЕМЫЕ
ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ**

Специальность 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2024.3.PhD/T4808.

Диссертация выполнена в Наманганском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного совета (www.namdtu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:

Мирсаидов Мирзиёд Мирсаидович
академик АН РУз, доктор технических наук,
профессор

Официальные оппоненты:

Сафаров Исмаил Ибрахимович
доктор физико-математических наук, профессор

Каримов Абдусамат Исманович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

**АН РУзб, Институт механики и
сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева**

Защита диссертации состоится «28» августа 2025 года в 14⁰⁰ часов на заседании научного совета PhD.03/04.10.2023.T.66.06 при Наманганском государственном техническом университете (Адрес: 160115, г. Наманган ул. Касансайская, 7. Тел/факс: тел.: (0569) 228-76-71, факс: (0569) 228-76-75, e-mail: info@namdtu.uz, Административное здание Наманганского Государственного Технического Университета, Корпус №6 1-й этаж, малый зал совещаний).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского Государственного Технического Университета (Зарегистрирован за номером № 51) (Адрес: 160103, г. Наманган ул. И. Каримов, 12. Тел/факс: тел.: (69) 234-14-85)

Автореферат диссертации разослан «14» августа 2025 года.
(реестр протокола рассылки № 2 от «14» августа 2025 года)



П.Ж. Маткаримов
Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

А.Ш. Мирзаумидов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

А.А. Мамаханов
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 всех этапах развития строительной отрасли в мире приоритетной задачей остаётся создание безопасной среды обитания для человека. Однако стремительное развитие техники, транспорта и строительства привело к возникновению вибрационных волн, оказывающих негативное влияние на здоровье человека, и проблема защиты от них стала одной из наиболее актуальных. В настоящее время в развитых странах вопрос снижения вибрационных рисков решается за счёт применения эффективных методов и современных технологий. В этой связи особое внимание уделяется изучению воздействия вибраций, возникающих от движения транспортных средств, на человека, а также внедрению виброустойчивых технологий и защитных средств в современной строительной отрасли.

Во всем мире проводятся научные исследования, направленные на снижение воздействия вибраций от транспорта, охрану здоровья человека и минимизацию негативного влияния на окружающую среду за счет разработки новых строительных материалов, виброгасящих слоев и технологий контроля уровня колебаний в грунте. Важной задачей в данном направлении является изучение процесса распространения вибраций в грунте от движения транспортных средств, снижение их до санитарно допустимых норм, а также разработка методов оценки и контроля динамического воздействия упругих волн на основание.

В Республике Узбекистан реализуются широкомасштабные меры по модернизации строительной отрасли, обновлению её технического и технологического потенциала, в частности, по обеспечению виброустойчивости зданий и сооружений, расположенных вблизи автомобильных и железных дорог, к вредному воздействию вибраций. В этом направлении, в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы» в числе приоритетных задач обозначено: «...устранение существующих экологических проблем, наносящих вред здоровью населения и генофонду». В целях реализации этой задачи, то есть снижения вредных колебаний до санитарных норм, особое значение приобретает разработка эффективных решений по определению геометрических параметров демпфирующих конструкций, размещаемых в грунте, и оценка их эффективности, выявление зависимости степени вибрации от глубины траншей, а также оптимизация расстояния между железнодорожным полотном и зданиями для рационального размещения защитных конструкций. Оценка уровня вибрационных волн, возникающих от движения транспортных средств, и разработка методов защиты от них являются актуальными научными задачами.

Диссертационное исследование также в определённой степени способствует выполнению приоритетных задач, изложенных в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 30 июля 2020 года № ПП-4794 «О

мерах по коренному совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», Указе от 30 мая 2022 года № УП-144 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности Республики Узбекистан», Постановлении от 16 мая 2023 года № ПП-158 «О дополнительных мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» и Постановлении от 17 апреля 2024 года № ПП-161 «О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений и совершенствованию мониторинга сейсмических рисков», а также выполнению задач, предусмотренных действующими нормативно-правовыми актами в области геотехники и механики грунтов.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Математика, механика и информатика».

Степень изученности проблемы. Учёные всего мира активно исследуют вопросы распространения вибраций через грунты и снижения их негативного влияния на сооружения и здоровье человека. В частности, такие учёные, как Р. Вудс, Э. Селеби, М. Ким, О. Ёшима, С. Франсуа, Ж. Леанг, С. Ахмад, Т.М. Аль-Хусайни, Ю. Ян, Х. Хун, Б. Чжэнь, Л. Сянвэнь, Г.Д. Букевалас, А.Г. Пападимитриу занимаются моделированием распространения вибрационных волн и разработкой эффективных защитных методов. Также российские учёные достигли значительных результатов в области оценки вибрационного воздействия. О.А. Шутов и А.Б. Пономарёв разработали расчётные модели влияния транспортных вибраций на фундаменты. В.А. Ильичёв, О.Я. Шехтер, М.А. Дашевский, М.Н. Голубцова и Ю. Буланов провели детальный анализ колебаний грунта, вызванных движением поездов метрополитена.

В Республике Узбекистан в разные годы научные исследования в области оценки сейсмостойкости сооружений, анализа вибрационных воздействий и их снижения проводились такими ведущими учёными, как Т.Р. Рашидов, М.М. Мирсаидов, Г.Х. Хожметов, А.А. Ишанходжаев, Б. Мардонов, Я.Н. Мубораков, Ш.С. Юлдашев, П.Ж. Маткаримов, А.З. Хасанов, Т.Ш. Ширинкулов, А.Ф. Колос, З.Е. Мирсалихов. В рамках этих исследований были разработаны теоретические основы сейсмодинамики, проведена оценка вибрационного воздействия в подземных тоннелях, выполнен анализ вибраций грунта, возникающих при движении метрополитена, изучены физико-механические свойства грунтов и их взаимодействие с конструктивными элементами, а также исследованы вибрации, возникающие от движения высокоскоростных поездов. Несмотря на это, на сегодняшний день вопросы распространения вибраций в различных грунтах и в зданиях, расположенных вблизи источников колебаний, а также задачи их подавления в грунте остаются недостаточно изученными. В частности, влияние физических и механических свойств грунтов, уровня влажности, плотности и

реологических характеристик на интенсивность и направление распространения вибрационных волн, а также выбор оптимальных конструктивных решений для их эффективного поглощения до сих пор не раскрыты в полной мере. В связи с этим существует актуальная необходимость в углублённых теоретических и прикладных исследованиях в данном направлении.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры «Механика» Наманганского государственного технического университета в рамках темы: «Защита жилых и промышленных зданий от вредного влияния вибраций и оценка сейсмостойкости наземных и подземных сооружений с учетом физико-механических свойств материалов».

Цель исследования оценка уровня вибрационных волн, возникающих от движения транспортных средств, с учетом реологических свойств основания и характера динамической нагрузки, а также разработка методов защиты с использованием различных типов траншей.

Задачи исследования:

разработка математической модели грунтового основания с различными реологическими свойствами и конечными размерами для оценки уровня вибраций, распространяющихся от транспортных средств, а также определение уровня колебаний в основании;

совершенствование ранее разработанной математической модели, предназначенной для оценки уровня вибраций от транспортных средств, с целью её применения к водонасыщенным грунтовым основаниям и анализа происходящих в них колебательных процессов;

оценка уровня колебаний, возникающих под действием вибрационных волн в грунтовом основании, с использованием различных моделей грунтов на основе разработанных моделей;

предложение типов конструкций для снижения вибрационных волн, создаваемых транспортными средствами в основании, и оценка их эффективности.

Объект исследования: Транспортные средства - многополосные автомагистрали, железные дороги, грунтовое основание, виброизолирующие экраны и защищаемые сооружения.

Предмет исследования: динамические процессы, возникающие в грунтах под воздействием движения транспортных средств, а также параметры вибраций на поверхности грунта (перемещения, скорости, ускорения), обусловленные изменением геометрии сооружений.

Методы исследования: В процессе исследования использованы методы анализа распространения волн в сплошной среде на основе теорий упругости, вязкоупругости и пластичности, вариационный принцип и метод конечных элементов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые разработана трехмерная математическая модель для оценки уровня вибраций, распространяющихся от транспортных средств в грунтовом основании с различными реологическими свойствами в ограниченном пространстве, и она усовершенствована для оценки колебательных процессов, происходящих в водонасыщенных грунтовых основаниях;

для выявления закономерностей распространения вибрационных волн в грунтовом основании, на основе модели HS Small с учетом параметров, зависящих от динамических деформаций, численным методом решена задача распространения волн в упругом полупространстве, и доказано, что плотные песчаные грунты обладают значительно большей способностью к затуханию вибраций по сравнению с глинистыми грунтами;

численным решением задачи о распространении волн в упругом полупространстве доказано, что траншея, вырытая параллельно железной дороге при движении поезда по грунтовому основанию, является эффективным средством значительного снижения параметров колебаний в грунте, и определены оптимальные расстояние и глубина расположения траншеи относительно железнодорожного полотна;

впервые решена задача распространения волн в неоднородном упругом полупространстве с учетом препятствия для оценки влияния траншеи, расположенной между зданием и железной дорогой, на уровень вибраций, возникающих в этажах зданий, находящихся вблизи железной дороги при движении поезда, и доказано, что такие траншеи существенно снижают амплитуду вибраций на всех этажах здания.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны математическая модель и алгоритм оценки уровня вибраций в ограниченной области с граничными условиями;

совершенствована модель для оценки колебаний в водонасыщенном основании;

созданы программы для ЭВМ по проектированию траншей, направленных на снижение вибраций от железных дорог; получены свидетельства о регистрации от агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан..

Достоверность результатов исследования. подтверждается адекватностью моделей, эквивалентностью дифференциальной и вариационной постановок задачи и сопоставлением результатов, полученных в PLAXIS 3D, с решениями тестовых задач.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке трехмерных математических моделей для оценки распространения вибрационных волн от транспортных средств в основаниях с различными физико-механическими свойствами, в совершенствовании этих моделей для условий водонасыщенных грунтов, решении поставленных задач методом конечных элементов, а также в научном обосновании закономерностей колебательных процессов за счет анализа изменений параметров вибраций в

зависимости от плотности, влажности, деформируемости грунта и направления действия динамической нагрузки.

Практическая значимость исследования состоит в разработке оптимальных проектных рекомендаций по конструкции, глубине и расположению защитных траншей и каналов для эффективного снижения вибраций, возникающих в основаниях и зданиях под воздействием движения транспортных средств. Это позволяет обеспечить защиту реальных объектов от вредного вибрационного воздействия и повысить их виброустойчивость за счет предложенных технологических решений.

Внедрение результатов исследования. На основе разработанных предложений по снижению вибраций в грунте, вызванных движением транспортных средств:

На основании разработанных предложений методы защиты от вибрации были внедрены в проектирование зданий и сооружений, расположенных вблизи транспортных объектов, в следующих организациях: «QISHLOQQURILISHLOYIHA» MCHJ, “Namangan shahar qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi”, “Perspective Project Group” MCHJ (Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024-yil 25-iyundagi 08-06/6439-sonli ma’lumotnomasi). В результате удалось снизить негативные последствия вибрационного воздействия транспортных средств на строящиеся здания и сооружения, а также повысить уровень их практической безопасности.

Программные продукты для ЭВМ, разработанные по темам «Проектирование траншей для снижения воздействия волн, распространяющихся от железной дороги, на здания» и «Воздействие вибрационных волн от двухпутных железных дорог на здания и сооружения», были внедрены в производственную деятельность “KELAJAK –S” xususiy korxonasi (Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024-yil 25-iyundagi 08-06/6439-sonli ma’lumotnomasi). Это обеспечило возможность применения разработанного в рамках научного исследования программного обеспечения в проектных работах, направленных на защиту зданий и сооружений, расположенных вблизи транспортной инфраструктуры, от вредного вибрационного воздействия.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертации обсуждались на 3 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 12 научных статей, включая 1 международную и 5 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации PhD. Кроме того, получены свидетельства о регистрации 3 программ ЭВМ в Агентстве интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет **104** страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и необходимость темы диссертационного исследования, определены цель и задачи, описаны объект и предмет исследования. Приведены сведения о степени изученности проблемы и методах исследования, охарактеризованы научная новизна и достоверность полученных результатов, теоретическая и практическая значимость, опубликованные научные работы, структура диссертации, а также сведения о внедрении результатов исследования.

В первой главе диссертации, **“Теоретические основы распространения вибрационных волн в грунтовом основании”**, в первом параграфе проанализировано современное состояние проблемы по работам, посвящённым распространению вибрационных и сейсмических волн в грунтах и методам защиты от них. Во втором параграфе на основе вариационного принципа разработана математическая модель оценки распространения вибрационных волн в грунтовых основаниях от различных источников, основанная на классическом принципе механики Остроградского–Гамильтона, и сформулированы основы решения задачи методом конечных элементов. В третьем параграфе приведены метод и алгоритм решения задачи оценки распространения вибрационных волн в грунтовом основании. В четвёртом параграфе для проверки достоверности разработанных алгоритмов и расчётной программы решены линейные интегро-дифференциальные уравнения с использованием метода Ньюмарка, а результаты оценены путём сравнения с известными решениями.

Вторая глава диссертации под названием **«Оценка вибрационных волн, распространяемых транспортом, с учётом реологических свойств грунтового основания»** состоит из четырёх параграфов. В первом параграфе подчёркивается, что для корректного описания процесса распространения волн в грунтовом основании необходимо, в первую очередь, уделить внимание выбору модели грунта. Модель грунта, применяемая для статических расчётов, не всегда подходит для оценки динамических процессов. При

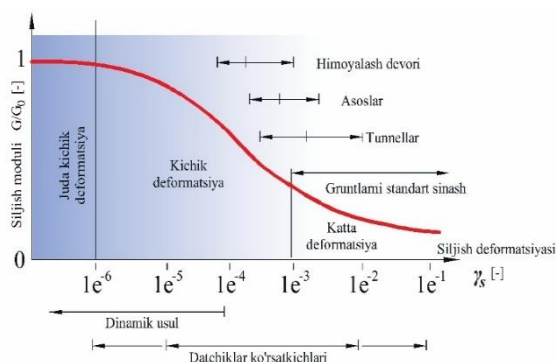


Рис.1. График зависимости восстановительной способности модуля сдвига грунта (G/G_0) от логарифма деформации сдвига.

динамических воздействиях характеристики грунта изменяются вследствие изменений молекулярных сил, что может привести к недостоверности численных результатов. Рассмотрены некоторые модели грунта, применяемые в инженерных расчётах. Модель **HS Small** представляет собой модификацию упругопластического поведения грунта при малых деформациях и учитывает снижение жёсткости при незначительных деформациях. При малых деформациях некоторые грунты демонстрируют снижение

способности к восстановлению формы при механических воздействиях, и диаграмма деформационного восстановления становится нелинейной. Эта особенность грунта учитывается в модели **HS Small** через дополнительные параметры материала: — G_0^r и $\gamma_{0.7}$. Параметр G_0^r представляет собой модуль сдвига при малых деформациях, а $\gamma_{0.7}$ характеризует деформацию сдвига при снижении начального модуля сдвига до 70 % от его первоначального значения (рис.1). При применении в динамических процессах модель **HS small** позволяет учитывать гистерезисное затухание материала.

Во втором параграфе разработаны основы оценки вибрационных волн от транспортных средств в грунтовом основании с учётом различных физико-механических свойств грунтов. Прямое применение вариационного принципа к задаче на полупространстве, покрытом асфальтобетонным слоем, не представляется возможным. Для решения задачи из полупространства выделяется ограниченная прямоугольная параллелепипедная область, в которой наблюдаются основные колебательные процессы, учитывая, что вибрационные волны затухают на расстоянии 40–50 метров от источника. На границах этой области задаются граничные условия, не отражающие энергию волны обратно в расчётную область.

Для конкретных задач рассмотрена модель асфальтобетонного основания размерами 100 м по ширине, 100 м по длине и 20 м по глубине. При расчётах распространения вибраций в грунте учитывается уровень влажности грунта до глубины 20 метров от поверхности (рис.2).

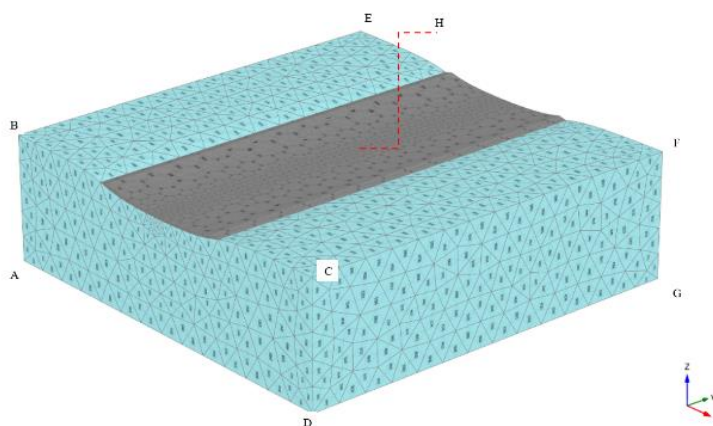


Рис.2. Декомпозиция трёхмерной ограниченной системы на конечные элементы

Для описания физических процессов, происходящих в грунтовых материалах, используются соотношения, выражающие линейное растяжение грунта. Учитывая эти соотношения и применяя процедуру метода конечных элементов, усовершенствованная математическая модель позволяет свести задачу оценки вибрационных волн, вызываемых транспортными средствами в грунтовом основании, к следующей системе обыкновенных дифференциальных уравнений высокого порядка:

$$[M]\{\ddot{u}(t)\} + [C]\{\dot{u}(t)\} + [K]\{u(t)\} = \{F(t)\} \quad (4)$$

Здесь $[K]$, $[M]$ — матрицы жёсткости и массы системы (рисунок 2), $\{u(t)\}$, $\{\dot{u}(t)\}$, $\{\ddot{u}(t)\}$ — векторы перемещений, скоростей и ускорений в узловых

точках, $[C]$ — матрица демпфирования, при этом учитываются внутренние трения в грунте и граничные условия (1), (2), (3), $\{F(t)\}$ — вектор нагрузок, возникающих под воздействием вибрационных источников.

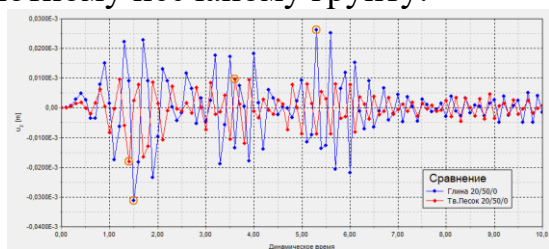
Для численного решения системы уравнений (4) используется метод численной интеграции Ньюмарка. Требуется определить перемещения и скорости распространения вибрационных волн в грунтовом основании, возникающих вследствие движения автомобилей.

В решаемой задаче параллелепипед, выделенный из пространства (рис.2), был разбит на 8701 конечный элемент в виде произвольных тетраэдров и содержал 14 356 узлов, при этом порядок системы уравнений составил 43 068.

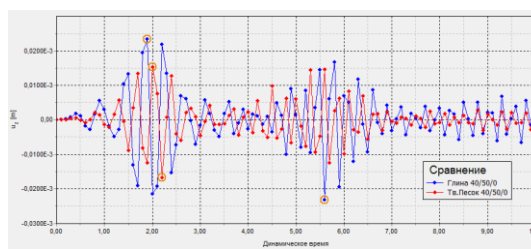
С использованием разработанной и усовершенствованной математической модели и метода расчёта были получены результаты по оценке вибрационных волн, возникающих в грунтовом основании от транспортных средств. Пространственные координаты системы заданы следующим образом: вдоль оси y — направление движения транспортной системы, вдоль оси x — точки наблюдения амплитуд колебаний в различных точках основания, вдоль оси z — вертикальные амплитуды параметров колебаний.

Точки наблюдения амплитуд колебаний по оси x выбраны на расстояниях 10 м, 20 м, 30 м и 40 м, то есть для этих точек получены временные зависимости параметров колебаний (перемещения, скорости, ускорения).

На рисунках 3 и 4 представлены временные изменения вертикальных амплитуд перемещений и скоростей в различных точках по оси xxx при различных типах грунтов (глинистом и плотном песчаном) во время движения транспорта. В обозначениях рисунков, например, точка «10/50/0» соответствует координатам $x=10$ м, $y=50$ м и $z=0$ м. Результаты, выделенные **голубым цветом**, соответствуют глинистому грунту, а **красным цветом** — плотному песчаному грунту.

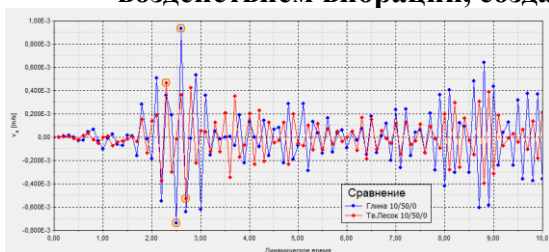


а) точка 20/50/0

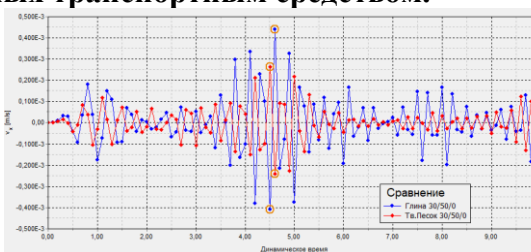


б) точка 40/50/0

Рис.3. Временные изменения вертикальных амплитуд перемещений в различных точках основания, состоящего из различных типов грунта, под воздействием вибраций, создаваемых транспортным средством.



а) точка 10/50/0



б) точка 30/50/0

Рис.4. Временные изменения вертикальных амплитуд скоростей в различных точках основания, состоящего из различных типов грунта, под воздействием вибраций, создаваемых транспортным средством.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать следующий вывод: выявлено, что параметры колебаний в грунтовом основании, вызванные вибрационными волнами, лучше затухают в плотных песчаных грунтах по сравнению с глинистыми. Это, в свою очередь, объясняется более высоким значением внутреннего трения в плотных песчаных грунтах.

В третьем параграфе рассматривается оценка вибрационных волн, возникающих в грунтовом основании под воздействием транспортных средств с учётом уровня грунтовых вод. Быстроходные тяжёлые грузовые поезда могут вызывать значительные вибрации в грунте, что оказывает серьёзное влияние на окружающую среду и условия труда. Задача решается на основе ранее усовершенствованной математической модели методом конечных элементов в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, которая решается методом Ньюмарка.

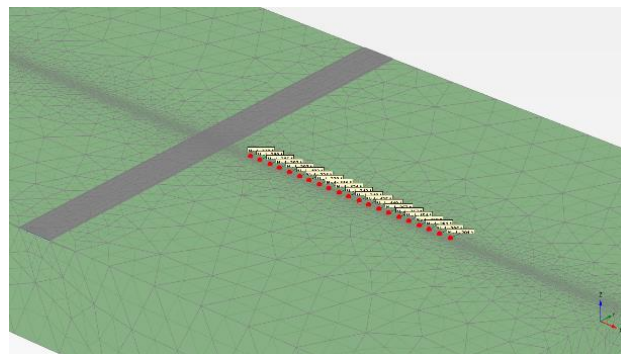


Рис.5. Расположение точек наблюдения на оси x, перпендикулярной направлению движения транспорта у, на поверхности грунтового основания.

В рассматриваемой задаче необходимо определить уровень вибрации в основании, возникающий вследствие движения грузового транспортного средства. Задача распространения волн в упругом полупространстве решается как объемная задача теории упругости, так как размеры грузового автомобиля являются конечными.

При решении конкретных задач область, занимаемая системой (рис. 5), была разбита на 19 534 конечных элемента с 31 503 узлами, а порядок системы дифференциальных уравнений составил 94 509. При этом учитывались как сухие, так и увлажнённые состояния грунта. В качестве конечных элементов использовались произвольные тетраэдры. Полученные результаты представлены в виде временных зависимостей амплитуд перемещений и скоростей в точках наблюдения, расположенных на расстоянии 10 м, 20 м, 30 м и далее в направлении, перпендикулярном движению транспорта. Из полученных данных видно, что при приближении транспортного средства к оси наблюдения амплитуда колебаний в точках грунта достигает максимального значения, а по мере удаления движущегося груза эта амплитуда уменьшается и постепенно затухает (рис. 6, рис. 7). Если сравнить полученные результаты для увлажнённого и неувлажнённого грунта, можно заметить, что увлажнение грунта приводит к небольшому увеличению амплитуды колебаний и незначительному снижению частоты колебаний. Это объясняется тем, что при увлажнении модуля упругости грунта уменьшается,

а его плотность немного возрастает. И в этом случае можно наблюдать, что по мере удаления точек наблюдения по оси xxx от источника вибрации значения амплитуд колебаний уменьшаются. Это объясняется тем, что по мере удаления от источника колебаний демпфирующие свойства грунтового основания и внутреннее трение постепенно снижают амплитуду волны. На основе полученных результатов можно сделать следующий вывод:

Грунтовые воды, расположенные на глубине 3 м, существенно влияют на распространение вибрационных волн, создаваемых транспортным средством, движущимся по такому грунту. Например, в точке наблюдения, расположенной на расстоянии 10 метров от источника вибрации, при наличии грунтовых вод было зафиксировано увеличение амплитуды перемещения по сравнению с ситуацией, когда воды отсутствуют.

Полученные данные также показали, что в этих точках амплитуды скоростей вибрационной волны значительно изменяются при наличии грунтовых вод. Эти изменения можно объяснить тем, что при насыщении грунта водой происходит снижение модуля деформации, а также заполнение пор жидкостью, что приводит к увеличению амплитуды колебаний. Однако следует отметить, что и амплитуда, и частота колебаний возрастают незначительно. Таким образом, установлено, что при удалении от направления движения транспорта амплитуды колебаний, возникающих в грунтовом основании под воздействием вибрационных волн, в увлажнённом грунте оказываются выше по сравнению с сухим. Это объясняется снижением модуля деформации, увеличением плотности и уменьшением демпфирующих свойств увлажнённого грунта.

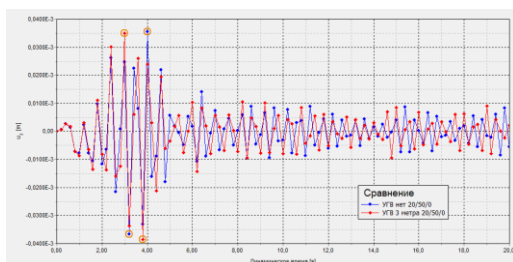


Рис.6. Временные изменения амплитуды колебаний, вызванных движущимся транспортным средством на расстоянии 20 м по оси x , для увлажнённого и неувлажнённого грунтового основания.

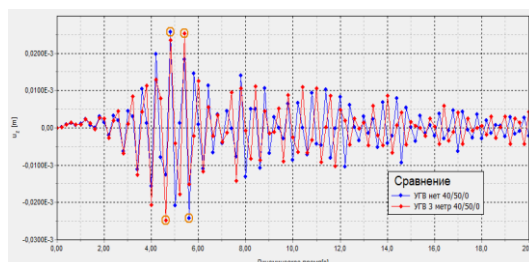


Рис. 7. Временные изменения амплитуды колебаний, вызванных движущимся транспортным средством на расстоянии 40 м по оси x , для увлажнённого и неувлажнённого грунтового основания.

В четвёртом параграфе приведена оценка параметров колебаний, вызванных вибрационными волнами, возникающими в различных типах грунтового основания под воздействием движения поездов. В данном разделе задача оценки

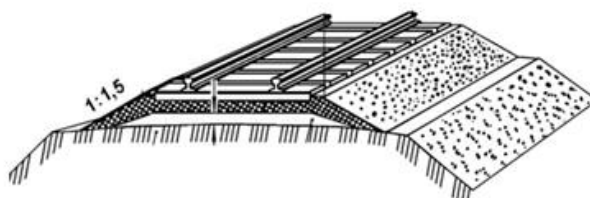


Рис.8. Схема основания железнодорожного пути

параметров колебаний, вызванных вибрационными волнами в различных грунтовых основаниях вследствие движения поездов, рассматривается как трёхмерная динамическая задача, решаемая с использованием ранее представленной математической модели и численного метода. При решении задач рассматриваются два случая с различными типами грунта основания. В первом случае основание состоит из супеси, во втором - из лёссовидного суглинка. Размеры ограниченной модели основания выбраны следующими: ширина - 200 м, длина - 100 м, глубина - 50 м.

Расчётная модель основания железной дороги построена в соответствии с действующими нормативами, как показано на рисунке 8.

В полученных результатах показаны изменения амплитуд перемещений и скоростей колебаний в различных точках поверхности основания, состоящего из различных грунтов (супесь, суглинок, лёссовидный), вдоль оси x (на расстояниях от 10 м до 100 м), при различных моментах времени движения поезда.

На рисунке 9 представлены изменения амплитуд перемещений, вызванных вибрационными волнами, в различных точках основания по оси x , перпендикулярной направлению железнодорожного пути, в течение движения поезда в моменты времени 1 и 2 секунды, для оснований из супеси и лёссовидного грунта.

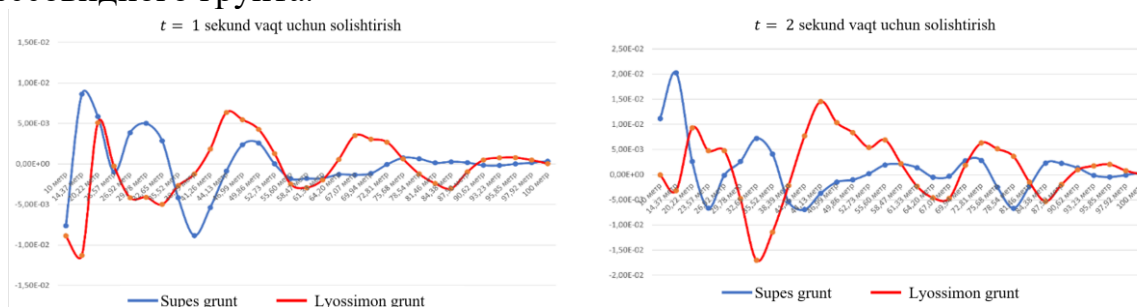


Рис.9. Результаты изменения вертикальных амплитуд перемещений вдоль оси x в различные моменты времени после начала движения поезда по основаниям с различными типами грунта.

Из полученных результатов видно, что в случае, если основание состоит из супеси, несмотря на большую амплитуду колебаний в начальный момент времени, затухание амплитуды перемещений вибрации по расстоянию в супесчаном грунте происходит значительно быстрее по сравнению с лёссовидным грунтом.

Установлено, что в различных точках основания на разных расстояниях затухание вибрационных волн, возникающих при движении поезда, наиболее выражено именно в супесчаном основании.

Анализ полученных результатов показывает, что затухание амплитуд вибрационных колебаний в различных точках основания при движении поезда прежде всего зависит от физико-механических параметров грунта.

Кроме того, установлено, что затухание амплитуд перемещений и скоростей вибрационных волн, создаваемых движущейся нагрузкой,

происходит быстрее по расстоянию в супесчаном основании по сравнению с лёссовидным суглинистым. Это позволяет сделать вывод о том, что диссипативные (затухающие) свойства супеси выше по сравнению с другими типами грунтов.

Следовательно, при выполнении проектных работ необходимо учитывать реальные физико-механические характеристики грунта на месте строительства железной дороги.

В третьей главе диссертации, под названием **«Оценка эффективности систем защиты от виброволновых колебаний»**, теоретически оцениваются вибрационные колебания, возникающие в грунтовом основании под воздействием движения транспортных средств. Также предложены системы защиты от вибраций в основании и определены параметры их эффективности.

В первом параграфе данной главы **«Оптимизация параметров заграждения, размещаемого в основании»** проведён анализ максимальных амплитуд перемещений, скоростей и ускорений, возникающих вследствие вибраций в грунтовом основании. Кроме того, в зависимости от геометрических размеров траншеи выполнена оценка её эффективности.

С этой целью задача распространения вибраций, вызываемых движением поездов, рассматривается как задача распространения волн в полупространстве в рамках теории упругости.

Решение задачи осуществлено с использованием программного комплекса Plaxis 3D. Для этого из грунтового полупространства выделен трёхмерный деформируемый упругий блок размерами: ширина - 100 м, длина - 100 м, глубина - 20 м (рис.10).

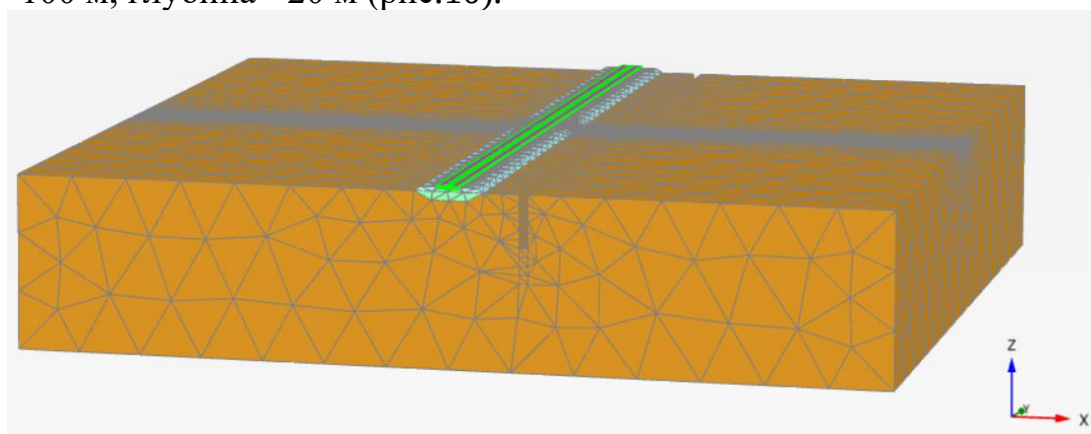


Рис.10. Выделенная из основания конечная модель и её разбиение на конечные элементы.

В процессе исследования конечная модель основания (рис.10) была разбита на 79 443 узла и 45 071 конечный элемент. В качестве конечных элементов использовались произвольные тетраэдры. Порядок полученной системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений составил 238 329.

Во втором параграфе данной главы, под названием **«Оптимизация расположения виброизолирующего заграждения»**, рассматривается задача оптимального размещения траншеи относительно железной дороги. Точки

наблюдения располагаются на расстоянии от 25 до 50 метров, а варианты размещения траншеи на расстоянии от 5 до 15 метров от железной дороги. Точка получения данных расположена в 25 метрах от железной дороги. Анализируются параметры колебаний (перемещение, скорость и ускорение) как в случае отсутствия траншеи, так и при её наличии. Подземные воды отсутствуют. Скорость поезда составляет 100 км/ч (27,78 м/с), масса поезда 60 тонн. Начальные и граничные условия заданы аналогично предыдущим параграфам.

При решении конкретных задач область исследования представляла собой параллелепипед размерами 100м × 100м × 20 м, моделируемый как деформируемое упругое тело. Эта область была разбита на 117 007 узлов и 71 906 конечных элементов в форме произвольных тетраэдров. Порядок сформированной системы дифференциальных уравнений составил 351 021.

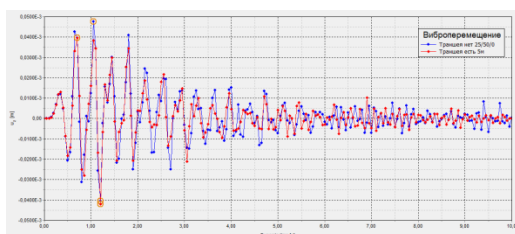
Для анализа динамических изменений были выбраны две точки наблюдения: первая - со стороны, где имеется траншея, с координатами $x=25\text{м}$, $y=50\text{м}$, $z=0\text{м}$ вторая - со стороны без траншеи, с координатами $x=-25\text{м}$, $y=50\text{м}$, $z=0\text{м}$ рассматривался случай, при котором глубина траншеи составляла **6 метров**. Ниже, в **таблице 1**, представлены максимальные значения перемещений, скоростей и ускорений, полученные в точке наблюдения, расположенной на расстоянии 25 метров от железной дороги, при различных положениях траншеи - от 5 до 15 метров от железной дороги.

Таблица - 1

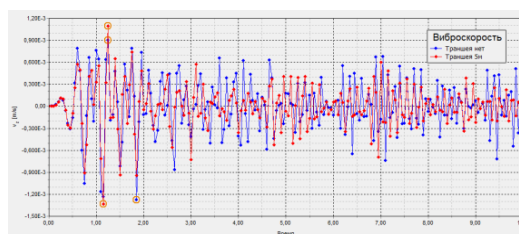
Перемещение	Траншеи нет		Траншея 5 м		%	Траншея 10м		%	Траншея 15м		%
	-25/50/0		25/50/0			25/50/0			25/50/0		
	Врем я(с)	u_z [m]	Врем я(с)	u_z [m]		Врем я(с)	u_z [m]		Врем я(с)	u_z [m]	
	1,05	0,00004 75446	1,2	0,00004 20634		11, 53	1,050		0,00003 80052	20, 06	
Скорость	Врем я(с)	v_z [м/с]	Врем я(с)	v_z [м/с]	%	Врем я(с)	v_z [м/с]	%	Врем я(с)	v_z [м/с]	%
	1,85	0,00127 46455	1,15	0,00133 47548	- 4,7 1	1,150	0,00103 57978	18, 7	1,150	0,00105 68729	17, 08
Ускорени	Врем я(с)	a_z [м/с]	Врем я(с)	a_z [м/с]	%	Врем я(с)	a_z [м/с]	%	Врем я(с)	a_z [м/с]	%
	7	0,08915 94750	6,9	0,06324 84961	29, 06	9,950	0,04721 48924	47, 04	7,800	0,05975 64219	32, 98

Графики временных изменений перемещений, скоростей и ускорений, полученных в точке наблюдения, расположенной на расстоянии 25 метров от железной дороги, при различных положениях траншеи (на расстоянии от 5 до 15 метров от железной дороги), представлены на рис.11.

Красная линия — для случая с траншеей, Синяя линия — для случая без траншеи.



а) Виброперемещение



б) Виброскорость

Рис.11. Графики сравнения колебаний при размещении траншеи на расстоянии 5 метров от железнодорожного полотна.

Установлено, что для снижения параметров вибрационных колебаний, вызываемых движением поезда, в грунтовом основании, наибольшая эффективность по уменьшению максимальных амплитуд перемещений, скоростей и ускорений достигается при размещении траншеи на расстоянии **от 5 до 10 метров** от железнодорожного полотна.

В третьем параграфе, под названием «Оценка амплитуд колебаний в многоэтажных зданиях под воздействием вибрации и методы их снижения», исследовано влияние траншеи различной глубины на снижение амплитуд вибраций в трёхэтажном административном здании, расположенном на расстоянии **20 метров** от железной дороги.

Для оценки влияния вибрации на здание при наличии и отсутствии траншеи в грунтовом основании было выбрано **18 точек** внутри здания. Глубина траншеи варьировалась от **1 до 6 метров**, при этом траншея размещалась на расстоянии **5 метров** от здания.

В последующих расчётах, на основе принятых конструктивных решений, были оценены параметры колебаний (перемещения, скорости и ускорения) в различных точках здания, вызываемые вибрационными волнами, распространяющимися от транспортного средства.

При выполнении расчётов использовались ранее разработанная **математическая модель, методы расчёта и алгоритмы**, представленные в предыдущих главах. В рамках данной задачи рассматривается распространение вибрационных волн, вызываемых транспортным средством, в грунтовом основании и последующее воздействие этих волн на параметры колебаний в здании, расположенном в непосредственной близости, с целью их оценки и снижения.

Для снижения параметров колебаний, возникающих в результате распространения вибрационных волн по грунтовому основанию, использована траншея, вырытая на определённой глубине. Результаты расчётов были получены для двух случаев: — без траншеи, — с установленной траншеей в основании.

Результаты сравнены между собой. На основе анализа этих данных были оценены параметры колебаний, вызываемых вибрационными волнами, и определена **эффективность траншей**.

На **рис.12** представлена схема, изображающая трёхэтажное здание, расположенное в пространственном грунтовом основании, траншею на

расстоянии **5 метров** от здания и движущийся поезд, проходящий по железной дороге на расстоянии **14 метров** от траншеи.

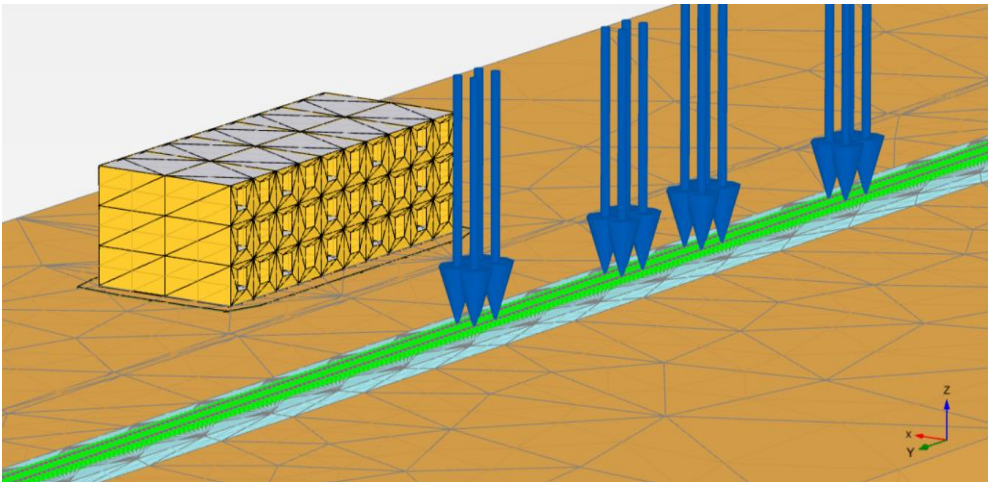


Рис.12. Схема здания, расположенного в конечной модели грунтового основания, траншеи и движущейся нагрузки на железной дороге.

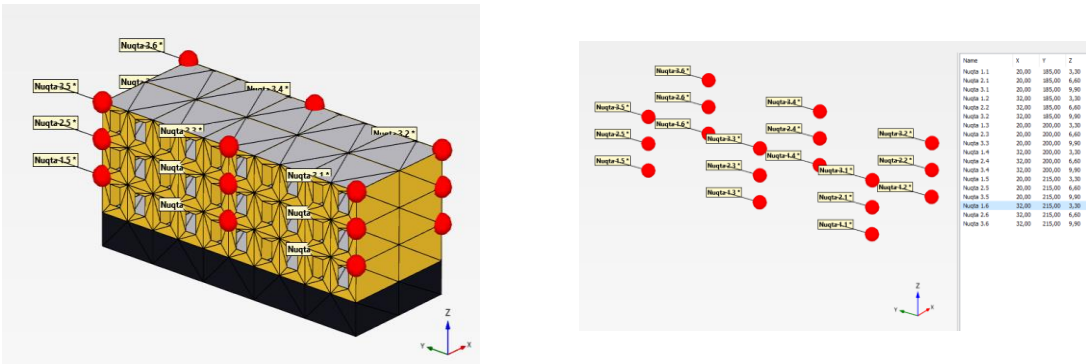


Рис.13. Размещение различных точек наблюдения в здании и их координаты.

Возникающие вблизи здания колебания с большой амплитудой создают значительные неудобства для проживающих в нём людей. Учитывая это, в следующих расчётах рассматривается возможность установки траншеи между железной дорогой и зданием с целью снижения параметров колебаний, вызываемых вибрационными волнами.

Для проведения данного анализа будут выбраны различные точки в этажах здания, в которых оценят параметры вибраций, возникающих в процессе движения поезда, как в случае отсутствия траншеи, так и при её наличии между железной дорогой и зданием. Полученные результаты будут сравнены между собой, чтобы определить, насколько траншеи различной глубины (от **1 до 5 метров**) способны снизить параметры вибраций в здании и при каких условиях они являются наиболее эффективными.

Таблица 2.

Максимальные значения параметров колебаний, возникающих на этажах здания. Сравнение параметров перемещений.

Глубина траншеи 5 метро :

Точки наблюдений	Траншеи нет	Траншея есть	%
	u_z [m]	u_z [m]	

1 этаж			
Точка 1.4 (32/200/3.3)	0,00001882943	0,00001274409	32,32
2 этаж			
Точка 2.4 (32/200/6,6)	0,00001888314	0,00001277190	32,36
3 этаж			
Точка 3.4 (32/200/9.9)	0,00001886362	0,00001280083	32,14

**Сравнение параметров скорости,
Глубина траншеи 5 метро :**

Точки наблюдений	Траншей нет	Траншея есть	%
	v_z [m/c]	v_z [m/c]	
1 этаж			
Точка 1.4 (32/200/3.3)	0,00048213798	0,00028536140	40,81
2 этаж			
Точка 2.4 (32/200/6,6)	0,00047922523	0,00028631685	40,25
3 этаж			
Точка 3.4 (32/200/9.9)	0,00047636029	0,00028401835	40,38

В процессе движения поезда были оценены максимальные (пиковые) амплитуды колебаний, возникающих в различных точках здания, как в случае **отсутствия траншеи**, так и при наличии траншеи, размещённой между железной дорогой и зданием на различных глубинах (1 м, 2 м, 3 м, 4 м и 5 м). Полученные результаты были сравнены между собой.

ОБЩИЕ ВЫВОодЫ

На основе результатов научных исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, подготовленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) на тему “Оценка уровня вибрационных волн создаваемые транспортными средствами и способы защиты от них” были сформулированы следующие выводы:

1. Разработана трёхмерная математическая модель для оценки параметров колебаний, возникающих от распространения вибрационных волн транспортных средств на различных грунтовых основаниях, с постановкой специальных граничных условий на ограниченной области основания.

2. Математическая модель, разработанная для оценки параметров колебаний, вызванных распространением вибрационных волн от транспортных средств, усовершенствована для учёта динамических процессов в водонасыщенных грунтовых основаниях.

3. С помощью разработанных моделей задача распространения вибрационных волн в грунтовых основаниях приведена к системе обыкновенных дифференциальных уравнений высокого порядка с комплексными коэффициентами и решена численным методом Ньюмарка с применением метода конечных элементов.

4. Адекватность разработанных моделей, эквивалентность дифференциальной и вариационной постановок задач, а также надёжность расчётных методов доказаны путём сопоставления полученных результатов с результатами других авторов.

5. Исследовано распространение вибрационных волн в грунтовых основаниях различной физико-механической природы под воздействием движущихся нагрузок, при этом установлено:

— амплитуды перемещений и скоростей вибрационных волн, создаваемых движущимися транспортными средствами, значительно выше в глинистых грунтах по сравнению с плотными песчаными основаниями. Этот эффект объясняется меньшей плотностью и большей пластичностью глинистых грунтов, способствующих более широкому распространению волн;

— плотные песчаные грунты обладают более высокой способностью к затуханию вибрационных волн по сравнению с глинистыми, что связано с повышенным параметром внутреннего трения песчаных грунтов.

6. Установлено, что при удалении от направления движения транспортных средств амплитуда колебаний в увлажнённых грунтах значительно превышает таковую в сухих грунтах. Это связано со снижением модуля деформации, увеличением плотности и уменьшением способности к затуханию увлажнённых грунтов.

7. При исследовании распространения вибрационных волн от движущегося поезда по грунтовым основаниям различной природы выявлено:

— амплитуды вертикальных перемещений и скоростей уменьшаются по мере удаления от железнодорожной колеи;

— грунтовое основание типа супеси обладает более высокой способностью к затуханию вибрационных волн по сравнению с лёссовидными суглинистыми грунтами.

8. Показана возможность снижения параметров вибрационных колебаний, возникающих в грунтах и зданиях под воздействием вибраций от движения транспортных средств, путём устройства защитных траншей между путём движения транспорта и сооружениями:

— установлено, что эффективность траншеи возрастает при её размещении на большем расстоянии от железнодорожного полотна и ближе к защищаемым сооружениям;

— установлено, что глубины траншеи порядка 6 метров достаточно для эффективного снижения параметров вибрации на различных расстояниях;

— доказано, что размещение траншеи на расстоянии 5–10 метров от железнодорожного полотна позволяет существенно снизить максимальные амплитуды перемещений, скоростей и ускорений колебаний.

9. Установлено, что защитные траншеи значительно снижают амплитуды вибраций в условиях различий в модулях жёсткости между грунтовыми основаниями и строительными конструкциями. С увеличением глубины траншеи существенно снижаются значения перемещений, скоростей и ускорений на всех этажах зданий.

10. По результатам выполненного диссертационного исследования получены акты о внедрении научных результатов в проектные работы в следующих организациях: Республиканский главный проектный институт «QISHLOQQURILISHLOYIHA», Управление строительства и жилищно-коммунального хозяйства города Наманган, Ч/П «Kelajak-S», а также ООО «Perspective Project Group» (Справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан № 08-06/6439 от 25 июня 2024 года).

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/04.10.2023.T.66.06 AWARDING
ACADEMIC DEGREES AT AT NAMANGAN STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

NAMANGAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY

YULDASHEV FAKHRIDDIN SHAROFIDDIN UGLI

**ASSESSMENT OF THE LEVEL OF VIBRATION WAVES GENERATED
BY THE MOVEMENT OF TRANSPORT VEHICLES AND METHODS OF
PROTECTION AGAINST THEM**

01.02.04 – Mechanics of Deformable Rigid Body

ABSTRACT
of dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences

Namangan-2025

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the republic of Uzbekistan under number B2024.3.PhD/T4808.

The dissertation has been prepared at the Namangan State Technical University.

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)). It is available at the web page of the Scientific Council (www.namdtu.uz) and information-educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Mirsaidov Mirziyod Mirsaidovich

Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Safarov Ismail Ibrahimovich

doctor of physical and mathematical sciences, professor

Karimov Abdusamat Ismonovich

candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization:

AS of the RUz, Institute of Mechanics and Seismic stability of structures named after M.T.Urazbaev

The defense of the dissertation will take place on «28» **august 2025 at 14⁰⁰** Scientific council PhD.03/04.10.2023.T.66.06 at Namangan State Technical University. (address: 7, Kasansay street, Namangan city, 160115. Phone.: (99869) 228-76-71; Fax: (99869) 228-76-75, e-mail: info@namdtu.uz. (Namangan State Technical University № 6 academic building, 1st floor, small meeting room)

The dissertation is available in Information Resource Center of Namangan State Technical University (registered No 51). (address: 12, I.Karimov street, Namangan city, 160103. Phone.: (99869) 234-14-85)

The dissertation abstract is distributed August 14, 2025 year.
(Mailing protocol No. 2 on August 14, 2025 year).



P.J. Matkarimov

Chairman of the scientific council
for awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

A.Sh. Mirzaumidov

Scientific secretary of the scientific council
for awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, associate professor

A.A. Mamaxanov

Chairman of the Scientific seminar under
the scientific council awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of (PhD) dissertation)

The aim of the research is to assess the level of vibration waves generated by the movement of transport vehicles, taking into account the rheological properties of the soil foundation and the nature of the dynamic load, as well as to develop protective methods using various types of trenches.

The object of the research includes transport vehicles—multilane highways, railways, soil foundation, vibration-isolating barriers, and the protected structures.

The subject of research is the dynamic processes occurring in soils under the influence of transport vehicle movement, as well as the vibration parameters on the ground surface (displacements, velocities, accelerations) caused by changes in the geometry of structures.

The scientific novelty of the dissertation research is as follows:

for the first time, a three-dimensional mathematical model has been developed to evaluate the level of vibrations propagated from transport vehicles in soil foundations with various rheological properties within a finite domain. This model has been improved to assess vibration processes in water-saturated soil foundations;

to identify the propagation patterns of vibration waves in soil foundations, a numerical solution of wave propagation in an elastic half-space was carried out based on the HS Small model, accounting for parameters dependent on dynamic deformation. It was proven that dense sandy soils exhibit significantly stronger vibration damping capabilities compared to clayey soils;

it was demonstrated, through numerical analysis of wave propagation in an elastic half-space, that a trench excavated parallel to a railway track during train movement serves as an effective means to significantly reduce vibration parameters in the soil. The optimal distance and depth of the trench relative to the railway track were determined;

for the first time, the wave propagation problem in a non-homogeneous elastic half-space with an obstacle was solved to assess the effect of a trench placed between a building and a railway line on the vibration levels in the floors of buildings located near railways. It was proven that such trenches can significantly reduce the vibration amplitude across all building floors.

Implementation of research results. Based on the developed proposals for reducing soil vibrations caused by the movement of transport vehicles:

Vibration protection methods were implemented in the design of buildings and structures located near transport infrastructure in the following organizations: “QISHLOQQURILISHLOYIHA” LLC, “Namangan shahar qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi,” and “Perspective Project Group” LLC, in accordance with the information letter of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services dated June 25, 2024, No. 08-06/6439. As a result, the negative effects of vibration from transport vehicles on newly constructed buildings and structures were reduced, and their practical safety was significantly enhanced.

Software products developed under the projects titled “Designing Trenches to Reduce the Impact of Waves Propagating from Railways on Buildings” and “Impact of Vibration Waves from Double-Track Railways on Buildings and Structures” were implemented into the operations of “KELAJAK–S” Private Enterprise (based on the

information letter of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services dated June 25, 2024, No. 08-06/6439). This enabled the practical use of the software developed within the scientific research for design work aimed at protecting buildings and structures located near transport infrastructure from harmful vibration effects.

Structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusions, list of used literature and appendices. The total volume of the dissertation is 104 pages.

E‘LON QILINGAN ISHLAR RO‘YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS
I bo‘lim (I часть; I part)

1. Юлдашев Ф.Ш. // Изучение волновых процессов в грунтах, создаваемых движением грузового транспорта. Республиканский научный журнал «Проблемы механики» Институт механики и сейсмостойкости сооружений / ISSN 2010-7250 / с. 95-102. (01.00.00.; №4)
2. Mirsaidov M., Yuldashev SH.S., F.SH.Yuldashev // Comparison of wave propagation velocity in soils, generated by train traffic. “ILM SARCHASHMALARI” илмий-назарий, методик журнал / 12/1.2023 й, б. 38-44. (01.00.00.; №12)
3. Mirsaidov M., F.SH.Yuldashev // Based on the solution of the three-dimensional dynamic problem in the theory of elasticity, the optimization of geometric dimensions for passive vibration protection systems is presented. // SCIENCE AND INNOVATION INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL // VOLUME 3 ISSUE 4 APRIL 2024 //ISSN: 2181-3337 // page 71-78. (01.00.00; OAK tomonidan № 01-07/1368 tartib raqami bilan ro‘yihatdan o‘tgan)
4. Юлдашев Ф. Ш // Выбор модели грунта для решения задач распространения вибрации в грунте от транспортных средств // Научный журнал механика и технология 2023 №1// НамМСИ // с 117 – 124. (05.00.00; №33)
5. Юлдашев Ф.Ш., Жумабоева Ш. // Уменьшение воздействия вибрации, возникающей при движении железнодорожных поездов на здание и сооружение // Scientific and technical journal Namangan Institute of Engineering and Technology/ 2023 йил, Том 8, Махсус сон 1/ ISSN 2181-8622/ с.388-396. (05.00.00.; №33)
6. Юлдашев Ш.С., Бойтемиров М. Б., Юлдашев Ф.Ш., Абдуназаров Ш. // Автомобил ҳаракатидан ҳосил бўлган вибрациянинг биноларга таъсири // Механика ва технология илмий журнали 2022 №4// НамМҚИ // б 19 – 29. (05.00.00.; №33)

II bo‘lim (II часть, II part)

7. Yuldashev F.Sh., Mirsaidov M., Boytemirov B. // Estimation of the vibration waves level at different distances // Proceedings of FORM 2021 (Springer) /XXIV international scientific conference on Advances in Civil Engineering / April 22-24, 2021 / pp 207-2015 / https://doi.org/10.1007/978-3-030-79983-0_19
8. Мирсаидов М., Юлдашев Ф.Ш. // Влияние наличия грунтовых вод на процесс распространения вибрации возникающих в результате прохождения большегрузных транспортных средств // “Фан ва инновация –

2023: Ривожналинш ва устувор ёналишлари” Республика илмий-амалий конференция / Наманган – 2023/ 22-23 октябрь/ б. 206-211.

9. SH.S. Yuldashev, B.M. Boytemirov, F.SH. Yuldashev, S.R. Khakimov // Propagation of Vibrations Created by the Movement of Trains on Parallel Railway Tracks, in the Ground and in Buildings // International Journal of Early Childhood Special Education (INT-JECSE) DOI:10.9756/INTJECSE/V14I5.859 ISSN: 1308-5581 Vol 14, Issue 05 2022 // 6856 – 6863.

10. SH.S. Yuldashev, B.M. Boytemirov, F.SH. Yuldashev // The Effect of Vibrations on Buildings Caused by Car Traffic // Journal of Pharmaceutical Negative Results // Volume 13 // Special Issue 7 // 2022 // 1309-1316

11. SH.S. Yuldashev, F.SH. Yuldashev // Comparing the Speed of Traveling Waves in Soils, Generated By Train Traffic // IJMRSETM // Volume 10, Issue 10, October 2023 // 12865 – 12871.

12. Ш.С. Юлдашев, Ф.Ш. Юлдашев // Распространение волн в грунтах, создаваемые движением поездов // Международная научная и научно-техническая конференция на тему «Инновации в строительстве, сейсмическая безопасность зданий и сооружений» Наманган 14 декабрь 2023 // 203 – 210.

13. SH.S. Yuldashev, B.M. Boytemirov, F.SH. Yuldashev // Темир йўл поездлари харакатидан грунтда хосил бўлган тебранишлар даражасининг йўл полотноси жойлашишига боғликлиги // Наманган мухандислик-қурилиш институти “Техника ва технологиялар ривожининг истиқболлари: Муаммолар ва ечимлар” халқаро илмий-амалий конференция 1 тўплам // Наманган 2023 й 18-октябрь // б. 184-189.

14. SH.S. Yuldashev, B.M. Boytemirov, F.SH. Yuldashev // Биноларни фундамент конструкциясига ўзгартириш киритиш орқали тебранишлардан химоя қилиш // “Фан ва инновация – 2023: Ривожналинш ва устувор ёналишлари” Республика илмий-амалий конференция // Наманган – 2023 2 – қисм // 22-23 октябрь // б. 39-43.

15. B.M. Boytemirov, F.SH. Yuldashev // Автомобиллар харакатидан грунтда хосил булган тебранишларни тадқик қилишнинг реал шароитдаги тажриба усули // Международная научная и научно-техническая конференция на тему «Инновации в строительстве, сейсмическая безопасность зданий и сооружений» // Наманган 11-13 ноябрь 2021 // с. 527-528.

16. Юлдашев Ф.Ш., Юлдашева Г.Р. // Исследования распространения колебаний, создаваемых движением грузового транспорта в суглинистом грунте // Республиканская научно-практическая конференция / «Современная архитектура, проблем прочности, надежности, сейсмической безопасности

зданий и сооружений»/ Намангнский инженерно-строительный институт/Наманган 9 июнь, 2023г/ с. 207-211.

Avtoreferat «NamDTU Mexanika va texnologiya» ilmiy-texnik jurnali
tahririyatida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlari o'zaro
muvofiqlashtirildi

Qog'oz bichimi 60x84-1/16. Rizograf bosma usuli. Times garniturası.
Shartli bosma tabog'i: 3 b.t. Adadi: 60 nusxa. Buyurtma № ____-____-____/____
Nashrga ruxsat etildi: ____ ____ ---- y.
Namangan Davlat Texnika Universiteti bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 106103, Namangan sh., I.Karimov ko'chasi, 12-uy.